

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA



ESTUDIO FACTIBILIDAD DE REEMPLAZO DE UN  
SISTEMA DE CLIMATIZACION EN EDIFICIO  
LOS ARAUCANOS.

HABILITACION PROFESIONAL PRESENTADO EN  
CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL TITULO DE INGENIERO  
CIVIL MECANICO.

Profesor Guía:

Ingeniero Sr: Reinaldo Sánchez Arriagada.

**DIEGO ALONSO SARABIA MÉNDEZ**  
**CONCEPCION-CHILE**

**2015**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y mis angelitos por darme  
la fortaleza y sabiduría en los  
momentos que tuve obstáculos  
y que creí no tener solución.

A mis padres Marcos Sarabia y  
Olga Mendez y hermana  
Natalia Sarabia, por ser mi  
apoyo en este camino, por su  
sacrificio y amor Incondicional,  
y darme esta oportunidad  
de seguir con este sueño.

A cada uno de mis profesores,  
que compartieron sus  
conocimientos conmigo,  
y me formaron como profesional.

A mi círculo de amigos,  
por la paciencia y sus consejos.

Y a mí mismo, por el trabajo arduo  
y las noches en vela, finalmente  
recompensadas con este gran logro.

Diego Sarabia Mendez

## INDICE.

Resumen. ....	I
Introducción. ....	II

### **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.**

1.1. Origen del tema. ....	10
1.2. Objetivos. ....	10
1.2.1. Objetivo general. ....	10
1.2.1. Objetivos específicos. ....	10
1.3. Marco teórico. ....	11
1.3.1. Sistema de calefacción. ....	11
1.3.2. Calderas. ....	11
1.3.3. Bomba de calor. ....	12
1.3.3.1. Elementos componentes. ....	14
1.3.3.2. Funcionamiento. ....	15
1.3.3.3. Variables que condicionan su funcionamiento. ....	19
1.3.3.4. Variación de la temperatura del aire exterior a lo largo del periodo de calefacción. ....	20
1.3.3.5. Variación de la cantidad de calor disponible en el condensador. ....	20
1.3.3.6. Formación de escarcha en el evaporador. ....	20
1.3.3.7. Ventajas y limitaciones. ....	22
1.3.3.9. Conclusiones: ....	22

### **CAPITULO II: DESCRIPCION DEL EDIFICIO.**

2.1. Generalidades. ....	23
2.2. Vista generales del Edificio Los Araucanos. ....	24

### **CAPITULO III: CÁLCULO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE CALOR.**

3.1. Conductividad térmica de los materiales del edificio. ....	28
3.1.1 Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor. ....	30
3.2. Condiciones de diseño. ....	32

3.3. Cálculos de pérdidas en condición de invierno (calefacción).....	33
3.3.1. Cálculos de pérdidas de calor por aire infiltrado. ....	33
3.3.2. Cálculos de los coeficientes de corrección. ....	35
3.3.3. Pérdidas de calor por la estructuras torres A y B.....	38
3.3.4. Resumen de cálculo de pérdidas de todos los espacios a calefaccionar.....	40
3.4. Cálculo de ganancias térmicas para la condición de verano (refrigeración). ....	41
3.4.1. Radiación en muros. ....	44
3.4.2. Radiación por ventanas.....	50
3.4.3. Ganancias producidas por las personas.....	53
3.4.4. Ganancias producidas por el alumbrado ....	55
3.4.5. Ganancias producidas por equipos ....	55
3.4.6. Resumen final de ganancias térmicas para la condición de verano.....	56
3.5. Resumen comparativo pérdidas vs verano. ....	58

#### **CAPITULO IV: SELECCIÓN DE EQUIPOS VRF.**

4.1. <i>Design Simulator</i> .....	59
4.1.1 Listado de materiales para el sistema VRF. ....	60
4.1.2. Equipos exteriores. ....	61
4.1.3. Equipos interiores. ....	61
4.1.4. Accesorios. ....	62
4.1.5. Diagrama de tubería.....	62

#### **CAPITULO V: ANALISIS ENERGETICO DEL EDIFICIO LOS ARAUCANOS.**

5.1. Programa <i>Autodesk Ecotect Analysis</i> . ....	64
5.2. Descripción de la propuesta de investigación.....	65
5.2.1. Etapa 1: Creación del modelo de información de edificación.....	66
5.2.1.1. Recopilación de datos. ....	66
5.2.1.2. Creación del modelo tridimensional de la edificación. ....	67
5.2.1.3. Asignación de los materiales constructivos. ....	68
5.2.1.4. Definición de condiciones de operación de las zonas térmicas. ....	68
5.2.2. Etapa 2: Guía de interpretación de simulaciones preliminares y definición de puntos críticos.....	69
5.2.2.1 Identificación de espacios interiores críticos a través de variables. ....	70

5.2.2.2. Selección de los espacios interiores críticos. ....	70
5.3.1. Etapa 3: Calibración del modelo (bim).....	70
5.3.1.1 Medición y recolección de datos.....	71
5.4.1. Etapa 4: Simulación y análisis.....	71
5.4.1.1 Simulación de sistemas HVAC, radiación solar e iluminación natural... 71	
5.4.1.2. Verificación de la influencia de parámetros en la simulación. ....	72
5.4.1.3. Representación de resultados mediante gráficos y tablas. ....	72
5.5. Creación del modelo Edificio Los Araucanos (bim). ....	73
5.5.1. Asignación de los materiales constructivos. ....	75
5.5.2. Orientación del Edificio Los Araucanos. ....	76
5.5.3. Definición de condiciones de operación de las zonas. ....	76
5.5.3.1. Condiciones internas de diseño.....	77
5.6. Simulación y análisis de espacios interiores preseleccionados. ....	82

**CAPITULO VI: COMPARACION ECONÓMICA DE CALDERA A PETRÓLEO PISO  
RADIANTE VS BOMBA DE CALOR.**

6.1. Costo inversión inicial. ....	89
6.1.1. Caldera piso radiante. ....	89
6.1.2. Bomba de calor. ....	89
6.1.3. Diferencia en costos de inversión inicial. ....	90
6.2. Costo de operación.....	90
6.2.1. Caso 1: Caldera piso radiante. ....	91
6.2.2. Caso 2: Bomba de calor.....	92
6.3 Comparación económica. ....	92

**CAPITULO VII: CONCLUSIONES. ....** 94

**BIBLIOGRAFIA. ....** 96

**ANEXOS. ....** 97

Anexo A-1:Tablas conductividad térmica de materiales segun la Nch 853-2007..... 97

Anexo A-2:Tablas temperaturas exterior de cálculo de acuerdo a la Nch 1078 c73..... 101

Anexo A-3:Tabla de resistencias térmicas de espacio no ventilados, de acuerdo a la Nch 853-of71. .... 104

Anexo A-4:Tabla resistencia de superficie según sentido flujo de calor, posición y situación del elemento separador y vel. del viento según Nch 853-2007..... 105

Anexo A-5:Tabla de temperaturas locales no calefaccionados. ....	106
Anexo A-6:Tabla de transmitancia térmica lineal, según aislación del piso considerado.	106
Anexo A-7:Tabla de valores n° RH para el cálculo aire infiltrado.....	107
Anexo A-8:Tabla de suplemento so de acuerdo a la Nch 1078 c73. ....	107
Anexo A-9:Tabla de suplemento S1 por orientación. ....	108
Anexo A-10:Tabla del factor característico local (R).....	108
Anexo A-11:Tabla del factor característico de casa (H). ....	109
Anexo B-1:Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.....	110
Anexo B-2:Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.....	115
Anexo C-1:Tabla de corrección de las diferencias equivalentes de temperatura ( $\alpha$ ). ....	121
Anexo C-2:Tabla equivalente de temperaturas para muros soleados o en sombra ( $\Delta t_{es}$ y $\Delta t_{em}$ ). ....	122
Anexo C-3: Tabla de aportaciones solares a través de vidrio sencillo ( $R_s$ y $R_m$ ). ....	123
Anexo C-4: Ganancia por radiación en muros torre A. ....	124
Anexo C-5: Ganancia por radiación en muros torre B. ....	126
Anexo C-6: Factor de almacenamiento carga termica (fal). ....	129
Anexo C-7: Factor amortiguamiento ventana (fam). ....	130
Anexo C-8: Ganancia por radiación por ventanas torre A. ....	131
Anexo C-9: Ganancia por radiación por ventanas torre B. ....	133
Anexo C-11: Tasas de ganancias de calor debido a ocupante del recinto. ....	136
Anexo C-12: Ganancia iluminación. ....	136
Anexo C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar torre A.....	137
Anexo C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar torre B.....	142
Anexo D-1: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre A.....	148
Anexo D-2: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre B.....	150
Anexo E-1: Cargas de refrigeración y calefaccion mensual parcial, modo full air conditioning y heating only en torre A depto. 501.....	152
Anexo E-2: Cargas de refrigeración y calefaccion mensual parcial, modo full air conditioning y heating only en torre B depto. 502.....	152
Anexo F-1: Informe Software <i>Design Simulator</i> en torre A.....	153
Anexo F-2: Informe Software <i>Design Simulator</i> en torre B.....	157
Anexo G-1: Especificación técnica equipos exteriores. ....	162
Anexo G-2: Especificación técnica equipos interiores. ....	163
Anexo G-3: Especificación técnica Branch box. ....	164
Anexo H-1: Cotización. ....	164

## Resumen

El presente proyecto de título, tiene como objetivo evaluar técnica y económicamente dos sistemas de calefacción, caldera a petróleo instalada en el Edificio Los Araucanos, ubicado en calle Caupolicán número 67, versus un sistema de aire acondicionado por bomba de calor aire – aire que deberá diseñarse para su evaluación.

El desarrollo de este proyecto comenzó con una reseña acerca de la energía y sus problemas actuales, seguido del marco teórico. Posteriormente, se realizó el cálculo de consumo energético de pérdidas y ganancias en distintas estaciones del año, para determinar los equipos principales *Multisplit Inverter* que involucra el diseño de sistema aire acondicionado por bomba de calor aire - aire.

Luego, para dar un valor agregado al proyecto, se ocupó el *Software Autodesk Ecotect Analysis*, que es una herramienta computacional para diseño y análisis de edificaciones que considera el desempeño térmico, lumínico, acústico, de sombras y recursos. Este, permite cuantificar la demanda energética de cada zona del recinto con fin de reducir el consumo energético.

Finalmente, se obtuvieron los costos de inversión inicial y de operación, la cual, se realizó una comparación económica entre el sistema por bomba de calor y el sistema por caldera. El sistema por bomba de calor mostró una diferencia de costo de inversión inicial de \$ 14.292.758 por sobre el costo de inversión inicial del sistema por caldera con piso radiante. Mientras tanto, el costo de operación de la caldera a petróleo, mostró una diferencia de \$ 4.034.712 más alto anualmente que el de un sistema por bomba de calor. Realizando la comparación económica entre los dos sistemas de climatización, se llegó a la conclusión que la bomba de calor aire – aire puede recuperar la inversión inicial en un periodo estimado de 3,5 años, gracias a su menor costo de operación.

## Introducción

Desde sus orígenes, el hombre ha tenido la necesidad de rodearse de condiciones ambientales que le permitan desenvolverse de manera cómoda frente a un ambiente natural mayoritariamente adverso, para así, mejorar su calidad de vida. De esta manera, surge el concepto de confort. Las condiciones de confort en el aire involucran un conjunto de variables siendo las más importantes la temperatura, humedad, pureza y movimiento en el aire. De estas variables de confort, la temperatura adquiere especial relevancia debido a que posee una notoria fluctuación día y noche.

En viviendas o edificios, en donde la arquitectura no permite condiciones de confort, surge la solución de calefaccionar en invierno dentro de los recintos, en los cuales el ser humano desarrolla su actividad. De esta manera, se entiende por calefacción la operación mediante la cual se eleva la temperatura de los cuerpos o de los ambientes.

Se entiende que los sistemas para calefacción que utilizan petróleo son uno de los más usados en edificios. Un ejemplo de ello, es una caldera como fuente generadora de calor en sistemas centralizado, la cual, es un elemento destinado a obtener agua caliente o generar vapor con el fin de utilizar preferentemente esos fluidos como portadores de calor para agua sanitaria y/o calefacción.

La crisis del petróleo y el alza de los precios del combustible a partir de 1973, impulsó las investigaciones en nuevos equipos de acondicionamiento térmico con alta eficiencia. Esta crisis cambió el posicionamiento de los costos de calefacción, situación que benefició el desarrollo sistemas de calefacción que usen la energía de una forma más eficiente.



Surge así, la necesidad de dar a conocer la bomba de calor, ya que, en Chile su implementación no se ha masificado como sistema de climatización. Internacionalmente, su uso es creciente, incluso en algunos países llega a ser masivo en industrias, edificios e incluso en viviendas; aumenta la necesidad de adaptarla y evaluarla en las viviendas y edificios de Chile, debiendo conocer las condiciones de implementación que ésta requiere.

En su contexto, la bomba de calor se define como: “una máquina térmica que permite transferir calor de una fuente fría a otra más caliente”. Es decir, extrae calor del aire exterior, para luego, ser bombeado al interior teniendo la posibilidad de revertir su ciclo pudiendo así, enfriar recintos bajo el mismo principio que utiliza un refrigerador.

Las variaciones de costos de operación producto de los valores de las energías y de inversión inicial entre cada sistema de calefacción, desencadenan un problema frente a la necesidad de elección de un sistema de calefacción. De esta manera, se desea obtener en un edificio las condiciones de confort térmico durante todo el año, destacando la bomba de calor como sistema que permite realizar esta función con un rendimiento generalmente mayor al alcanzado por otros equipos.

En el presente proyecto título, se tiene como objetivo principal evaluar técnica y económicamente dos sistemas de calefacción, caldera a petróleo (instalada) versus bomba de calor aire – aire (propuesta). Para ello, se debe determinar el consumo energético del edificio, con el fin, de seleccionar los equipos principales de la gama *Multisplit Inverter*.

Posteriormente, se deberá evaluar los costos de inversión y operación, para realizar una comparación de los dos sistemas y definir cuál es más factible técnica y económicamente.

## **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.**

### **1.1. Origen del tema.**

El Edificio Los Araucanos torre A y B, tiene un sistema de calefacción por recirculación de agua caliente a petróleo por piso radiante, pero en los últimos años los comuneros han manifestado su descontento por este sistema implementado, ya que el flujo de calefacción no es la misma dependiendo la altura, agregando que el precio del combustible cada año sube considerablemente, provocando un problema económicamente para el consumidor.

Finalmente, se desea estudiar la factibilidad económica de implementar un sistema de calefacción por bomba de calor, para lo cual se realizará un análisis de costos y presupuesto. Por último, cabe señalar, que todo el proyecto se realizará de acuerdo a la normativa y legislación vigente.

### **1.2. Objetivos.**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluación técnica y económica de dos sistemas de climatización, caldera a petróleo instalada en el Edificio Los Araucanos, versus un sistema de calefacción por bomba de calor que deberá diseñarse para su respectiva evaluación.

#### **1.2.1. Objetivos específicos.**

- Determinar el consumo energético del edificio, para seleccionar los equipos principales por bomba de calor, para cumplir la necesidad del usuario.

- Determinar la demanda y consumo energía del edificio, a través del *Software Autodesk Ecotect Analysis*, para obtener conclusiones de los dos sistemas de climatización en estudio.
- Evaluar los costos de inversión y operación, para luego hacer la comparación de los dos sistemas y ver cuál es más factible económicamente.

### **1.3. Marco teórico.**

#### **1.3.1. Sistema de calefacción.**

La calefacción son los procesos relativos a la regulación de las condiciones ambientales con propósitos industriales o para hacer más confortable el clima de las viviendas en la estación de invierno. La calefacción eleva la temperatura en un espacio determinado, con respecto a la temperatura atmosférica, a un nivel satisfactorio. Los sistemas de calefacción pueden regular estas condiciones que se desean tener.

Actualmente, cuando en el clima local también hace calor en verano, la calefacción debe ser por aire, no por agua caliente, puesto que hacer una instalación para el invierno y otra para el verano es bastante absurdo. Como la refrigeración solamente puede ser por aire (en los radiadores se condensa el vapor de agua ambiente), el único sistema lógico es de aire.

#### **1.3.2. Calderas.**

El término “caldera” se aplica a un dispositivo para generar vapor para fuerza, procesos industriales o calefacción; o agua caliente para calefacción o para uso general.

Por razones de sencillez de compresión, a la caldera se le considera como un productor de vapor en términos generales. Sin embargo muchas calderas diseñadas para vapor se pueden convertir en calentadores de agua.

En los sistemas de calefacción, la caldera es el artefacto en el que se calienta agua, por medio de un combustible, que luego se distribuirá por los emisores mediante una red de tuberías.

### **1.3.3. Bomba de calor.**

En principio, el funcionamiento de la "bomba de calor" se basa en el sistema tradicional de generación mecánica de frío, pudiéndose comparar al frigorífico doméstico de una vivienda. En un frigorífico se extrae el calor de los alimentos, verduras, carnes, leche, etc., enfriándose los mismos; el calor extraído se entrega al ambiente a través del condensador situado en la parte posterior del frigorífico.

Concretamente, la bomba de calor es un aparato capaz de extraer el calor de una fuente energética natural, aire, agua, etc., y transmitirlo a otro lugar para su utilización. De ahí el nombre de "bomba de calor" por su comparación al bombeo de energía de un lugar a otro.

No existe una diferencia fundamental entre el conocido ciclo de una instalación frigorífica y el ciclo de una bomba de calor. Termodinámicamente ambos sistemas son bombas de calor que utilizan un compresor, un condensador, un evaporador y demás componentes, con el único fin de absorber calor de un cuerpo y desprenderlo sobre otro.

Así, según cual sea el origen de la fuente de calor y el sistema de transporte del mismo a los servicios de la vivienda o local, las bombas de calor pueden denominarse según el tipo de proceso:

- Bombas de Calor, cuyo compresor está impulsado mecánicamente por un motor eléctrico, de gas, diésel, o de otro tipo.
- Bombas de Calor de accionamiento térmico (Bombas de Calor de absorción), en las que el ciclo se impulsa mediante calor a temperaturas elevadas.
- Bombas de Calor electrotérmicas donde se aplica voltaje para generar una diferencia de temperatura, conocido como el efecto Peltier.

Según el medio de origen y destino de la energía, se puede clasificar. La bomba de calor se denomina mediante dos palabras. La primera corresponde al medio del que absorbe el calor (foco frío) y la segunda al medio receptor (foco caliente).

Tabla 1.1 Focos.

	Medio del que extrae la energía.	Medio al que se cede la energía.
Según medio de origen y destino de la energía.	Aire	Aire
	Agua	Aire
	Agua	Agua
	Tierra	Aire
	Tierra	Agua

Fuente: Elaboración propia.

### Según construcción.

- Compacta: Todos los elementos que constituyen la Bomba de Calor se encuentran alojados dentro de una misma carcasa.
- Split o partidas: Están constituidas por dos unidades separadas. Una exterior donde se aloja el compresor, la válvula de expansión, un ventilador y láminas del condensador y una unidad interior que contiene un evaporador.
- Multi-split: Están constituidas por una unidad exterior y varias unidades interiores.

## Según funcionamiento.

- Reversibles: Pueden funcionar tanto en ciclo de calefacción como en ciclo de refrigeración invirtiendo el sentido de flujo del fluido.
- No reversibles: Únicamente funcionan en ciclo de calefacción.
- Termofrigobombas: Producen simultáneamente frío y calor.  
Para este caso, se utilizará una bomba de calor accionada por un motor eléctrico.

### 1.3.3.1. Elementos componentes.

A continuación, se detallará los cuatros elementos más importantes que conforman un sistema de climatización por bomba de calor:

- El compresor es el componente principal de cualquier sistema de acondicionador de aire o de refrigeración mecánica, su función es bombear el refrigerante a través del sistema. Se puede accionar eléctricamente, con motores a gas o diésel.
- El condensador, su función es condensar el refrigerante, para que luego pueda expandirse, este cambio de estado (gaseoso - líquido) se logra cediendo calor al medio ambiente a presión constante.
- El evaporador, como su nombre lo indica, es la parte del sistema en que se evaporan los líquidos refrigerantes los cuales permanecen siempre confinados.
- Válvula de expansión: Dependiendo del tamaño y capacidad de la instalación pueden ser de tubos capilares o válvulas de expansión termostáticas. Este elemento es el encargado de reducir la presión del refrigerante produciendo la expansión del mismo haciendo pasar a este por una reducción.

Las unidades terminales dependerán del tipo de bomba de calor, si cede el calor a través de agua éstas serán fan coil o serpentines de piso, losa o muros

radiantes; si cede el calor a través del aire sus unidades terminales serán rejillas o difusores de salida.

En el campo concreto del aire acondicionado, la bomba de calor resulta imprescindible ya que se utilizará para suministrar calor durante los momentos en los que se requiera calefacción (invierno) y para extraerlo en los períodos en los que se requiera refrigeración (verano).

Para clarificar los cambios termodinámicos que sufre el líquido refrigerante que mueve el compresor de una bomba de calor, se utiliza el diagrama Presión-Entalpía (P-H), representando en él las familias de curvas de temperatura, entropía y volumen constante.

### 1.3.3.2. Funcionamiento.

A continuación se verá el funcionamiento de un ciclo de la bomba de calor por compresión (figura 1.1):

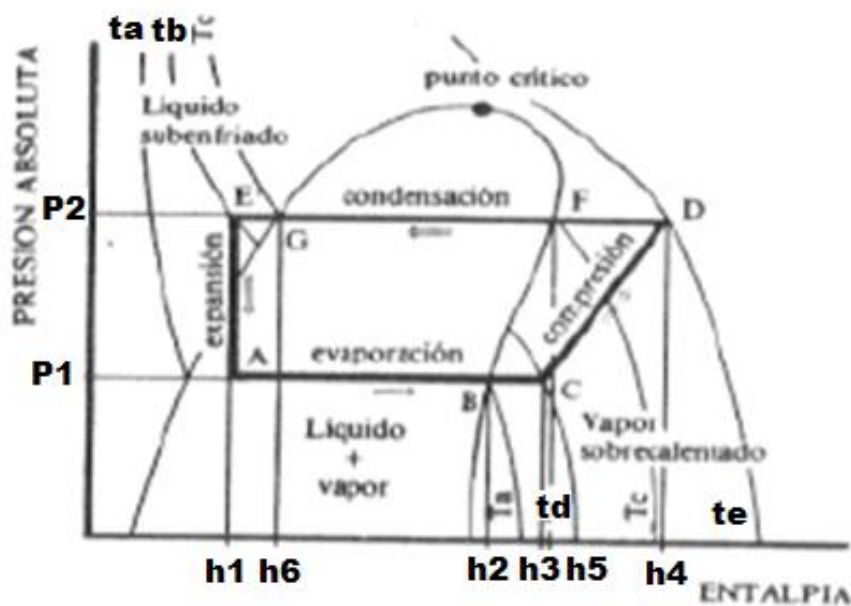


Figura. 1.1 diagrama de Presión vs. Entalpía.

1. El refrigerante en estado de vapor sobrecalentado, a una temperatura  $T_d$  y a una presión  $P_1$  (punto C), es aspirado por el compresor, que lo comprime adiabáticamente hasta alcanzar la temperatura  $T_e$  y presión  $P_2$  (punto D). Durante este proceso el vapor ha ido aumentando su presión y temperatura alcanzando un valor máximo de temperatura debido al trabajo de compresión ( $h_4 - h_3$ ), producido por el propio compresor.
2. En el intervalo D-E de condensación, el refrigerante pasa de vapor sobrecalentado a vapor saturado, punto F, y a partir de este punto el vapor comienza a condensarse hasta llegar al punto G en donde el refrigerante se encuentra en estado de líquido saturado. El proceso sigue hasta el punto E, subenfriándose el líquido. Durante la condensación el refrigerante va cediendo calor a un agente externo (aire), pasando de una temperatura  $T_e$  a otra inferior  $T_b$ , cediendo un calor total ( $h_4 - h_1$ ), y manteniendo la presión ( $P_2$ ).
3. El refrigerante al pasar a través de la válvula de expansión, experimenta una reducción de su presión, de  $P_2$  a  $P_1$ , y de su temperatura, de  $T_b$  a  $T_a$ , a entalpía constante, es decir, sin pérdida de calor. En la expansión, parte del refrigerante líquido, se transforma en vapor, terminando en el punto A en un estado de mezcla (líquido + vapor).
4. Al entrar el refrigerante en el evaporador, en forma de mezcla (líquido + vapor), el líquido se va evaporando hasta llegar al punto B donde todo el refrigerante se encuentra en forma de vapor saturado, pasando al punto C en forma de vapor sobrecalentado.  
Esta fase de evaporación se ha realizado a presión constante ( $P_1$ ) y con un aumento de temperatura de  $T_a$  a  $T_d$ , absorbiendo del agente exterior (aire), un calor total  $h_3 - h_1$ .



## Refrigerante de uso, en bombas de calor:

### Refrigerante R-410A

Es una mezcla de dos gases hidrofluorocarbonados, la cuales son difluorometano (llamado R-32) y pentafluoroetano (llamado R-125), este refrigerante es de alta seguridad, clasificado por ASHRAE, ya que no es toxico y no es inflamable. Sus aplicaciones son para equipos nuevos de aire acondicionado de baja y media potencia.

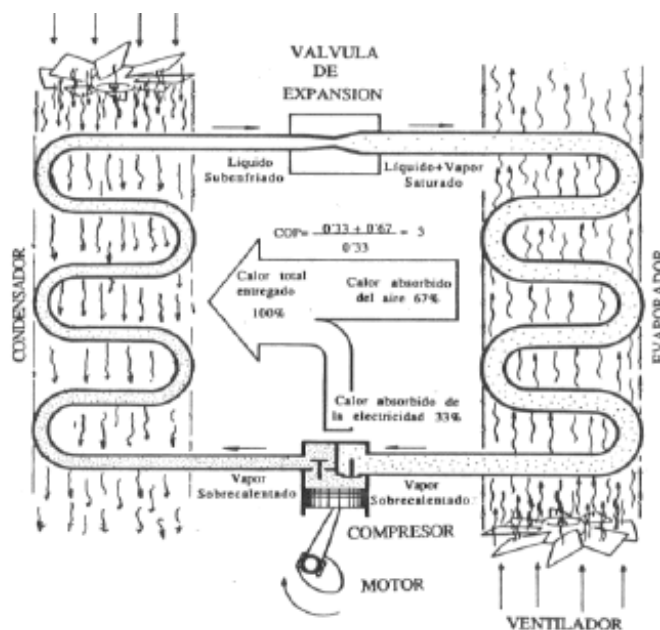


Figura 1.2 Bomba de calor.

De la descripción del ciclo de la bomba de calor nace el término "coeficiente de funcionamiento", Performance, "COP", que se utiliza para indicar su rendimiento. El coeficiente de funcionamiento es un parámetro importante para la evaluación de las bombas de calor; este coeficiente indica cuántas veces la energía de alta calidad suministrada a la bomba de calor se multiplica.

A continuación, se dará a conocer las fórmulas de los rendimientos de calefacción y refrigeración:

Cop Calefaccion:

$$COP_{calef} = \frac{\text{Calor cedido por el Condensador}}{\text{Trabajo suministrado por el Compresor}} = \frac{h_4 - h_1}{h_4 - h_3} \quad (\text{Ecuación 1.1.})$$

Cop Refrigeracion:

$$COP_{refri} = \frac{\text{Calor extraído por el Condensador}}{\text{Trabajo suministrado por el Compresor}} = \frac{h_3 - h_1}{h_4 - h_3} \quad (\text{Ecuación 1.2.})$$

Para la bomba de calor, funcionando en calefacción el COP suele estar en un rango de 3 a 6, pero este es variable ya que dependerá de la temperatura que circule en el evaporador, mientras tanto, el COP de refrigeración es mucho mayor a este, ya que no se puede aprovechar el calor producido por el motor

El rendimiento global de la bomba de calor será ligeramente inferior al COP descrito, ya que a la potencia suministrada por el compresor hay que sumarle el rendimiento del grupo motor-compresor y los consumos de los ventiladores que fuerzan el paso del aire por el condensador y por el evaporador.

El COP aumenta con la temperatura del aire del evaporador; es del orden de 2,7 para temperaturas bajo cero y del orden de 3,5 para temperaturas superiores a los 12°C.

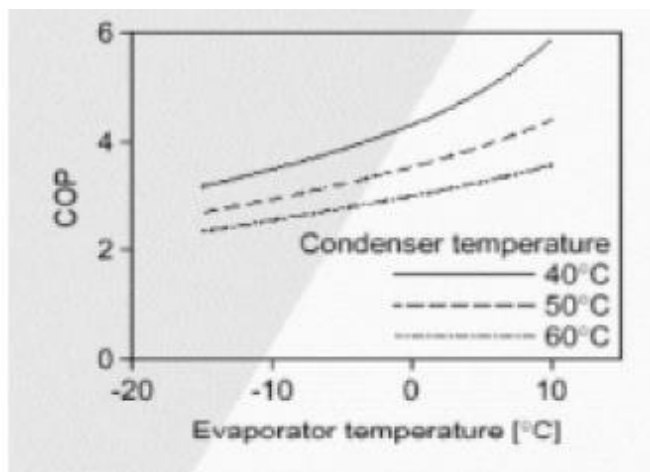


Figura 1.3 COP de la bomba de calor.

### 1.3.3.3. Variables que condicionan su funcionamiento.

El funcionamiento óptimo de la bomba de calor está condicionado por la temperatura de su foco frío. En la tabla 1.2 se presentan las temperaturas de las fuentes de calor normalmente utilizadas, si la temperatura del foco frío no pertenece al rango establecido, el rendimiento de la bomba de calor puede disminuir hasta en un 30%.

Tabla 1.2 Temperaturas de las fuentes de calor normalmente utilizadas por la bomba de calor.

Fuente de calor o foco frío	Rango de temperaturas (°C)
Aire ambiental	-10 a 15
Aire de extracción	15 a 25
Agua subterránea	4 a 10
Agua de lagos o ríos	0 a 10
Agua de mar	3 a 8
Suelos	0 a 5
Subsuelo	0 a 10
Aguas residuales y de procesos	>10

Fuente: Elaboración propia.

Un foco frío ideal debe estar disponible en abundancia, no ser corrosivo, no contaminante, tener las condiciones termodinámicas favorables, no requerir costos elevados de inversión ni de mantenimiento. En invierno se debe agregar la condición de poseer una temperatura elevada y estable. En el aire atmosférico, su utilización presenta problemas de formación de escarcha. Este problema se resuelve invirtiendo el ciclo durante pequeños períodos, lo que supone un gasto adicional de energía. La temperatura debe ser superior a  $-5^{\circ}\text{C}$  para que su rendimiento resulte favorable. Para temperaturas por encima de  $5^{\circ}\text{C}$  no es necesario el desescarche.

Así, la variable que condiciona el funcionamiento de la bomba de calor es la temperatura del foco frío. En invierno si esta temperatura disminuye, la eficiencia del sistema también se reducirá. De acuerdo a lo anterior, una bomba de calor

puede funcionar en cualquier clima, debiendo instalar un sistema de desescarche si corresponde a la clasificación aire-aire.

#### **1.3.3.4. Variación de la temperatura del aire exterior a lo largo del periodo de calefacción.**

La variación de la temperatura del aire provoca dos tipos de inconvenientes para las bombas de calor que emplean el aire exterior como fuente fría:

- Cuanto más baja es la temperatura, menos calor suministra la Bomba de Calor, mientras que las necesidades de calefacción aumentan.
- Por debajo de un cierto valor de la temperatura exterior, la temperatura de la superficie externa del evaporador en contacto con el aire baja por debajo de 0°C formándose una capa de escarcha sobre dicha superficie.

#### **1.3.3.5. Variación de la cantidad de calor disponible en el condensador.**

Cuando la temperatura del aire exterior disminuye, la temperatura de evaporación del fluido termodinámico se hace más baja, la diferencia de temperatura entre el condensador y el evaporador aumenta lo que provoca una disminución del coeficiente de funcionamiento, COP y la potencia calorífica.

#### **1.3.3.6. Formación de escarcha en el evaporador.**

El Enfriamiento del aire exterior al pasar por el evaporador, puede ocasionar la condensación de una parte del vapor de agua que contiene. La cantidad de agua condensada depende de las condiciones de temperatura y de humedad del aire a su entrada en el intercambiador y, de la importancia del enfriamiento sufrido. A partir de cierta temperatura del aire (de orden de + 3°C) la temperatura de evaporación del fluido termodinámico se hace suficientemente baja para que la superficie del evaporador, en contacto con el aire, esté a una

temperatura inferior a 0°C y, el agua eventualmente condensada, se transforme en hielo. La capa de escarcha así formada no hace más que crecer con el tiempo y entorpecer la transferencia térmica, provoca un aumento en la diferencia de temperatura entre el fluido termodinámico que se evapora y el aire, y, en definitiva, tiene el mismo efecto negativo sobre el coeficiente de funcionamiento que un descenso de la temperatura exterior. Se ha recurrido a la inversión del ciclo para eliminar la escarcha formada sobre el evaporador (desescarche automático). Existen dos métodos para gobernar las secuencias de desescarche:

- Constatar la presencia efectiva de escarcha y esperar que se forme una capa de espesor suficiente antes de proceder al desescarche.
- De forma contraria, proceder a secuencias sistemáticas de desescarche desde el momento en que las condiciones exteriores amenacen la formación de hielo a partir de agua condensada.

El primer método consiste en medir la pérdida de carga del aire exterior tras su paso por el evaporador. Esta pérdida de carga aumenta al ir creciendo la capa de escarcha y, a partir del momento en que cierto valor es sobrepasado, basta con accionar el mecanismo que permite la inversión del ciclo. El final del ciclo de desescarche puede controlarse de 2 formas:

- 1) A partir de una medida de la presión del fluido termodinámico en el intercambiador exterior (convertido en condensador durante el período de desescarche).
- 2) A través de una medida de la temperatura de dicho intercambiador. Efectivamente, la presión y la temperatura del fluido termodinámico aumentan rápidamente al final del desescarche y, por consiguiente, una de estas dos magnitudes puede ser utilizada para ordenar el retorno al ciclo de calefacción.

Por lo dicho anteriormente, es evidente la necesidad de realizar un desagüe para el agua resultante del desescarche en la unidad exterior.

#### **1.3.3.7. Ventajas y limitaciones.**

Las ventajas de la bomba de calor son:

- Bajo consumo eléctrico, ya funcionan con un compresor que consume electricidad para transportar el calor, no para generarlo. Por ello, se definen por una gran eficiencia energética, ya que por cada Kw que consumen, se transfiere de 2kw a 4kw de calor. Por su parte, un sistema con tecnología inverter aumentará la eficiencia.
- Consumen mucho menos energía que una caldera o calefactor (hasta una tercera parte), y no emiten dióxido de carbono a la atmósfera.
- Puede proporcionar calefacción y agua caliente sanitaria con un mismo equipo.
- En edificios, permiten transferir el calor restante de una zona a otra con necesidades de calefacción.
- Su utilización puede ser en residencias, edificios e industrias, alcanzado en estas últimas temperaturas de salida de hasta 260 ° C.
- A diferencia de todos los otros sistemas de acondicionamiento de aire, es capaz de aprovechar el calor externo existente en invierno.

#### **1.3.3.9. Conclusiones:**

Con la información estudiada acerca del sistema de calefacción por bomba de calor, se concluye que éste, es más ventajoso desde el punto de vista de eficiencia, económica y no contaminante, frente al sistema de calefacción por recirculación de agua caliente con caldera a petróleo.

## CAPITULO II: DESCRIPCION DEL EDIFICIO.

### 2.1. Generalidades.

Para la evaluación del presente estudio, se optó por utilizar una infraestructura existente y de construcción antigua, lo cual permitirá obtener datos reales. Además, éste cuenta con un sistema de calefacción por caldera por piso radiante. En la figura 2.1 se muestra el Edificio Los Araucanos, el cual será utilizado para el siguiente estudio.



*Figura 2.1 Edificio Los Araucanos Torre A y B (17-October-2015).*

El Edificio Los Araucanos es una Comunidad construida el año 1980, ubicado en la calle Caupolicán N° 69. Este edificio cuenta de dos torres A y B, donde ambas tienen 5 pisos y por cada piso existe un solo departamento, por lo que viven 10 familias en la Comunidad.

## 2.2. Vista generales del Edificio Los Araucanos.

### Plano Departamento 501 Torre A.

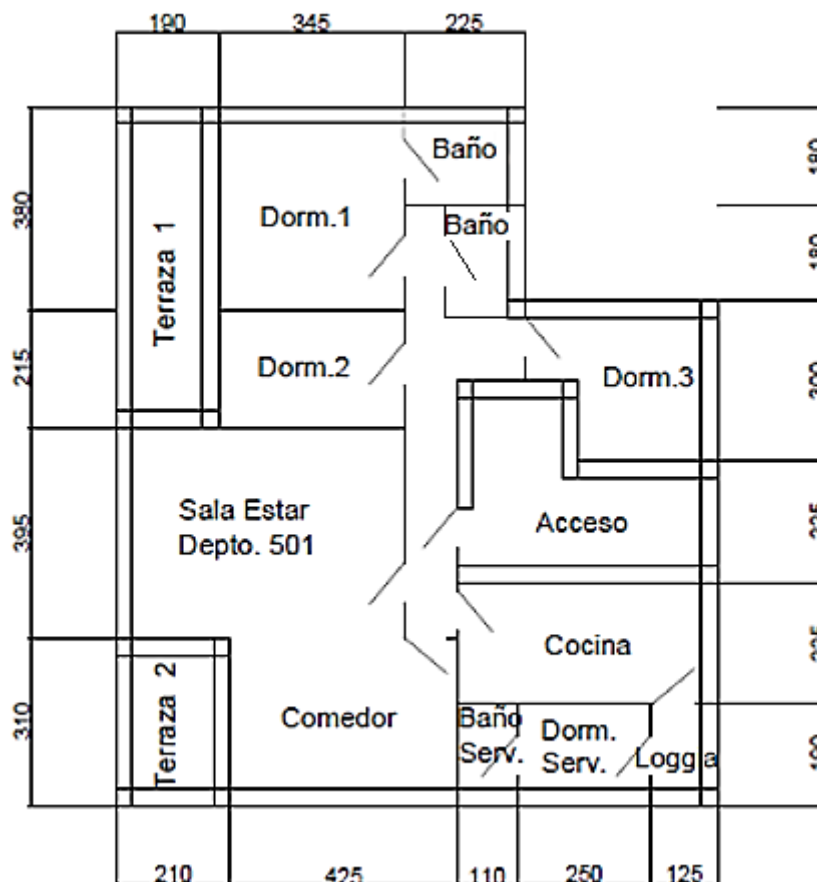


Figura 2.2 Plano planta Edificio Los Araucanos torre A.

Fuente: Conservador de bienes raíces, Concepción – Elaboración propia.

Nota: Los planos originales de todos los departamentos, están adjuntos al informe.



**Plano Departamento 502 Torre B.**

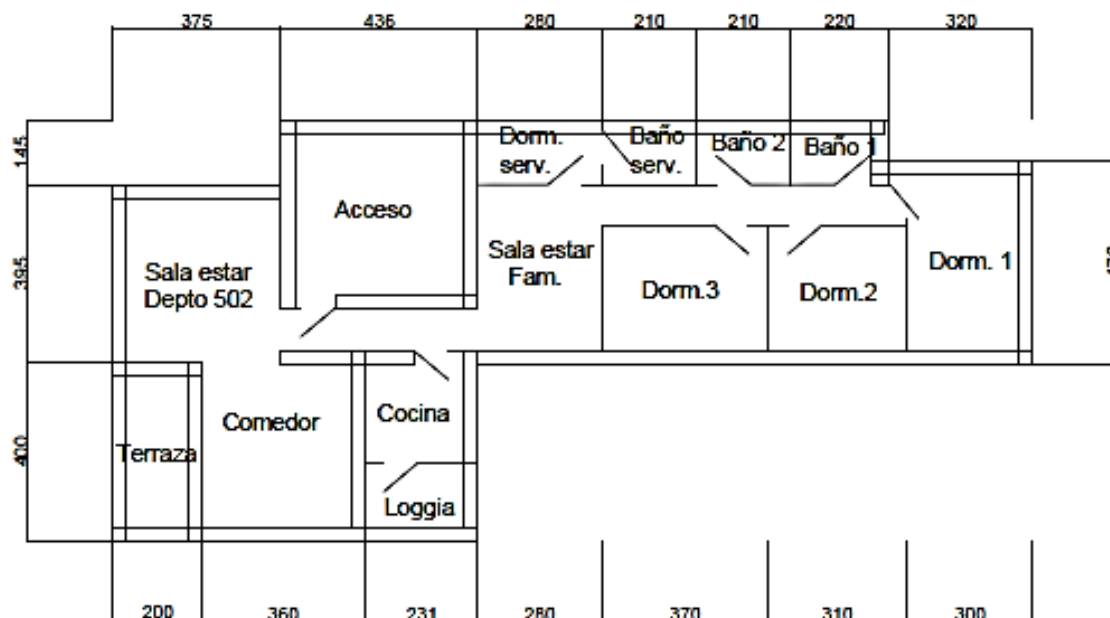


Figura 2.3 Plano planta Edificio Los Araucanos torre B.

Fuente: Conservador de bienes raíces, Concepción – Elaboración propia.

Nota: Los planos originales de todos los departamentos, están adjuntos al informe.

A continuación, se muestra las dimensiones que tiene cada espacio de las dos torres del edificio en las siguientes tablas:

Tabla 2.1 Resumen superficies de los distintos espacios torre A.

Torre A			
Lugar	N° Piso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
Terraza 1	501	11.6	2.4
Terraza 2	501	6.5	2.4
Comedor	501	13.2	2.4
Sala Estar	501	20.2	2.4
Dormitorio 1	501	11.2	2.4
Dormitorio 2	501	10.8	2.4
Baño 1	501	3.8	2.4
Dormitorio 3	501	11.4	2.4
Cocina	501	10.9	2.4
Dormitorio Servicio	501	4.9	2.4
Baño Servicio	501	2.2	2.4
Loggia	501	2.5	2.4
Pasillo acceso	501	11.4	2.4
<b>TOTAL</b>		<b>120.6</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.2 Resumen superficies de los distintos espacios torre B.

Torre B			
Lugar	N° Piso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
Terraza	502	8.0	2.4
Comedor	502	14.4	2.4
Sala Estar	502	14.8	2.4
Cocina	502	5.8	2.4
Loggia	502	3.5	2.4
Pasillo 1	502	6.3	2.4
Sala Estar Familiar	502	14.3	2.4
Dormitorio Servicio	502	4.1	2.4
Baño Servicio	502	3.1	2.4
Baño 1	502	3.2	2.4
Baño 2	502	3.1	2.4
Dormitorio 1	502	10.1	2.4
Dormitorio 2	502	8.7	2.4
Dormitorio 3	502	17.6	2.4
Pasillo 2	502	9.3	2.4
<b>TOTAL</b>		<b>126.3</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se escogió el piso quinto ya que existe mayores pérdidas debido al techo, todas las mediciones de los departamentos de cada piso son estándar.

Luego, de conocer las dimensiones de cada espacio de las distintas torres, se elaboraron las siguientes tablas resumen de los espacios a climatizar en el edificio.

Tabla 2.3. Resumen superficies de los recintos a calefaccionar torre A.

Torre A			
Lugar	N° Piso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
Comedor	501	13.2	2.4
Sala Estar	501	20.2	2.4
Dormitorio 1	501	11.2	2.4
Dormitorio 2	501	10.8	2.4
Dormitorio 3	501	11.4	2.4
<b>TOTAL</b>		<b>66,8</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.4. Resumen superficies de los recintos a calefaccionar torre B.

Torre B			
Lugar	N° Piso	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
Comedor	502	14.4	2.4
Sala Estar	502	14.8	2.4
Sala Estar Familiar	502	14.3	2.4
Dormitorio 1	502	10.1	2.4
Dormitorio 2	502	8.7	2.4
Dormitorio 3	502	17.6	2.4
<b>TOTAL</b>		<b>79,9</b>	

Fuente: Elaboración propia.

### CAPITULO III: CÁLCULO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE CALOR.

En un proceso de transferencia de calor intervienen varias resistencias térmicas en serie, en paralelo, o en combinación de ambas formas, y es conveniente definir un coeficiente de transferencia de calor global, el cual considera las resistencias térmicas de convección y conducción. Para el caso de este trabajo, se confeccionó una tabla guía con los diferentes tipos de puertas, ventanas, etc. Después de la obtención de estos datos y las superficies involucradas, es mucho más expedito el cálculo de las pérdidas y ganancias de calor, para el invierno y verano respectivamente.

#### 3.1. Conductividad térmica de los materiales del edificio.

Para este proyecto, se trabajará con la Norma Chilena 853 de 2007, de la cual se extrajo los datos de la conductividad térmica ( $k$ ) y densidad aparente ( $\rho$ ) de los materiales empleados en la construcción de las dos torres del edificio.

Para obtener las resistencias térmicas total de cada material. se empleará la siguiente ecuación:

$$R_t = R_{ci} + R_{ki} \dots + R_{kn} + R_{ce} \quad (\text{Ecuación 3.1.})$$

Dónde:

$R_t$  = Resistencia térmica total.

$R_{ci} = \frac{1}{h_i}$  **Transferencia de calor convectivo**, Se considera una resistencia térmica a la convección interior, para flujo de calor horizontal, de 0,12, según NCh. 853.

$R_{ki} = \frac{l_i}{k_i}$  **Transferencia de calor conductivo** Esta ecuación se aplica a cada uno de los materiales, donde " $l$ " es el espesor y " $k$ " la conductividad térmica correspondiente.

$R_{ce} = \frac{1}{h_e}$  **Transferencia de calor convectivo** La resistencia a la convección exterior del recinto en estudio es función de la velocidad del viento exterior y al respecto se pueden usar una de las siguientes ecuaciones:

$$h_e = 5,8 + 4 \cdot \vec{v} \left( \frac{W}{m^2K} \right) \quad \text{si } \vec{v} < 5 \text{ m/s}$$

$$h_e = 7,15 \cdot \vec{v}^{0,78} \left( \frac{W}{m^2K} \right) \quad \text{si } \vec{v} \geq 5 \text{ m/s}$$

Luego, el coeficiente global, se obtiene de la Ecuación 3.1.1. que es con la que se trabajará en el ítem 3.1.1 ilustrada a continuación.

$$U = \frac{1}{R_t} \left( \frac{W}{m^2K} \right) \quad \text{(Ecuación 3.1.1.)}$$

El edificio, no cuenta con tabiques sino de muros de hormigón armado tanto en el exterior e interior. Para el exterior se considerará una velocidad del viento de **24 km/h**, lo que equivale a **6,666 m/s**, y para los muros que colindan con otro espacio interior, no calefaccionado, se considerará convección natural y el valor de **hi**, no calefaccionado, será aproximadamente igual a **hi** calefaccionado. Así las fórmulas quedarán de la siguiente manera:

Paredes que colindan con el exterior:

$$h_e = 7,15 \cdot 6,66^{0,78} \left( \frac{W}{m^2K} \right)$$

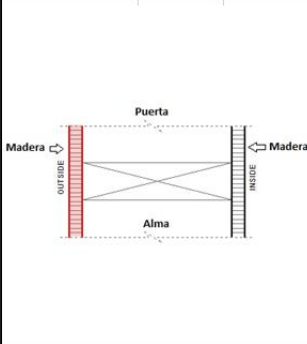
$$h_e = 31,4 \left( \frac{W}{m^2K} \right)$$

Por lo tanto:

$$R_{ce} = \frac{1}{h_e} = \frac{1}{31,4} = 0,031 \left( \frac{m^2K}{W} \right)$$

### 3.1.1 Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor.

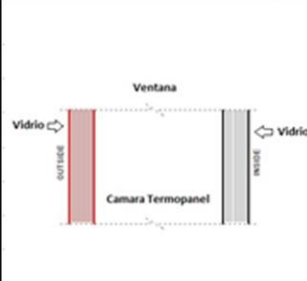
Tabla 3.1 Coeficiente Global U Puertas exterior e interior en las torres A y B.

	Material	Espesor (m)	$k \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	Puertas exterior	Puertas interior
	Madera exterior	0,003	0,23	750		
Alma puerta	0,044	0,2	900			0,220
Union Machihembrada	0,044	0,13	450			0,338
Liston de remate	0,044	0,23	800			0,191
Madera interior	0,003	0,23	750			0,013
Camara termopanel	0,035	0,23			0,155	
Vidrio	0,006	1,2	2500		0,005	
Vidrio	0,006	1,2	2500		0,005	
Rci					0,12	0,12
Rce puertas interior						0,12
Rce puerta exterior					0,031	
R total $\left( \frac{m^2 K}{W} \right)$					0,316	1,016
Coef. Gobal U $\left( \frac{W}{m^2 K} \right)$					3,165	0,984

Fuente: Elaboración propia.

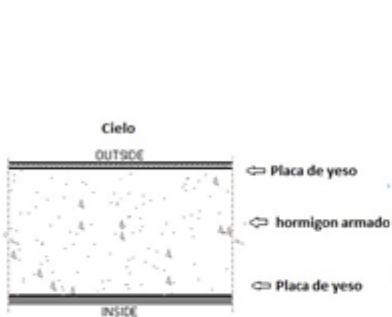
Nota: Para el cálculo de la cámara de aire de la puerta tiene una resistencia térmica Ra= 0,155 (m<sup>2</sup>\*K W) debido que la cámara de aire es vertical y el flujo de aire es horizontal, con un espesor de 35 mm. Los datos fueron obtenidos del anexo A-3 de la norma chilena NCh853.EOF71.

Tabla 3.2 Coeficiente Global U Ventanas exterior en las torres A y B.

	Material	Espesor (m)	$k \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	Ventanas termopanel
	Camara termopanel	0,008	0,061		
Vidrio	0,006	1,2	2500		0,005
Vidrio	0,006	1,2	2500		0,005
Rci					0,12
Rce (Ventana interior)					
Rce (Ventana exterior)					0,031
R total $\left( \frac{m^2 K}{W} \right)$					0,292
Coef. Gobal U $\left( \frac{W}{m^2 K} \right)$					3,423

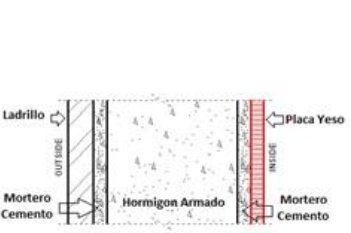
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.3 Coeficiente Global U cielo en las torres A y B.

	Material	Espesor (m)	$k \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	Cielo
		Alfombra	0,008	0,05	1000
	Placa de yeso	0,015	0,26	700	0,058
	Mortero de cemento	0,025	1,4	2000	0,018
	Hormigon armado	0,1	1,63	2400	0,061
	Mortero de cemento	0,025	1,4	2000	0,018
	Placa de yeso	0,015	0,26	700	0,058
	Rci				0,11
	Rce				0,11
	R total $\left( \frac{m^2 K}{W} \right)$				0,592
	Coef. Gobar U $\left( \frac{W}{m^2 K} \right)$				<b>1,688</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.4 Coeficiente Global U muros interior y exterior en las torres A y B.

	Material	Espesor (m)	$k \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	Muro exterior	Muro interior
		Ladrillo hecho a mano	0,025	0,5	-	0,050
	Mortero de cemento ext.	0,025	1,4	2000	0,018	0,018
	Hormigon armado	0,1	1,63	2400	0,061	0,061
	Mortero de cemento int.	0,025	1,4	2000	0,018	0,018
	Placa de yeso	0,015	0,26	700	0,058	0,058
	Rci				0,12	0,12
	Rce (Muro interior)					0,12
	Rce (muro exterior)				0,031	
	R total $\left( \frac{m^2 K}{W} \right)$				0,356	0,395
	Coef. Gobar U $\left( \frac{W}{m^2 K} \right)$				<b>2,811</b>	<b>2,533</b>

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor se consideró  $R_{ci} = R_{ce}$  para elementos interiores como lo específica anexo A-4 de la norma chilena NCh853.E0f71.

### 3.2. Condiciones de diseño.

Según ecuaciones de confort térmico y la ubicación geográfica a analizar de acuerdo a la Norma Chilena (NCh.1078.c73) se determina las siguientes condiciones de diseño:

- Se considera una temperatura interior de 21 °C.
- Temperatura exterior de cálculo de 5°C (invierno).
- Temperatura exterior de cálculo de 29 °C (verano).
- Temperatura para locales no calefaccionado 13 °C.
- Velocidad del viento exterior de 24  $\left(\frac{km}{h}\right)$  o 6,66  $\left(\frac{m}{s}\right)$ .

En términos generales, la carga de calefacción (Q) se define como:

La carga de calor que debe aportar el equipo calefactor, para compensar las pérdidas a través de toda la estructura más el calor para calentar el aire frío que se infiltra al recinto.

Entonces se tiene que:

$$Q_{\text{Calefacción}} = Q_{\text{Transferido}} + Q_{\text{Infiltrado}} \quad (\text{Ecuación 3.2.})$$

$$Q_{\text{Calefacción}} = \sum (U_i * A_i * \Delta t_i) + (m_e * C_p * (t_a - t_e)) \quad (\text{Ecuación 3.2.1.})$$



### 3.3. Cálculos de pérdidas en condición de invierno (calefacción).

Una vez conocido el coeficiente global de transferencia de calor de cada material del recinto, las temperaturas diseño y las áreas de cada sector a climatizar, se procede a calcular las pérdidas en condición de invierno.

#### 3.3.1. Cálculos de pérdidas de calor por aire infiltrado.

Se considera la existencia de rendijas en puertas y ventanas por las cuales hay flujo de aire frío que se infiltra al recinto el que impone aporte de calor por el equipo calefactor.

El calor de aire infiltrado se define como:

$$Q_{\text{Aire Infiltrado}} = m_e * C_p \text{aire} * (T_i - T_e) \text{ (W)} \quad \text{(Ecuación 3.3.)}$$

Dónde:

$m_e$  = masa de aire infiltrado  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$ .

$C_p$  = calor específico del aire  $0,24 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)$ .

$T_i$  = temperatura interior de cálculo  $21^\circ\text{C}$ .

$T_e$  = temperatura exterior de cálculo  $5^\circ\text{C}$ .

Para el cálculo de infiltraciones de aire en el recinto se utilizará el método de N°RH mediante la siguiente fórmula general:

- Volumen de aire infiltrado:

$$V_{\text{infiltrado}} = \text{NRH} * \text{Volumen local} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \quad \text{(Ecuación 3.3.1.)}$$

Nota: Se considera según anexo A-7, para el local un NRH= 1,5, para las dos torres del edificio.

- Masa de aire infiltrado

$$m_e = \rho_e * V_{\text{Infiltrado}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \quad (\text{Ecuación 3.3.2.})$$

Nota: Para el cálculo se consideró una  $\rho_e = 1,2 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$ .

### Torre A

Se tiene un Volumen local de 289,44 ( $\text{m}^3$ ), al ocupar las formulas se tiene:

$$V_{\text{infiltrado}} = 1,5 \left( \frac{1}{\text{h}} \right) * 289,44 (\text{m}^3) = 434,16 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

$$m_e = 1,2 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 434,16 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 521 \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

Por lo tanto, se procede a calcular el calor de aire infiltrado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{Aire Infiltrado}} = 521 \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * 0,24 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} \right) * (21-5) (^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Aire Infiltrado}} = 2000,64 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) = 2326,74 (\text{W})$$

### Torre B

Se tiene un Volumen local de 303,12 ( $\text{m}^3$ ), al ocupar las fórmulas se tiene:

$$V_{\text{infiltrado}} = 1,5 \left( \frac{1}{\text{h}} \right) * 303,12 (\text{m}^3) = 454,68 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

$$m_e = 1,2 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 454,68 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 545,62 \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

Por lo tanto, se procede a calcular el calor de aire infiltrado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{Aire Infiltrado}} = 545,62 \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * 0,24 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} \right) * (21-5) (^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Aire Infiltrado}} = 2095,17 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) = 2436,68 \text{ (W)}$$

### 3.3.2. Cálculos de los coeficientes de corrección.

Para calcular la capacidad de los equipos de calefacción, se deberán agregar factores de corrección o suplementos a la carga de calefacción, lo cual se puede expresar mediante la siguiente expresión.

$$Q_{\text{Equipo}} = \sum U_i * A_i * \Delta T_i * (1 + S_0 + S_1) + Q_{\text{aire}} * (R * H * S_2) \text{ (W)} \quad \text{(Ecuación 3.4.)}$$

#### 3.4.1 Suplementos.

**Suplemento  $S_0$ :** Este suplemento depende del modo de servicio de calefacción y la permeabilidad térmica media comprendida en la tabla N° 6.

- Permeabilidad térmica media:

$$P_{\text{Media}} = \frac{\sum U_i * A_i * \Delta T_i}{\sum A_i * \Delta T_i} \quad \text{(Ecuación 3.4.1.)}$$

**Torre A**

$$P_{\text{Media}} = \frac{6097,4}{2367,6} = 2,58 ; \text{ Por lo tanto el Suplemento } S_0 = 0,15.$$

**Torre B**

$$P_{\text{Media}} = \frac{8182,2}{3135,9} = 2,61 ; \text{ Por lo tanto el Suplemento } S_0 = 0,15.$$

Nota: Modo del servicio de calefacción es de 12 a 16 h dentro del rango  $>1,75$ , según anexo A-8 de la NCh1078.c73 el suplemento  $S_0 = 0,15$ .

Los valores para la ecuación 3.4.1 se obtuvo de las tablas 3.5 y 3.6 del ítem 3.3.3.

**Suplemento  $S_1$**  : Este suplemento depende de la orientación de las paredes respecto a los puntos cardinales del recinto a calefaccionar. Considera el aporte solar o no de las paredes en estudio y cuyo valor está indicado en el anexo A-9 de la NCh1078.c73.

- Norte  $S_1 = - 0,05$
- Sur  $S_1 = 0,05$
- Este  $S_1 = 0$
- Oeste  $S_1 = 0$

Nota: Estos valores son válidos para ambas torres A y B.

**Suplemento  $S_2$**  : En este suplemento se pueden adoptar dos valores, que son los siguientes:

- $S_2 = 1,2$  Para recintos ubicados en casa esquina que contengan una puerta o ventana en el vértice.
- $S_2 = 1$  Para el resto de los recintos.

Por lo tanto, el Suplemento  $S_2 = 1$ , este es válido para ambas torres A y B.

**Suplemento R:** Suplemento que depende de las características de ventanas, puertas existentes en el recinto y de los materiales constructivos de las mismas, cuyo valor está indicado en el anexo A-10 de la NCh1078.c 73

### **Torre A**

- Ventanas de metal
  - Puertas no herméticas
- $$\frac{A_v}{A_p} = 8,84 \Rightarrow R = 0,7$$

### **Torre B**

- Ventanas de metal
  - Puertas no herméticas
- $$\frac{A_v}{A_p} = 5,14 \Rightarrow R = 0,9$$

**Suplemento H:** Suplemento que corrige el aire infiltrado de acuerdo a la protección que tendrá el local con respecto al viento.

- Localidad de vientos normales.
- Casa en fila y despejada.

Por lo tanto, el Valor característico  $H = 0,41$  es válido para ambas torres A y B.

Nota: El valor de este suplemento se encuentra en el anexo A-10 de la NCh1078.c73.

### 3.3.3. Pérdidas de calor por la estructuras torres A y B

En las tablas 3.5. y 3.6., se muestra los resultados de los cálculos de las pérdidas de las cargas térmicas y las tasas de calefacción, para las torres A y B en Edificio Los Araucanos.

Tabla 3.5. Pérdidas de calor por la estructura torre A.

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	19,4	3,4	16,0	1057,5	0,2	-0,1	1,1	1163,3
Muros	Norte	13,8	2,8	16,0	618,2	0,2	-0,1	1,1	680,1
Ventanas	Sur	5,5	3,4	16,0	300,3	0,2	0,1	1,2	360,3
Muros	Sur	19,2	2,8	16,0	861,1	0,2	0,1	1,2	1033,3
Muros	Sur	9,5	2,8	8,0	212,4	0,2	0,1	1,2	254,8
Puerta	Sur	1,7	3,2	8,0	42,5	0,2	0,1	1,2	51,0
Ventanas	Este	4,5	3,4	8,0	122,4	0,2	0,0	1,2	140,8
Muros	Este	26,9	2,8	8,0	602,1	0,2	0,0	1,2	692,4
Muros	Este	4,6	2,8	16,0	207,0	0,2	0,0	1,2	238,0
Muros	Oeste	38,5	2,8	8,0	862,8	0,2	0,0	1,2	992,3
Cielo		102,5	1,7	7,0	1211,1	0,2	0,1	1,2	1453,4
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	60,9	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					6097,4				7059,6
INFILTRACION DE AIRE FRIO									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	434,2	521,0	0,2	16,0	2326,3	0,7	0,4	1,0	667,6
SUBTOTAL					2326,3				667,6
TOTAL					8423,7				7727,3

Fuente: Elaboración Propia.

$$Tasa_{calefaccion} = \frac{Q_{Equipo}}{Sup \cdot piso} = \frac{7727,3}{120,6} = 64,1 \left( \frac{W}{m^2} \right)$$

Tabla 3.6 Pérdidas de calor por la estructura torre B.

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	10,6	3,4	16,0	574,5	0,2	-0,1	1,1	631,9
Muros	Norte	8,5	2,8	16,0	381,7	0,2	-0,1	1,1	419,9
Muros	Norte	10,7	2,8	8,0	239,2	0,2	-0,1	1,1	263,2
Ventanas	Sur	2,8	3,4	16,0	153,4	0,2	0,1	1,2	184,1
Muros	Sur	22,8	2,8	16,0	1022,8	0,2	0,1	1,2	1227,3
Muros	Sur	7,2	2,8	8,0	161,3	0,2	0,1	1,2	193,5
Ventanas	Este	7,9	3,4	16,0	429,2	0,2	0,0	1,2	493,6
Muros	Este	30,9	2,8	16,0	1383,0	0,2	0,0	1,2	1590,4
Muros	Este	8,5	2,8	8,0	191,3	0,2	0,0	1,2	220,0
Puerta	Este	1,7	3,2	16,0	86,0	0,2	0,0	1,2	98,9
Ventanas	Oeste	11,2	3,4	16,0	609,3	0,2	0,0	1,2	700,7
Muros	Oeste	34,7	2,8	16,0	1552,8	0,2	0,0	1,2	1785,7
Cielo		118,3	1,7	7,0	1397,8	0,2	0,1	1,2	1677,4
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	67,5	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					8182,2				9486,6
INFILTRACION DE AIRE FRIO									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	454,7	545,6	0,2	16,0	2436,2	0,9	0,4	1,0	899,0
SUBTOTAL					2436,2				899,0
TOTAL					10618,5				10385,6

Fuente: Elaboración Propia.

$$Tasa_{calefaccion} = \frac{Q_{Equipo}}{Sup_{piso}} = \frac{10385,6}{126,3} = 82,2 \left( \frac{W}{m^2} \right)$$

## Conclusiones

En la siguiente Tabla resumen 3.7, se muestra las cargas térmicas de todos los espacios del edificio, éste se calculó según las ecuaciones 3.2, 3.3 y 3.4.

Tabla 3.7 Resumen carga térmica torres A y B.

	<b>Torre A</b>	<b>Torre B</b>
$Q_{Transferido}$ (W)	6097,4	8182,2
$Q_{Infiltrado}$ (W)	2326,7	2436,2
$Q_{Calefacción}$ (W)	<b>8423,7</b>	<b>10618,5</b>
$Q_{Equipo}$ (W)	<b>7727,3</b>	<b>10385,6</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Estos resultados de las cargas térmicas corresponden a la sumatoria de todos los espacios del edificio, contabilizando a recintos sin calefacción.

### 3.3.4. Resumen de cálculo de pérdidas de todos los espacios a calefaccionar.

Realizado el procedimiento de cálculo, que se encuentra respaldado en el anexo B-1 y B-2, se está en condiciones de generar la tabla resumen detallada a continuación.

Tabla 3.8 Resumen de cargas térmicas de los diferentes espacios a calefaccionar torres A y B.

<b>Torre A</b>					
<b>N° Depto.</b>	<b>Lugar</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Q<sub>Calefacción</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>Equipo</sub> (W)</b>	<b>Pérdida específica (W/m<sup>2</sup>)</b>
501	Comedor	13.2	980,2	938,1	90
501	Sala Estar	20.2	1698,5	1666,2	90
501	Dormitorio 1	11.2	1147,7	1144,5	90
501	Dormitorio 2	10.8	827,6	777,7	90
501	Dormitorio 3	11.4	1430,1	1478,9	90
	<b>TOTAL</b>	<b>66,8</b>	<b>6084,1</b>	<b>6005,4</b>	



Torre B					
502	Comedor	14.4	1682,2	1741,8	98
502	Sala Estar	14.8	1716,5	1772,7	98
502	Sala Estar Familiar	14.3	1183,2	1196,6	98
502	Dormitorio 1	10.1	852,3	828,3	98
502	Dormitorio 2	8.7	643,1	608,6	98
502	Dormitorio 3	17.6	1689,9	1702,0	98
	<b>TOTAL</b>	<b>79,9</b>	<b>7767,2</b>	<b>7850</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Estos resultados de las cargas térmicas corresponden solo a los espacios a climatizar del edificio, los cuales servirán para la selección de equipos de climatización.

### 3.4 Cálculo de ganancias térmicas para la condición de verano (refrigeración).

Las ganancias de calor para la condición de verano en el edificio se deben calcular considerando los mismos coeficientes globales de transferencia determinados en los puntos anteriores. Para el caso de las ganancias por convección y conducción se realiza un procedimiento similar al utilizado para las pérdidas en la condición de invierno, con el  $\Delta t$  correspondiente al verano estimada de 29 °C y sin considerar los factores de corrección.

Además, a las cargas térmicas de verano por convección y conducción, se debe agregar las siguientes ganancias de calor:

- Por radiación en muros soleados y a la sombra.
- Por radiación en los vidrios de las ventanas.
- Por ocupación de personas, luces y equipos.

En las siguientes tablas 3.9. y 3.10. se verán las ganancias térmicas por conducción y conveccion y la tasa de refrigeración en cada torre del edificio.

Tabla 3.9. Ganancia térmica por estructura en torre A.

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	19,4	3,4	8,0	528,8				528,8
Muros	Norte	13,8	2,8	8,0	309,1				309,1
Ventanas	Sur	5,5	3,4	8,0	150,1				150,1
Muros	Sur	19,2	2,8	8,0	430,5				430,5
Muros	Sur	9,5	2,8	7,0	185,8				185,8
Puerta	Sur	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Ventanas	Este	4,5	3,4	7,0	107,1				107,1
Muros	Este	26,9	2,8	7,0	526,8				526,8
Muros	Este	4,6	2,8	8,0	103,5				103,5
Muros	Oeste	38,5	2,8	7,0	755,0				755,0
Cielo		102,5	1,7	7,0	1211,1				1211,1
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	60,9	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					4344,4				4344,4
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	434,2	521,0	0,2	8,0	1163,1				
SUBTOTAL					1163,1				1163,1
TOTAL					5507,5				5507,5

Fuente: Elaboración propia.

$$Tasa_{Refrigeracion} = \frac{Q_{Equipo}}{Sup_{Piso}} = \frac{5507,5}{120,6} = 45,7 \left( \frac{W}{m^2} \right)$$

Tabla 3.10. Ganancia térmica por estructura en torre B.

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	10,6	3,4	8,0	287,2				287,2
Muros	Norte	8,5	2,8	8,0	190,8				190,8
Muros	Norte	10,7	2,8	7,0	209,3				209,3
Ventanas	Sur	2,8	3,4	8,0	76,7				76,7
Muros	Sur	22,8	2,8	8,0	511,4				511,4
Muros	Sur	7,2	2,8	7,0	141,1				141,1
Ventanas	Este	7,9	3,4	8,0	214,6				214,6
Muros	Este	30,9	2,8	8,0	691,5				691,5
Muros	Este	8,5	2,8	7,0	167,4				167,4
Puerta	Este	1,7	3,1	8,0	41,7				41,7
Ventanas	Oeste	11,2	3,4	8,0	304,6				304,6
Muros	Oeste	34,7	2,8	8,0	776,4				776,4
Cielo		118,3	1,7	7,0	1397,8				1397,8
Piso		H	P	ΔT( °K)	0,0				0,0
		1,2	67,5	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					5010,6				5010,6
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg °C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	454,7	545,6	0,2	8,0	1218,1				1218,1
SUBTOTAL					1218,1				1218,1
TOTAL					6228,7				6228,7

Fuente: Elaboración propia.

$$Tasa_{Refrigeracion} = \frac{Q_{Equipo}}{Sup_{Piso}} = \frac{6228,7}{126,3} = 49,3 \left( \frac{W}{m^2} \right)$$

Nota: Estos resultados de las cargas térmicas corresponden a la sumatoria de todos los espacios del edificio, contabilizando a recintos sin refrigeración.

A continuación, se mostrará una tabla resumen, de los resultados de las cargas térmicas por su estructura de los espacios a climatizar.

Tabla 3.11. Resumen de ganancias térmicas por estructura en los distintos espacios a climatizar.

Ganancia termica por estructura		
Torre A		
Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Q equipo (W)
Comedor	13,2	777,8
Sala estar	20,2	1070,9
Dormitorio 1	11,2	817
Dormitorio 2	10,8	558,1
Dormitorio 3	11,4	950,5
<b>TOTAL</b>	<b>55,4</b>	<b>4174,3</b>
Torre B		
Comedor	14,4	1063,3
Sala estar	14,8	1006,2
Sala estar fam.	14,3	732,1
Dormitorio 1	10,1	550,2
Dormitorio 2	8,7	314
Dormitorio 3	17,6	920,3
<b>TOTAL</b>	<b>79,9</b>	<b>4586,1</b>

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Estos resultados de las cargas térmicas corresponden solo a los espacios a climatizar del edificio, los cuales servirán para la selección de equipos de climatización.

En los anexos C-13 y C-14 se puede apreciar los cálculos en detalle de la tabla 3.11.

### 3.4.1. Radiación en muros.

La fórmula a utilizar para el cálculo de radiación en muros es:

$$Q=A*U*\Delta T_e \quad (W) \quad (\text{Ecuación 3.5.})$$

Dónde:

- U = Coeficiente global de transferencia en  $\left(\frac{W}{m^2\cdot C}\right)$ .
- A = Área de transferencia de calor en (m<sup>2</sup>).
- $\Delta t_e$  = Diferencia de temperatura corregida equivalente, en °C

Para determinar la diferencia de temperatura corregida equivalente. se considera la siguiente ecuación, recomendada por el manual aire acondicionado Carrier

:

$$\Delta t_e = \alpha + \Delta t_{es} + b * \frac{R_s}{R_m} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es}) \quad (\text{Ecuación 3.5.1.})$$

**Donde:**

**$\alpha$ :** Factor de Corrección, según diferencia de temperaturas exterior e interior durante 24 horas.

**$\Delta t_{es}$ :** Diferencia equivalente de temperatura, a la hora considerada para la pared a la sombra.

**$\Delta t_{em}$ :** Diferencia equivalente de temperatura, a la hora considerada para la pared soleada.

**$b$ :** Coeficiente que considera el color de la cara exterior de la pared.

**$R_s$ :** Máxima insolación solar en  $\left(\frac{kcal}{h * m^2}\right)$ , correspondiente al mes y latitud de estudio a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada:

- Pared.
- Horizontal (techo).

**$R_m$ :** Máxima insolación en  $\left(\frac{kcal}{h * m^2}\right)$ , en el mes de Julio, a 40° de latitud Norte, a través de una superficie acristalada vertical, para la orientación considerada:

- Pared.
- Horizontal (techo).

a) Para obtener el factor de corrección ( $\alpha$ ), se consideran los siguientes datos:

- Temperatura exterior: 29 °C
- Temperatura interior: 21 °C =>  $\Delta T$ : 8 °C
- $\Delta T$  en 24 horas: 15 °C (datos obtenidos según las medias climáticas Universidad de Concepcion)

Por lo tanto, según anexo C-1 del manual Carrier, se obtiene el factor de corrección  $\alpha = - 2,0$ .

- b) Para obtener  $\Delta t_{es}$  y  $\Delta t_{em}$ , se debe conocer el peso del muro en  $\left(\frac{kg}{m^2}\right)$  (ver tabla 3.12) y con ello recurrir al anexo C-2, para obtener la diferencia equivalente de temperaturas.

Tabla 3.12 Resumen de pesos de los muros en torres A y B.

Material	Espesor (m)	$\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right)$	Muro exterior y interior
Ladrillo hecho a mano	0,025	-	-
Mortero de cemento ext.	0,015	2000	30
Hormigon armado	0,1	2400	240
Mortero de cemento int.	0,015	2000	30
Placa yeso	0,005	700	3,5
<b>Peso de los muros <math>\left(\frac{kg}{m^2}\right)</math></b>			<b>303,5</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Según el peso del muro, para las dos torres A y B, es de  $303,5 \left(\frac{kg}{m^2}\right)$ , y se obtiene finalmente la diferencia equivalente de temperatura para pared a la sombra y soleada, esto depende de sus orientaciones y una hora considerada la cual es:

- 14:00 horas para  $\Delta t_{em}$

Tabla 3.13 Valores de dif. temperatura equivalente en pared sombra y pared soleada en torre A.

$\Delta t_{es}$	$\Delta t_{em}$ Norte	$\Delta t_{em}$ Sur
3,3	3,3	12,3

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.14 Valores de dif. temperatura equivalente en pared sombra y pared soleada en torre B.

$\Delta t_{es}$	$\Delta t_{em}$ Norte	$\Delta t_{em}$ Sur	$\Delta t_{em}$ Este	$\Delta t_{em}$ Oeste
3,3	3,3	12,3	7,8	5,5

Fuente: Elaboración Propia.

c) Para determinar el coeficiente (*b*) se debe visualizar el color de las paredes según los siguientes datos:

- Para las paredes de color oscuro  $b=1$  (azul oscuro, rojo oscuro, marrón, etc.)
- Para paredes de color medio  $b=0,78$  (verde, azul o gris claros)
- Para paredes de color claro  $b=0,55$  (blanco, crema, etc.)

Por lo tanto, el coeficiente (*b*) es igual a 0,55, ya que el color de las paredes de ambas torres son de color blanco.

d) Para los datos  $R_m$  y  $R_s$ , obtenidos del anexo C-3, se considera lo siguiente:

- $R_m$  se considerará la máxima insolación a 40° de latitud Norte en el mes de julio dependiendo de las orientaciones consideradas.
- $R_s$  se considerará la máxima insolación, en los meses de Diciembre a Marzo, según latitud y orientaciones consideradas.

Tabla 3.15 Valores máximos de insolación en torres A y B.

Torre A					
Orientación Muro	Máxima insolación solar $R_s \left( \frac{kcal}{h \cdot m^2} \right)$				Máxima insolación solar $R_m \left( \frac{kcal}{h \cdot m^2} \right)$
	Meses				Mes
	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Jul.
Norte	146	187	276	379	65
Sur	87	65	38	38	187
Horizontal Techo	642	631	580	496	631
Torre B					
Norte	146	187	276	379	65
Sur	87	444	439	38	187
Este	439	444	439	404	444
Oeste	439	444	439	404	444
Horizontal Techo	642	631	580	496	631

Fuente: Elaboración Propia.

Al obtener los valores de la ecuación 3.5.1., se obtendrá como resultado las diferencias de temperaturas corregidas equivalente en las torres A y B las cuales están reflejadas en las siguientes tablas 3.16 y 3.17.

Cabe mencionar que de Diciembre a Marzo funcionará el aire acondicionado.

Tabla 3.16 Valores de Diferencia de temperatura corregida equivalente en torre A.

Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Diciembre.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	146	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	87	187	12,3	3,60
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Enero.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	187	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	65	187	12,3	3,02
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Febrero.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	276	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	38	187	12,3	2,31
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Marzo.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	379	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	38	187	12,3	2,31

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.17 Valores de Diferencia de temperatura corregida equivalente en torre B.

Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Diciembre.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	146	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	87	187	12,3	3,60
Este	-2	3,3	0,55	439	444	7,8	3,75
Oeste	-2	3,3	0,55	439	444	5,5	2,50
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Enero.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	187	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	444	187	12,3	13,05
Este	-2	3,3	0,55	444	444	7,8	3,78
Oeste	-2	3,3	0,55	444	444	5,5	2,51
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes febrero.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	276	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	439	187	12,3	12,92
Este	-2	3,3	0,55	439	444	7,8	3,75
Oeste	-2	3,3	0,55	439	444	5,5	2,50
Diferencia de temperatura corregida equivalente (°C) Mes Marzo.							
Orientacion	$\alpha$	$\Delta t_{es}$	<b>b</b>	$R_s$	$R_m$	$\Delta t_{em}$	$\Delta t_e$
Norte	-2	3,3	0,55	379	65	3,3	1,30
Sur	-2	3,3	0,55	38	187	12,3	2,31
Este	-2	3,3	0,55	404	444	7,8	3,55
Oeste	-2	3,3	0,55	404	444	5,5	2,40

Fuente: Elaboración Propia.



Ya obtenido los resultados, se procede a calcular a distintos meses las ganancias por radiación en los muros de los recintos a equipar de las torres A y B con la ecuación 3.5. A modo de ejemplo en la tabla 3.18, se exhibe los resultados de las ganancias por radiación en muros, en el comedor de la torre A. Se considera además un porcentaje mínimo de un 25% dado por el Software Ecotect, incluso a las paredes, que por efecto del borde de la jardinera y aleros, no reciben luz solar a la hora determinada.

Cabe mencionar, que las tablas restantes para cada uno de los espacios de las torres A y B, están respaldadas en los anexos C-4 y C-5.

Tabla 3.18 Resultados Ganancia por radiación en muros a distintos meses en torre A.

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Comedor				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Comedor				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Comedor				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Comedor				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>10,56</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se elabora una tabla resumen de las ganancias por radiación de calor en muros de todos los espacios a climatizar en ambas torres a distintos meses de su funcionamiento (Tabla 3.19).

Tabla 3.19 Resumen Ganancias por radiación en muros a distintos meses en torres A y B.

Resumen Ganancia por Radiación por muros (W) Torre A				
Espacio	Meses			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Comedor	10,56	10,56	10,56	10,56
Sala Estar	12,74	12,74	12,74	12,74
Dormitorio 1	12,38	12,38	12,38	12,38
Dormitorio 2	11,65	11,65	11,65	11,65
Dormitorio 3	72,58	60,88	46,57	46,57
Resumen Ganancia por Radiación por muros (W) Torre B				
Espacio	Meses			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Comedor	75,85	76,09	75,85	73,44
Sala Estar	48,89	49,02	48,89	47,54
Dormitorio 1	138,96	292,95	290,32	114,15
Dormitorio 2	15,4	26	25,9	24,86
Dormitorio 3	32,9	33,03	32,9	31,58
Sala Estar Fam.	52,81	52,91	52,81	51,74

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.2. Radiación por ventanas.

La ganancia de calor a través de las ventanas del edificio, depende al igual del cálculo anterior, de su latitud, de las horas y meses, como también de su ubicación respecto a los puntos cardinales.

La Ecuación para determinar la radiación en las ventanas es la siguiente:

$$Q=A \cdot G_{max} \cdot F_{al} \cdot F_p \cdot F_l \quad (W) \quad \text{(Ecuación 3.6.)}$$

Donde:

$A$  = Área ventana (m<sup>2</sup>)

$G_{max}$  = Aporte solar en ventanas  $\left(\frac{kcal}{h \cdot m^2}\right)$ .

$F_{al}$  = Factor de almacenamiento sobre carga térmica

$F_{am}$  = Factor de amortiguamiento de ventana.

$F_l$  = Factor de limpieza, con un mínimo de 0,85.

- a) Aporte solar ( $G_{max}$ ) se considera los valores máximos que muestra la tabla 15 Carrier (anexo C-3), esto va a depender de los meses de verano (Diciembre a Marzo)
- b) Factor de almacenamiento ( $F_{al}$ ), temperatura interior constante y el peso será más de  $750 \left(\frac{kg}{m^2}\right)$  de la superficie del piso a diferentes horas, ventanas con pantalla interior, este dato se obtiene de la tabla 11 del manual Carrier (anexo C-6).
- c) Factor de amortiguamiento de ventana ( $F_{am}$ ) este dato se obtiene de la tabla 16, Carrier (Anexo C-7). Se considera un vidrio doble, de 6 mm de espesor y con persianas.
- d) Factor de limpieza ( $F_l$ ), se estima un mínimo de 0,85.

En la siguiente tabla 3.20 a modo de ejemplo, se exhibirá, los resultados de las ganancias solares por ventana en el comedor de la torre A, los demás espacios restantes de las torres A y B se encuentran en los anexos C-8 y C-9.

Tabla 3.20. Resultados Ganancia por radiación en ventanas a distintos meses en torre A.

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	4,50	146,00	0,96	0,65	0,85	348,47
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>405,27</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	187,00	0,96	0,65	0,85	446,33
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>519,08</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	276,00	0,96	0,65	0,85	658,76
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>766,13</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	379,00	0,96	0,65	0,85	904,60
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>1052,04</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se elaborará una tabla de resumen de ambas torres (tabla 3.21), donde, estos datos serán incorporados a la tabla final de ganancias térmicas de verano.

Tabla 3.21. Resumen de ganancias máximas por radiación en ventanas torres A y B.

Resumen Ganancia por Radiación por ventanas (W) Torre A				
Espacio	Meses			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Comedor	405,27	519,08	766,13	1052,04
Sala Estar	531,37	680,57	1004,48	1379,34
Dormitorio 1	405,27	519,08	766,13	1052,04
Dormitorio 2	405,27	519,08	766,13	1052,04
Dormitorio 3	901,25	911,51	901,25	829,4
Resumen Ganancia por Radiación por ventanas (W) Torre B				
Comedor	475,52	609,05	898,93	1234,39
Sala Estar	475,52	609,05	898,93	1234,39
Dormitorio 1	695,78	678,49	640,71	593,1
Dormitorio 2	588,99	595,69	588,9	542,03
Dormitorio 3	588,99	595,69	588,9	542,03
Sala Estar Fam.	588,99	595,69	588,9	542,03

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.3. Ganancias producidas por las personas

Según la tabla 48 del manual Carrier (anexo C-11), se obtendrá los valores de calor sensible y latente dependiendo del grado de actividad y tipo de aplicación, para este estudio la temperatura interior es de 21 °C, por lo tanto se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\text{Calor sensible (CS)} = 71 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) \times \text{persona} \quad (\text{Ecuación 3.7.1.})$$

$$\text{Calor latente (CL)} = 42 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) \times \text{persona} \quad (\text{Ecuación 3.7.2.})$$

Donde se hace la conversión y se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$Q_{Sensible} = \frac{N^{\circ} \text{ Personas} * 71}{0,86} \text{ (W)} \quad \text{(Ecuación 3.7.3.)}$$

$$Q_{Latente} = \frac{N^{\circ} \text{ Personas} * 42}{0,86} \text{ (W)} \quad \text{(Ecuación 3.7.4.)}$$

Finalmente, al ocupar las ecuaciones 3.7.3 y 3.7.4, se elaborará un resumen de las ganancias producidas por las personas (tabla 3.22), esto se logra estimando la cantidad de personas ubicada en cada espacio de las dos torres.

Tabla 3.22. Resumen de ganancias aportada por ocupación de personas torres A y B.

Ganancia aportada por ocupacion de personas			
Torre A			
Espacio	Ocupacion	$Q_{Sensible}$ (W)	$Q_{Latente}$ (W)
Comedor	4,00	279,07	302,33
Sala Estar	4,00	279,07	302,33
Domitorio 1	1,00	69,77	75,58
Domitorio 2	1,00	69,77	75,58
Domitorio 3	1,00	69,77	75,58
<b>TOTAL TORRE A</b>		<b>767,44</b>	<b>831,40</b>
Según la tabla 48 del manual Carrier, se tiene:			
Grado de actividad :Sentado			60,00 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$
tipo de aplicación: Departamentos			65,00 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$
Ganancia aportada por ocupacion de personas			
Torre B			
Espacio	Ocupacion	$Q_{Sensible}$ (W)	$Q_{Latente}$ (W)
Comedor	4,00	279,07	302,33
Sala Estar	4,00	279,07	302,33
Domitorio 1	1,00	69,77	75,58
Domitorio 2	1,00	69,77	75,58
Domitorio 3	1,00	69,77	75,58
Sala Estar Fam.	4,00	279,07	302,33
<b>TOTAL TORRE B</b>		<b>1046,51</b>	<b>1133,72</b>
Según la tabla 48 del manual Carrier, se tiene:			
Grado de actividad :Sentado			60 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$
tipo de aplicación: Restaurante			65 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.4. Ganancias producidas por el alumbrado

Según la tabla 49 del manual Carrier (anexo C-12), se elaborará un resumen de las ganancias producidas por el alumbrado (Tabla 3.23), donde se mencionará que luces usa en cada espacio.

Tabla 3.23. Tabla de resumen de ganancias por luminarias en torre A y B.

Ganancia por alumbrado				
Torre A				
Espacio	Tipo iluminacion	Potencia (W)	Cantidad	Total (W)
Comedor	Incandecente	50,00	2,00	100
Sala Estar	Incandecente	56,00	2,00	112
Domitorio 1	Fluorecente	60,00	1,00	75
Domitorio 2	Fluorecente	60,00	1,00	75
Domitorio 3	Fluorecente	60,00	1,00	75
<b>TOTAL TORRE A</b>				<b>437</b>
Ganancia por alumbrado				
Torre B				
Espacio	Tipo iluminacion	Potencia (W)	Cantidad	Total (W)
Comedor	Incandecente	52,00	2,00	104
Sala Estar	Incandecente	60,00	2,00	120
Domitorio 1	Fluorecente	60,00	1,00	75
Domitorio 2	Fluorecente	60,00	1,00	75
Domitorio 3	Fluorecente	60,00	1,00	75
Sala Estar Fam.	Incandecente	56,00	2,00	112
<b>TOTAL TORRE B</b>				<b>561</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.5. Ganancias producidas por equipos

Para determinar el calor sensible aportado por los equipos, sólo se considerarán electrodomésticos, la carga entregada por éstos, es la siguiente:

- Notebook = 60 (W) => (Calor sensible)
- Televisores = 80 (W) => (Calor sensible)

**Nota:** No existe calor latente en los equipos computacionales. Cabe señalar que el resultado de calor sensible es válido para ambas torres.

La obtención de estas cargas se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{Equipo}} = N^{\circ} \text{ de equipos} * C_{\text{Sensible}} \text{ (W)} \quad (\text{Ecuación 3.8.})$$

Al ocupar la ecuación 3.8., se está en condiciones de elaborar un resumen de las ganancias producidos por equipos ocupados en el edificio (Tabla 3.24).

Tabla 3.24 Tabla de resumen de ganancias por equipo en torre A y B.

Ganancia por Equipo			
Torre A			
Espacio	Cant. Equipo	Potencia (W)	Total (W)
Comedor	-	0,00	0,00
Sala Estar	1 Equipo	80,00	80,00
Domitorio 1	1 Equipo	60,00	60,00
Domitorio 2	1 Equipo	60,00	60,00
Domitorio 3	1 Equipo	60,00	60,00
<b>TOTAL TORRE A (W)</b>			<b>260,00</b>
Ganancia por Equipo			
Torre B			
Espacio	Cant. Equipo	Potencia (W)	Total (W)
Comedor	-	0,00	0,00
Sala Estar	1 Equipo	80,00	80,00
Domitorio 1	1 Equipo	60,00	60,00
Domitorio 2	1 Equipo	60,00	60,00
Domitorio 3	1 Equipo	60,00	60,00
Sala Estar Fam.	1 Equipo	80,00	80,00
<b>TOTAL TORRE B (W)</b>			<b>340,00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.6. Resumen final de ganancias térmicas para la condición de verano.

Ya obtenidos los distintos valores de ganancias térmicas en los espacios a climatizar, se elaborará un resumen en condición de verano, a modo de ejemplo: El comedor de la torre A (tabla 3.25), las demás tablas de los espacios a climatizar en las torre A y B, se encuentran en los anexos D-1 y D-2.



Tabla 3.25. Resumen ganancias térmicas en Comedor torre A.

<b>Resumen Ganancias Termica</b>	<b>Lugar: Comedor</b>			<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>
Cond. Y Conv.	621,7	621,7	621,7	621,7
Aire Infiltrado	127,1	127,1	127,1	127,1
Rad. por muro	10,6	10,6	10,6	10,6
Rad. Por ventana	405,3	519,1	766,1	1052,0
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	100,0	100,0	100,0	100,0
Por equipo	-	-	-	-
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1846,0</b>	<b>1959,8</b>	<b>2206,9</b>	<b>2492,8</b>

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se exhibirá las tablas finales de ganancias térmicas de verano, en la que aparecen todos los espacios a los diferentes meses de estudio. (Tablas 3.26 y 3.27).

Tabla 3.26 Resumen de ganancias térmicas de los distintos espacios climatizar en torre A.

<b>Resumen de Ganancias Termicas de los espacios.</b>				
<b>Lugar</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>
Comedor	1846,0	1959,8	2206,9	2492,8
Sala Estar	2351,7	2500,9	2824,8	3199,7
Dormitorio 1	1411,3	1525,1	1772,2	2058,1
Dormitorio 2	1163,6	1277,4	1524,5	1810,4
Dormitorio 3	2094,9	2105,2	2094,9	2023,1
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>8867,6</b>	<b>9368,5</b>	<b>10423,3</b>	<b>11584,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27 Resumen de ganancias térmicas de los distintos espacios climatizar en torre B.

<b>Resumen de Ganancias Termicas en los espacios.</b>				
<b>Lugar</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>
Comedor	2263,4	2397,2	2686,8	3019,8
Sala Estar	2312,5	2313,5	2316,9	2311,1
Sala Estar Fam.	2119,3	2126,2	2119,5	2071,5
Dormitorio 1	1573,4	1710,2	1669,7	1446,0
Dormitorio 2	1111,7	1129,0	1122,3	1074,2
Dormitorio 3	1716,7	1723,4	1716,7	1668,7
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>11096,9</b>	<b>11399,5</b>	<b>11631,8</b>	<b>11591,3</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Resumen comparativo pérdidas vs verano.

Para apreciar claramente las diferencias entre las pérdidas y ganancias térmicas para la condición de invierno y verano (mes marzo) respectivamente, se exhibirá la siguiente tabla de resumen (tabla 3.28)

Tabla 3.28 Resumen entre pérdidas y ganancias de las torres A y B, mes de Marzo.

Torre A			
Lugar	Superficie ( $m^2$ )	Pérdidas (W)	Ganancias (W)
Comedor	13.2	938,1	2492,8
Sala Estar	20.2	1666,2	3199,7
Dormitorio 1	11.2	1144,5	2058,1
Dormitorio 2	10.8	777,7	1810,4
Dormitorio 3	11.4	1478,9	2023,1
<b>TOTAL</b>	<b>66,8</b>	<b>6005,4</b>	<b>11584,0</b>
Torre B			
Lugar	Superficie ( $m^2$ )	Pérdidas (W)	Ganancias (W)
Comedor	14.4	1741,8	3019,8
Sala Estar	14.8	1772,7	2311,1
Sala Estar Fam.	14.3	1196,6	2071,5
Dormitorio 1	10.1	828,3	1446,0
Dormitorio 2	8.7	608,6	1074,2
Dormitorio 3	17.6	1702	1668,7
<b>TOTAL</b>	<b>79,9</b>	<b>7850</b>	<b>11591,3</b>

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para los valores de las ganancias térmicas se consideró el mes de marzo, ya que es la más significativa en comparación a los otros meses.

## CAPITULO IV: SELECCIÓN DE EQUIPOS MULTISPLIT INVERTER.

Una vez realizado el análisis y cálculo de las cargas térmicas en el capítulo anterior, se procede a realizar la selección de equipos, por medio del *software Design Simulator* de la empresa *Eurofred*, éste trabaja con equipos de la marca *Fujitsu* que ofrece para sistemas VRF, *Minisplit* y *Multisplit Inverter*, además de permitir un cálculo automático de tuberías para su instalación.

### 4.1. *Design Simulator*.

*Design Simulator* de la empresa *Eurofred*, es una herramienta especialmente diseñada para el cálculo de sistemas de climatización de caudal de refrigerante variable, este programa permite diseñar los esquemas frigoríficos y esquemas eléctricos necesarios para el diseño y la instalación de este tipo de proyectos.

Asimismo, puede simular el rendimiento del sistema en diferentes condiciones de temperatura para verificar su correcto rendimiento en situaciones climáticas adversas.

Los cálculos y las propuestas realizadas por el programa *Design Simulator* están exclusivamente asociados a la gama de productos de sistemas de caudal variable marcas *Fujitsu*.

Además, cabe señalar que los datos de entrada al programa son las cargas térmicas del capítulo anterior, dimensiones de las cañerías de los sistemas propuestos y las temperaturas de diseño, el *software* arroja como resultado informes técnicos en detalle, mostrado en los anexos F-1 y F-2, con el fin, de dar inicio al diseño y hacer las cotizaciones correspondientes.

A continuación, se muestran los equipos necesarios de la marca Fujitsu y sus respectivos diagramas de tubería para implementar el sistema de climatización en el Edificio Los Araucanos.

#### 4.1.1 Listado de materiales para el sistema *Multisplit Inverter*.

En la tabla 4.1. se detalla la lista de equipos y unidades seleccionados por medio del *Software Design Simulator* para implementar el sistema de aire acondicionado en forma independiente en las torres A y B.

Tabla 4.1. Lista de equipos y unidades para cada departamento en las torres A y B.

Torre A					
Modelo	Cantidad	Tipo	Potencia Calefacción (kW)	Potencia enfriamiento (kW)	COP
AOYG45LBT8	1	8 Room Multi System	16	14	3,16
ASYG07LMCA	1	Wall mounted	2,37	2,05	
ASYG09LMCA	3	Wall mounted	2,99	2,64	
ASYG12LMCA	1	Wall mounted	3,52	3,96	
Accessory1	5	Wireless RC			
UTP-PY02A	1	Branch Box			
UTP-PY03A	1	Branch Box			
Torre B					
AOYG45LBT8	1	8 Room Multi System	16	14	3,16
ASYG07LMCA	3	Wall mounted	2,37	2,05	
ASYG09LMCA	2	Wall mounted	2,99	2,64	
ASYG12LMCA	1	Wall mounted	3,52	3,96	
Accessory1	6	Wireless RC			
UTP-PY03A	2	Branch Box			

Fuente: *Software Design Simulator*.

#### 4.1.2. Equipos exteriores.

Por cada departamento de las torres A y B en forma independiente, se seleccionó dos unidades exterior *8 Room Multi System* modelo *AOYG45LBT8*, la cual, tiene una potencia frigorífica 16 kW y una potencia calorífica 14 kW, las cuales, cumple con las condiciones exigida por el consumo energético calculado en el capítulo III. Estas unidades exteriores tienen la particularidad que pueden ser conectados a 8 unidades interiores como máximo; y ocupa líquido refrigerante R410A. El resto de especificaciones técnicas de estos equipos, se encuentran en el anexo G-1. Cabe mencionar que los equipos serán instalados en la azotea para no dañar la estética del edificio.



Figura 4.1. *8 Room Multi System* modelo *AOYG45LBT8*.

Fuente: *Catalogo general Fujitsu*.

#### 4.1.3. Equipos interiores.

Las unidades interiores serán las encargadas de acondicionar el aire en cada una de las zonas críticas que se seleccionó, gracias a una encuesta con el usuario del edificio y el *Software Autodesk Ecotect Analysis*. Para este estudio, se seleccionó equipos Split muro, ya que, según el catálogo de precio Fujitsu 2015 es el más económico dentro de toda la gama y se acomoda a todos los espacios de los recintos. A continuación, en la figura 4.2 se visualiza uno de los equipos interiores seleccionados, los demás se encuentran en el anexo G-2 especificando sus características.



Tabla 4.2. *Wall mounted* modelo *ASYG09LJCA*.

Fuente: *Catalogo general Fujitsu*.

#### 4.1.4. Accesorios.

Para los sistema propuesto se ocuparán dos accesorios, en la cual, se deben tener presente en la cotización. Uno de ellos son los *Branch Box*, su función básicamente es conectar más unidades a la línea de cañería de cobre. El siguiente accesorio son los controles inalámbricos que tendrán en forma independiente cada recinto a climatizar para que el usuario programe más fácilmente la temperatura.

A continuación, en la figura 4.3. se visualiza algunos de los accesorios, los demás se encuentran en el anexo G-3 con su respectiva especificación técnica.



Figura 4.3. Branch box modelo UTP-PY03A y control remoto inalámbrico modelo AR-RAH2.

Fuente: Catalogo general Fujitsu.

#### 4.1.5. Diagrama de tubería.

A partir de los criterios expuestos anteriormente, se presentan a continuación los diagramas de tuberías especificando sus dimensiones y modelos de los equipos, estos se deberán instalar en cada departamento de las torres.

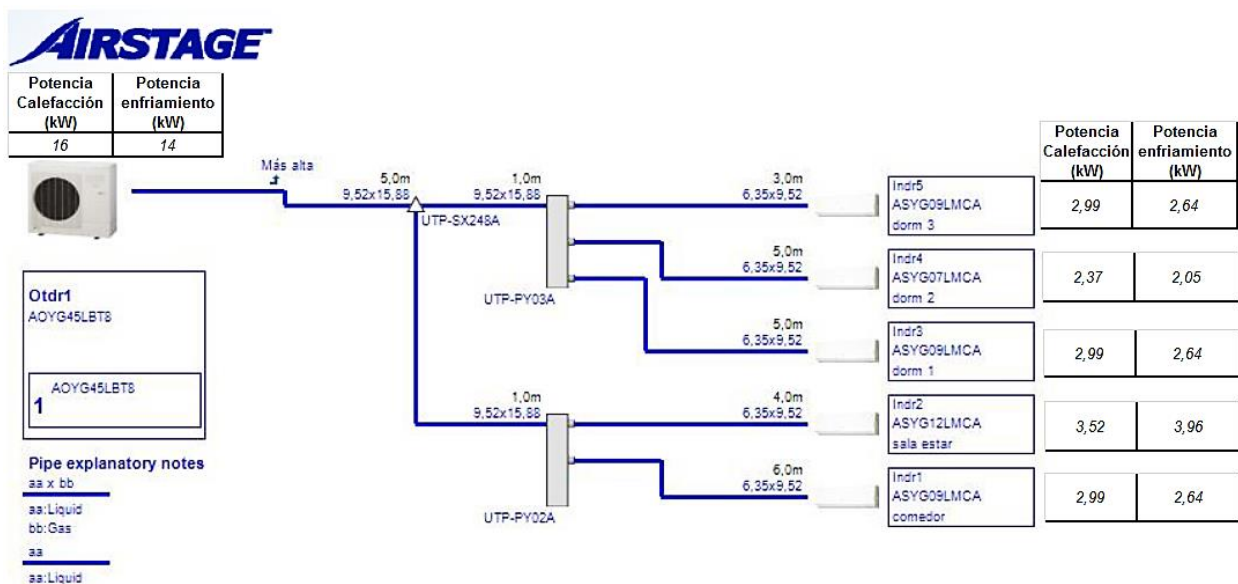


Figura 4.4. Diagramas de tubería en torre A.

Fuente: Software Design Simulator.

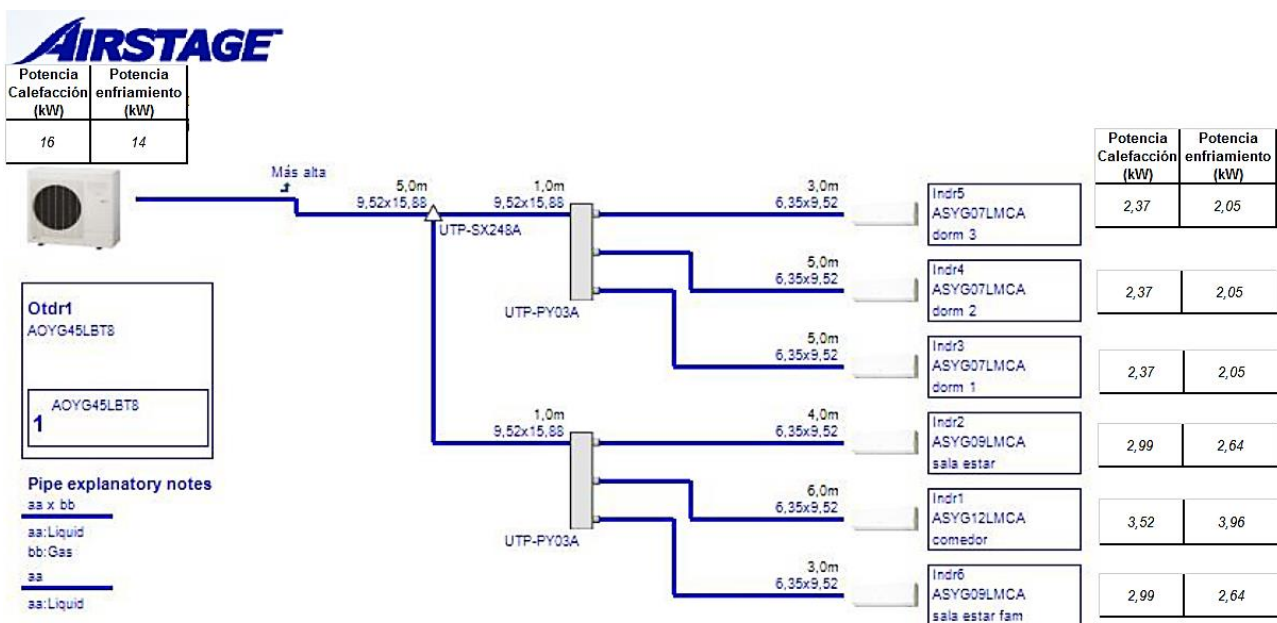


Figura 4.5. Diagrama de tubería en torre B.

Fuente: Software Design Simulator.

## CAPITULO V: ANALISIS ENERGETICO DEL EDIFICIO LOS ARAUCANOS.

### 5.1. Programa *Autodesk Ecotect Analysis*.

El *Software Autodesk Ecotect Analysis* es una herramienta computacional para diseño y análisis de edificaciones, considerando desempeño térmico, lumínico, acústico, de sombras, recursos y costos. Permite evaluar diversas opciones de diseño de una edificación a fin de reducir el consumo energético.

Esta herramienta cuenta con una interfaz amigable para el usuario y distintas posibilidades de análisis. Las utilidades y herramientas más destacadas de *Autodesk Ecotect Analysis* son:

- Facilita el modelado y el intercambio de geometrías complejas.
- Permite la importación de geometrías complejas en formatos 3D-CAD, creados con programas más familiares para el modelado como AutoCAD.
- Facilita la creación de archivos para usar en programas que complementen los análisis energéticos como *Autodesk Green Building Studio*, *EnergyPlus*, etc...
- Cálculos de sombras y radiación visuales.
- Rango amplio de simulaciones sobre acústica, iluminación y consumo energético.
- Entorno gráfico para la visualización de resultados.
- Realización de informes sobre el impacto energético en la proceso de diseño.

A continuación se mostrará las distintas funciones de *Autodesk Ecotect Analysis* para recopilar, presentar y analizar la información de la edificación en estudio (tabla 5.1).



Tabla 5.1. Funciones de Autodesk Ecotect Analysis.

<b>Geometría de la edificación.</b>	Importación desde aplicaciones CAD.
	Entorno para modelar directamente en <i>Autodesk Ecotect Analysis</i> .
<b>Materiales constructivos.</b>	Librerías.
	Creación de nuevos materiales.
<b>Definición de características ambientales.</b>	Fecha y hora.
	Posicionamiento global.
	Datos climáticos.
<b>Análisis de sombras.</b>	Visualización de sombras exteriores, interiores y sobre objetos particulares.
	Máscaras solares y análisis de sitio.
<b>Análisis de reflexiones.</b>	Visualización de reflexiones exteriores, interiores y sobre objetos particulares.
<b>Análisis de iluminación</b>	Factor de iluminación-día usando puntos o grilla de análisis.
	Iluminación artificial.
<b>Análisis solar energético</b>	Insolación acumulada.
	Envolvente solar
<b>Respuesta térmica</b>	Temperaturas horarias.
	Ganancias y pérdidas de calor horarias.
	Desempeño térmico.

Fuente: *Elaboración propia.*

*Autodesk Ecotect Analysis* ha sido usado en proyectos de gran importancia a nivel internacional como una ayuda para tomar decisiones de diseño en edificaciones, con el fin de aprovechar al máximo recursos naturales y condiciones climáticas en la reducción de requerimientos energéticos.

## 5.2. Descripción de la propuesta de investigación.

El desarrollo de este estudio se basa en una metodología definida en el mismo, cuyo objetivo particular es la cuantificación del nivel de aprovechamiento de las condiciones en sitio del Edificio Los Araucanos torre A y B. Para ello, se soporta en simulaciones de comportamiento energético con el *software Autodesk Ecotect Analysis*.

Debido a la complejidad y al tiempo requerido para la ejecución del análisis energético propuesto, se plantea su desarrollo en cuatro etapas:

- 1) Creación del plano para modelar (BIM).
- 2) Selección de puntos críticos de potencial mayor influencia en los consumos energéticos.
- 3) Calibración del modelo de información del edificio.
- 4) Simulación y análisis del modelo.

Por tanto, se plantea como objeto en este capítulo, la creación del modelo, y la identificación de puntos críticos para realizar simulaciones de *Autodesk Ecotect Analysis*, relacionadas con factores que inciden en el consumo energético de la edificación; así como, realizar una pre-evaluación según los lineamientos de análisis energético establecidos en el estándar *Energy and Atmosphere*.

### **5.2.1. Etapa 1: Creación del modelo de información de edificación.**

Esta primera etapa se inicia con la apropiación del *Software Autodesk Ecotect Analysis*, donde se busca un primer acercamiento a la herramienta con la finalidad de adquirir destrezas y habilidades para su manejo; luego se recopila la información para dar inicio a la creación del modelo tridimensional directamente en el *software*, o importándolo desde otra herramienta. Una vez se tiene el modelo base, se procede a la asignación de los materiales constructivos; y por último, se definen las propiedades operativas de cada zona y el modelado de las obstrucciones.

#### **5.2.1.1. Recopilación de datos.**

Para crear el modelo (BIM) es necesario contar con información detallada de la edificación real, la cual se describe en la Tabla 2.1.

Tabla 5.2. Información necesaria en la recopilación de datos.

<b>Forma de la edificación.</b>	Se hace referencia a la forma exterior de la fachada, donde se observa la existencia de pórticos, volados en las ventanas o en las puertas, miradores y de cualquier tipo de arreglo que haga parte de la estructura externa del edificio.
<b>Estructura arquitectónica.</b>	Se refiere a cada uno de los elementos constitutivos del edificio, tales como paredes, ventanas, puertas y huecos de los cuales se deben tener los datos de las dimensiones, y del grosor. Se busca toda esta información en planos 2D o 3D donde se pueda visualizar la estructura arquitectónica del edificio
<b>Materiales.</b>	Se debe tener los datos de todos los materiales que componen cada uno de los elementos constructivos del edificio, así como sus propiedades térmicas.
<b>Ocupación de las zonas.</b>	Se debe saber el número máximo de personas que van a ocupar cada zona, y el tipo de actividad que se realiza.
<b>Tipo de sistema de climatización.</b>	Se debe conocer el tipo de sistema HVAC, la eficiencia y los horarios de operación.
<b>Equipos electrónicos.</b>	Los parámetros a obtener son la potencia consumida, la cantidad de equipos y el horario de uso.
<b>Obstrucciones aledañas.</b>	Se debe buscar planos de localización en los que se observen edificios aledaños que impidan que la radiación solar y los vientos incidan directamente, además de señalar los árboles y demás obstrucciones presentes.

Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa se deben recopilar y extraer los datos descritos anteriormente a partir de visitas a la edificación, mediciones, documentación existente, como por ejemplo planos arquitectónicos y especificaciones técnicas.

#### 5.2.1.2. Creación del modelo tridimensional de la edificación.

Para dar inicio al proceso de simulación en *Autodesk Ecotect Analysis*, se debe establecer la representación 3D de la edificación bajo análisis, para eso se debe crear un plano (BIM), a través de las herramientas básicas, como particiones, zonas, planos, techos, ventanas y puertas.

### 5.2.1.3. Asignación de los materiales constructivos.

Los materiales de los elementos que constituyen una edificación, como ventanas, muros, puertas, pisos y techos, determinan su comportamiento acústico, térmico y visual; por lo que, asignarlos correctamente es vital para ejecutar las simulaciones.

La asignación de materiales puede realizarse durante el proceso de modelado del edificio, se debe verificar si los materiales poseen las características necesarias para simular de manera aproximada el comportamiento visual y térmico real.

Si ningún material cumple con las características requeridas, se pueden modificar sus propiedades térmicas y visuales para crear nuevos materiales en los Layer.

Finalmente, se debe tener presente que *Autodesk Ecotect Analysis* requiere la definición de dos materiales para cada elemento, uno primario y otro alternativo. El material primario es el que constituye el elemento, y el material alternativo corresponde al material del elemento adyacente a éste.

### 5.2.1.4. Definición de condiciones de operación de las zonas térmicas.

Las condiciones de operación de una zona térmica son aquellas que inciden principalmente en el confort térmico y la calidad del aire interior. Se definen a partir de la especificación de:

**Condiciones internas de diseño:** valores de los parámetros considerados para establecer el confort térmico y lumínico de la zona. Se debe tener en cuenta la ropa que usan sus ocupantes, la humedad relativa, velocidad del aire y nivel de iluminación adecuado.

**Ocupación:** establece el número máximo de personas que pueden estar dentro de la zona, y la disipación biológica promedio de acuerdo a la actividad que realicen.

**Ganancias internas de calor:** se definen a partir de las ganancias sensibles y latentes, y el horario de ocurrencia. *Autodesk Ecotect Analysis* no considera las ganancias latentes en las simulaciones, pero se pueden definir posteriormente cuando se vaya a exportar el modelo.

**Tasa de intercambio de aire:** se refiere al movimiento de aire entre una zona y el ambiente exterior. Para ello, se deben especificar la tasa de renovaciones de aire, sensibilidad del aire y un horario.

**Tipo de sistema de climatización (HVAC):** se define el sistema HVAC, la eficiencia y el horario de operación.

**Rango de temperaturas de confort:** se usa para determinar si se tiene una temperatura adecuada al interior de una zona y para operar los sistemas HVAC.

### **5.2.2. Etapa 2: Guía de interpretación de simulaciones preliminares y definición de puntos críticos.**

El *Software Autodesk Ecotect Analysis* presenta una gran variedad de simulaciones; por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo un proceso de selección para elegir aquellas que permiten analizar los consumos energéticos de las edificaciones, por ejemplo las simulaciones térmicas, de iluminación natural, y de radiación solar.

### **5.2.2.1 Identificación de espacios interiores críticos a través de variables.**

La identificación de espacios interiores críticos es un proceso en el que se van a seleccionar aquellas zonas que, por sus características particulares, merecen ser calibradas y posteriormente analizadas a través de las simulaciones.

Los principales aspectos que influyen en el comportamiento energético de una edificación son fachada en que se encuentra, tiempo de uso, ocupación, uso de iluminación artificial, utilización de aire acondicionado, área del espacio interior y si tiene ventanas.

### **5.2.2.2. Selección de los espacios interiores críticos.**

La identificación de los espacios interiores críticos, tiene como finalidad definir los espacios que van a ser calibrados en la siguiente fase.

Al finalizar la etapa anterior se tiene un listado de espacios, resultados de una pre-selección. El paso a seguir es reducir ese número a los que son realmente críticos, para lo cual se deben efectuar simulaciones preliminares del modelo sin calibrar, se analizan los resultados y se seleccionan los espacios que presentan las condiciones más críticas dentro de cada simulación.

### **5.3.1. Etapa 3: Calibración del modelo (BIM).**

El desarrollo de la fase 2, se realiza con un modelo BIM no calibrado, cuyas simulaciones muestran resultados con tendencias interesantes y comportamientos esperados, sin embargo, se debe verificar qué tan confiables son los resultados obtenidos, siendo necesario realizar la calibración del modelo.

El proceso de calibración consiste en usar un programa computacional para simulación de edificaciones (*Software Autodesk Ecotect Analysis*) para ajustar las

entradas físicas al programa, con el fin de que las variables observadas y medidas en la edificación real sean cercanas a las predichas por el programa de simulación. Una vez que se logra esto, es posible hacer predicciones más confiables.

#### **5.3.1.1 Medición y recolección de datos.**

En esta etapa se recolectaran variables consideradas pertinentes para tener en cuenta al calibrar el BIM, de acuerdo al plan estructurado en la anterior etapa. Algunas de las variables que se pueden considerar son el uso de la energía, datos de demanda, niveles de iluminación y datos meteorológicos.

También se debe verificar la información de operación (ocupación, horarios, tipo de sistemas HVAC, etc.) de los espacios interiores.

#### **5.4.1. Etapa 4: Simulación y análisis.**

En esta última etapa se desarrollan las simulaciones de los espacios interiores que han sido debidamente calibradas en la fase anterior.

##### **5.4.1.1 Simulación de sistemas HVAC, radiación solar e iluminación natural.**

Dentro de las simulaciones realizadas por el *Software Autodesk Ecotect Analysis*, se selecciona aquellas con una potencial incidencia en el comportamiento térmico y lumínico de una edificación y por tanto, en el consumo energético de la misma. Éstas serían:

- Simulación de Iluminación natural y artificial.
- Simulación de radiación solar.
- Simulación de sistemas HVAC.

La ejecución de las simulaciones de sistemas HVAC, radiación solar e iluminación natural y artificial, permiten la obtención de los resultados del comportamiento térmico y lumínico de una edificación, la incidencia de cada uno de los factores simulados, y el nivel de aproximación al comportamiento real.

Una vez se tiene el modelo calibrado, las simulaciones obtenidas por el programa pueden considerarse como confiables.

#### **5.4.1.2. Verificación de la influencia de parámetros en la simulación.**

El comportamiento de una edificación depende de muchas variables, siendo la simulación del mismo un proceso complejo, pero cada una de éstas puede incidir en mayor o menor medida.

Para determinar la influencia de cada una de ellas, es necesario modificar uno a uno a los parámetros, y observar el comportamiento del edificio a través de las simulaciones. Se tendrán en cuenta factores como la orientación, ubicación de las ventanas, materiales constructivos y otras opciones arquitectónicas, como una nueva ubicación de ventanas, variación de su tamaño o mayor uso de ellas.

Disponiendo previamente, del modelo constructivo original, se realizan los cambios de uno a uno, pero no de forma acumulativa, pues es aconsejable de evaluar cada variable para realizar recomendaciones constructivas a futuras edificación.

#### **5.4.1.3. Representación de resultados mediante gráficos y tablas.**

La información entregada por cada una de las simulaciones contiene una gran cantidad de información sobre el comportamiento de la edificación; sin embargo se hace necesario su presentación a partir de gráficos y tablas, así se



facilita la comparación entre la incidencia de cada una de las variables analizadas, y se pueden extraer con mayor claridad las conclusiones acerca de la edificación.

### **5.5. Creación del modelo Edificio Los Araucanos (BIM).**

El modelo de información de construcción de una edificación, BIM (*Building Information Modelling*), es el resultado del modelado en tres dimensiones de una edificación con un software gráfico, incorporando información sobre su diseño, construcción y operación.

La información incluye la geometría del edificio, relaciones espaciales, información geográfica, y las propiedades de los elementos constructivos (muros, pisos y techos); como por ejemplo, sus materiales. Estas características se definen previamente a la realización de las simulaciones en *Autodesk Ecotect Analysis*; ya que a partir de éstas, se extrae la información requerida en los análisis.

En este ítem se describe el proceso de ingreso de información sobre el Edificio Los Araucanos torre A y B en *Autodesk Ecotect Analysis*, a fin de crear el modelo 3D, con base en el cual, se pueden realizar simulaciones energéticas, cuyos resultados muestran un comportamiento energético aproximado a la operación real de la edificación. También se modelan la iluminación natural e artificial y radiación solar.

A partir de este modelo, *Autodesk Ecotect Analysis* extrae valores y relaciones entre propiedades físicas del Edificio Los Araucanos, como áreas, volúmenes de aire, flujos de calor, niveles de iluminación, etc.

El proceso para crear este modelo se hace con base en la representación de su geometría 3D con un software hecho para este fin, definiendo las propiedades térmicas y lumínicas de los elementos que constituyen la edificación, el horario de operación y ubicación geográfica con el asistente de *Autodesk Ecotect Analysis*.

En el *Software Autodesk Ecotect Analysis* se puede apreciar un modelo geométrico en dos estilos, *3D Editor* y *Visualise*. El primero permite crear y modificar zonas, asignar materiales y ubicar objetos importados; mientras, el segundo tiene como función la visualización espacial de la edificación. En la Figura 5.1 se visualiza el modelo del Edificio los Araucanos torre A y B en *3D Editor* mientras en la Figura 5.2 en *Visualise*.

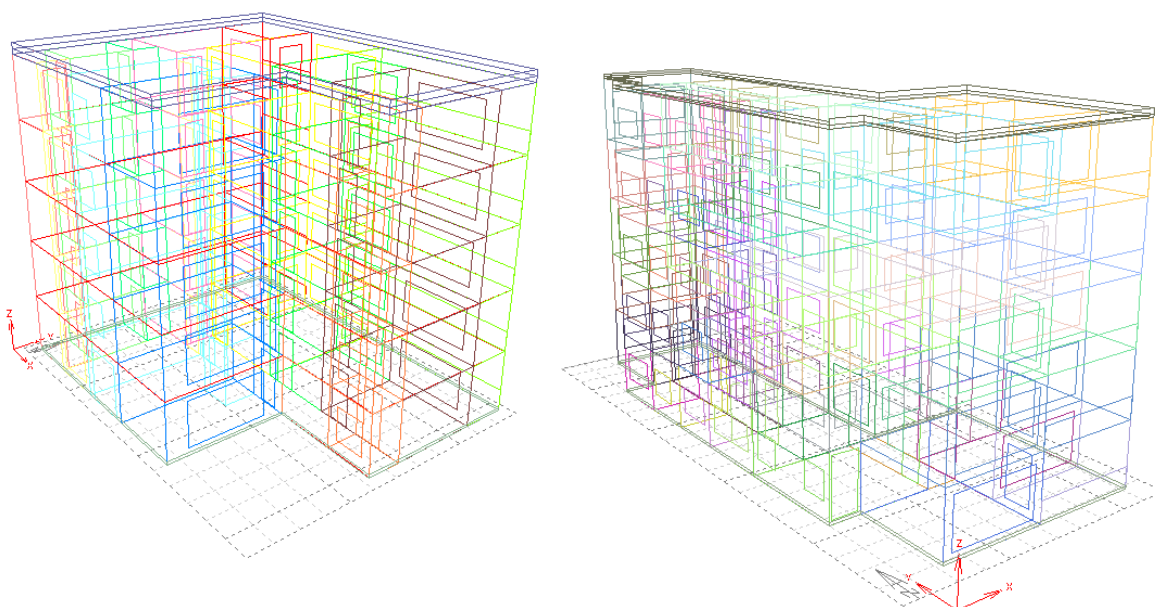


Figura 5.1 Modelo geométrico del EEEIE en Autodesk Ecotect Analysis – Editor 3D de las torres A y B.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis – Elaboración propia.

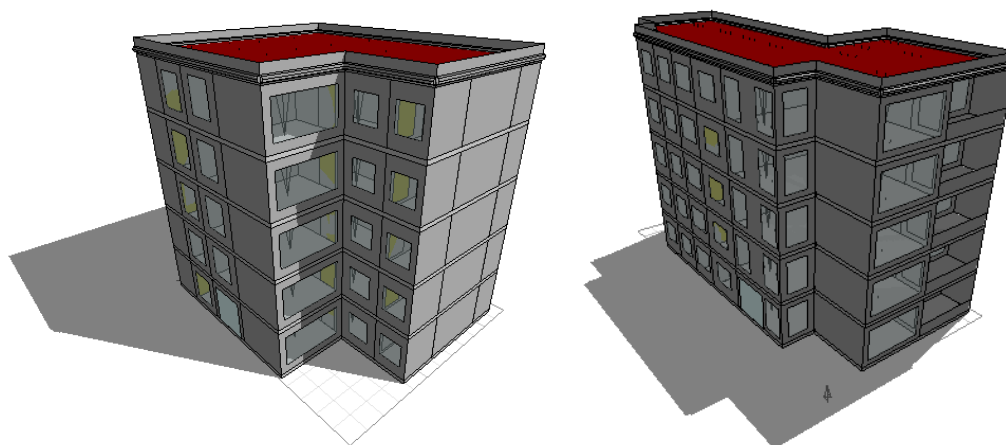


Figura 5.2 Modelo geométrico del EEEIE en Autodesk Ecotect Analysis – Visualise de las torres A y B.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis – Elaboración propia.

### 5.5.1. Asignación de los materiales constructivos.

En Autodesk Ecotect Analysis se pueden definir los materiales que constituyen cada elemento constructivo, de acuerdo a la disponibilidad en las librerías del programa, o creando nuevos materiales para modificar sus propiedades térmicas y visuales, a partir del asistente del programa como se observa en la Figura 5.3., cabe señalar que se utilizaron datos de los materiales de construcción de acuerdo a la Nch 853-2007 del anexo A-1.

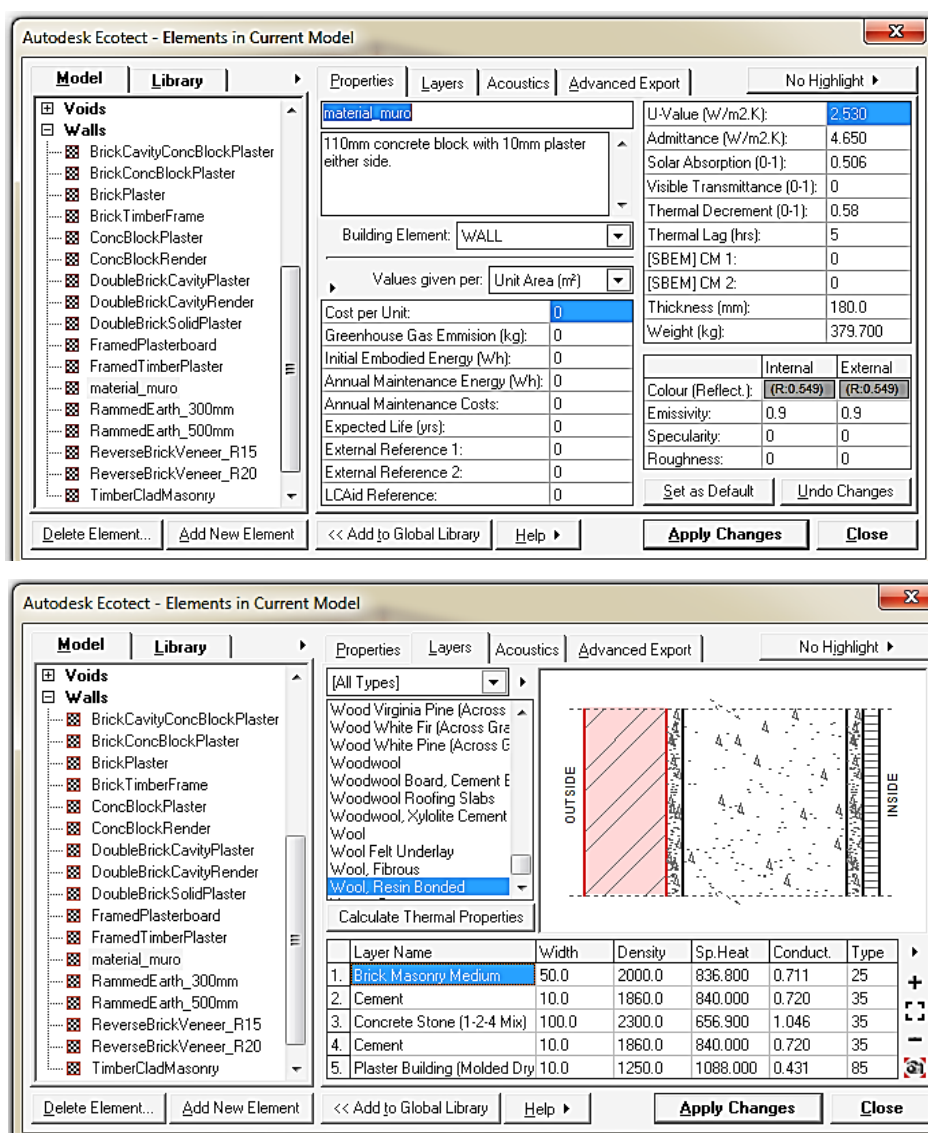


Figura 5.3 Capturas del asistente de Autodesk Ecotect Analysis para asignar materiales.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

### 5.5.2. Orientación del Edificio Los Araucanos.

La orientación de la edificación influye principalmente en la incidencia de la radiación solar y los vientos a cada una de sus fachadas.

Para especificar la orientación en *Autodesk Ecotect Analysis* se debe ir a la pestaña *Project* y en *Wheater data file* se carga el archivo de ubicación de estudio (Concepcion.wea), luego en *Site specifics* ajustar la orientación del punto Norte en relación a la perpendicular de la fachada principal, de igual manera se debe especificar la altura de la edificación sobre el nivel del mar, estos datos se obtuvieron del *Sowtware Google Earth*. En la Figura 5.4. se muestra el cuadro de dialogo donde manualmente se ajustan los datos al *software*, en este caso se tienen los datos asociados al Edificio Los Araucanos.

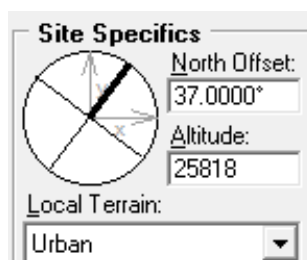


Figura 5.4. Definición de la orientación de la edificación en Autodesk Ecotect Analysis.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

### 5.5.3. Definición de condiciones de operación de las zonas.

El modelo BIM, hasta el momento cuenta con la creación de la geometría 3D del edificio, la asignación de los materiales con sus respectivas propiedades térmicas y lumínicas; por tanto se procede a fijar las condiciones de operación en las zonas; esto se desarrollara en este numeral.

Los parámetros que definen las condiciones de operación de una zona térmica, se especifican por medio del asistente para administración de zonas del

*Autodesk Ecotect Analysis*. En la Figura 5.5 se presenta una captura del asistente de administración de zonas.

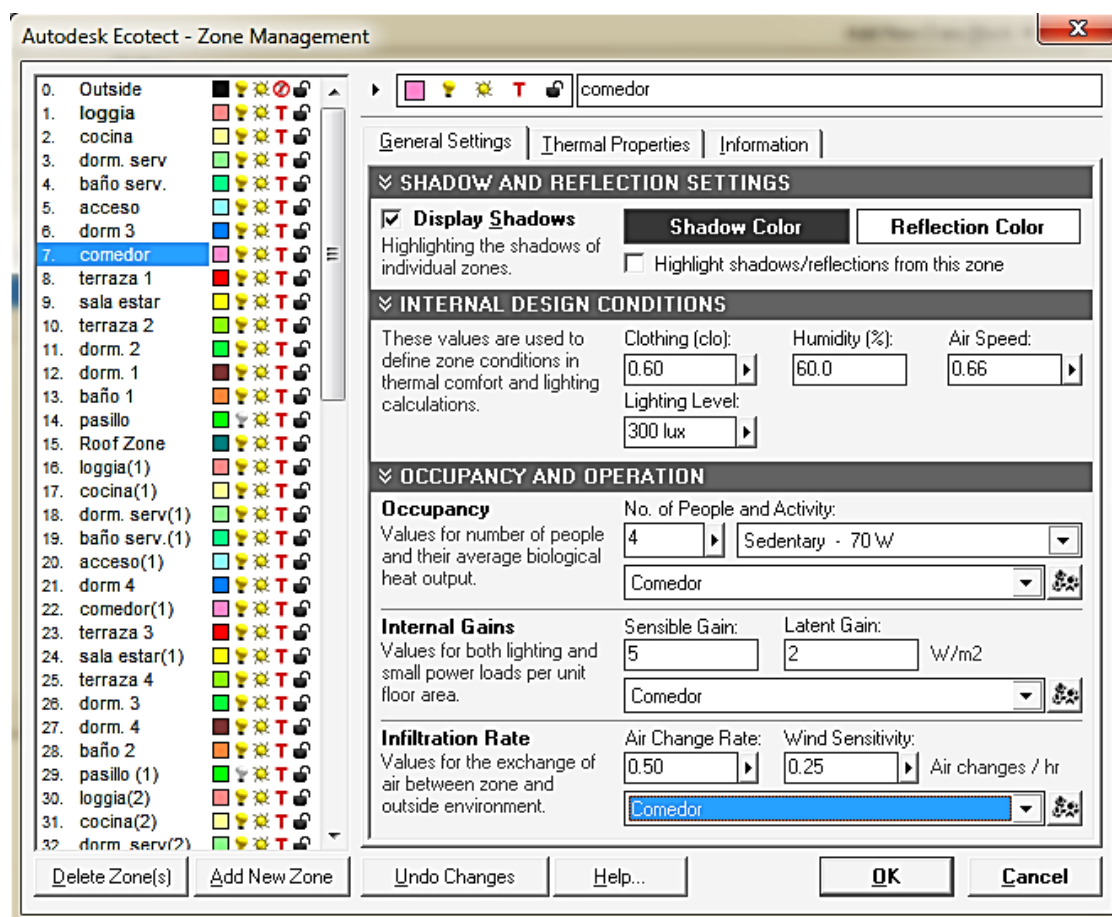


Figura 5.5. Asistente para administrar zonas.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis – Elaboración propia.

A continuación se definen los valores de los parámetros relacionados con las condiciones de operación tenidos en cuenta al crear el BIM del Edificio Los Araucanos.

### 5.5.3.1. Condiciones internas de diseño

Los parámetros a tener en cuenta en los cálculos de confort térmico que determinan las condiciones internas de diseño son ropa, humedad relativa y velocidad del aire; para los cálculos lumínicos se considera el nivel de iluminación.

### a) Ganancias térmicas aportadas por el tipo de ropa.

Al asignar el valor de diseño que representa las ganancias térmicas que aportan la ropa que usan los ocupantes, se consideró la escala dada por *Autodesk Ecotect Analysis*, que se presenta en la Tabla 5.3. Como el clima de Concepción es más húmedo la gente, generalmente, usa traje de calle con ropa interior térmica dentro del departamento, se asignó un valor de Ropa de 1.5.

Tabla 5.3. Valores que describen las ganancias térmicas aportadas por el tipo de ropa.

DESCRIPCIÓN DE ROPA	FACTOR
Desnudo	0
Sólo ropa interior	0,2
Pantalón corto y camiseta	0,4
Pantalón y camisa	0,6
Traje de calle	1
<b>Traje de calle + Ropa interior térmica</b>	<b>1,5</b>
Chaqueta y abrigo	2
Ropa pesada de invierno	2,5
Ropa tipo Ártico	3

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

### b) Humedad relativa de diseño.

La humedad de diseño se definió al establecer que los seres humanos, generalmente, son poco sensibles a los cambios de humedad relativa, cuando se encuentra entre el 30% y el 70%.

Como la humedad relativa de Concepción se encuentra entre el 60% y 70%, las personas están acostumbradas a tolerar niveles relativamente medio de humedad; por lo cual, se estima una humedad de diseño del 65%.

### c) Velocidad del aire.

La velocidad del aire se determinó con base en la Tabla 5.4., que es la sugerida por *Autodesk Ecotect Analysis*. Se asignó una velocidad de 0,2 m/s para todas las zonas, que corresponde a una brisa placentera.

Tabla 5.4. Clasificación del viento de acuerdo a su velocidad.

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD [m/s]
Calma	0
No perceptible	0,1
Apenas perceptible	0,3
<b>Brisa placentera</b>	<b>0,5</b>
Brisa suave	0,7
Movimiento de cabello y papeles	1,0
Corrientes de aire perceptible	1,4
Brisa molesta	1,7
Ventoso	2,0

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis .

### d) Nivel de iluminancia.

Para decidir el nivel de iluminancia (lux) de diseño para cada recinto, se consideró el tipo de actividad que se realiza en su interior, y se asignó el valor 150 (Lx). En la Tabla 5.5. se resumen los valores teniendo en cuenta para la asignación del nivel de iluminancia.

Tabla 5.5. Nivel de iluminancia de diseño dependiendo del tipo de recinto y actividad.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINANCIA [LX]
<b>Áreas de circulación, corredores</b>	<b>100</b>
Escaleras, escaleras mecánicas	150
<b>Vestidores, baños</b>	<b>150</b>
Almacenes, bodegas	150
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	500
Salones de clase – Iluminación general y tableros	500
Salas de conferencia – Iluminación general	500

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

**e) Ocupación.**

Los parámetros de ocupación se usan para cuantificar las ganancias de calor que aportan las personas dentro de la zona, dependiendo de la actividad que realicen. Para asignar la potencia disipada por cada persona en las zonas del Edificio Los Araucanos, se usó la Tabla 5.6. recomendada por *Autodesk Ecotect Analysis*, por lo que, en las distintas zonas de los departamentos, se asignó un valor de 70 W, y en los pasillos 80 W.

Tabla 5.6. Calor liberado por un ser humano durante la realización de algunas actividades.

ACTIVIDAD	POTENCIA (W)	ACTIVIDAD	POTENCIA (W)	ACTIVIDAD	POTENCIA (W)
<b>Sedentaria</b>	<b>70</b>	Digitar	65	Bailar, despacio	140
<b>Caminar</b>	<b>80</b>	Oficinista	70	Bailar, rápido	255
Ejercitarse	100	Cocinar, ligero	95	Deporte en equipo	440
Agotadora	150	Cocinar, pesado	115	Ejercicio, ligero	175
Dormir	40	Limpieza, ligero	115	Ejercicio, pesado	235
Descansar	45	Limpiar, pesado	220	Trabajo pesado	235
Leer	55				

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

**f) Tasa de intercambio de aire**

En la Tabla 3.7 se presenta la tasa de renovaciones de aire de una zona de acuerdo a la hermeticidad de la fachada del edificio, manejada por *Autodesk Ecotect Analysis*.

Tabla 5.7. Tasa de renovaciones de aire de acuerdo a las características de la fachada del edificio.

Construcción	Tasa de renovaciones de aire (renovaciones de aire/hora)
Hermética	0.25
<b>Bien sellada</b>	<b>0.5</b>
Promedio	1
Agujereada	2

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.



De acuerdo a la tabla anterior, y a las características constructivas del Edificio Los Araucanos, se asignó una tasa de renovaciones de aire de 0,5 por hora cuando los salones funcionan con aire acondicionado, suponiendo que las ventanas se encuentran cerradas.

### g) Tipo de sistema de climatización.

En la Tabla 5.8 se especifican los tipos de sistemas de calefacción y refrigeración que se pueden definir para las zonas en *Autodesk Ecotect Analysis*.

Tabla 5.8. Tipos de sistemas HVAC que se pueden asignar a una zona.

Tipo de sistema	Descripción
Ninguno	Todas las ventanas y puertas se consideran cerradas y la única ventilación es a través de la tasa de renovaciones de aire definida.
Ventilación natural	Significa que durante el periodo operacional las condiciones del exterior son cercanas a las de la franja de confort definida, los ocupantes abren las ventanas y el intercambio de aire aumentará proporcionalmente al área de la ventana en la dirección y velocidad del viento.
Sistema de modo combinado	Se combina el sistema de aire acondicionado y la ventilación natural, de manera que el sistema HVAC se apaga cuando las condiciones externas se encuentran dentro de las condiciones definidas en el termostato. <i>Autodesk Ecotect Analysis</i> asume que el sistema funciona y provee ventilación mecánica o las ventanas están abiertas, las dos situaciones no ocurren a la vez.
Aire acondicionado	El sistema de calefacción y refrigeración funciona cuando se requiera mantener la temperatura del aire de la zona entre los valores definidos del termostato durante el periodo operacional. Las ventanas nunca se abren, por lo que la única ventilación o infiltración es la que se define en la tasa de renovaciones de aire de la zona.
Sólo calefacción	Es el mismo caso del aire acondicionado, sólo con la componente de calefacción calculada.
Sólo refrigeración	Es el mismo caso del aire acondicionado, sólo con la componente de refrigeración calculada.

Fuente: Software Autodesk Ecotect Analysis.

En el caso del Edificio Los Araucanos se consideraron dos tipos de sistemas de climatización, las cuales son sistema de aire acondicionado y sistema de calefacción, para las las distintas zonas del edificio, para lo cual serán comparados para ver su diferencia de demanda energética.

### 5.6. Simulación y análisis de espacios interiores preseleccionados.

La climatización del edificio es parte del gasto energético llegando a ser casi la mitad del consumo total. Ahora se hace necesario conocer en que época del año y como, calefacción o refrigeración, se consume esta energía. Para esto se muestra la figura 5.6 y 5.7 en la cual se muestra la demanda mensual de energía en climatización, estos datos fueron obtenidos por las tablas generadas por Software *Ecotect* a distintos meses del año.

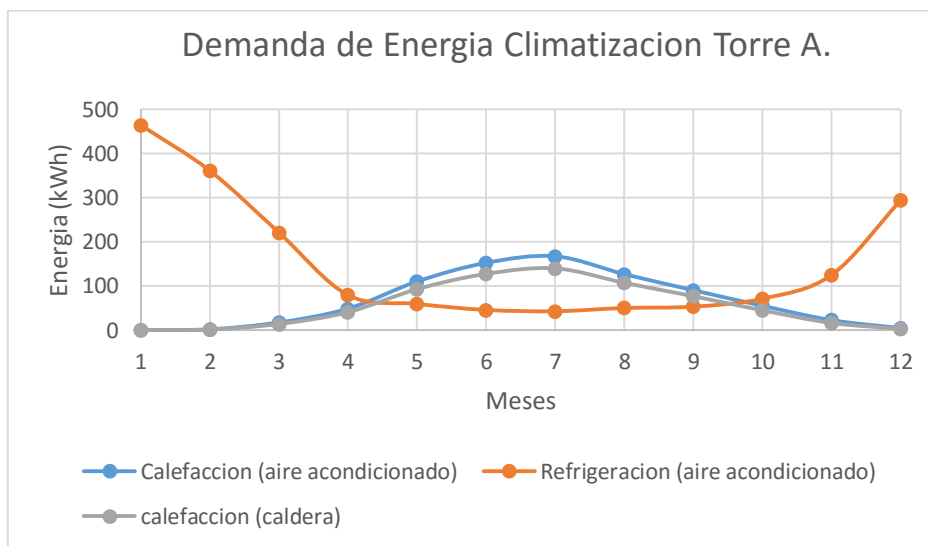


Figura 5.6. Consumo eléctrico mensual de climatización.

Fuente: Elaboración propia.

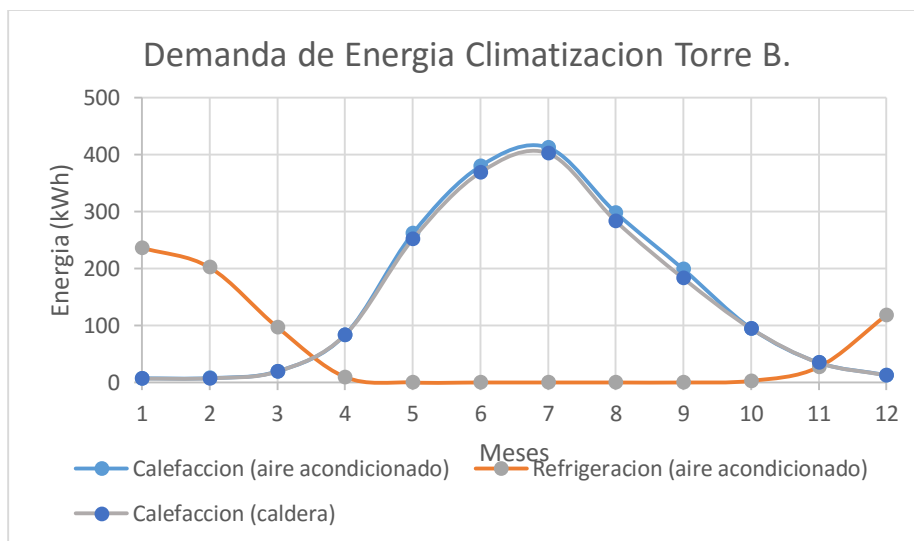


Figura 5.7. Consumo eléctrico mensual de climatización.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la figura 5.6 se hace una comparación de los dos sistemas de climatización en la cual se puede observar que en el periodo entre Abril y Octubre se tiene necesidades de refrigeración y calefacción para mantener la temperatura en los recintos, pero en la figura 5.7 se tienen solo necesidades de calefacción en ese periodo, esto puede suceder de acuerdo a la posición de las torres que afecta a la radiación solar a materiales de construcción o infiltración de aire.

La Radiación Solar incluye la radiación solar directa y difusa que entran en las zonas. Se asume que toda la radiación directa es absorbida por el cielo o muros de cada zona de los departamentos de acuerdo a las características propias de este. Nada de lo reflejado en el piso es añadido a la radiación difusa transmitida, la cual se asume uniformemente distribuida en las superficies interiores.

En las siguientes figuras se verán el comportamiento de la radiación solar de los distintos espacios del recinto, especificando a su vez los valores de radiación en los muros y pisos expresado en  $\left(\frac{Wh}{m^2}\right)$ , cabe mencionar que estos datos son válidos para el 01 Enero de 2016 - hora 13:00 PM..

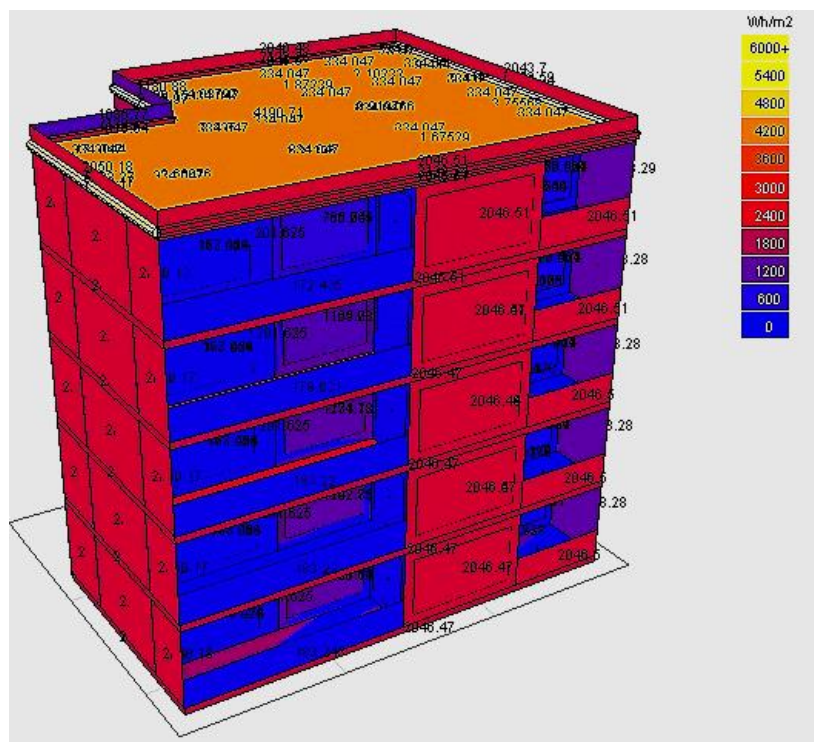


Figura 5.9. Comportamiento de la Radiación solar en las torres A.

Fuente: Elaboración propia.

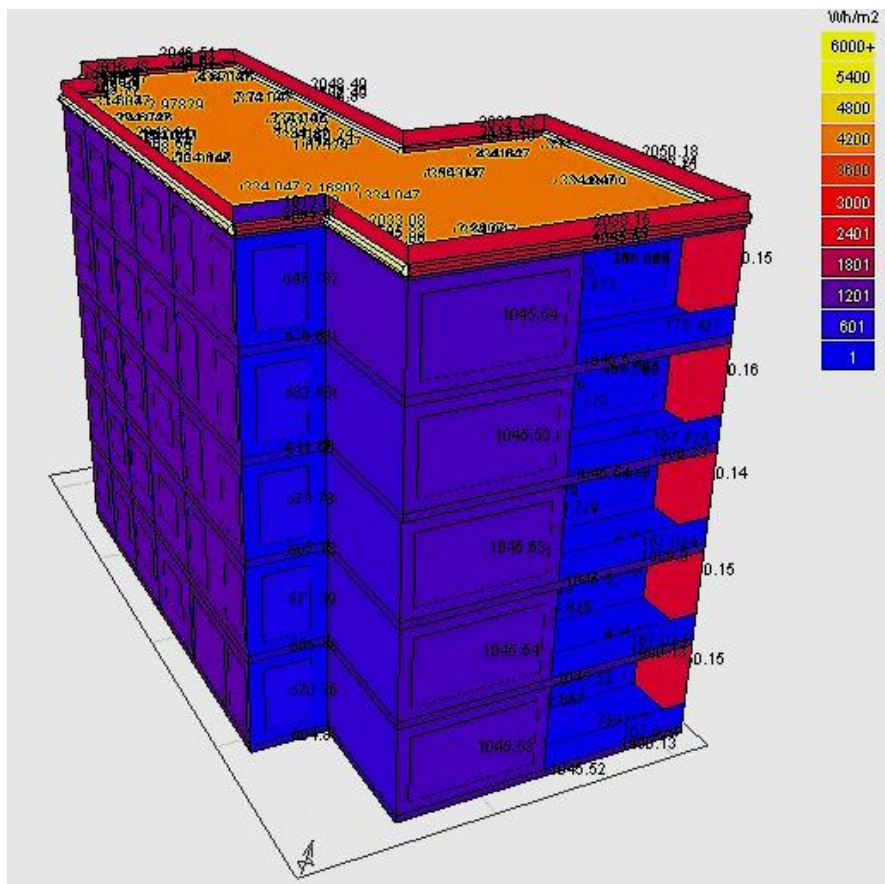


Figura 5.9. Comportamiento de la Radiación solar en las torres B.

Fuente: Elaboración propia.

La iluminación natural es un aporte valioso no sólo en relación a la cantidad sino también a la calidad pues puede proporcionar niveles de iluminancia más elevados que los obtenidos con luz artificial, con un potencial de ahorro en energía de hasta un 90 % en edificios de uso diurno. *Ecotect* permite comparar visualmente y objetivamente las diferentes configuraciones del diseño. Para analizar esto, existen Indicadores de iluminación natural es el *Daylight Factor (DF)*, este describe la relación de iluminancia en un punto particular dentro de un espacio. Los indicadores son los siguientes:

- < 2 % poca iluminación.
- 2% - 5% iluminado en rango óptimo.
- >5% altamente iluminado.

En la figura 5.11 se puede visualizar el comportamiento de la iluminación natural del día 01 Enero de 2016 - hora 13:00 PM. en las distintas torres.

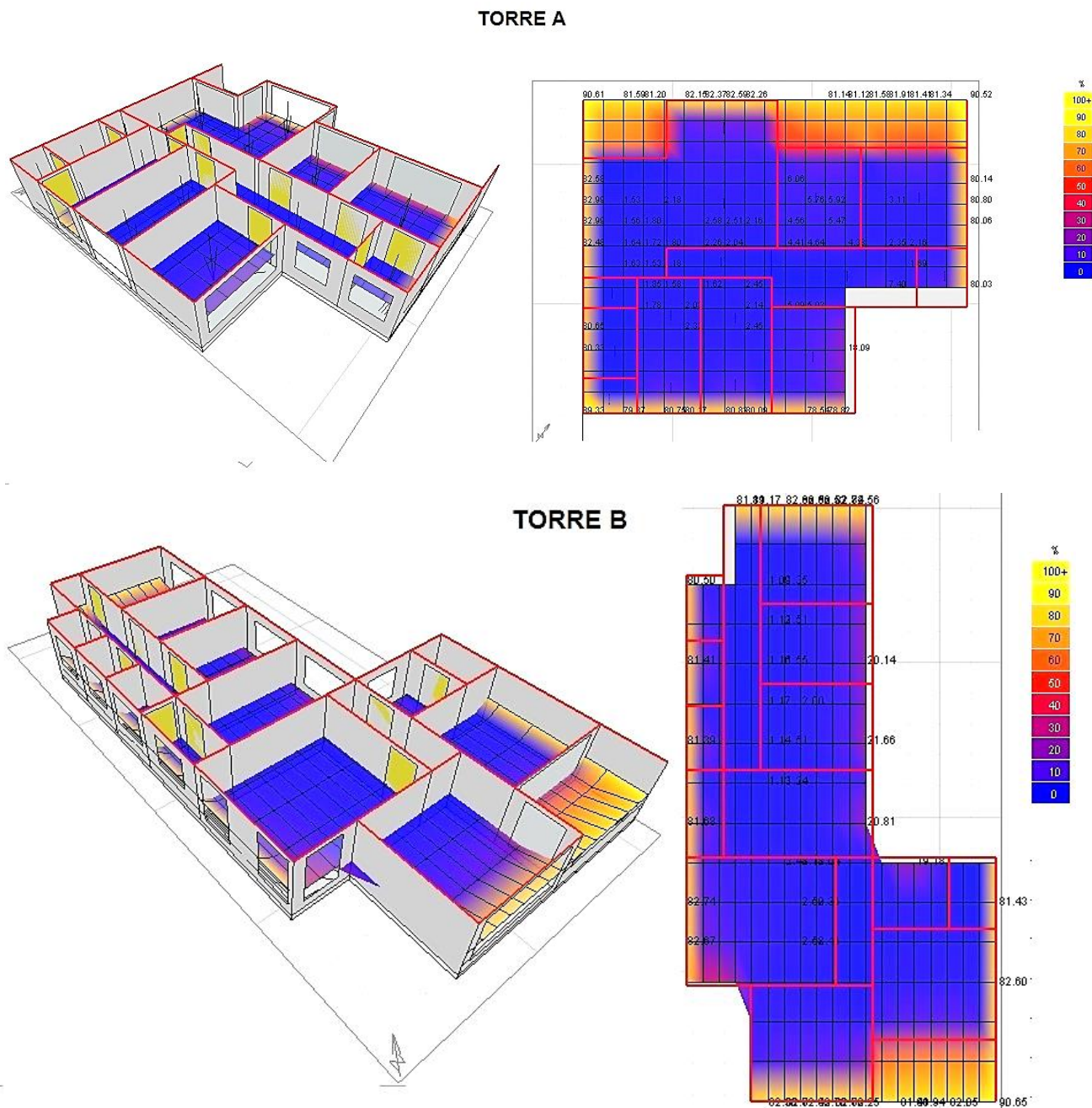


Figura 5.11. Iluminación natural en las torres A y B.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.11 se puede observar el comportamiento en su interior y los valores *peak* en porcentajes de la iluminación natural.

Para la simulación de Iluminación artificial el Software Ecotect utiliza un sistema de punto a punto para el cálculo de la luz en un recinto. Perfecto para evaluar la cantidad lumínica de una instalación. Los datos están representado en la unidad Lux, que es igual a  $\left(\frac{\text{lucres}}{\text{m}^2}\right)$ .

A continuación se muestra en la figura 5.12 el comportamiento de la iluminación artificial del día 01 Enero de 2016 - hora 13:00 PM. en los distintos espacios de las torres.

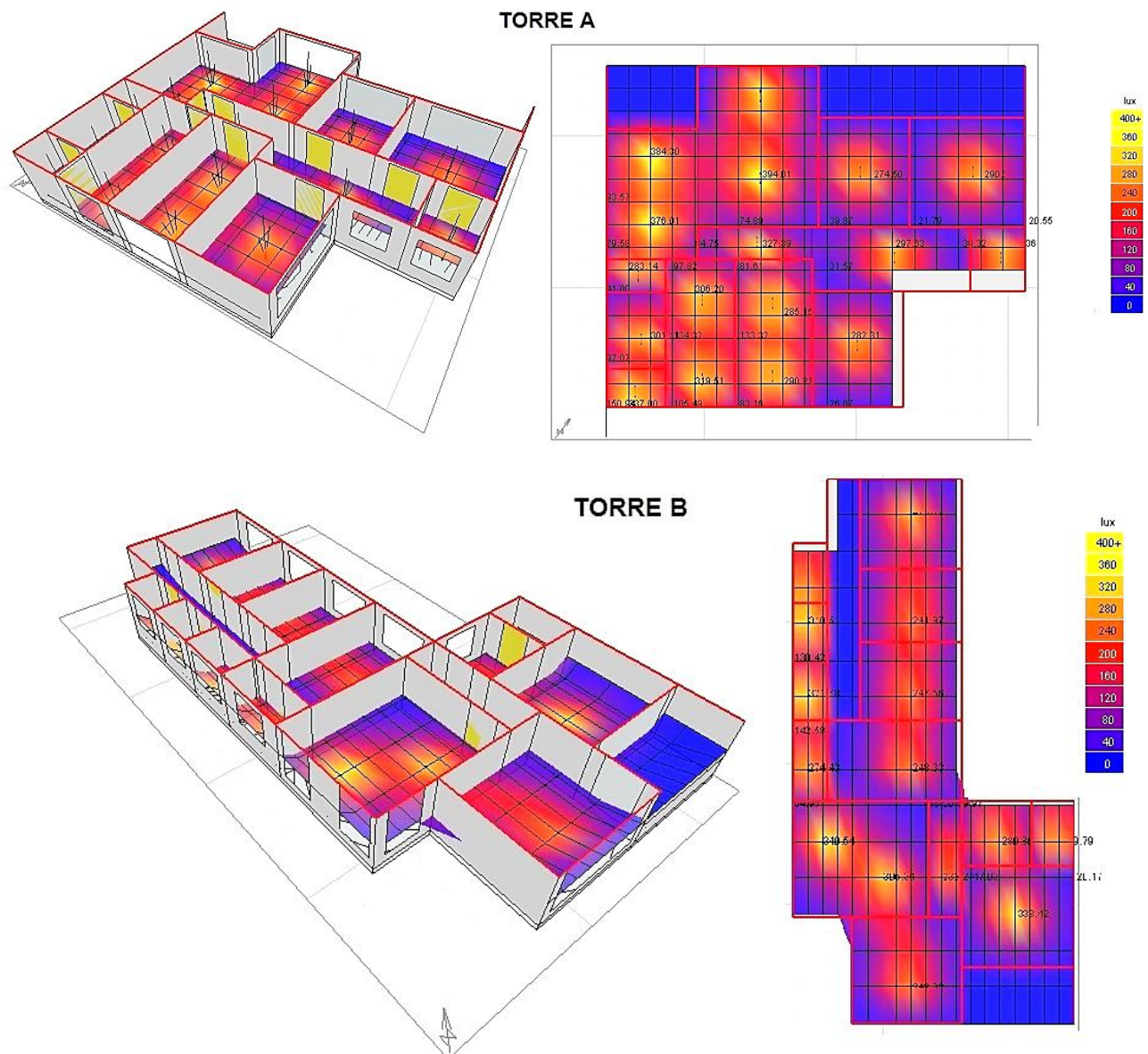


Figura 5.12. Valores peak del piso en las torres A y B.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.12 se muestra los valores *peak* del piso en cada lugar del recinto en su interior.

Finalmente se presentan los resultados desglosados de los distintos tipos de cargas térmicas que posee el Edificio Los Araucanos.

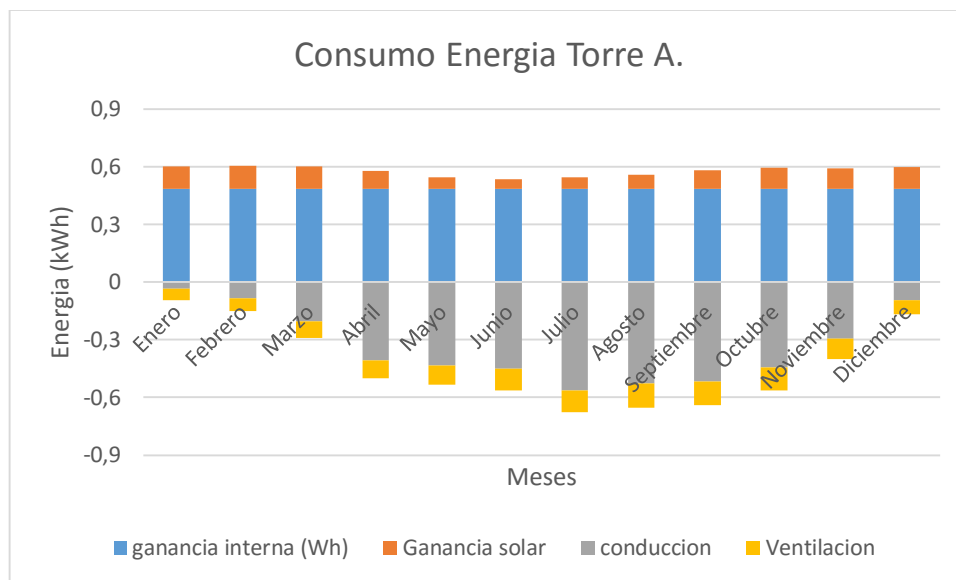


Figura 5.13 Ganancia de energía en la torre A.

Fuente: Elaboración propia.

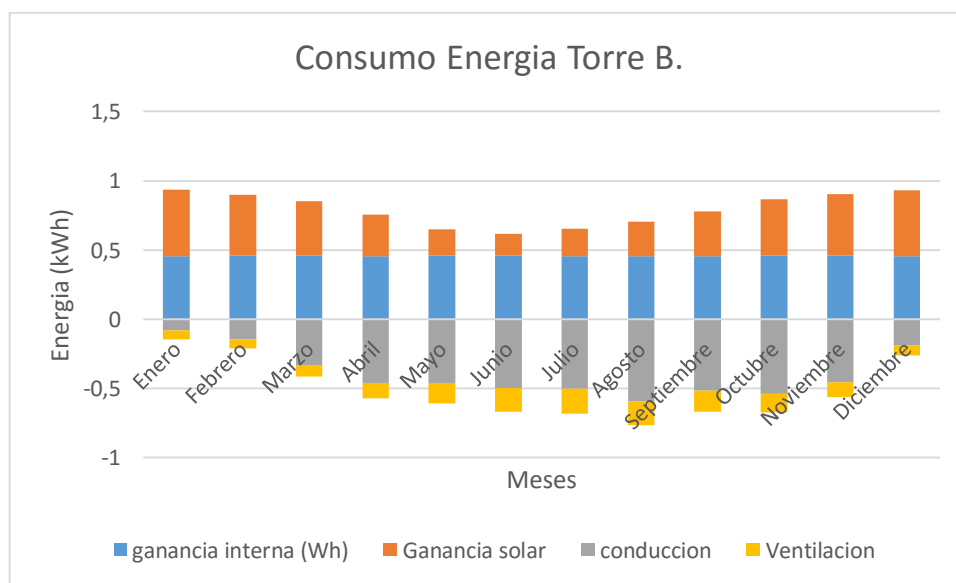


Figura 5.14 Ganancia de energía en la torre B.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 5.13 y 5.14 se puede apreciar el consumo energético del edificio, cabe mencionar que no se consideró ningún sistema de climatización en esta simulación, las ganancias internas tienen valores muy parecidos durante todo el año esto se debe a la ocupación de personas, artefactos y alumbrado dentro de los recintos, para disminuir de manera significativa se deberá emplear otros tipos de software como *Dialux* que sirve para el diseño de iluminación eficiente, en tanto la ganancia solar en la torre B es más significativa comparativamente dado que tiene más ventanas y la radiación le afecta a los todos los muros exteriores, además de esto, las ventanas del edificio ya poseen sistemas de protección solar por lo que intentar disminuir este valor puede llegar a ser demasiado costoso e innecesario. Por otra parte se aprecia que la gran pérdida de calor es producto de la ventilación e infiltración por lo que se deben buscar métodos de recuperación de calor para no desperdiciar tanta energía. La pérdida de energía por conducción es considerable por lo que es necesario enfocarse en realizar cambios en la envolvente del edificio. Todas estas variables si se mejoran, el edificio logra tener una alta eficiencia energética lo que conlleva a disminuir la potencia de los equipos a instalar y reducir los costos de inversión.



## CAPITULO VI: COMPARACION ECONÓMICA DE CALDERA A PETRÓLEO PISO RADIANTE VS BOMBA DE CALOR.

### 6.1. Costo inversión inicial.

#### 6.1.1. Caldera piso radiante.

Tabla 6.1. Valor inversión inicial para sistema de calefacción en las torres A y B.

Torre A				
Caldera piso radiante				Precio \$
Valor neto				32.250.990
IVA 19%				6.127.688
Valor total caldera instalada				38.378.678
Torre B				
Caldera piso radiante				Precio \$
Valor neto				38.230.990
IVA 19%				7.263.888
Valor total caldera instalada				45.494.878
<b>TOTAL TORRE A Y B (5 pisos c/torre)</b>				<b>83.873.556</b>

Fuente: Administrador Edificio Los Araucanos.

#### 6.1.2. Bomba de calor.

Tabla 6.2. Valor inversión inicial para sistema aire acondicionado en las torres A y B.

Torre A (1 departamento)			Valor Euro €	760
Cotizacion	Modelo	Cantidad	Precio €	Precio \$
Montaje y fabricacion de cañería $C_u$ con aislante				2.672.338
Bombas de calor (8 room multi system)	AOYG45LBT8	1	4589	3.487.640
Split muro	ASYG07LMCA/ 09/12	5	1121	851.960
Branch box	UTP-PY02A/UTP-PY03A	2	1118	849.680
Control remoto inalámbrico	AR-RAH1E/AR-RAH12E	5	341	259.160
Sub-total				8.120.778
IVA 19%				1.542.948
Total				9.663.726
Torre B (1 departamento)				
Cotizacion	Modelo		Precio €	Precio \$
Montaje y fabricacion de cañería $C_u$ con aislante				2.672.338
Bombas de calor (8 room multi system)	AOYG45LBT8	1	4589	3.487.640
Split muro	ASYG09LJCA/18	6	1310	995.600
Branch box	UTP-PY03A	2	1168	887.680
Control remoto inalámbrico	AR-RAH1E/AR-RAH12E	6	440	334.400
Sub-total				8.377.658
IVA 19%				1.591.755
Total				9.969.413
<b>TOTAL INVERSION DE TORRE A Y B (5 departamento c/torre)</b>				<b>98.165.694</b>

Fuente: Administrador Edificio Los Araucanos.

Nota: Las cotizaciones para respaldar las tablas 6.1 y 6.2 se encuentran en el anexo H-1.

### 6.1.3. Diferencia en costos de inversión inicial.

Para la obtención de la diferencia de costos de inversión entre uno y otro sistema bastará con la resta entre ambos costos.

$$\text{Diferencia de costos} = 98.165.694 - 83.873.556$$

$$\text{Diferencia de costos} = \$ 14.292.758$$

El sistema de aire acondicionado por bomba de calor tiene una diferencia superior de costo de inversión inicial a \$ 14.292.758.

### 6.2. Costo de operación.

Las condiciones con las cuales se plantea el cálculo de consumo de energía y costos de operación son las más desfavorables. Estas condiciones están dadas por la tabla 6.3.

Tales condiciones también fueron utilizadas en el proyecto original de calefacción que opera actualmente en el edificio.

Tabla 6.3. Condiciones de sistema de calefacción para caso 1 y 2.

Valores	Valores
Temperatura exterior	5 °C
Humedad relativa exterior	65 %
Temperatura interior	21
Tiempo de funcionamiento sistema Calefacción (Caldera y bomba calor)	1240 $\left(\frac{\text{horas}}{\text{año}}\right)$
$5 \left(\frac{\text{mes}}{\text{año}}\right) * 31 \left(\frac{\text{dias}}{\text{mes}}\right) * 8 \left(\frac{\text{horas}}{\text{dia}}\right)$	

Fuente: Administrador Edificio Los Araucanos.

### 6.2.1. Caso 1: Caldera piso radiante.

#### Caldera:

- Cantidad: 2 (1 caldera por torre)
- Eficiencia: 95%
- Capacidad: 170 kW (Capacidad total de las dos calderas)
- Poder calorífico del petróleo:  $10.300 \left(\frac{kcal}{h}\right)$
- Densidad petróleo  $0.85 \left(\frac{kg}{L}\right)$

#### Bomba suelo radiante:

- Cantidad: 6
- Potencia: 0,53 kW

#### Calculo consumo Caldera:

$$\text{Consumo caldera} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Eficiencia} * \text{PCI}_{\text{petroleo}}} \quad (\text{Ecuación 6.1.})$$

$$\text{Consumo caldera} = \frac{146.173 \left(\frac{kcal}{h}\right)}{0,95 * 10.300 \left(\frac{kcal}{kg}\right)} = 14,94 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

Dividiendo el consumo por la densidad del petróleo se obtiene el consumo volumétrico.

$$\text{Consumo caldera} = \frac{14,94 \left(\frac{kg}{h}\right)}{0,85 \left(\frac{kg}{L}\right)} = 17,6 \left(\frac{L}{h}\right)$$

Como son dos calderas que se ocupan para las dos torres el consumo volumétrico es  $35,2 \left(\frac{L}{h}\right)$

Considerar lo siguiente:

- El valor promedio del año 2016 para el petróleo es de  $520 \left(\frac{\$}{L}\right)$ .
- El valor promedio del año 2016 para la electricidad es de  $110 \left(\frac{\$}{kWh}\right)$ .

#### **Resultado del consumo por caldera:**

$$\text{Caldera} = 18.304 \left(\frac{\$}{h}\right).$$

$$\text{Bombas suelo radiante} = 349,8 \left(\frac{\$}{h}\right).$$

$$\text{Total consumo} = 18.654 \left(\frac{\$}{h}\right).$$

Para  $1240 \left(\frac{\text{horas}}{\text{año}}\right)$  anuales el costo de operación es:

$$\text{Total consumo anual en torres A y B} = 23.130.712 \left(\frac{\$}{\text{año}}\right).$$

#### **6.2.2. Caso 2: Bomba de calor.**

Bomba de calor:

- Cantidad: 10
- Potencia: 14 kw (bomba calor por departamento)
- El valor promedio del año 2016 para la electricidad es de  $110 \left(\frac{\$}{kWh}\right)$ .

#### **Resultado de los consumos por bomba de calor:**

$$\text{Bombas de calor} = 15.400 \left(\frac{\$}{h}\right).$$

Para  $1240 \left(\frac{\text{horas}}{\text{año}}\right)$  anuales el costo de operación es:

$$\text{Total consumo anual en torres A y B} = 19.096.000 \left(\frac{\$}{\text{año}}\right).$$

### **6.3 Comparación económica.**

Por lo tanto, a modo de resumen se tiene los siguientes datos:

- Valor total bomba de calor: \$ 98.165.694.
- Valor total caldera: \$ 83.873.556.

**Diferencia de costos de inversión = \$ 14.292.758.**

- Consumo total anual caldera =  $23.130.712 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$ .
- Consumo total anual bomba de calor =  $19.096.000 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$ .

**Diferencia Total de consumo entre ambos sistemas =  $4.034.712 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$ .**

Se tiene que la bomba de calor gasta  $4.034.712 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$  menos que la caldera al año, este cálculo de consumo se hizo solo en estación de invierno (calefacción) con la misma cantidad de hora de operación, esto es para evaluar en igualdad de condiciones ambos sistemas.

La diferencia de costos de inversión es \$ 14.292.758 para la bomba de calor sobre la caldera.

El mayor costo de inversión inicial del sistema de calefacción por bomba de calor frente a la caldera, esta diferencia se puede recuperar gracias a su menor costo de operación, se determina el tiempo de operación que permitirá recuperar, para luego comenzar en el ahorro de dinero.

Entonces se tiene:

$$PR = \frac{14.292.758 (\$)}{4.034.712 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)} = 3,5 \text{ años}$$

Por lo tanto en 3,5 años la bomba de calor recupera la diferencia de costos iniciales de inversión, después de ese año comenzará a ahorrar dinero con respecto al sistema de calefacción por caldera.

## CAPITULO VII: CONCLUSIONES

Una vez finalizado este trabajo y analizando cada una de sus capítulos, se puede concluir lo siguiente:

De acuerdo a los costos que implican una inversión inicial, tomando en cuenta el costo total del sistema actual (instalada), y la obtención del costo de un diseño de un sistema de aire acondicionado (propuesta), el sistema por bomba de calor mostró una diferencia de costo de inversión inicial de \$ 14.292.758 por sobre el costo de inversión inicial del sistema por caldera con piso radiante. Con respecto al costo de operación, considerando el caso más extremo de trabajo que es a temperatura exterior 5°C, la diferencia de costos de operación de la caldera a petróleo es \$ 4.034.712 más alto anualmente que el de un sistema por bomba de calor, por lo que la diferencia existente de costo de inversión inicial es superior por parte de la bomba de calor sobre la caldera. La bomba de calor puede recuperar tal diferencia en un tiempo estimado de 3,5 años gracias a su menor costo de operación. Después de 3,5 años el sistema de climatización por bomba de calor comenzaría a expresar ahorros económicos en operación con respecto a un sistema de calefacción por caldera a petróleo con piso radiante.

De acuerdo a la información obtenida, y tomando en consideración que estos equipos tienen que funcionar durante la vida útil del edificio que supera los 30 años, se puede concluir que, un sistema de calefacción por bomba de calor aire – aire independiente, tiene más ventaja desde el punto de vista económico frente al sistema de calefacción de caldera a petróleo, y que si bien, existe una diferencia de costos en la inversión inicial entre los sistemas estudiados, la bomba de calor es capaz de recuperar esa diferencia en lapsos no largos de tiempo, para luego, poder ahorrar en forma considerable frente al sistema por caldera a petróleo. Otra ventaja que se concluye, es que, su funcionamiento es para todas las estaciones del año, en la cual, esto beneficia al usuario para mantener una temperatura agradable dentro del recinto.

Para dar un valor agregado al proyecto de título se hizo una evaluación energética del Edificio Los Araucanos usando *Autodesk Ecotect Analysis*, en la cual, se hizo varias simulaciones. Una de ellas fue la demanda energética de climatización, donde se llegó a la conclusión que en la torre A tiene necesidades de refrigeración y calefacción en el periodo entre Abril y Octubre, distinto a la torre B, que solo tiene necesidades de calefacción en ese mismo periodo, esto puede suceder de acuerdo a la orientación de las torres que afecta a la radiación solar a materiales de construcción o infiltración de aire. También se analizó simulaciones de radiación solar en distintas fechas y horas para ver su comportamiento en  $\left(\frac{Wh}{m^2}\right)$  visualizados en los muros y pisos de los espacios. Además, se mostró simulaciones con sus valores *peak* de la iluminación artificial y natural en pisos de los departamentos, para comparar visual y objetivamente, con el fin, de ahorrar energía.

Finalmente, gracias a las tablas de datos generado por *Ecotect* se hizo un desglose de las cargas térmicas que ocurren en el edificio, cabe mencionar que no se consideró ningún sistema de climatización en la simulación, llegando a la conclusión que las ganancias internas tienen valores muy parecidos durante todo el año esto se debe a la ocupación de personas, artefactos y alumbrado dentro de los recintos, para disminuir de manera significativa se deberá emplear otros tipos de software como *Dialux* que sirve para el diseño de iluminación eficiente en tanto la ganancia solar en la torre B es más significativa comparativamente dado que tiene más ventanas y la radiación le afecta a los todos los muros exteriores, además de esto, las ventanas del edificio ya poseen sistemas de protección solar por lo que intentar disminuir este valor puede llegar a ser demasiado costoso e innecesario. Por otra parte se aprecia que la gran pérdida de calor es producto de la ventilación e infiltración por lo que se deben buscar métodos de recuperación de calor para no desperdiciar tanta energía. La pérdida de energía por conducción es considerable por lo que es necesario enfocarse en realizar cambios en la envolvente del edificio. Todas estas variables si se mejoran, el edificio logra tener una alta eficiencia energética lo que conlleva a disminuir la potencia de los equipos a instalar y reducir los costos de inversión.

## BIBLIOGRAFIA.

- [1] Sanchez Arriagada, Reinaldo. Apuntes de Proyectos de Equipos e Instalaciones Térmicas 2015, Escuela mecanica UBB.
  
- [2] Cerda Miskulini, Luis. Apuntes de transferencia de calor 2015, Escuela mecanica UBB.
  
- [3] Muñoz Viveros, Cristian. Apuntes curso de computación ECOTECT 2013, Escuela arquitectura UBB.
  
- [4] Muñoz Viveros, Cristian. Apuntes curso de computación SKETCHUP PRO 2014, Escuela arquitectura UBB.
  
- [5] CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. 1987. Manual de Aire Acondicionado. Mc Graw Hill. New York.
  
- [6] Eurofred Chile. Help DESIGN SIMULATOR.
  
- [7] Catálogo general de productos FUJITSU 2015.
  
- [8] RAYMOND A. HAVRELLA. 1983. Fundamentos de la calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. McGRAW-HILL. México.
  
- [9] CARL D. SHIELDS. 1965. Calderas.- tipos, características y sus funciones. (País no especificado).



**ANEXOS.**

**ANEXO A-1: Tablas conductividad térmica de materiales de acuerdo a la Nch 853-2007.**

Tabla A.1 - Conductividad térmica de materiales

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Agua líquida a 0°C	1 000	0,59
Agua líquida a 94°C	1 000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1 100 - 1 800	0,90
Aluminio	2 700	210
Arcilla	2 100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
Arcilla expandida	450	0,11
Arena	1 500	0,58
Aserín de madera	190	0,06
Asfaltos	1 700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betón	1 050	0,16
Bronce	8 500	64
Cascote de ladrillo	1 300	0,41
Capotillo de arroz	117	0,06
Cebada	470	0,07
Cobre	8 930	380
Escorias	800	0,25
	1 000	0,29
	1 200	0,34
	1 400	0,41
Enlucido de yeso	800	0,35
	1 000	0,44
	1 200	0,56
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1 000	0,23
	1 135	0,23
Fundición y acero	7 850	58
Grava rodada o de machaqueo	1 700	0,81
Hormigón armado (normal)	2 400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1 000	0,33

Tabla A.1 - Conductividad térmica de materiales (continuación)

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m x K)
Hormigón con áridos ligeros	1 400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1 000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1 400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1 600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2 000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2 400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1 500	0,55
Hormigón con cenizas	1 000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1 000	0,30
Hormigón normal, con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1 000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1 200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1 100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1 000	0,46
	1 200	0,52
	1 400	0,60
	1 800	0,79
	2 000	1,0

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m x K)
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Láminas bituminosas	1 100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,060
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Lindoleo	1 200	0,19
Maderas		
- alamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- rauli	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1 030	0,28
Mármol	2 500 - 2 850	2,0 - 3,5

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m x K)
Moquetas, alfombras	1 000	0,05
Morteros de cal y bastardos	1 600	0,87
Mortero de cemento	2 000	1,40
Papel	1 000	0,13
Perlita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
Plomo	11 300	35
Poliestireno expandido	10	0,0430
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1 000	0,27
	1 200	0,34
	1 400	0,40
Rocas compactadas	2 500 - 3 000	3,50
Rocas porosas	1 700 - 2 500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,070
Vidrio plano	2 500	1,2
Yeso-cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

**ANEXO A-2: Tablas temperaturas exterior de cálculo de acuerdo a la Nch 1078 c73.**

A- 23 -

**NCh1078.c73**

**Temperatura exterior de cálculo de ciudades del país**

<b>Lugar</b>	<b>Latitud S</b>	<b>Zona climática</b>	<b>Temperatura ext. de cálculo °C</b>
Achao	42° 28'	F	5
Aisén	45° 24'	D	1
Algarrobo	33° 22'	F	7
Ancud	41° 52'	F	5
Angol	37° 48'	E	3
Antofagasta	23° 42'	F	9
Arica	18° 28'	F	13
Clama	22° 27'	F	5
Cladera	27° 03'	F	9
Cartagena	33° 33'	F	7
Castro	42° 29'	F	5
Cauquenes	35 °58'	E	3
Coyaique	45° 34'	B	-3
Combarbalá	31° 11'	E	3
Concepción	36° 50'	F	5
Constitución	35°20'	F	5
Copiapó	27° 21'	F	7
Coquimbo	29° 56'	F	7
Coronel	37° 01'	F	5
Curacautín	38° 26'	D	1
Curicó	34° 59'	E	3
Chaitén	42° 54'	E	3
Chañaral	26° 20'	F	9
Chile chico	46° 34'	B	-3
Chillán	36° 36'	E	3
Huasco	28° 27'	F	9
Illapel	31° 37'	F	5
Iquique	20° 12'	F	11
Islas Juan Fernandez	33° 37'	F	9
La Calera	32° 48'	E	3
La Ligua	32° 27'	F	7
La Serena	29° 55'	F	7
La Unión	40° 15'	E	3
Lautaro	38° 33'	E	3
Lebu	37° 37'	F	5
Limache	33° 01'	F	5
Linares	35° 51'	E	3
Loncoche	39° 23'	E	3
Lonquimay	38° 26'	B	-3

A- 24 -

Lugar	Latitud S	Zona climatica	Temperatura ext. de cálculo °C
Los Andes	32° 50'	D	1
Los Angeles	37° 28'	E	3
Los Vilos	31° 54'	F	7
Lota	37° 05'	F	5
Lolleo	33° 38'	F	7
Melipilla	33° 42'	E	3
Molina	35° 05'	D	1
Navarino	55° 10'	C	-1
Nieva Imperial	38° 43'	E	3
Olmué	33° 00'	F	5
Osorno	40° 35'	E	3
Ovalle	30° 36'	F	5
Palena	43° 38'	C	-1
Panguipulli	39° 41'	D	1
Panimávida	35° 45'	E	3
Papudo	32° 30'	F	7
Parral	36° 09'	E	3
Pichidangui	32° 07'	F	7
Pichilemu	34° 24'	F	5
Pisagua	19° 34'	F	11
Pitrufquén	38° 59'	E	3
Potrerosillos	26° 30'	F	5
Pucón	39° 16'	D	1
Puerto Montt	41° 28'	E	3
Puerto Natales	51° 44'	B	-3
Puerto varas	41° 20'	E	3
Punta Arenas	53° 10'	C	-1
Quilpué	33° 04'	F	5
Quillota	32° 54'	F	5
Quintero	32° 47'	F	7
Rancagua	34° 10'	D	1
Rengo	34° 25'	E	3
San Antonio	33° 34'	F	7
San Felipe	32° 45'	E	3
San Fernando	34° 35'	E	3
San José de Maipo	33° 39'	D	1
Santiago	33° 27'	E	3
Santo Domingo	33° 39'	F	7
Talagante	33° 40'	F	5

A-25 -

Lugar	Latitud S	Zona climatica	Temperatura ext. de cálculo °C
Talca	35° 26'	E	3
Talcahuano	36° 43'	F	5
Taltal	25° 22'	F	9
Temuco	38° 45'	E	3
Tocopilla	22° 06'	F	11
Tomé	36° 37'	F	5
Traiguén	38° 15'	E	3
Valdivia	39° 48'	E	3
Valparaíso	33° 02'	F	7
Vallenar	28° 34'	F	5
Victoria	38° 14'	E	3
Vicuña	30° 02'	F	5
Villa Alemana	33° 04'	F	5
Villarrica	39° 17'	C	1
Viña del Mar	33° 01'	F	7
Yumbel	37° 09'	E	3
Zapallar	32° 32'	F	7

**ANEXO A-3: Tabla de resistencias térmicas de espacio no ventilados, de acuerdo a la Norma Nch 853-of71.**

Nch853.EOF71 24.

TABLA 4 (ver Nota 7)  
RESISTENCIA TERMICA VALIDA POR UNIDAD DE SUPERFICIE,  $R_a$ , DE ESPACIOS NO VENTILADOS (CAMARAS DE AIRE) VERTICALES; (flujo térmico horizontal)

Espesor del espacio (e) mm	Factor $a'$			
	0,82	0,20	0,1	0,05
	Resistencia térmica válida, $R_a, m^2.K/W$			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,14	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	0,16	0,35	0,45	0,53
35	0,155	0,35	0,44	0,51
$e \geq 40$	0,155 - 0,19	0,35	0,43	0,50

Nota 7 . Las Tablas 4,5 y 6 indican la resistencia térmica,  $R_a$ , válida de espacios continuos no ventilados (cámaras de aire) en función de los parámetros siguientes:

- sentido de flujo térmico
- espesor del espacio (de la cámara de aire)
- factor  $a'$ , dado por la fórmula:

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1$$

en que :

- $a_1, a_2$  = absorptividades de las superficies en contacto con el espacio considerado.
- $a = 0,9$  superficie de albañilería, madera, papel, vidrio o pinturas no metálicas.
- $a = 0,2$  superficie de papel de aluminio, fierro galvanizado brillante.
- $a = 0,05$  superficie de lámina de aluminio brillante.

Se distinguen los 4 casos característicos siguientes:

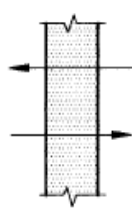
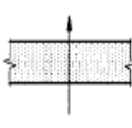
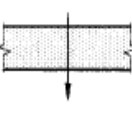
- Caso general :  $a_1 = a_2 = 0,9$  de donde:  $a' = 0,82$
- Una superficie absorbe poco:  $a_1 = 0,2; a_2 = 0,9$ , de donde:  $a' = 0,20$
- Ambas superficies absorben poco:  $a_1 = a_2 = 0,2$ , de donde:  $a' = 0,11$ .
- Una absorbe muy poco:  $a_1 = 0,05; a_2 = 0,9$ , de donde:  $a' = 0,05$ .



**ANEXO A-4: Tabla resistencia de superficie según sentido flujo de calor, posición y situación del elemento separador y velocidad del viento de acuerdo a la Norma Nch 853-2007.**

En Tabla 2 se dan los valores  $R_{si}$ ,  $R_{se}$  y  $(R_{si} + R_{se})$  que se deben considerar para los cálculos señalados en esta norma, según el sentido del flujo de calor, la posición y situación del elemento separador y la velocidad del viento.

Tabla 2

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

- 1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
- 2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar  $R_{se} = 0$ .
- 3) 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.
- 4) 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.

**ANEXO A-5: Tabla de temperaturas locales no calefaccionados.**

A-21 -

**Nch1078.c73  
Tabla 3  
Temperatura de locales no calefaccionados**

Local	Temperatura exterior de cálculo				
	+3	+1	-1	-3	-5
Local no calefaccionado, rodeado de otro calefaccionado.	12	11	10	9	8
Sotanos no calefaccionados	13	12	11	11	10
Terreno debajo del suelo del sótano	12	11	10	10	9
Suelo a nivel del terreno	8	6	5	3	2
Atico no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado provisto de aislación térmica.	13	12	11	11	10
Atico no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado sin protección térmica.	8	6	4	2	0
Local auxiliar comunicado directamente con el aire exterior.	6	4	2	0	-2

**ANEXO A-6: Tabla de transmitancia térmica lineal, según aislación del piso considerado.**

Tabla 4 - Transmitancia térmica lineal, según aislación del piso considerado

Aislación del piso o radier	Resistencia térmica total, $R_T$ $m^2 \times ^\circ C/W$	Transmitancia térmica lineal, $K_\ell$ $W/(m \times K)$
Corriente	0,15 - 0,25	1,4
Medianamente aislado	0,26 - 0,60	1,2
Aislado	> 0,60	1,0

**ANEXO A-7: Tabla de valores N° RH para el cálculo aire infiltrado.**

<b>CLASE DE HABITACIÓN O EDIFICIO</b>	<b>Nº renovaciones hora NºRH</b>
Habitaciones sin ventanas exteriores	0,5
Habitaciones con ventanas o puertas exteriores por 1 lado	0,5 - 1,0
Habitaciones con ventanas o puertas exteriores en 2 lados	1,0 - 1,5
Habitaciones con ventanas o puertas exteriores en 3 lados	1,5 - 2,0
Recibidores de entrada o Hall	≈ 2,0

**ANEXO A-8: Tabla de suplemento  $S_o$  de acuerdo a la Nch 1078 c73.**

**NCh1078.c73**

**Tabla 6  
Suplemento  $S_o$ .**

<b>Modo del servicio de calefacción</b>	<b>Valores del suplemento <math>S_o</math></b>			
	<b>Permeabilidad térmica media, <math>P_m</math>, W/(m<sup>2</sup>K)</b>			
	<b>0,11 a 0,34</b>	<b>0,35 a 0,81</b>	<b>0,82 a 1,74</b>	<b>&gt; 1,75</b>
<b>1.- Reducción de la potencia durante la noche</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>
<b>2.-Interrupción durante 9 a 12 h.</b>	<b>0,20</b>	<b>,015</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>
<b>3.-Interrupción durante 12 a 16 h.</b>	<b>0,30</b>	<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>

**ANEXO A-9: Tabla de Suplemento S1 por orientación.**

Orientación	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Suplemento S <sub>1</sub>	-0,05	-0,05	0	+0,05	+0,05	+0,05	0	-0,05

**ANEXO A-10: Tabla del factor característico local (R).**

A- 22 -

**NCh1078.c73**

**Tabla 9**  
**Factor característico de local, locales con ventanas y puertas normales**

Ventanas de	Puertas interiores		R
	no hermáticas	hermáticas	
madera y material sintético	$\frac{A_v}{A_p} < 3$ *)	$\frac{A_v}{A_p} < 1,5$ *)	0,9
	$3 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 9$ *)	$1,5 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 3$ *)	0,7
metal	$\frac{A_v}{A_p} < 6$ *)	$\frac{A_v}{A_p} < 2,5$ *)	0,9
	$6 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 20$	$2,5 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 6$	0,7

\*)  $A_v$  : superficie, m<sup>2</sup>, de ventanas exteriores

\*)  $A_p$  : superficie, m<sup>2</sup>, de puertas interiores.

## ANEXO A-11: Tabla del factor característico de casa (H).

NCh1078.c73

**Tabla 10**  
**Factor cracteristico de casa H**

<b>Localidad</b>	<b>situación</b>	<b>casa de fila *)</b>	<b>Casa independiente</b>
<b>Normal</b>	<b>Protegida</b>	<b>0,24</b>	<b>0,34</b>
	<b>Despejada</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>
	<b>Extraordinariamente despejada</b>	<b>0,60</b>	<b>0,84</b>
<b>De vientos intensos</b>	<b>Protejida</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>
	<b>Despejada</b>	<b>0,60</b>	<b>0,84</b>
	<b>Extraordinariamente despejada</b>	<b>0,82</b>	<b>1,13</b>

**\*) además , las casa con varias viviendas, los grupos de locales , viviendas de esquina de dichas casa y las casas pareadas.**

**ANEXO B-1: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.**

**Dormitorio 1.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	16,0	244,8	0,2	-0,1	1,1	269,3
Muros	Norte	4,6	2,8	16,0	207,0	0,2	-0,1	1,1	227,7
Muros	Sur	7,4	2,5	8,0	148,8	0,2	0,1	1,2	178,6
Puertas	Oeste	3,4	1,0	8,0	27,2	0,2	0,1	1,2	32,6
Muros	Este	8,6	2,5	8,0	172,8	0,2	0,0	1,2	198,7
Muros	Oeste	8,4	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,0
Cielo		11,2	1,7	7,0	131,9	0,2	0,1	1,2	158,2
Piso		H 1,2	P 13,4	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					932,4				1065,1
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	40,2	48,2	0,2	16,0	215,2	0,9	0,4	1,0	79,4
SUBTOTAL					215,2				79,4
TOTAL					<b>1147,7</b>				<b>1144,5</b>

**ANEXO B-1: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.**

**Dormitorio 2.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	16,0	244,8	0,2	-0,1	1,1	269,3
Muros	Norte	2,7	2,8	16,0	121,0	0,2	-0,1	1,1	133,1
Puerta	Sur	1,7	1,0	8,0	13,4	0,2	0,1	1,2	16,1
Muros	Sur	5,3	2,5	8,0	105,6	0,2	0,1	1,2	126,7
Muros	Este	8,2	2,5	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,0
Muros	Oeste	8,2	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,0
Cielo		10,8	1,7	7,0	127,6	0,2	0,1	1,2	153,1
Piso		H 1,2	P 13,4	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>612,4</b>				<b>698,3</b>
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	40,2	48,2	0,2	16,0	215,2	0,9	0,4	1,0	79,4
<b>SUBTOTAL</b>					<b>215,2</b>				<b>79,4</b>
<b>TOTAL</b>					<b>827,6</b>				<b>777,7</b>

**ANEXO B-1: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.**

**Dormitorio 3.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Puerta	Norte	1,7	1,0	8,0	13,4	0,2	0,1	1,2	16,1
Muros	Norte	5,3	2,5	8,0	105,6	0,2	-0,1	1,1	116,2
Muros	Sur	7,2	2,8	16,0	322,6	0,2	0,1	1,2	387,1
Muros	Este	4,6	2,5	16,0	184,8	0,2	0,0	1,2	212,5
Ventanas	Oeste	4,5	3,4	16,0	244,8	0,2	-0,1	1,1	269,3
Muros	Oeste	9,1	2,8	8,0	204,3	0,2	0,0	1,2	234,9
Cielo		11,4	1,7	7,0	134,7	0,2	0,1	1,2	161,6
Piso		H 1,2	P 16,6	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1210,2</b>				<b>1397,7</b>
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	41,0	49,2	0,2	16,0	219,9	0,9	0,4	1,0	81,1
<b>SUBTOTAL</b>					<b>219,9</b>				<b>81,1</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1430,1</b>				<b>1478,9</b>



**ANEXO B-1: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.**

**Sala de estar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,9	3,4	16,0	323,1	0,2	0,1	1,2	387,8
Muros	Norte	3,5	2,8	16,0	158,6	0,2	-0,1	1,1	174,5
Muros	Sur	7,6	2,5	8,0	151,2	0,2	0,1	1,2	181,4
Puerta	Sur	1,7	1,0	8,0	13,4	0,2	0,1	1,2	16,1
Muros	Oeste	8,6	2,5	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,0
Muros	Oeste	4,1	2,8	16,0	183,7	0,2	0,0	1,2	211,2
Muros	Este	5,0	2,8	16,0	225,8	0,2	0,0	1,2	259,7
Cielo		20,2	1,7	7,0	238,7	0,2	0,1	1,2	286,4
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	18,5	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					1294,5				1517,1
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	75,4	90,5	0,2	16,0	404,0	0,9	0,4	1,0	149,1
SUBTOTAL					404,0				149,1
TOTAL					<b>1698,5</b>				<b>1666,2</b>

**ANEXO B-1: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre A.**

**Comedor.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	16,0	244,8	0,2	-0,1	1,1	269,3
Muros	Norte	2,9	2,8	16,0	131,7	0,2	-0,1	1,1	144,9
Muros	Sur	7,4	2,5	8,0	148,8	0,2	0,1	1,2	178,6
Puerta	Este	1,7	1,0	8,0	13,4	0,2	0,1	1,2	16,1
Muros	Este	2,4	2,5	8,0	48,0	0,2	0,0	1,2	55,2
Muros	Oeste	10,2	2,8	8,0	228,5	0,2	0,0	1,2	262,8
Cielo		13,2	1,7	7,0	155,7	0,2	0,1	1,2	186,8
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	14,7	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					726,1				844,3
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	47,4	56,9	0,2	16,0	254,1	0,9	0,4	1,0	93,8
SUBTOTAL					254,1				93,8
TOTAL					<b>980,2</b>				<b>938,1</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Dormitorio 1.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	-0,1	1,1	0,0
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	8,0	41,7	0,2	0,1	1,2	50,0
Muros	Este	5,8	2,8	8,0	129,9	0,2	0,0	1,2	149,4
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	16,0	159,9	0,2	-0,1	1,1	175,9
Muros	Oeste	4,6	2,8	16,0	207,0	0,2	0,0	1,2	238,0
Cielo		10,1	1,7	7,0	119,3	0,2	0,1	1,2	143,2
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	12,8	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>657,8</b>				<b>756,6</b>
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	36,3	43,6	0,2	16,0	194,5	0,9	0,4	1,0	71,8
<b>SUBTOTAL</b>					<b>194,5</b>				<b>71,8</b>
<b>TOTAL</b>					<b>852,3</b>				<b>828,3</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Dormitorio 2.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	-0,1	1,1	0,0
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	8,0	41,7	0,2	0,1	1,2	50,0
Muros	Este	3,4	2,8	8,0	75,3	0,2	0,0	1,2	86,6
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	16,0	159,9	0,2	-0,1	1,1	175,9
Muros	Oeste	2,2	2,8	16,0	96,8	0,2	0,0	1,2	111,3
Cielo		8,7	1,7	7,0	102,8	0,2	0,1	1,2	123,4
Piso		H 1,2	P 12,0	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>476,4</b>				<b>547,1</b>
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	31,1	37,3	0,2	16,0	166,6	0,9	0,4	1,0	61,5
<b>SUBTOTAL</b>					<b>166,6</b>				<b>61,5</b>
<b>TOTAL</b>					<b>643,1</b>				<b>608,6</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Dormitorio 3.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Puerta	Norte	1,7	3,1	8,0	41,7	0,2	0,1	1,2	50,0
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	-0,1	1,1	0,0
Muros	Sur	10,6	2,8	16,0	473,1	0,2	0,1	1,2	567,7
Muros	Este	7,7	2,8	16,0	344,1	0,2	0,0	1,2	395,7
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	16,0	159,9	0,2	-0,1	1,1	175,9
Muros	Oeste	4,7	2,8	16,0	212,4	0,2	0,0	1,2	244,2
Cielo		10,1	1,7	7,0	119,3	0,2	0,1	1,2	143,2
Piso		H 1,2	P 17,4	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1350,4</b>				<b>1576,7</b>
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	63,4	76,0	0,2	16,0	339,5	0,9	0,4	1,0	125,3
<b>SUBTOTAL</b>					<b>339,5</b>				<b>125,3</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1689,9</b>				<b>1702,0</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Sala estar familiar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Muros	Norte	7,2	2,8	16,0	322,6	0,2	-0,1	1,1	354,8
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	8,0	41,7	0,2	0,1	1,2	50,0
Muros	Este	4,8	2,8	8,0	107,5	0,2	0,0	1,2	123,6
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	16,0	159,9	0,2	0,1	1,2	191,9
Muros	Oeste	3,8	2,8	16,0	169,3	0,2	0,0	1,2	194,7
Cielo		14,3	1,7	7,0	169,0	0,2	0,1	1,2	202,8
Piso		H 1,2	P 13,5	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
<b>SUBTOTAL</b>					970,0				1117,9
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	39,8	47,8	0,2	16,0	213,3	0,9	0,4	1,0	78,7
<b>SUBTOTAL</b>					213,3				78,7
<b>TOTAL</b>					<b>1183,2</b>				<b>1196,6</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Sala estar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,3	3,4	16,0	288,3	0,2	0,1	1,2	346,0
Muros	Norte	4,2	2,8	16,0	188,2	0,2	-0,1	1,1	207,0
Muros	Sur	7,2	2,8	8,0	161,3	0,2	0,1	1,2	193,5
Muros	Este	9,0	2,8	16,0	403,2	0,2	0,0	1,2	463,7
Muros	Oeste	4,8	2,8	16,0	215,0	0,2	0,0	1,2	247,3
Cielo		14,8	1,7	7,0	174,9	0,2	0,1	1,2	209,9
Piso		H 1,2	P 15,4	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					1430,9				1667,3
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	53,3	64,0	0,2	16,0	285,6	0,9	0,4	1,0	105,4
SUBTOTAL					285,6				105,4
TOTAL					<b>1716,5</b>				<b>1772,7</b>

**ANEXO B-2: Pérdidas de calor estructura de espacios a climatizar torre B.**

**Comedor.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,3	3,4	16,0	288,3	0,2	0,1	1,2	346,0
Muros	Norte	4,3	2,8	16,0	193,5	0,2	-0,1	1,1	212,9
Muros	Sur	9,6	2,8	8,0	215,0	0,2	0,1	1,2	258,0
Muros	Este	6,7	2,8	8,0	150,5	0,2	0,0	1,2	173,1
Muros	Oeste	8,6	2,8	16,0	387,1	0,2	0,0	1,2	445,1
Cielo		14,4	1,7	7,0	170,2	0,2	0,1	1,2	204,2
Piso		H 1,2	P 15,2	ΔT( °K) 0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0
SUBTOTAL					1404,6				1639,3
<b>INFILTRACION DE AIRE FRIO</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	51,8	62,2	0,2	16,0	277,6	0,9	0,4	1,0	102,4
SUBTOTAL					277,6				102,4
TOTAL					1682,2				1741,8



**ANEXO C-1: Tabla de corrección de las diferencias equivalentes de temperatura ( $\alpha$ ).**

**TABLA 20 A. CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA (°C)**

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado, menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																					
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8				
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8				
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8				
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8				
0	-5,0	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,0	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6				
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7				
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7				
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4,0	-4,5	-5,0	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8				
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2,0	-2,5	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8				
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2,0	-2,8	-3,3	-3,9				
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8				
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2				
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2				
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2				
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2				
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,3				

**ANEXO C-2: Tabla equivalente de temperaturas para muros soleados o en sombra ( $\Delta t_{es}$  y  $\Delta t_{em}$ ).**

**TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)**  
**Muros soleados o en sombra\***

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte\*\*

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																							
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA			
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	3,0	4,4	3,9
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	3,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	4,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	6,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
	700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,0	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,6	8,9	8,3	7,2
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	4,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA			
		HORA SOLAR																							

ANEXO C-3: Tabla de aportaciones solares a través de vidrio sencillo

( $R_s$  y  $R_m$ ).

**TABLA 15. APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)**  
kcal/h × (m<sup>2</sup> de abertura)

40°		HORA SOLAR															40°	
0° LATITUD NORTE																	0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época		
21 Junio	N	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	54	86	S	22 Diciembre		
	NE	320	360	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16	SE			
	E	341	436	439	365	257	119	38	38	38	35	32	27	16	E			
	SE	138	238	295	301	268	152	92	38	38	35	32	27	16	NE			
	S	16	27	32	31	94	119	146	119	94	51	32	27	16	N			
22 Julio y 21 Mayo	SO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	360	320	NO	21 Enero y 21 Noviembre		
	O	16	27	32	35	38	38	38	119	257	385	439	436	341	O			
	NO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	360	320	SO			
	Horizontal	84	222	163	485	569	629	642	629	569	485	363	222	84	Horizontal			
	N	65	38	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65	S			
24 Agosto y 20 Abril	NE	267	344	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13	SE	20 Febrero y 23 Octubre		
	E	320	436	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13	E			
	SE	146	260	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13	NE			
	S	13	27	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13	N			
	SO	13	27	32	35	38	40	113	222	298	339	322	260	146	NO			
22 Septiembre y 22 Marzo	O	13	27	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	320	O	22 Merzo y 22 Septiembre		
	NO	13	27	32	35	38	38	38	38	70	179	284	344	267	SO			
	Horizontal	65	198	341	463	550	610	631	610	550	463	341	198	65	Horizontal			
	N	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19	S			
	NE	184	276	222	124	43	38	38	38	38	35	29	21	8	SE			
23 Octubre y 20 Febrero	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8	E	20 Abril y 24 Agosto		
	SE	130	284	374	396	377	290	179	67	38	35	29	21	8	NE			
	S	8	21	65	138	241	263	276	263	241	138	65	21	8	N			
	SO	8	21	29	35	38	67	179	290	377	396	374	284	130	NO			
	O	8	21	29	35	38	38	38	122	273	393	439	398	227	O			
21 Noviembre y 21 Enero	NO	8	21	29	35	38	38	38	38	43	124	222	276	184	SO	21 Mayo y 23 Julio		
	Horizontal	24	127	171	406	501	556	580	556	501	406	271	127	24	Horizontal			
	N	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0	S			
	NE	0	138	157	70	35	35	38	35	35	32	24	13	0	SE			
	E	0	314	404	377	268	122	38	35	35	32	24	13	0	E			
22 Diciembre	SE	0	257	390	439	425	360	244	111	38	32	24	13	0	NE	21 Junio		
	S	0	12	19	219	298	330	379	330	298	219	119	32	0	N			
	SO	0	13	24	32	38	111	244	360	425	439	390	257	0	NO			
	O	0	13	24	32	35	35	38	122	268	377	404	314	0	O			
	NO	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0	SO			

Correcciones

Marco metálico o ningún marco × 1/0,85 ó 1,17

Defecto de limpieza 15% máx.

Altitud + 0,7 % por 300 m

Punto de rocío superior a 19,5° C - 14 % por 10° C

Punto de rocío superior a 19,5° C + 14 % por 10° C

Latitud sur Dic. o Enero + 7 %

### ANEXO C-4: Ganancia por radiación en muros torre A.

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>10,56</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	2,90	2,80	1,30	10,56
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	2,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	10,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>10,56</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,50	2,80	1,30	12,74
Sur	7,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,10	2,80	0,00	0,00
Oeste	5,04	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,74</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,50	2,80	1,30	12,74
Sur	7,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,10	2,80	0,00	0,00
Oeste	5,04	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,74</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,50	2,80	1,30	12,74
Sur	7,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,10	2,80	0,00	0,00
Oeste	5,04	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,74</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,50	2,80	1,30	12,74
Sur	7,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,10	2,80	0,00	0,00
Oeste	5,04	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,74</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,40	2,80	1,30	12,38
Sur	1,00	2,80	0,00	0,00
Este	8,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,38</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,40	2,80	1,30	12,38
Sur	7,40	2,80	0,00	0,00
Este	8,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,40	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,38</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,40	2,80	1,30	12,38
Sur	1,00	2,80	0,00	0,00
Este	8,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,38</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,40	2,80	1,30	12,38
Sur	1,00	2,80	0,00	0,00
Este	8,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>12,38</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	2,70	2,70	7,39	53,87
Sur	5,30	2,70	0,00	0,00
Este	8,20	2,70	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,70	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>53,87</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,20	2,70	7,57	65,40
Sur	5,30	2,70	0,00	0,00
Este	8,20	2,70	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,70	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>65,40</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,20	2,70	7,77	67,13
Sur	5,30	2,70	0,00	0,00
Este	8,20	2,70	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,70	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>67,13</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	3,20	2,70	7,39	63,85
Sur	5,30	2,70	0,00	0,00
Este	8,20	2,70	0,00	0,00
Oeste	8,20	2,70	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>63,85</b>

**ANEXO C-4: Ganancia por radiación en muros torre A.**

Ganancia por radiacion en muros mes Diciembre				
Dormitorio 3				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	5,30	2,80	0,00	0,00
Sur	7,20	2,80	3,60	72,58
Este	4,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	9,10	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>72,58</b>
Ganancia por radiacion en muros mes Enero				
Dormitorio 3				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	5,30	2,80	0,00	0,00
Sur	7,20	2,80	3,02	60,88
Este	4,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	9,10	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>60,88</b>
Ganancia por radiacion en muros mes Febrero				
Dormitorio 3				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	5,30	2,80	0,00	0,00
Sur	7,20	2,80	2,31	46,57
Este	4,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	9,10	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>46,57</b>
Ganancia por radiacion en muros mes Marzo				
Dormitorio 3				
Orientacion	Area	U	$\Delta t_g$	Q (W)
Norte	5,30	2,80	0,00	0,00
Sur	7,20	2,80	2,31	46,57
Este	4,60	2,80	0,00	0,00
Oeste	9,10	2,80	0,00	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>				<b>46,57</b>

**ANEXO C-5: Ganancia por radiación en muros torre B.**

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,30	2,80	1,30	15,65
Sur	9,60	2,80	0,00	0,00
Este	6,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,60	2,80	2,50	60,20
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>75,85</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,30	2,80	1,30	15,65
Sur	9,60	2,80	0,00	0,00
Este	6,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,60	2,80	2,51	60,44
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>76,09</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,30	2,80	1,30	15,65
Sur	9,60	2,80	0,00	0,00
Este	6,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,60	2,80	2,50	60,20
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>75,85</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Comedor				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,30	2,80	1,30	15,65
Sur	9,60	2,80	0,00	0,00
Este	6,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	8,60	2,80	2,40	57,79
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>73,44</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,20	2,80	1,30	15,29
Sur	7,20	2,80	0,00	0,00
Este	9,00	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,80	2,80	2,50	33,60
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>48,89</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,20	2,80	1,30	15,29
Sur	7,20	2,80	0,00	0,00
Este	9,00	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,80	2,80	2,51	33,73
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>49,02</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,20	2,80	1,30	15,29
Sur	7,20	2,80	0,00	0,00
Este	9,00	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,80	2,80	2,50	33,60
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>48,89</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Sala Estar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	4,20	2,80	1,30	15,29
Sur	7,20	2,80	0,00	0,00
Este	9,00	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,80	2,80	2,40	32,26
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>47,54</b>

**ANEXO C-5: Ganancia por radiación en muros torre B.**

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,70	2,80	0,00	0,00
Sur	8,60	2,80	3,60	58,46
Este	5,80	2,80	3,75	48,30
Oeste	4,60	2,80	2,50	32,20
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>138,96</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,70	2,80	0,00	0,00
Sur	8,60	2,80	13,05	211,93
Este	5,80	2,80	3,78	48,69
Oeste	4,60	2,80	2,51	32,33
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>292,95</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,70	2,80	0,00	0,00
Sur	8,60	2,80	12,92	209,82
Este	5,80	2,80	3,75	48,30
Oeste	4,60	2,80	2,50	32,20
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>290,32</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Dormitorio 1				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,70	2,80	0,00	0,00
Sur	8,60	2,80	2,31	37,51
Este	5,80	2,80	3,55	45,72
Oeste	4,60	2,80	2,40	30,91
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>114,15</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,60	2,80	0,00	0,00
Sur	8,60	2,80	0,00	0,00
Este	3,40	2,80	0,00	0,00
Oeste	2,20	2,80	2,50	15,40
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>15,40</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte		2,80	0,00	0,00
Sur		2,80	0,00	0,00
Este		2,80	0,00	0,00
Oeste	3,70	2,80	2,51	26,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>26,00</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte		2,80	0,00	0,00
Sur		2,80	0,00	0,00
Este		2,80	0,00	0,00
Oeste	3,70	2,80	2,50	25,90
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>25,90</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Dormitorio 2				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte		2,80	0,00	0,00
Sur		2,80	0,00	0,00
Este		2,80	0,00	0,00
Oeste	3,70	2,80	2,40	24,86
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>24,86</b>

### ANEXO C-5: Ganancia por radiación en muros torre B.

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Dormitorio 3				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,60	2,80	0,00	0,00
Sur	10,60	2,80	0,00	0,00
Este	7,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,70	2,80	2,50	32,90
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>32,90</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Dormitorio 3				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,60	2,80	0,00	0,00
Sur	10,60	2,80	0,00	0,00
Este	7,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,70	2,80	2,51	33,03
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>33,03</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Dormitorio 3				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,60	2,80	0,00	0,00
Sur	10,60	2,80	0,00	0,00
Este	7,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,70	2,80	2,50	32,90
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>32,90</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Dormitorio 3				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	8,60	2,80	0,00	0,00
Sur	10,60	2,80	0,00	0,00
Este	7,70	2,80	0,00	0,00
Oeste	4,70	2,80	2,40	31,58
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>31,58</b>

Ganancia por radiación en muros mes Diciembre				
Sala Estar Familiar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	7,20	2,80	1,30	26,21
Sur	8,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,80	2,80	0,00	0,00
Oeste	3,80	2,80	2,50	26,60
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>52,81</b>
Ganancia por radiación en muros mes Enero				
Sala Estar Familiar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	7,20	2,80	1,30	26,21
Sur	8,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,80	2,80	0,00	0,00
Oeste	3,80	2,80	2,51	26,71
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>52,91</b>
Ganancia por radiación en muros mes Febrero				
Sala Estar Familiar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	7,20	2,80	1,30	26,21
Sur	8,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,80	2,80	0,00	0,00
Oeste	3,80	2,80	2,50	26,60
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>52,81</b>
Ganancia por radiación en muros mes Marzo				
Sala Estar Familiar				
Orientación	Area	U	$\Delta t_e$	Q (W)
Norte	7,20	2,80	1,30	26,21
Sur	8,60	2,80	0,00	0,00
Este	4,80	2,80	0,00	0,00
Oeste	3,80	2,80	2,40	25,54
<b>TOTAL Radiación (W)</b>				<b>51,74</b>



**ANEXO C-6: Factor de almacenamiento carga termica (fal).**

**TABLA 11. FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TÉRMICA, APORTACIONES SOLARES**  
Funcionamiento de 12 horas diarias, Temperatura interior constante\*\*\*

ORIENTACION (Latitud Norte)	PESO **** (kg por m <sup>2</sup> de superf. de suelo)	CON PANTALLA INTERIOR *										SIN O CON PANTALLA EXTERIOR **										ORIENTACION (Latitud Norte)				
		HORA SOLAR																								
		MAÑANA					TARDE					MAÑANA					TARDE									
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
NE	750 y más	0,59	0,67	0,62	0,49	0,33	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,17	0,34	0,42	0,47	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30	0,29	0,26	0,25	SE
	500	0,59	0,68	0,64	0,52	0,35	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,15	0,35	0,45	0,50	0,49	0,45	0,42	0,34	0,30	0,27	0,26	0,23	0,20	
	150	0,62	0,80	0,75	0,60	0,37	0,25	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,40	0,62	0,69	0,64	0,48	0,34	0,27	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	
E	750 y más	0,51	0,66	0,71	0,67	0,57	0,40	0,29	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,36	0,44	0,50	0,53	0,53	0,50	0,44	0,39	0,36	0,34	0,30	0,28	E
	500	0,52	0,67	0,73	0,70	0,58	0,40	0,29	0,26	0,26	0,21	0,19	0,16	0,34	0,44	0,54	0,58	0,57	0,51	0,44	0,39	0,34	0,31	0,28	0,24	
	150	0,53	0,74	0,82	0,81	0,65	0,43	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,36	0,56	0,71	0,76	0,70	0,54	0,39	0,28	0,23	0,18	0,15	0,12	
SE	750 y más	0,20	0,42	0,59	0,70	0,74	0,71	0,61	0,48	0,33	0,30	0,26	0,24	0,34	0,37	0,43	0,50	0,54	0,58	0,57	0,55	0,50	0,45	0,41	0,37	NE
	500	0,18	0,40	0,57	0,70	0,75	0,72	0,63	0,49	0,34	0,28	0,25	0,21	0,29	0,33	0,41	0,51	0,58	0,61	0,61	0,56	0,49	0,44	0,37	0,33	
	150	0,09	0,35	0,61	0,78	0,86	0,87	0,69	0,50	0,36	0,20	0,17	0,13	0,14	0,27	0,47	0,64	0,75	0,79	0,73	0,61	0,45	0,32	0,23	0,18	
S	750 y más	0,28	0,25	0,40	0,53	0,64	0,72	0,77	0,77	0,73	0,67	0,49	0,31	0,47	0,43	0,42	0,46	0,51	0,56	0,61	0,65	0,66	0,65	0,61	0,54	N
	500	0,26	0,22	0,38	0,51	0,64	0,73	0,79	0,79	0,77	0,65	0,51	0,31	0,44	0,37	0,39	0,43	0,50	0,57	0,64	0,68	0,70	0,68	0,63	0,53	
	150	0,21	0,29	0,48	0,67	0,79	0,88	0,89	0,83	0,56	0,50	0,24	0,16	0,28	0,19	0,25	0,38	0,54	0,68	0,78	0,84	0,82	0,76	0,61	0,42	
SO	750 y más	0,31	0,27	0,27	0,26	0,25	0,27	0,50	0,63	0,72	0,74	0,69	0,54	0,51	0,44	0,40	0,37	0,34	0,36	0,41	0,47	0,54	0,57	0,60	0,58	NO
	500	0,33	0,28	0,25	0,23	0,23	0,35	0,50	0,64	0,74	0,77	0,70	0,55	0,53	0,44	0,37	0,35	0,31	0,33	0,39	0,46	0,55	0,62	0,64	0,60	
	150	0,29	0,21	0,18	0,15	0,14	0,27	0,50	0,69	0,82	0,87	0,79	0,60	0,48	0,32	0,25	0,20	0,17	0,19	0,39	0,56	0,79	0,80	0,79	0,69	
O	750 y más	0,63	0,31	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,29	0,46	0,61	0,71	0,72	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,31	0,31	0,35	0,42	0,49	0,54	O
	500	0,67	0,33	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,28	0,44	0,61	0,72	0,73	0,60	0,52	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,28	0,33	0,43	0,51	0,57	
	150	0,77	0,34	0,25	0,20	0,17	0,14	0,13	0,22	0,44	0,67	0,82	0,85	0,77	0,56	0,38	0,28	0,22	0,18	0,16	0,19	0,33	0,52	0,69	0,77	
NO	750 y más	0,68	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,24	0,41	0,56	0,67	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,30	0,28	0,26	0,26	0,30	0,37	0,44	SO
	500	0,71	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,23	0,40	0,58	0,70	0,54	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,24	0,30	0,39	0,48	
	150	0,82	0,33	0,25	0,20	0,16	0,15	0,14	0,13	0,19	0,41	0,64	0,80	0,75	0,53	0,36	0,28	0,24	0,19	0,17	0,15	0,17	0,30	0,50	0,66	
N y sombra	750 y más	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	S y sombra
	500	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	
	150	← 1,00 →										← 1,00 →														



### ANEXO C-8: Ganancia por radiación por ventanas torre A.

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	4,50	146,00	0,96	0,65	0,85	348,47
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>405,27</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	187,00	0,96	0,65	0,85	446,33
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>519,08</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	276,00	0,96	0,65	0,85	658,76
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>766,13</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Comedor			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	379,00	0,96	0,65	0,85	904,60
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>1052,04</b>

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Sala Estar			Torre: A		
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	5,90	146,00	0,96	0,65	0,85	456,89
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>531,36</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Sala Estar			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,90	187,00	0,96	0,65	0,85	585,19
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>680,57</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Sala Estar			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,90	276,00	0,96	0,65	0,85	863,70
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>1004,48</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Sala Estar			Torre: A		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,90	379,00	0,96	0,65	0,85	1186,03
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>1379,34</b>

### ANEXO C-8: Ganancia por radiación por ventanas torre A.

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Dormitorio 1					Torre: A
Orientación/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	4,50	146,00	0,96	0,65	0,85	348,47
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>405,27</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Dormitorio 1					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	187,00	0,96	0,65	0,85	446,33
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>519,08</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Dormitorio 1					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	276,00	0,96	0,65	0,85	658,76
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>766,13</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Dormitorio 1					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	379,00	0,96	0,65	0,85	904,60
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>1052,04</b>

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Dormitorio 2					Torre: A
Orientación/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	4,50	146,00	0,96	0,65	0,85	348,47
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>405,27</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Dormitorio 2					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	187,00	0,96	0,65	0,85	446,33
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>519,08</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Dormitorio 2					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	276,00	0,96	0,65	0,85	658,76
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>766,13</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Dormitorio 2					Torre: A
Orientación	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	4,50	379,00	0,96	0,65	0,85	904,60
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiación (W)</b>						<b>1052,04</b>



**ANEXO C-9: Ganancia por radiación por ventanas torre B.**

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:		Sala Estar			Torre: B	
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	5,28	146,00	0,96	0,65	0,85	408,87
Sur/ 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>475,52</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:		Sala Estar			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,28	187,00	0,96	0,65	0,85	523,70
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	444,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>609,05</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:		Sala Estar			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,28	276,00	0,96	0,65	0,85	772,94
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	439,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>898,93</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:		Sala Estar			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	5,28	379,00	0,96	0,65	0,85	1061,39
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	0,00	404,00	0,72	0,65	0,85	0,00
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>1234,39</b>

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:		Dormitorio 1			Torre: B	
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	0,00	146,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/ 18:00 hr.	5,76	86,00	0,31	0,65	0,85	84,84
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	2,94	439,00	0,72	0,65	0,85	513,42
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>695,78</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:		Dormitorio 1			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	187,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/18:00 hr.	5,76	65,00	0,31	0,65	0,85	64,13
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,94	444,00	0,72	0,65	0,85	519,27
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>678,49</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:		Dormitorio 1			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	276,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/11:00 hr.	5,76	38,00	0,31	0,65	0,85	37,49
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,94	439,00	0,72	0,65	0,85	513,42
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>640,71</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:		Dormitorio 1			Torre: B	
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_j$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	379,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/12:00 hr.	5,76	38,00	0,31	0,65	0,85	37,49
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,94	404,00	0,72	0,65	0,85	472,49
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>593,10</b>



**ANEXO C-9: Ganancia por radiación por ventanas torre B.**

Ganancia por radiación en Ventanas mes Diciembre						
Lugar:	Sala Estar Familiar			Torre: B		
Orientacion/hora	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/ 12:00 hr.	0,00	146,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur / 18:00 hr.	0,00	86,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/ 8:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/ 16:00 hr.	2,90	439,00	0,72	0,65	0,85	506,44
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>588,99</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Enero						
Lugar:	Sala Estar Familiar			Torre: B		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	187,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/18:00 hr.	0,00	65,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	444,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,90	444,00	0,72	0,65	0,85	512,21
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>595,69</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Febrero						
Lugar:	Sala Estar Familiar			Torre: B		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	276,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/11:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	439,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,90	439,00	0,72	0,65	0,85	506,44
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>588,99</b>
Ganancia por radiación en Ventanas mes Marzo						
Lugar:	Sala Estar Familiar			Torre: B		
Orientacion	Area	$G_{max}$	$F_{al}$	$F_p$	$F_l$	$Q \left( \frac{kcal}{h} \right)$
Norte/12:00 hr.	0,00	379,00	0,96	0,65	0,85	0,00
Sur/12:00 hr.	0,00	38,00	0,31	0,65	0,85	0,00
Este/08:00 hr.	0,00	404,00	0,71	0,65	0,85	0,00
Oeste/16:00 hr.	2,90	404,00	0,72	0,65	0,85	466,06
<b>TOTAL Radiacion (W)</b>						<b>542,03</b>

**ANEXO C-11: Tasas de ganancias de calor debido a ocupante del recinto.**

TABLA 6.11. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDA A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO\*

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado <sup>b</sup>			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurantes	150	520	130	170	580 <sup>c</sup>	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Balaje moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

**ANEXO C-12: Ganancia iluminación.**

TABLA 49. GANANCIAS DEBIDAS AL ALUMBRADO

TIPO	GANANCIAS SENSIBLES * kcal/h
Fluorescente	Potencia útil vatios × 1,25 ** × 0,86
Incandescente	Potencia útil vatios × 0,86



**ANEXO C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre A.**

**Dormitorio 1.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	8,0	122,4				122,4
Muros	Norte	4,6	2,8	8,0	103,5				103,5
Muros	Sur	7,4	2,8	7,0	145,8				145,8
Muros	Este	8,6	2,8	7,0	169,3				169,3
Puerta	Oeste	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Oeste	8,4	2,8	0,0	0,0				0,0
Cielo		11,2	1,7	7,0	131,9				131,9
Piso		1,2	13,4	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					709,4				709,4
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	40,2	48,2	0,2	8,0	107,6				107,6
SUBTOTAL					107,6				107,6
TOTAL					<b>817,0</b>				<b>817,0</b>

**ANEXO C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre A.**

**Dormitorio 2.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	8,0	122,4				122,4
Muros	Norte	2,7	2,8	8,0	60,5				60,5
Puerta	Sur	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Sur	5,3	2,8	7,0	103,5				103,5
Muros	Este	8,2	2,8	0,0	0,0				0,0
Muros	Oeste	8,2	2,8	0,0	0,0				0,0
Cielo		10,8	1,7	7,0	127,6				127,6
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	13,4	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					450,4				450,4
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	40,2	48,2	0,2	8,0	107,6				107,6
SUBTOTAL					107,6				107,6
TOTAL					<b>558,1</b>				<b>558,1</b>

**ANEXO C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre A.**

**Dormitorio 3.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Puerta	Norte	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Norte	5,3	2,8	7,0	103,5				103,5
Muros	Sur	7,2	2,8	8,0	161,3				161,3
Ventanas	Este	4,5	3,4	8,0	122,4				122,4
Muros	Este	4,6	2,8	8,0	103,5				103,5
Muros	Oeste	9,1	2,8	7,0	178,8				178,8
Cielo		11,4	1,7	7,0	134,7				134,7
Piso		H 1,2	P 16,6	ΔT( °K) 0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					840,6				840,6
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	41,0	49,2	0,2	8,0	109,9				109,9
SUBTOTAL					109,9				109,9
TOTAL					<b>950,5</b>				<b>950,5</b>

**ANEXO C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre A.**

**Comedor.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	4,5	3,4	8,0	122,4				122,4
Muros	Norte	2,9	2,8	8,0	65,9				65,9
Muros	Sur	7,4	2,8	7,0	145,8				145,8
Puerta	Este	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Este	2,4	2,8	7,0	47,0				47,0
Muros	Oeste	10,2	2,8	7,0	199,9				199,9
Cielo		13,2	1,7	7,0	155,7				155,7
Piso		H 1,2	P 14,7	ΔT(°K) 0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					650,8				650,8
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	47,4	56,9	0,2	8,0	127,1				127,1
SUBTOTAL					127,1				127,1
TOTAL					<b>777,8</b>				<b>777,8</b>

**ANEXO C-13: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre A.**

**Sala estar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,9	3,4	8,0	161,6				161,6
Muros	Norte	3,5	2,8	8,0	79,3				79,3
Muros	Sur	7,6	2,8	7,0	148,2				148,2
Puerta	Sur	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Este	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Muros	Este	4,1	2,8	8,0	91,8				91,8
Muros	Oeste	5,0	2,8	8,0	112,9				112,9
Cielo		20,2	1,7	7,0	238,7				238,7
Piso		H 1,2	P 18,5	ΔT( °K) 0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					868,9				868,9
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	75,4	90,5	0,2	8,0	202,0				202,0
SUBTOTAL					202,0				202,0
TOTAL					<b>1070,9</b>				<b>1070,9</b>

**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Dormitorio 1.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U	Δt	Qrefri.	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo
			W/m <sup>2</sup> °C	°C	W				W
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Este	5,8	2,8	7,0	113,7				113,7
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	8,0	80,0				80,0
Muros	Oeste	4,6	2,8	8,0	103,5				103,5
Cielo		10,1	1,7	7,0	119,3				119,3
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	12,8	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					452,9				452,9
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V	m	Cp	Δt	Qrefri.	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo
	m <sup>3</sup> /h	kg/h	kcal/kg°C	°C	W				W
	36,3	43,6	0,2	8,0	97,3				97,3
SUBTOTAL					97,3				97,3
TOTAL					<b>550,2</b>				<b>550,2</b>

**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Dormitorio 2.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Este	3,4	2,8	7,0	65,9				65,9
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	8,0	80,0				80,0
Muros	Oeste	2,2	2,8	8,0	48,4				48,4
Cielo		8,7	1,7	0,0	0,0				0,0
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	12,0	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					230,7				230,7
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	31,1	37,3	0,2	8,0	83,3				83,3
SUBTOTAL					83,3				83,3
TOTAL					<b>314,0</b>				<b>314,0</b>

**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Dormitorio 3.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Puerta	Norte	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Norte	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Muros	Sur	10,6	2,8	8,0	236,5				236,5
Muros	Este	7,7	2,8	8,0	172,0				172,0
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	8,0	80,0				80,0
Muros	Oeste	4,7	2,8	8,0	106,2				106,2
Cielo		10,1	1,7	7,0	119,3				119,3
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	17,4	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					750,5				750,5
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	63,4	76,0	0,2	8,0	169,7				169,7
SUBTOTAL					169,7				169,7
TOTAL					920,3				920,3



**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Sala estar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,3	3,4	8,0	144,2				144,2
Muros	Norte	4,2	2,8	8,0	94,1				94,1
Muros	Sur	7,2	2,8	7,0	141,1				141,1
Muros	Este	9,0	2,8	8,0	201,6				201,6
Muros	Oeste	4,8	2,8	8,0	107,5				107,5
Cielo		14,8	1,7	7,0	174,9				174,9
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	15,4	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					863,4				863,4
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	53,3	64,0	0,2	8,0	142,8				142,8
SUBTOTAL					142,8				142,8
TOTAL					<b>1006,2</b>				<b>1006,2</b>

**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Sala estar familiar.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Muros	Norte	7,2	2,8	8,0	161,3				161,3
Muros	Sur	8,6	2,8	0,0	0,0				0,0
Puerta	Este	1,7	3,1	7,0	36,5				36,5
Muros	Este	4,8	2,8	7,0	94,1				94,1
Ventanas	Oeste	2,9	3,4	8,0	80,0				80,0
Muros	Oeste	3,8	2,8	8,0	84,7				84,7
Cielo		14,3	1,7	7,0	169,0				169,0
Piso		H 1,2	P 13,5	ΔT( °K) 0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					625,4				625,4
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg /h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	39,8	47,8	0,2	8,0	106,6				106,6
SUBTOTAL					106,6				106,6
TOTAL					<b>732,1</b>				<b>732,1</b>

**ANEXO C-14: Ganancias térmicas por estructura de espacios a climatizar  
torre B.**

**Comedor.**

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m <sup>2</sup> )	U W/m <sup>2</sup> °C	Δt °C	Qrefri. W	So	S <sub>1</sub>	(1+ So+ S <sub>1</sub> )	Qequipo W
Ventanas	Norte	5,3	3,4	8,0	144,2				144,2
Muros	Norte	4,3	2,8	8,0	96,8				96,8
Muros	Sur	9,6	2,8	7,0	188,2				188,2
Muros	Este	6,7	2,8	7,0	131,7				131,7
Muros	Oeste	8,6	2,8	8,0	193,5				193,5
Cielo		14,4	1,7	7,0	170,2				170,2
		H	P	ΔT( °K)					
Piso		1,2	15,2	0,0	0,0				0,0
SUBTOTAL					924,5				924,5
<b>INFILTRACION DE AIRE CALIENTE</b>									
Rendijas	V m <sup>3</sup> /h	m kg/h	Cp kcal/kg°C	Δt °C	Qrefri. W	R	H	S <sub>2</sub>	Qequipo W
	51,8	62,2	0,2	8,0	138,8				138,8
SUBTOTAL					138,8				138,8
TOTAL					<b>1063,3</b>				<b>1063,3</b>

**ANEXO D-1: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre A.**

<b>Resumen Ganancias Termica</b>		<b>Lugar: Comedor</b>			<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>	
Cond. Y Conv.	621,7	621,7	621,7	621,7	621,7
Aire Infiltrado	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1
Rad. por muro	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
Rad. Por ventana	405,3	519,1	766,1	1052,0	
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Por equipo	-	-	-	-	-
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1846,0</b>	<b>1959,8</b>	<b>2206,9</b>	<b>2492,8</b>	

<b>Resumen Ganancias Termica</b>		<b>Lugar: Sala Estar</b>			<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>	
Cond. Y Conv.	832,2	832,2	832,2	832,2	832,2
Aire Infiltrado	202,0	202,0	202,0	202,0	202,0
Rad. por muro	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Rad. Por ventana	531,4	680,6	1004,5	1379,3	
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	112,0	112,0	112,0	112,0	112,0
Por equipo	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>2351,7</b>	<b>2500,9</b>	<b>2824,8</b>	<b>3199,7</b>	

<b>Resumen Ganancias Termica</b>		<b>Lugar: Dormitorio 1</b>			<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>	
Cond. Y Conv.	675,5	675,5	675,5	675,5	675,5
Aire Infiltrado	107,6	107,6	107,6	107,6	107,6
Rad. por muro	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Rad. Por ventana	405,3	519,1	766,1	1052,0	
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1411,3</b>	<b>1525,1</b>	<b>1772,2</b>	<b>2058,1</b>	

**ANEXO D-1: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre A.**

<b>Resumen Ganancias Termica</b>		<b>Lugar: Dormitorio 2</b>		<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>
Cond. Y Conv.	428,5	428,5	428,5	428,5
Aire Infiltrado	107,6	107,6	107,6	107,6
Rad. por muro	11,7	11,7	11,7	11,7
Rad. Por ventana	405,3	519,1	766,1	1052,0
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1163,6</b>	<b>1277,4</b>	<b>1524,5</b>	<b>1810,4</b>

<b>Resumen Ganancias Termica</b>		<b>Lugar: Dormitorio 3</b>		<b>Torre: A</b>
<b>Ganancia Termica</b>	<b>Mes Diciembre</b>	<b>Mes Enero</b>	<b>Mes Febrero</b>	<b>Mes Marzo</b>
Cond. Y Conv.	800,6	800,6	800,6	800,6
Aire Infiltrado	109,9	109,9	109,9	109,9
Rad. por muro	72,6	72,6	72,6	72,6
Rad. Por ventana	901,3	911,5	901,3	829,4
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>2094,9</b>	<b>2105,2</b>	<b>2094,9</b>	<b>2023,1</b>

**ANEXO D-2: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre B.**

Resumen Ganancias Termica		Lugar: Comedor		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	887,8	887,8	887,8	887,8
Aire Infiltrado	138,8	138,8	138,8	138,8
Rad. por muro	75,9	76,1	75,9	73,4
Rad. Por ventana	475,5	609,1	898,9	1234,4
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	104,0	104,0	104,0	104,0
Por equipo	-	-	-	-
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>2263,4</b>	<b>2397,2</b>	<b>2686,8</b>	<b>3019,8</b>

Resumen Ganancias Termica		Lugar: Sala Estar		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	829,8	829,8	829,8	829,8
Aire Infiltrado	142,8	142,8	142,8	142,8
Rad. por muro	48,9	49,0	48,9	47,5
Rad. Por ventana	509,6	510,5	514,0	509,6
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	120,0	120,0	120,0	120,0
Por equipo	80,0	80,0	80,0	80,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>2312,5</b>	<b>2313,5</b>	<b>2316,9</b>	<b>2311,1</b>

Resumen Ganancias Termica		Lugar: Sala Estar Fam.		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	597,5	597,5	597,5	597,5
Aire Infiltrado	106,6	106,6	106,6	106,6
Rad. por muro	52,8	53,0	53,0	52,0
Rad. Por ventana	589,0	595,7	589,0	542,0
Por persona	581,4	581,4	581,4	581,4
Por alumbrado	112,0	112,0	112,0	112,0
Por equipo	80,0	80,0	80,0	80,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>2119,3</b>	<b>2126,2</b>	<b>2119,5</b>	<b>2071,5</b>

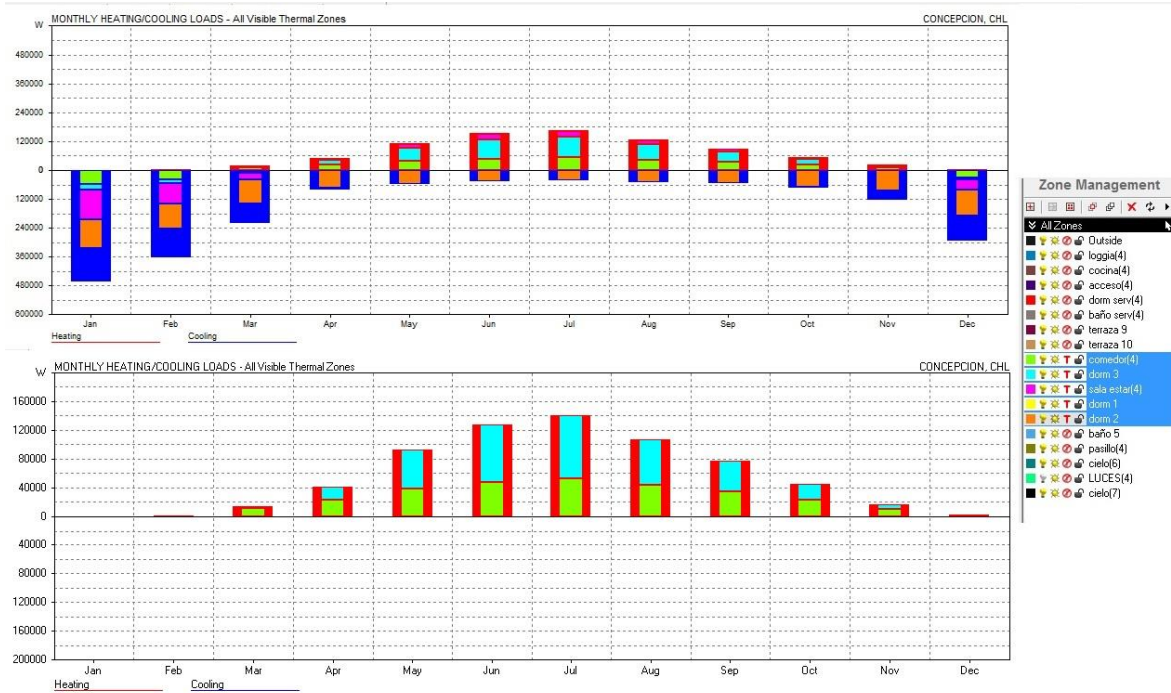
**ANEXO D-2: Resumen ganancias térmicas en recintos a climatizar torre B.**

Resumen Ganancias Termica		Lugar: Dormitorio 1		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	430,8	430,8	430,8	430,8
Aire Infiltrado	97,3	97,3	97,3	97,3
Rad. por muro	139,0	293,0	290,3	114,2
Rad. Por ventana	695,8	678,5	640,7	593,1
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1573,4</b>	<b>1710,2</b>	<b>1669,7</b>	<b>1446,0</b>

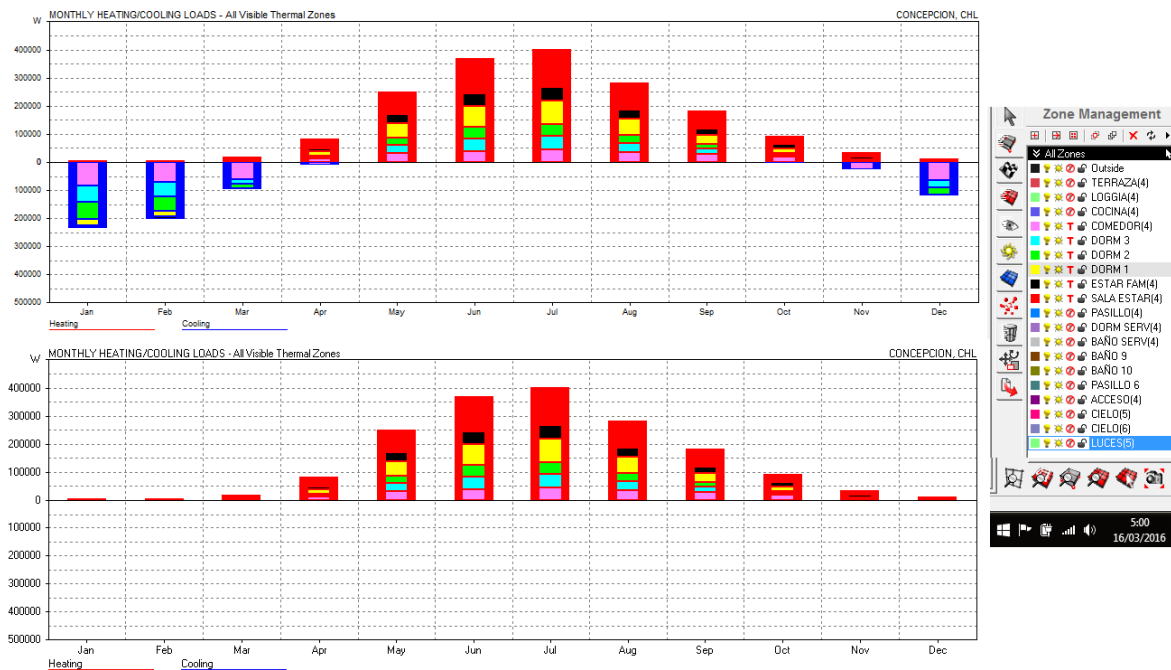
Resumen Ganancias Termica		Lugar: Dormitorio 2		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	213,4	213,4	213,4	213,4
Aire Infiltrado	83,3	83,3	83,3	83,3
Rad. por muro	15,4	26,0	26,0	24,9
Rad. Por ventana	589,0	595,7	589,0	542,0
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1111,7</b>	<b>1129,0</b>	<b>1122,3</b>	<b>1074,2</b>

Resumen Ganancias Termica		Lugar: Dormitorio 3		Torre: B
Ganancia Termica	Mes Diciembre	Mes Enero	Mes Febrero	Mes Marzo
Cond. Y Conv.	714,4	714,4	714,4	714,4
Aire Infiltrado	169,7	169,7	169,7	169,7
Rad. por muro	33,0	33,0	33,0	32,0
Rad. Por ventana	589,0	595,7	589,0	542,0
Por persona	75,6	75,6	75,6	75,6
Por alumbrado	75,0	75,0	75,0	75,0
Por equipo	60,0	60,0	60,0	60,0
<b>Total Ganancias (W)</b>	<b>1716,7</b>	<b>1723,4</b>	<b>1716,7</b>	<b>1668,7</b>

### ANEXO E-1: Cargas de Refrigeración y calefaccion mensual parcial, modo Full Air Conditioning y Heating only en torre A Depto. 501.



### ANEXO E-2: Cargas de Refrigeración y calefaccion mensual parcial, modo Full Air Conditioning y Heating only en torre B Depto. 502.





**ANEXO F-1: Informe Software *Design Simulator* en torre A.**

*Nombre del proyecto : Torre A*

*Número de gestión : 1*

*Building : Apartment*

Nombre de cliente: Los Araucanos

Created by : Diego Sarabia

Company :

Address :

### 1.Lista material

#### 1.1.Lista material

Serie:8RM

Modelo	Cantidad	Tipo
AOYG45LBT8	1	8 Room Multi System
ASYG07LMCA	1	Wall mounted(LM)
ASYG09LMCA	3	Wall mounted(LM)
ASYG12LMCA	1	Wall mounted(LM)
Accessory1	5	Wireless RC(Accessory)
UTP-SX248A	1	Separador
UTP-PY02A	1	Branch Box
UTP-PY03A	1	Branch Box

#### 1.2.Lista de material 2 (Tubo)

Serie:8RM

	Longitud de tubería(m)		
	6,35	9,52	15,88
Total	23,0	30,0	7,0

#### 1.3.Lista de material 3 (Cálculo de la carga adicional de refrigerante)

Serie:8RM

Refrigerante	kg
R410A	0,89



2. Detalles de unidad interior

2.1. Cuadro de abreviaturas

Nombre	Nombre local del dispositivo	HC	Capacidad de calefacción disponible (con corrección de desescarche)
Modelo	Nombre del modelo del dispositivo	Flujo de aire	Flujo de aire proporcionado a alta y baja velocidad del ventilador
RC C	Capacidad nominal de enfriamiento	ESP	Presión estática externa
RC H	Capacidad nominal de calefacción	Sonido	Presión acústica baja y alta
Tmp C	Condición interior de enfriamiento	MCA	Amperaje mínimo del circuito
Rq TC	Capacidad de enfriamiento requerida	AxAxP	Altura x Anchura x Profundidad
TC	Capacidad de enfriamiento total disponible	Peso	Peso del dispositivo
Rq SC	Capacidad de enfriamiento sensible requerida	Dis Tmp C	Discharge temperature at cooling
SC	Capacidad de enfriamiento sensible disponible	Dis Tmp H	Discharge temperature at heating
Tmp H	Temperatura interior en calefacción	HE	Heat exchanger volume
Rq HC	Capacidad de calefacción requerida (con corrección de desescarche)	Rated	Rated current

2.2. Otdr1 (8RM) – AOYG45LBT8

Nombre	Modelo	RC C (kW)	RC H (kW)	Tmp C (C/%)	Rq TC (kW)	TC (kW)	Rq SC (kW)	SC (kW)	Tmp H (C)	Rq HC (kW)	HC (kW)
Indr5	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,00	2,90	1,80	2,27	21,0	1,50	2,54
Indr4	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,80	2,26	1,50	1,76	21,0	0,70	2,01
Indr3	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,10	2,90	2,00	2,27	21,0	1,10	2,54
Indr2	ASYG12LMCA	3,52	3,96	29,0/45,9	3,20	3,87	2,10	2,90	21,0	1,70	3,36
Indr1	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,50	2,90	2,10	2,27	21,0	1,00	2,54

Nombre	Modelo	Flujo de aire (m3/h)	ESP (Pa)	Sonido (dB)	Rated (A)	MCA (A)	AxAxP (mm)	Peso (kg)	Imagen
Indr5	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0.15	0.19	268x840x203	8,50	
Indr4	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0.13	0.16	268x840x203	8,50	
Indr3	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0.15	0.19	268x840x203	8,50	
Indr2	ASYG12LMCA	310-660		21-40	0.19	0.24	268x840x203	8,50	
Indr1	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0.15	0.19	268x840x203	8,50	



3. Detalles de la unidad exterior


3.1. Cuadro de abreviaturas

Nombre	Nombre local del dispositivo	Tmp H	Temperatura exterior en calefacción (de bulbo seco)
Modelo	Nombre del modelo del dispositivo	HC	Capacidad en calefacción
EER	Estimación del rendimiento energético	MCA	Amperaje mínimo del circuito
COP	Coefficiente de Rendimiento	MFA	Corriente del fusible principal (cortacircuitos)
RC C	Capacidad nominal de enfriamiento	AxAxP	Altura x Anchura x Profundidad
RC H	Capacidad nominal de calefacción	Peso	Peso del dispositivo
Comb.	Porcentaje de combinación	Refrig.	Carga nominal de refrigerante de fábrica
Tmp C	Temperatura exterior en enfriamiento (de bulbo seco)	Rated C	Rated current Cooling
TC	Capacidad de enfriamiento total disponible	Rated H	Rated current Heating

3.2. Detalles de la unidad exterior

Serie: 8RM

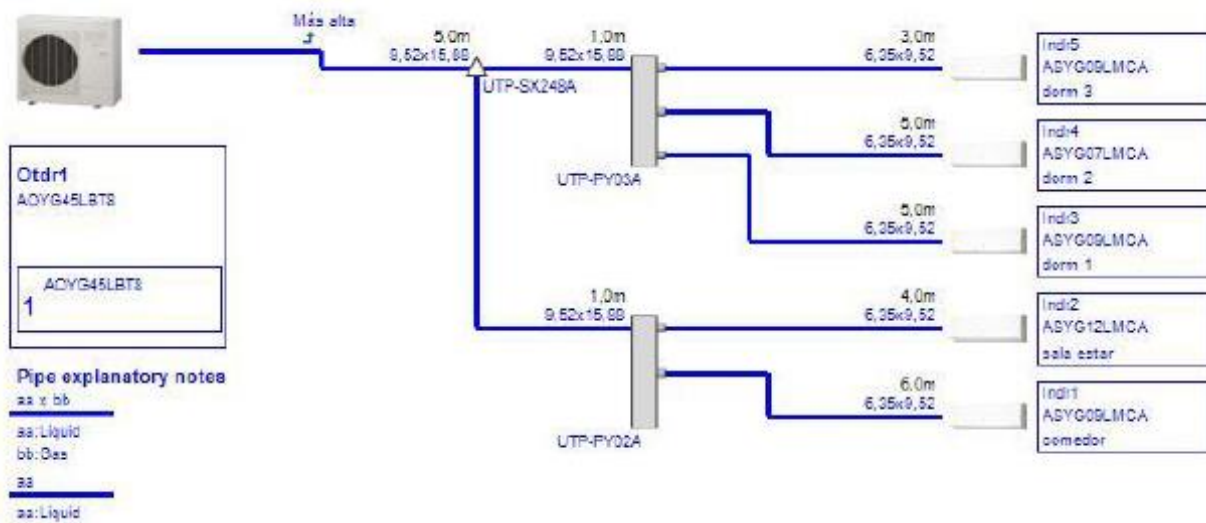
Nombre	Modelo	EER	GOP	Comb. (%)	RC C (kW)	RC H (kW)	Tmp C (C)	TC (kW)	Tmp H (C)	HC (kW)
Otdr1	AOYG45LBT8	2,69	3,16	96,4	14,00	16,00	29,0	14,83	5,0	12,99

Nombre	Modelo	PS	Rated C (A)	Rated H (A)	MCA (A)	MFA (A)	AxAxP (mm)	Peso (kg)	Refrig. (kg)	Imagen
Otdr1	AOYG45LBT8	1 φ, 230V, 50Hz	23.1	22.5	26.5	32	914x970x370	98,00	3,45	



4. Diagramas de tubería

4.1. Tubería Otdr1 (8RM)





**ANEXO F-2: Informe Software *Design Simulator* en torre B.**

*Nombre del proyecto : Torre B*

*Número de gestión : 1*

*Building : Apartment*

Nombre de cliente: Los Araucanos

Created by : Diego Sarabia

Company :

Address :

### 1.Lista material

#### 1.1.Lista material

Serie:8RM

Modelo	Cantidad	Tipo
AOYG45LBT8	1	8 Room Multi System
ASYG07LMCA	3	Wall mounted(LM)
ASYG09LMCA	2	Wall mounted(LM)
ASYG12LMCA	1	Wall mounted(LM)
Accessory1	6	Wireless RC(Accessory)
UTP-SX248A	1	Separador
UTP-PY03A	2	Branch Box

#### 1.2.Lista de material 2 (Tubo)

Serie:8RM

	Longitud de tubería(m)		
	6,35	9,52	15,88
Total	26,0	33,0	7,0

#### 1.3.Lista de material 3 (Cálculo de la carga adicional de refrigerante)

Serie:8RM

Refrigerante	kg
R410A	0,95



2. Detalles de unidad interior

2.1. Cuadro de abreviaturas

Nombre	Nombre local del dispositivo	HC	Capacidad de calefacción disponible (con corrección de desescarche)
Modelo	Nombre del modelo del dispositivo	Flujo de aire	Flujo de aire proporcionado a alta y baja velocidad del ventilador
RC C	Capacidad nominal de enfriamiento	ESP	Presión estática externa
RC H	Capacidad nominal de calefacción	Sonido	Presión acústica baja y alta
Tmp C	Condición interior de enfriamiento	MCA	Amperaje mínimo del circuito
Rq TC	Capacidad de enfriamiento requerida	AxAxP	Altura x Anchura x Profundidad
TC	Capacidad de enfriamiento total disponible	Peso	Peso del dispositivo
Rq SC	Capacidad de enfriamiento sensible requerida	Dis Tmp C	Discharge temperature at cooling
SC	Capacidad de enfriamiento sensible disponible	Dis Tmp H	Discharge temperature at heating
Tmp H	Temperatura interior en calefacción	HE	Heat exchanger volume
Rq HC	Capacidad de calefacción requerida (con corrección de desescarche)	Rated	Rated current

2.2. Otdr1 (8RM) – AOYG45LBT8

Nombre	Modelo	RC C (kW)	RC H (kW)	Tmp C (C/%)	Rq TC (kW)	TC (kW)	Rq SC (kW)	SC (kW)	Tmp H (C)	Rq HC (kW)	HC (kW)
Indr5	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,70	2,26	1,50	1,76	21,0	1,70	1,94
Indr4	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,10	2,26	0,80	1,76	21,0	0,60	1,94
Indr3	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,50	2,26	1,30	1,76	21,0	0,80	1,94
Indr2	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,30	2,90	2,10	2,27	21,0	1,70	2,44
Indr1	ASYG12LMCA	3,52	3,96	29,0/45,9	3,00	3,87	2,80	2,90	21,0	1,70	3,23
Indr6	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,10	2,90	2,00	2,27	21,0	1,20	2,44

Nombre	Modelo	Flujo de aire (m3/h)	ESP (Pa)	Sonido (dB)	Rated (A)	MCA (A)	AxAxP (mm)	Peso (kg)	Imagen
Indr5	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr4	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr3	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr2	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0,15	0,19	268x840x203	8,50	
Indr1	ASYG12LMCA	310-660		21-40	0,19	0,24	268x840x203	8,50	
Indr6	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0,15	0,19	268x840x203	8,50	



2. Detalles de unidad interior

2.1. Cuadro de abreviaturas

Nombre	Nombre local del dispositivo	HC	Capacidad de calefacción disponible (con corrección de desescarche)
Modelo	Nombre del modelo del dispositivo	Flujo de aire	Flujo de aire proporcionado a alta y baja velocidad del ventilador
RC C	Capacidad nominal de enfriamiento	ESP	Presión estática externa
RC H	Capacidad nominal de calefacción	Sonido	Presión acústica baja y alta
Tmp C	Condición interior de enfriamiento	MCA	Amperaje mínimo del circuito
Rq TC	Capacidad de enfriamiento requerida	AxAxP	Altura x Anchura x Profundidad
TC	Capacidad de enfriamiento total disponible	Peso	Peso del dispositivo
Rq SC	Capacidad de enfriamiento sensible requerida	Dis Tmp C	Discharge temperature at cooling
SC	Capacidad de enfriamiento sensible disponible	Dis Tmp H	Discharge temperature at heating
Tmp H	Temperatura interior en calefacción	HE	Heat exchanger volume
Rq HC	Capacidad de calefacción requerida (con corrección de desescarche)	Rated	Rated current

2.2. Otdr1 (8RM) – AOYG45LBT8

Nombre	Modelo	RC C (kW)	RC H (kW)	Tmp C (C/%)	Rq TC (kW)	TC (kW)	Rq SC (kW)	SC (kW)	Tmp H (C)	Rq HC (kW)	HC (kW)
Indr5	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,70	2,26	1,50	1,76	21,0	1,70	1,94
Indr4	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,10	2,26	0,80	1,76	21,0	0,60	1,94
Indr3	ASYG07LMCA	2,05	2,37	29,0/45,9	1,50	2,26	1,30	1,76	21,0	0,80	1,94
Indr2	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,30	2,90	2,10	2,27	21,0	1,70	2,44
Indr1	ASYG12LMCA	3,52	3,96	29,0/45,9	3,00	3,87	2,80	2,90	21,0	1,70	3,23
Indr6	ASYG09LMCA	2,64	2,99	29,0/45,9	2,10	2,90	2,00	2,27	21,0	1,20	2,44

Nombre	Modelo	Flujo de aire (m3/h)	ESP (Pa)	Sonido (dB)	Rated (A)	MCA (A)	AxAxP (mm)	Peso (kg)	Imagen
Indr5	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr4	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr3	ASYG07LMCA	310-560		21-36	0,13	0,16	268x840x203	8,50	
Indr2	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0,15	0,19	268x840x203	8,50	
Indr1	ASYG12LMCA	310-660		21-40	0,19	0,24	268x840x203	8,50	
Indr6	ASYG09LMCA	310-600		21-37	0,15	0,19	268x840x203	8,50	







7. Detalles de tubería/ separador/ colector

7.1. Detalles del separador

Serie:8RM

Nombre	Modelo	UTP-SX248A
Otdr1	AOYG45LBT8	1

7.2. Detalles del colector

7.3. Detalles de la tubería

Serie:8RM

Nombre	Modelo	6,35	9,52	15,88
Otdr1	AOYG45LBT8	26,0	33,00	7,0

Nombre	Refrig R410A(kg)	Add Refrig R410A(kg)	Total Refrig R410A(kg)
Otdr1	3,45	0,95	4,40

7.4. Branch box details

Serie:8RM

Nombre	Modelo	UTP-PY02A	UTP-PY03A
Otdr1	AOYG45LBT8	0	2

7.5. RB details

7.6. DX Kit details

## ANEXO G-1: Especificación técnica equipos exteriores.

### 8 Room Multi System: modelo AOYG45LBT8

#### Specifications

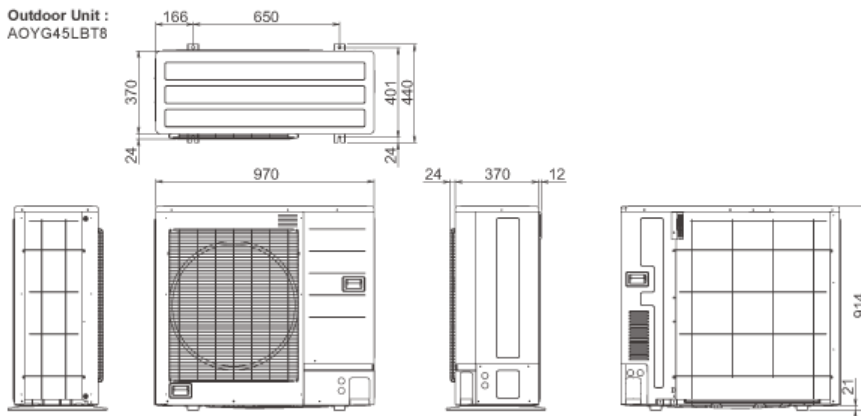
Outdoor Unit : AOYG45LBT8



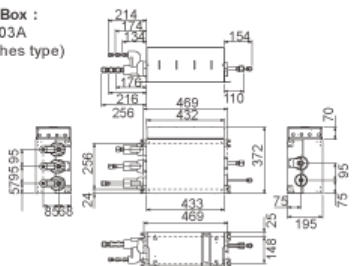
Maximum Connectable Indoor Unit			8
Indoor unit connectable capacity	Cooling	kW	11.2~18.2
Power source		V/Φ/Hz	230/1/50
Rated Capacity	Cooling	kW	14.0
	Heating		16.0
Input Power	Cooling	kW	5.20
	Heating		5.07
Air flow rate	Cooling	m³/h	4650
	Heating		4800
Sound pressure level	Cooling	dB(A)	56
	Heating		58
Heat exchanger fin			Plate fin coil
Net Dimensions H x W x D		mm	914x970x370
Weight		kg(lbs)	98(217)
Piping Connections (Small / Large)		mm	9.52/15.88
Max Pipe Length		m	115(Total)
Max Height Difference (O.U ~ I.U)			30
Operating range	Cooling	°CDB	-5~46
	Heating		-15~24
R410A			

#### Dimensions

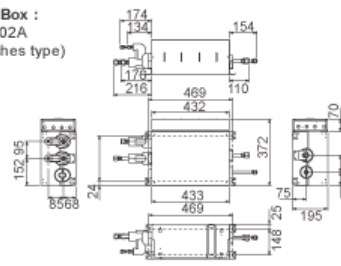
Outdoor Unit :  
AOYG45LBT8



Branch Box :  
UTP-PY03A  
(3 branches type)



Branch Box :  
UTP-PY02A  
(2 branches type)



**ANEXO G-2: Especificación técnica equipos interiores.**

Split muro: modelo ASYG09LJCA- ASYG12LJCA

Wall mounted & Floor



Model No.	Indoor unit			ASYG09LJCA	ASYG12LJCA
kW Class		kW		2.0	3.5
Power Source		V/Hz		230/1/50	230/1/50
Sound Pressure Level	Cooling	HMM/D	dB(A)	36/32/29/21	40/36/30/21
	Heating			36/32/29/22	40/36/31/22
Sound Power Level	Cooling	H	dB(A)	51	54
	Heating			51	54
Air Flow	Cooling	HMM/D	m³/h	560/500/430/310	600/520/430/310
	Heating			560/500/430/330	600/520/430/330
Net Dimension		mm		280x790x203	280x790x203
Weight		kg(lbs)		8(17.6)	8(17.6)
Pipe Size		Liquid/Gas		Ø6.35/Ø9.52	Ø6.35/Ø9.52

Split muro: modelo ASYG18LFCA- ASYG24LFCC.



ASYG18LFCA	ASYG24LFCC
5.0	7.0
230/1/50	230/1/50
43/37/33/28	49/42/37/33
42/37/33/25	48/42/37/33
58	64
58	64
900/740/620/550	1120/900/740/620
900/740/620/550	1100/900/740/620
320x998x238	320x998x238
14(30.8)	14(30.8)
Ø6.35/Ø12.7	Ø6.35/Ø15.88

### ANEXO G-3: Especificación técnica Branch box.

#### Branch box: modelo UTP-PY03A- UTP-PY02A

Branch Box  
For 8 Rooms Multi



Model name		UTP-PY03A	UTP-PY02A
Connectable indoor unit		1 to 3 Units	1 to 2 Units
Power source		1Ø 230V ~50Hz	1Ø 230V ~50Hz
Available voltage range		198-254V	198-254V
Power consumption		W	10
Running current		A	0.05
Dimensions (HxWxD)		mm	195x433x370
Weight		kg	9
Connection pipe	Size	Liquid	Main: 9.52x1, Branch:6.35x3
	Method	Gas	Main: 15.88x1, Branch:12.7x3
		Flare	Flare

Note: Specifications are based on the following conditions.  
Power source of specifications: 230V.

### ANEXO H-1: Cotización.

#### Equipo exterior: 8 Room Multi System modelo AOYG45LBT8

##### Technische Daten

Modell		AOYG-45LBT8
Kühlleistung (min-nenn-max)	kW	3,1 - 14,0 - 15,7
Heizleistung (min-nenn-max)	kW	3,6 - 16,0 - 18,4
Schalldruckpegel (max.) Kühlen/Heizen	dB(A)	56/58
Spannungsversorgung	Volt	230
Absicherung	A	25
Nennleistungsaufnahme	Watt	5.200
Abmessungen (H/B/T)	mm	914/970/370
Gewicht	kg	98
Zul. Außentemperatur Kühlen/Heizen	°C	-5 bis 46 / -15 bis 24
Kältemittel/GWP	kgCO2eq.	R410A/1.975
Luftmenge max.	m³/h	4.800
Ø Flüssigkeits-/Sauggasleitung	mm	10/16
Max. Leitungslänge/Höhendifferenz	m	70/30

Download

Fujitsu Multi Flex 8 Prospekt [6.525 KB]

**4.589,00 EUR**

Fuente: <http://split-klimaanlagen.com/fujitsu/fujitsu-multi-flex-8/fujitsu-aoyg45lbt8-multi-inverter-2-8-ig.php>

### ANEXO H-1: Cotización.

Equipos interiores Split muro: modelo ASYG09LJCA- ASYG12LJCA- ASYG18LFCA- ASYG24LFCC.

Model	Int/Ext	Descriere (Cap. nominala: Racire/Incalzire)	Pret, EUR fara TVA
<b>2-8 ROOMS MULTI INVERTER</b>			
AOYG14LAC2	Outdoor	Heat pump (4.0kW/4.4kW) for 2 Rooms	909 €
AOYG18LAC2	Outdoor	Heat pump (5.0kW/5.6kW) for 2 Rooms	873 €
AOYG18LAT3	Outdoor	Heat pump (5.4kW/6.8kW) for 3 Rooms	1.188 €
AOYG24LAT3	Outdoor	Heat pump (6.8kW/8.0kW) for 3 Rooms	1.250 €
AOYG30LAT4	Outdoor	Heat pump (8.0kW/9.6kW) for 4 Rooms	1.564 €
AOYG45LAT8	Outdoor	Heat pump (14.0kW/16.0kW) for 8 Rooms	3.086 €
ASYG07LUCA	Indoor	Slim Design Wall mounted (2.0kW) LU Series	288 €
ASYG09LUCA	Indoor	Slim Design Wall mounted (2.5kW) LU Series	305 €
ASYG12LUCA	Indoor	Slim Design Wall mounted (3.5kW) LU Series	338 €
ASYG14LUCA	Indoor	Slim Design Wall mounted (4.0kW) LU Series	448 €
ASYG07LJCA	Indoor	Wall mounted (2.0kW)	198 €
ASYG09LJCA	Indoor	Wall mounted (2.5kW)	214 €
ASYG12LJCA	Indoor	Wall mounted (3.5kW)	227 €
ASYG07LMCA	Indoor	Wall mounted (2.0kW)	207 €
ASYG09LMCA	Indoor	Wall mounted (2.5kW)	225 €
ASYG12LMCA	Indoor	Wall mounted (3.5kW)Wall mounted (3.5kW)	239 €
ASYG14LMCA	Indoor	Wall mounted (4.0kW)Wall mounted (4.0kW)	343 €
ASYG18LFCA	Indoor	Wall mounted (5.0kW)	459 €
ASYG24LFCC	Indoor	Wall mounted (7.0kW)	504 €
AGYG09LVCA	Indoor	Floor (2.5kW)	568 €

Fuente: [http://climatizare.5net.ro/files/userfiles/files/L\\_P\\_Fujitsu%2010\\_04\\_2014.pdf](http://climatizare.5net.ro/files/userfiles/files/L_P_Fujitsu%2010_04_2014.pdf)

### Control inalámbrico: AR-RAH1E-AR-RAH12E



ZOOM 



#### MANDO A DISTANCIA AIRE ACONDICIONADO AR-RAH2E

CODIGO  
9AGF04695

REF. FABRICANTE  
9379219037

PRECIO

PVP  
**77,00 €**

CANTIDAD

1

COMPRAR

NOTAS TÉCNICAS  
MODELO: AR-RAH2E  
TIPO: I/R  
NOTAS: BATERIAS NO INCLUIDAS

PLAZO ENTREGA  
Envío inmediato  ENVÍO GRATIS

Fuente: <http://recambios.eurofred.es/control-remoto-ar-rah2e-ashg30lfca.html>

### ANEXO H-1: Cotización.



## MANDO A DISTANCIA AIRE ACONDICIONADO AR-RAH1E

CODIGO

9AGF05012

REF. FABRICANTE

9379219006

PRECIO

PVP

55,00 €

CANTIDAD

1

COMPRAR

ZOOM



NOTAS TÉCNICAS

MODELO: AR-RAH1E

TIPO: I/R

NOTAS: BATERIAS NO INCLUIDAS

PLAZO ENTREGA

Envío inmediato



Fuente: <http://recambios.eurofred.es/control-remoto-ar-rah1e-auyg22lvla.html>

### Branch Box modelo: UTP-PY02A-UTP-PY03A

#### Optional Parts for SPLIT & MULTI SPLIT

Model	Int/Ext	Descriere (Cap. nominala: Racire/Incalzire)	Pret, fara TVA
-------	---------	---	----------------

#### Communication System

UTY-XWZX	Indoor	External Connect Kit for Indoor Unit	36 €
UTY-XWZXZ5	Indoor	External Connect Kit for Indoor Unit (For LT/LU/LM Seires)	36 €
UTD-ECS5A	Indoor	External Control Set for Indoor Unit (For Duct/Cassette/Ceiling)	61 €
UTY-XWZXZ2	Indoor	External Connect Kit for Outdoor Unit	61 €
UTY-XWZXZ3	Indoor	External Connect Kit for Outdoor Unit	36 €
UTY-XWZXZ4	Indoor	External Connect Kit for Outdoor Unit	36 €

#### Refrigerant Piping Parts (Connection Units)

UTP-SX236A	Indoor	Separation Tube	82 €
UTP-SX254A	Indoor	Separation Tube	88 €
UTP-SX354A	Indoor	Separation Tube	102 €
UTP-SX248A	Indoor	Separation Tube	89 €
UTP-PY02A	Indoor	Branch Box	534 €
UTP-PY03A	Indoor	Branch Box	584 €

Fuente: [http://climatizare.5net.ro/files/userfiles/files/L\\_P\\_Fujitsu%2010\\_04\\_2014.pdf](http://climatizare.5net.ro/files/userfiles/files/L_P_Fujitsu%2010_04_2014.pdf)

Cotización montaje y fabricación de cañería en torre A y B.

	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio unit.	P. total
<b>Unidades interiores</b>					
	Ducto PVC (aire renovación)	ML	300	1.120	336.000
	Ducto PVC (desague evaporador)	ML	750	215	161.250
	Fitting varios y elementos fijacion	C/U	55	4.000	220.000
	Montaje equipos	C/U	55	7.300	401.500
<b>Unidades exteriores</b>					
	Fitting varios y elementos fijacion	C/U	20	228.125	4.562.500
	Montaje equipos	C/U	20	150.000	3.000.000
<b>Piping de Refrigerante</b>					
	Cañeria Cu, tipo L φ 6,35	ML	242,5	4.200	1.018.500
	Cañeria Cu, tipo L φ 9,52	ML	160	4.900	784.000
	Soporte	C/U	188	2.500	470.000
	Pruebas hidraulicas	GL	1	156.250	156.250
	Nitrogeno	M3	75	5.200	390.000
	Oxigeno	M3	188	4.500	846.000
	Acetileno	KG	125	15.200	1.900.000
	Soldadura plata	KG	13	292.000	3.796.000
	Gas refrigerante	C/U	44	90.000	3.960.000
	Montaje cañeria, aislacion, pruebas y cargas refrigerante	GL	1	2.646.778	2.646.778
<b>Aislacion termica</b>					
	Aislacion cañeria Cu, tipo L φ 6,35	ML	242,5	480	116.400
	Aislacion cañeria Cu, tipo L φ 9,52	ML	160	520	83.200
<b>Otras consideraciones</b>					
	Fletes materiales	GL	1	750.000	750.000
	Viaticos	GL	1	1.125.000	1.125.000
<b>TOTAL montaje y fabricacion de cañeria en torre A y B (5 piso c/torre)</b>					<b>26.723.378</b>
<b>TOTAL montaje y fabricacion de cañeria en torre A y B (1 departamento)</b>					<b>2.672.338</b>