

CPB2008

Análisis y Simulación de la Demanda Energética
en Edificios Modelo de Ciudad Parque Bicentenario

gtz



Análisis y Simulación de la Demanda Energética en Edificios Modelo de Ciudad Parque Bicentenario

Para:

Ciudad Parque Bicentenario (CPB)
Av. Pedro de Aguirre Cerda 6100, Cerrillos, Santiago, Chile
www.ciudadparquebicentenario.cl

Publicado por:

Proyecto Fomento de la Eficiencia Energética (PPEE/GTZ)

Programa País Eficiencia Energética (PPEE)
Comisión Nacional de Energía (CNE)
Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449,
Edificio Santiago Downtown II, piso 13,
Santiago, Chile
www.cne.cl
www.ppee.cl

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Federico Froebel 1776/78, Providencia,
Santiago, Chile
www.gtz.de

Coordinación y edición:

Trudy Könemund, GTZ
Paola Méndez, GTZ
Mario Reyes, CPB
Javier Ruiz-Tagle, CPB

Consultores:

Bustamante & Encinas, Santiago, Chile

B&E
BUSTAMANTE Y ENCINAS
ASESORIAS EN SUSTENTABILIDAD





El presente estudio fue preparado por encargo del proyecto “Fomento de la Eficiencia Energética” implementado por el Programa País Eficiencia Energética (PPEE) y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Esta actividad se desarrolló en el marco de un convenio entre la Comisión Nacional de Energía (CNE), el Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) Región Metropolitana y GTZ. Sin perjuicio de ello, las conclusiones, opiniones y recomendaciones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GTZ. De igual forma, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar no constituye en ningún caso una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GTZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite la fuente de referencia.

A c l a r a c i ó n

» Índice

Lista de abreviaciones.....	5
1. Antecedentes generales.....	6
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo general.....	8
2.2 Objetivo específico.....	8
3. Metodología.....	9
4. Apoyo al diseño de los edificios	11
4.1 Cumplimiento de la reglamentación térmica.....	11
4.2 Análisis del diseño y calidad de la construcción mínima para proyectos del Fondo Solidario de Vivienda (FSV).....	15
5. Estudio del comportamiento térmico de los edificios modelo	16
5.1 Condiciones establecidas para las simulaciones.....	16
5.2 Escenarios propuestos para las simulaciones	21
6. Situación de invierno. Demandas de calefacción y temperatura al interior de los recintos.....	25
6.1 Demandas de calefacción.....	25
6.2 Temperaturas al interior de los recintos.....	35
6.3 Análisis del comportamiento térmico con software CCTE.....	38
7. Situación de verano. Temperatura al interior de los recintos.....	41
7.1 Temperatura al interior de departamento edificio 1	41
7.2 Temperatura al interior de departamento edificio 2	42
8. Análisis de los costos asociados a las mejoras térmicas.....	44
8.1 Incrementos asociados a las mejoras propuestas.....	44
8.2 Ahorros asociados a las mejoras propuestas	46
8.3 Recuperación de la inversión	47
9. Criterios de eficiencia energética para bases de licitación en Ciudad Parque Bicentenario.....	49
9.1 Criterios de diseño para la envolvente.....	49
9.2 Criterios de diseño con respecto a la orientación de los edificios	49
9.3 Criterios de diseño con respecto al distanciamiento entre edificios	49
9.4 Criterios de diseño con respecto a la ventilación de recintos.....	50
9.5 Criterios de diseño con respecto a la protección solar	50
10. Anexo A	51
11. Anexo B.....	57

» Lista de abreviaciones

\$	Peso Chileno
ACS	Agua Caliente Sanitaria
cm	centimetro
CNE	Comisión Nacional de Energía
CPB	Ciudad Parque Bicentenario
DVH	Doble Vidriado Hermético
FSV	Fondo Solidario de Vivienda
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (Cooperación técnica alemana)
HR	Humedad Relativa
K	grados Kelvin
kcal	kilocaloría
kg	kilogramo
kWh	kilowattthora
l	litro
Ltda.	Limitada
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
mg	miligramo
mm	milimetro
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
NCh	Norma chilena
PVC	Policloruro de Vinilo
RH	Resistentes a la humedad
SERVIU	Servicio de Vivienda y Urbanismo
T°	Temperatura
Te	Temperatura exterior
Ti	Temperatura interior
Tse	Temperatura superficial exterior
Tsi	Temperatura superficial interior
U	Transmitancia
UF	Unidad de Fomento
VID	Vivienda para ingresos diversos
W	Watt



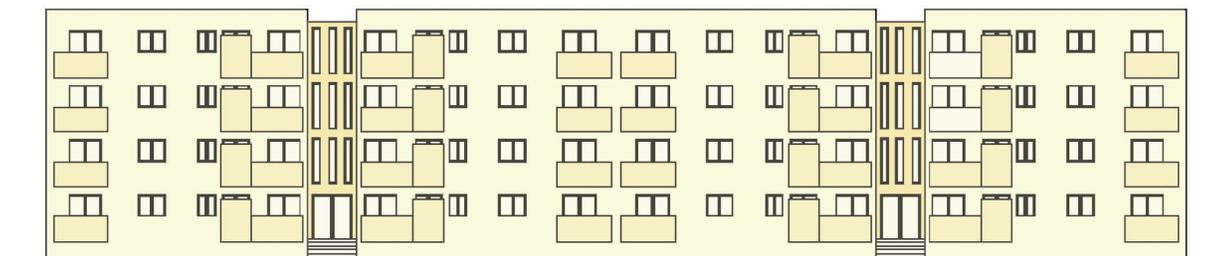
» 1. Antecedentes generales

La Comisión Nacional de Energía (CNE), el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE) y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH están asesorando al proyecto Ciudad Parque Bicentenario (CPB) en el marco de un convenio de cooperación con el Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) de la Región Metropolitana, con el propósito de incorporar criterios de eficiencia energética en proyectos de edificios residenciales de densidad media en el contexto del programa de vivienda para ingresos diversos, que serán construidos en Ciudad Parque Bicentenario.

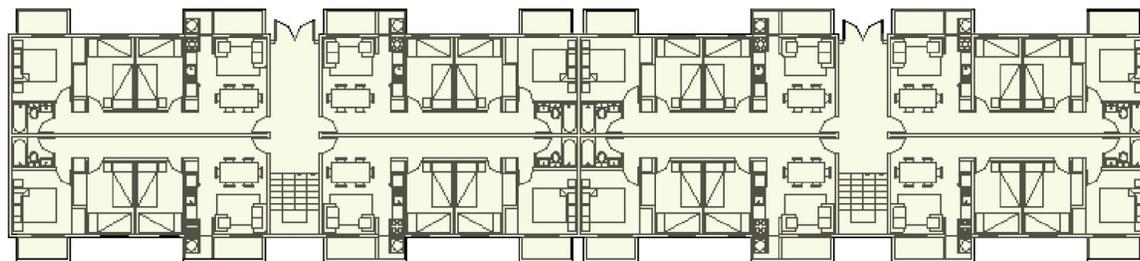
El estudio se basa en el análisis del comportamiento térmico de dos “edificios modelo” a los cuales se aplican estrategias de diseño energético en base a las exigencias mínimas establecidas por la Reglamentación Térmica vigente, hasta establecer dos modelos base definitivos. Con posterioridad se estudia el impacto que se obtiene en el indicado comportamiento al introducir mejoras a los dos modelos base, con el propósito de incrementar la eficiencia energética en diferentes niveles. En base al estudio anterior se establecen estándares de eficiencia energética en los “edificios modelo”, que podrían formar parte de las bases de licitación de proyectos de edificios residenciales en Ciudad Parque Bicentenario.

La planimetría general de los edificios que conforman el estudio se presenta a continuación:

Figura N° 1.1: Planimetría Edificio 1

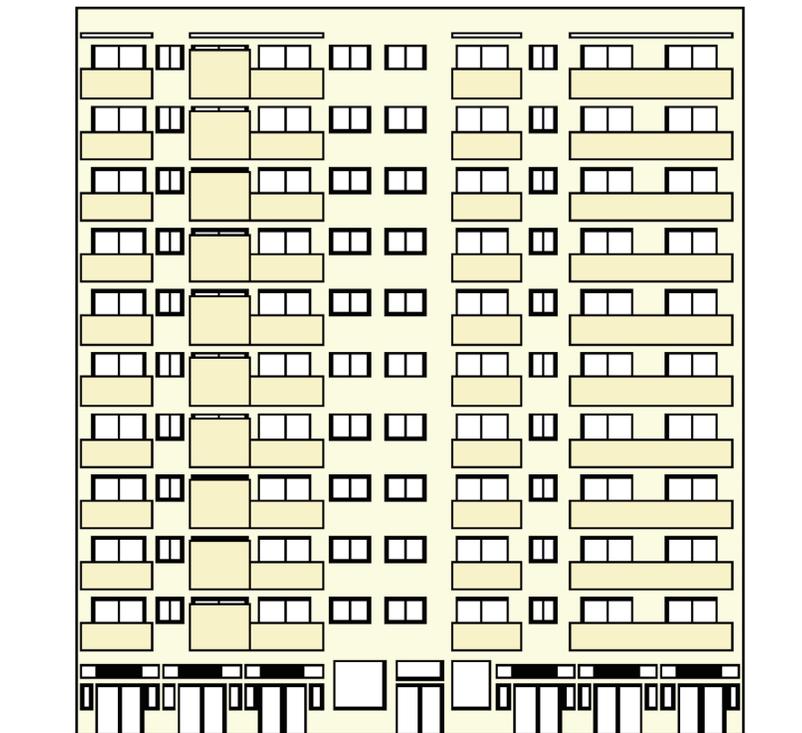


Elevación tipo

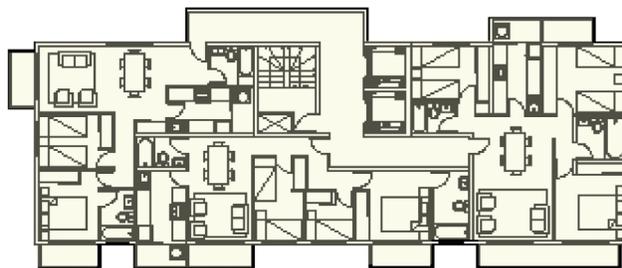


Planta tipo

Figura N° 1.2: Planimetría Edificio 2



Elevación tipo



Planta tipo

» 2. Objetivos

Para dar respuesta a la asesoría energética del proyecto de edificios residenciales “Ciudad Parque Bicentenario” se establecieron los siguientes objetivos:

2.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento energético de dos “edificios modelo” de media densidad en el marco del programa de vivienda para ingresos diversos (VID) con el propósito de integrar en los proyectos estrategias de diseño y sistemas constructivos con criterios de eficiencia energética.

2.2 Objetivos específicos

1. Apoyar el diseño de los edificios incorporando estrategias que apunten a incrementar la eficiencia energética de los edificios en base a las exigencias mínimas contenidas en la Reglamentación Térmica.
2. Modelar y simular los edificios en el software CCTE de manera de calibrar las demandas de este software, sirviendo como mecanismo de verificación de demandas energéticas futuras.
3. Estudiar el comportamiento térmico de los edificios en su situación base, es decir, cumpliendo con las exigencias mínimas contenidas en la Reglamentación Térmica.
4. Establecer condiciones de mejoramiento que apunten a lograr una mayor eficiencia energética de los edificios y estudiar su comportamiento térmico.
5. Estudiar los costos asociados a los mejoramientos propuestos a los “edificios modelo”.
6. Elaborar propuesta de estándares de eficiencia energética de los “edificios modelo”, tanto a nivel básico (cumpliendo con las exigencias mínimas) como mejorado.



» 3. Metodología

Para dar desarrollo a la asesoría se estudiará el comportamiento térmico de los dos “edificios modelo” en distintas etapas:

Etapa 1: Diseño de los edificios

Se verifica el cumplimiento de la Reglamentación Térmica en los proyectos de los edificios por medio del modelamiento y simulación con el software CCTE 2.0 (certificación de comportamiento térmico de edificaciones). Estas simulaciones tienen por objetivo calibrar las demandas de este software, el cual será la herramienta oficial de verificación de demandas energéticas a futuro, con las demandas entregadas por el software de régimen dinámico que será utilizado para simular los escenarios futuros de los edificios mejorados. Por su parte, los resultados de las simulaciones permitirán al equipo de CPB conocer de manera más precisa el funcionamiento de este software de manera de asegurar su utilización futura en otros procesos de licitación.

Se analiza la posible presencia de fenómenos de condensación, estableciendo recomendaciones para lograr el mejor diseño al respecto, considerando que existen limitantes tecnológicas y de costo.

Etapa 2: Estudio de comportamiento térmico de diseño básico

Se analiza el comportamiento térmico de los edificios haciendo uso de herramientas computacionales en régimen dinámico (TAS).

El comportamiento térmico de invierno se evalúa a través de la demanda de calefacción en kWh/m²-año en cada departamento.

El comportamiento térmico de verano se evalúa estudiando la variación de la temperatura interior para un día crítico (con alta temperatura exterior y alta radiación solar), en diferentes recintos de departamentos ubicados en diferentes pisos del edificio. Esta temperatura se compara con condiciones de confort preestablecidas.

Paralelamente se realizan estudios de asoleamiento y proyección de sombras con el software ECOTECH con el objetivo de identificar zonas de fachada con inadecuado acceso a la radiación solar con potencial riesgo de sobrecalentamiento y apoyar la decisión de instalación de colectores solares térmicos para agua caliente sanitaria en la cubierta.

Etapa 3: Estudio de comportamiento térmico de mejoramientos

A través del uso de TAS se establecen las demandas de energía para condiciones de confort y el efecto en sobrecalentamiento de las soluciones que apunten a lograr mayor eficiencia energética en los dos “edificios modelo”.

Los mejoramientos acordados incluyen cambios en las materialidades utilizadas en los edificios.

En las soluciones de envoltorio de muros de los edificios mejorados se analizan los fenómenos de condensación, los que idealmente debieran desaparecer con los sistemas constructivos de mejoramiento propuestos.



Etapa 4: Estudios de costos asociados

Se determinan y analizan los costos adicionales de construcción que implican los mejoramientos (establecidos en el punto anterior) para un mayor rendimiento energético de los “edificios modelo” y se comparan con los ahorros que se obtienen en las demandas de energía de invierno. Se determina el costo de calefacción ($\$/m^2$) con distintos sistemas de calefacción.

Etapa 5: Elaboración de propuesta de estándares

Con la información obtenida en los puntos anteriores se definen estándares de eficiencia energética de los edificios modelo. El estándar básico estará asociado a las exigencias establecidas en la Reglamentación Térmica vigente para cada edificio modelo. Los restantes estándares se acordarán con la contraparte y se asocian a los diferentes mejoramientos que se supondrán en los edificios a partir de la situación base.

Los estándares se definen en conjunto con la contraparte en base a la información generada en el presente estudio, tanto de comportamiento energético de las viviendas como de los costos asociados a los mejoramientos analizados.



» 4. Apoyo al diseño de los edificios

Los “edificios modelo” fueron analizados para determinar si cumplen con las condiciones mínimas exigidas por el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Así se determinaron las condiciones para los edificios base.

4.1 Cumplimiento de la Reglamentación Térmica

4.1.1 Exigencias de transmitancia térmica muros y cielos

Región Metropolitana:	Zona 3
Transmitancia térmica muros:	1,9 W/m ² °C
Transmitancia térmica cielos:	0,47 W/m ² °C

Propuesta para cielo (ambos edificios)

Para cubiertas planas se tienen las siguientes soluciones de cielo económicamente competitivas, contenidas en el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico.

a) Código 1.1.M.B1.1 Lana de vidrio sobre losa de hormigón

Estructura en base a losa soportante de hormigón armado de 10 cm de espesor mínimo. Sobre la losa se considera estructura en base a cerchas de madera, entablado 1x5”, plancha de fierro galvanizado de 0,6 mm, material aislante lana de vidrio de 90 mm de espesor de Fiber Glass de Owens Corning con densidad de 13,10 kg/m³, colocado sobre la losa cubriéndola completamente.

b) Código 1.1.M.B2.1 Poliuretano expandido bajo losa de hormigón

Estructura en base a losa soportante de hormigón armado de 10 cm de espesor mínimo. Sobre la losa se considera estructura en base a cerchas de madera, entablado 1x5”, capa de fieltro y plancha de fierro galvanizado de 0,6 mm, material aislante de 47 mm de espesor, de Poliuretano de 35 kg/m³, con una tolerancia de +5 kg/m³, proyectado bajo la losa cubriéndola completamente.

c) Código 1.1.M.A1.1 Poliestireno expandido bajo losa de hormigón

Estructura soportante de cerchas de madera según cálculo, costaneras de pino 2x2”, cubierta en planchas fibrocemento de 4 mm de espesor sobre losa de hormigón, cielo en plancha Yeso Cartón de 10 mm, en listoneado de pino de 2x2” a ejes variables según diseño, material aislante de 80 mm de espesor, de Poliestireno expandido de 10 kg/m³, colocado sobre listoneado de soporte, generando una cámara de aire no ventilado de 50 mm entre el material aislante y la plancha de cielo.

NOTA: Se muestran aquí 3 soluciones de cielo en que se considera la presencia de losa de 10 cm. Lo losa podrá ser de mayor espesor (debido a requerimientos estructurales por ejemplo) sin que ello altere el cumplimiento de la Reglamentación Térmica.



Por otra parte, puede perfectamente existir un cambio en la solución de cerchas o recubrimientos de cielo (por ejemplo cambiar el yeso cartón (volcanita)). Lo que importa en el caso del cielo es el espesor de aislante térmico a instalar, el que debe ser de 80 mm si se trata de los aislantes tradicionales (poliestireno expandido, lana mineral o lana de vidrio en sus respectivas densidades estándares).

Propuesta para muros

Edificio 1

La solución más económica para el caso del edificio de 4 pisos corresponde a la albañilería de ladrillo. Una solución es planteada por Industria Princesa Ltda. Correspondiente al siguiente código en el Listado Oficial y que corresponde a:

Código 1.2.M.B3 Ladrillo Extra Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 94 mm)

Muro de albañilería construido con ladrillos hechos a máquina. Las dimensiones de los ladrillos son de 290 x 140 x 94 mm y se comercializan bajo el nombre de “Ladrillo Extra Titán Reforzado Estructural”. Se usó mortero de pega de dosificación 1:3. El espesor del mortero de pega fue de 12 mm aproximadamente. El peso nominal de cada ladrillo es de 3,8 kg.

NOTA: Existen otras soluciones basadas en albañilerías de ladrillo con enlucido de yeso interior y/o estuco (con mortero térmico) exterior. Uno de los problemas de estas soluciones es que el espesor del mortero de pega es bajo y debe ser controlado en su espesor máximo (12 mm en la solución propuesta, 15 mm en otras) pues el aumento de espesor implica un aumento significativo en la transmitancia térmica.

Otro de los problemas de estas soluciones es que en el mortero de pega se produce un puente térmico donde el riesgo de condensación es alto.

Edificio 2

Se plantea la solución de muro de hormigón armado con aislante interior en poliestireno expandido. Se presentan a continuación dos soluciones: una genérica y una de marca que corresponden a lo planteado:

Código 1.2.G.A9.1 Muro de Hormigón Armado de 200 mm, con aislante de poliestireno confinado en la cara interior. “Solución genérica”

Muro de hormigón armado de 200 mm de espesor mínimo con aislante térmico por la cara interior del muro, confinado en un bastidor de madera (listones de 50 mm de ancho máximo espaciados a 60 mm o más). El material aislante consiste en poliestireno expandido de 15 mm de espesor, de densidad 10 kg/m³ o superior. El revestimiento interior corresponde a plancha de yeso cartón o plancha de fibrocemento o similar.

Código 1.2.M.A1 Sistema W631-muro de Hormigón Armado 20 cm, más plancha POLYPLAK (placa de yeso cartón ST e=10 mm). “Solución de marca”

La solución está conformada por un muro perimetral de hormigón armado de 20 cm de espesor, por el interior del muro, en forma vertical, se aplica como revestimiento Polyplak (1,20 x 2,40m), plancha compuesta por una placa de yeso cartón ST e=10 mm adherida a una plancha de poliestireno expandido de 15 kg/m³, de espesor 20 mm. Las planchas Polyplak van



fijadas al muro a través de una pasta pegamento de nombre comercial Perfix. Este pegamento se dispone sobre la plancha antes de pegar al muro, por el lado del poliestireno expandido, en porciones del tamaño de un puño, cada 25 cm, y en el centro dos corridas cada 35 cm, aproximadamente. Las planchas de Polyplak se ubican en el muro, niveladas, aplomadas y alineadas, dejando 10 mm de dilatación en la parte inferior del muro. En la unión de las planchas Polyplak se realiza tratamiento de juntas -sobre las placas de yeso cartón- éste se efectúa con masilla y cinta para juntas Knauf.

Para el caso de muros que dan a zonas húmedas por el interior, la plancha puede ser de fibrocemento o yeso cartón RH.

NOTA: en el caso de muros de hormigón armado, independiente de su espesor, es obligatorio el uso de aislante térmico (de la Región Metropolitana hacia el sur) ya sea interior o exterior. En general las soluciones con aislante interior son de menor costo. Existe la opción de bajar el aislante térmico hasta 15 mm, pero sin un gran efecto en los costos.

4.1.2 Exigencias superficie vidriada

Región Metropolitana: Zona 3

25% de superficie vidriada máximo respecto de la envolvente (incluida la no expuesta al exterior).

a) Edificio 1

Tabla 4.1: Cumplimiento del % vidriado en departamento sur Edificio 1

Edificio 1 Departamento Sur	Superficie muro (m ²)	Superficie vidriada (m ²)		
Norte	29,9	0,0		
Sur	29,9	10,2		
Este	23,3	0,0		
Oeste	23,3	0,0		
Total	106,4	10,2	9,6%	Cumple

Tabla 4.2: Cumplimiento del % vidriado en departamento norte Edificio 1

Edificio 1 Departamento Sur	Superficie muro (m ²)	Superficie vidriada (m ²)		
Norte	29,9	10,2		
Sur	29,9	0,0		
Este	23,3	0,0		
Oeste	23,3	0,0		
Total	106,4	10,2	9,6%	Cumple

b) Edificio 2

Tabla 4.3: Cumplimiento del % vidriado en departamento tipo 1 Edificio 2

Edificio 2 Departamento Tipo 1	Superficie muro (m ²)	Superficie vidriada (m ²)		
Norte	22,8	1,0		
Sur	22,8	0,0		
Este	28,7	8,0		
Oeste	28,7	7,2		
Total	102,9	16,2	15,8%	Cumple

Tabla 4.4: Cumplimiento del % vidriado en departamento tipo 2 Edificio 2

Edificio 2 Departamento Tipo 2	Superficie muro (m ²)	Superficie vidriada (m ²)		
Norte	12,5	0,0		
Sur	12,5	0,0		
Este	36,4	16,2		
Oeste	36,4	0,0		
Total	97,7	16,2	16,6%	Cumple

Tabla 4.5: Cumplimiento del % vidriado en departamento tipo 3 Edificio 2

Edificio 2 Departamento Tipo 3	Superficie muro (m ²)	Superficie vidriada (m ²)		
Norte	22,8	0,0		
Sur	22,8	5,5		
Este	23,9	5,0		
Oeste	23,9	4,0		
Total	93,3	14,5	15,5%	Cumple

4.2 Análisis del diseño y calidad de la construcción mínima para proyectos del Fondo Solidario de Vivienda (FSV)

4.2.1 Cuadro normativo

En primer lugar se analizan las dimensiones mínimas que deben poseer los espacios según el Cuadro Normativo.

Edificio 1

Al realizar un chequeo de las dimensiones mínimas que debe contener cada uno de los espacios, se presentan las siguientes observaciones:

Cocina:	El artefacto de cocina debe poseer 65 cm de libre circulación y movilidad para las personas, sin embargo, sólo se dejaron 55 cm.
Dormitorios:	Cumple con las dimensiones mínimas.
Baño:	Cumple con las dimensiones mínimas.
Comedor - Estar:	Cumple con las dimensiones mínimas.

Edificio 2

Se verifica el cumplimiento de las dimensiones mínimas por cuadro normativo del FSV, a pesar de que este tipo de edificio no se acogerá a este subsidio.

Cocina:	Cumple con las dimensiones mínimas.
Dormitorios:	Cumple con las dimensiones mínimas.
Baño:	Cumple con las dimensiones mínimas.
Comedor - Estar:	Cumple con las dimensiones mínimas.

4.2.2 Itemizado técnico

Se revisa el itemizado técnico y las soluciones de muros y cielos propuestas satisfacen las exigencias del FSV. Además, se realiza el chequeo de las dimensiones mínimas de puertas y ventanas y satisfacen lo exigido.

Las exigencias con respecto a calidad y nivel de terminaciones se deberán hacer cumplir en la etapa de ejecución, no influyendo éstas en el presente estudio energético de los edificios.

“Del estudio anterior, en el capítulo siguiente se presentan las condiciones base finales establecidas para los Edificios Modelo”.

» 5. Estudio del comportamiento térmico de los edificios modelo

En esta etapa se analizará el comportamiento térmico de los edificios 1 y 2 en la situación base y mejorada de manera de obtener estándares de eficiencia energética en los edificios. En primer lugar, se analizará la situación de invierno por medio del cálculo de las demandas de calefacción anuales, posteriormente se analizará la situación de verano analizando las temperaturas al interior de los recintos al no utilizar sistemas de refrigeración, comparándolas con las temperaturas de confort establecidas; de manera anexa, se hará lo mismo para la situación de invierno para determinar las temperaturas al interior de los recintos al no utilizar sistemas de calefacción. Finalmente, se presentarán los resultados arrojados por el software CCTE, que servirán para establecer estándares de demandas de calefacción a utilizar en futuras licitaciones.

5.1 Condiciones establecidas para las simulaciones

A continuación se presentan los supuestos utilizados para estudiar el comportamiento térmico en los “edificios modelo” 1 y 2 pertenecientes al proyecto Ciudad Parque Bicentenario.

5.1.1 Especificaciones técnicas de la envolvente

a) Estado Inicial o base

Edificio 1

- Muros:** Albañilería de ladrillos. Transmitancia (U) = $1,9 \text{ W/m}^2\text{C}$. De acuerdo al listado oficial de Soluciones Constructivas del MINVU corresponde a la albañilería *Código 1.2.M.B3* Ladrillo Extra Titán Reforzado Estructural (290 x140 x 94 mm).
- Cielo:** Losa de hormigón armado con aislante térmico de poliestireno expandido 10 kg/m^3 de 80 mm (R100 aislante = $188 \text{ m}^2\text{C/W}$)
- Ventanas:** Vidrio claro simple de 4 mm de espesor, con marco de aluminio. Transmitancia (U) = $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Edificio 2

- Muros:** Muro de hormigón armado. Transmitancia (U) = $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Muro de hormigón armado de 150 mm de espesor (según planos entregados por el mandante) con aislante térmico interior de poliestireno expandido (15 kg/m^3) de espesor 20 mm y plancha de yeso cartón de 10 mm de espesor. (*Código 1.2.M.A.12* del Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del MINVU)
- Cielo:** Losa de hormigón armado con aislante térmico de poliestireno expandido 10 kg/m^3 de 80 mm (R100 aislante = $188 \text{ m}^2\text{C/W}$)
- Ventanas:** Vidrio claro simple de 4 mm de espesor, con marco de aluminio. Transmitancia (U) = $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.



b) Estado mejorado

b.1) Escenarios propuestos

Las mejoras consideradas corresponden a variaciones en la materialidad de los elementos de la envolvente, y en específico muros. No se realizaron variaciones en el elemento cielo debido a que su superficie en comparación con la superficie de muros es demasiado pequeña, no significando variaciones considerables en la demanda de calefacción al mejorar este elemento.

Las mejoras que se presentan a continuación fueron analizadas de manera independiente, a modo de reflejar el impacto de cada una de ellas en la demanda de calefacción en cada edificio.

Edificio 1

1. Agregar 20 mm de aislante térmico interior
2. Agregar 20 mm de aislante térmico exterior
3. Cambiar el vidriado simple por doble vidriado hermético (DVH)
4. Agregar 20 mm de aislante térmico interior + doble vidriado hermético (DVH)
5. Agregar 40 mm de aislante térmico interior + doble vidriado hermético (DVH)

Edificio 2

1. Aumentar en 20 mm el espesor del aislante interior utilizado, quedando finalmente con 40 mm de aislante interior.
2. Cambiar el vidriado simple por doble vidriado hermético (DVH)
3. Muro con 40 mm de aislante interior + doble vidriado hermético (DVH)
4. Cambiar el aislante interior por 40 mm de aislante exterior + doble vidriado hermético (DVH)

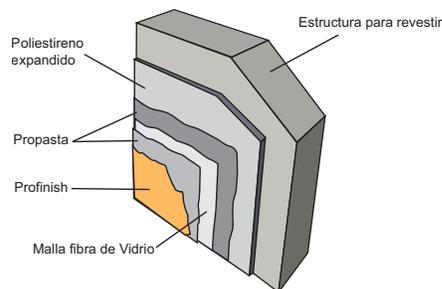
b.2) Especificaciones técnicas de materiales utilizados en las mejoras

Los sistemas constructivos de mejoramiento térmico que a continuación se describen, corresponden a los utilizados en los cálculos de demanda de calefacción y costos del presente estudio. Las soluciones de muro se encuentran registradas en el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico, y la solución de ventana con doble vidriado hermético posee un valor de "U" certificado.

• Solución de revestimiento con aislación exterior

La solución analizada y posteriormente presupuestada corresponde al sistema EIFS (Exterior Insulation Finishing System), correspondiente al revestimiento Promuro comercializado por EUROTEC. Este revestimiento puede ser utilizado tanto en interior como exterior, sin embargo, fue utilizado para analizar la situación de aislante exterior solamente, debido a que en el interior se pueden aplicar soluciones de revestimiento más sencillas y económicas. (Código 1.2.M.A3 para muro de hormigón armado y Código 1.2.M.B5 para muro de albañilería de ladrillo).

Figura N° 5.1: Detalle Revestimiento Exterior Sistema EIFS



Fuente: www.eurotec.cl

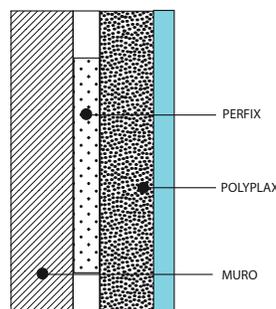


Solución Estructural	Espesor Aislante (mm)		
	Caso Base	20	40
	Transmitancia Térmica U (W/m ² C)		
Muro de Hormigón Armado	1,3	1,28	0,95
Muro de Albañilería de ladrillo	1,9	0,77	0,64

• Solución de revestimiento con aislación interior

La solución analizada corresponde al sistema W631 con plancha Polyplak de Knauf. (Código 1.2.M.A.1.2 del listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico, para muro de hormigón armado y albañilería de ladrillo)

Figura N° 5.2: Detalle Revestimiento Interior Sistema W631



Fuente: www.knauf.cl

Solución Estructural	Espesor Aislante (mm)		
	Caso Base	20	40
	Transmitancia Térmica U (W/m ² C)		
Muro de Hormigón Armado	1,3	1,27	0,88
Muro de Albañilería de ladrillo	1,9	0,95	0,71

• Solución de ventana con doble vidriado hermético

Según lo enunciado en el Manual de aplicación de la Reglamentación Térmica se tiene que: “De acuerdo a la NCh 2024, se entenderá por doble vidriado hermético el conjunto formado por dos o más vidrios paralelos, unidos entre sí, por un espaciador perimetral, que encierran en su interior una cámara con aire deshidratado o gas inerte”.

En el mercado nacional se presentan ventanas DVH con marco de aluminio y marco de PVC, con distintas configuraciones de vidrios y cámaras de aire. Los valores de U van de 3,6 W/m²C a 2,4 W/m²C en el caso que las ventanas contemplen vidrios simples, y pasan por debajo los 2,4 W/m²C cuando los vidrios utilizados son de baja emisividad.

Al comparar las ventanas con marco de aluminio y aquellas con marcos de PVC, se tiene que con el mismo tipo de vidrios y espesor de cámara de aire, el valor de U de la ventana con marcos de PVC es aproximadamente un 5% más bajo



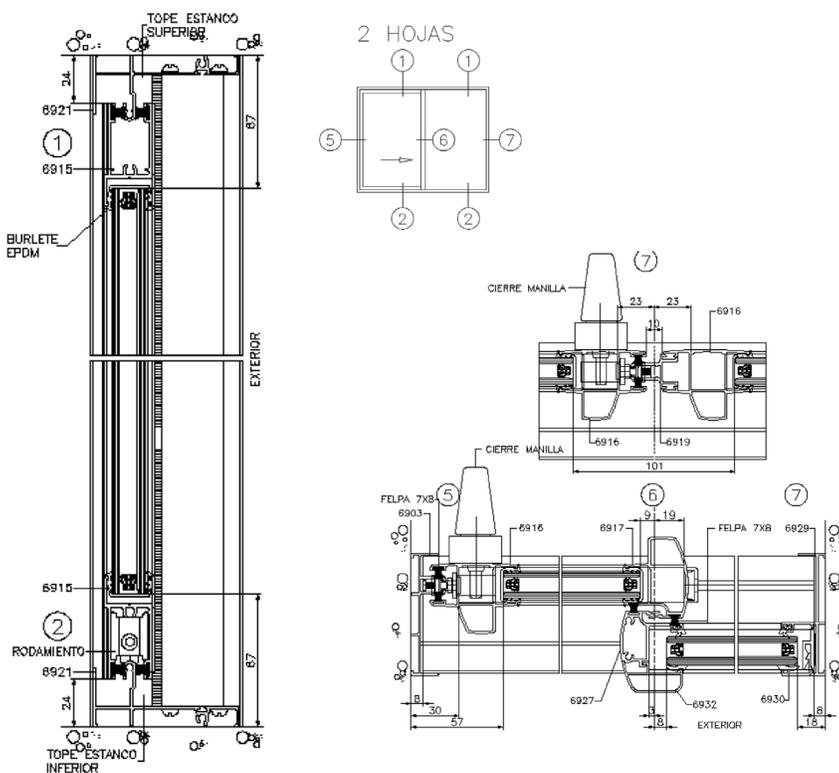
(considerando que el marco posee un 10% de la superficie total de ventana, pudiendo aumentar esta diferencia si el marco de la ventana representa un % mayor dentro del total). Si bien esta diferencia es pequeña, es importante debido a que el marco de PVC posee una U por debajo de la U en la zona vidriada, que en caso del marco de aluminio el valor de U de éste está por sobre la U de la zona vidriada. Debido a lo anterior la ventana con marco de PVC enfrentará mejor el problema de la condensación debido a que sus propiedades térmicas son mejores.

A continuación se presentan dos soluciones de ventanas DVH con vidrios simples: la primera con marcos de aluminio y la segunda con marcos de PVC que fueron presupuestadas a modo de analizar la conveniencia de incluir este tipo de solución en el proyecto CPB.

Ventana DVH con marco de aluminio (sin corte puente térmico):

La solución de ventana presupuestada de este tipo corresponde a la serie X69 de Xelentia de la empresa INDALUM, cristales simples de 4 mm y cámara de aire de 12 mm, marcos de aluminio. La transmitancia térmica obtenida por esta solución corresponde a $U = 2,8W/m^2C$.

Figura N° 5.3: Detalle ventana Indalum línea Xelentia serie X69



Fuente: www.indalum.cl



Ventana DVH con marco de PVC:

La solución presupuestada de este tipo corresponde a una Ventana Termoacústica de PVC fabricada por EuroWindows con vidrios de 4 mm y cámara de aire de 10 mm. $U= 2,68\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$.

5.1.2 Condiciones de operación de las viviendas

Para ambos edificios fueron consideradas las siguientes condiciones de operación, tanto en el caso base como en el mejorado. De esta manera se puede estimar las diferencias generadas en las demandas de calefacción al poseer los edificios las condiciones mínimas establecidas por ley y luego al mejorar sus características térmicas.

a) Ganancias internas consideradas

Para efectos de TAS se ha supuesto la presencia de personas por departamento en cantidad similar a la cantidad de camas y un total de ganancias internas de aproximadamente $120\text{ Wh}/\text{m}^2\text{ día}$. Estas ganancias se distribuyen a lo largo de las 24 horas de cada día, diferenciando los días de semana con los días de fin de semana.

b) Temperatura de confort

La temperatura de confort se supuso como un valor constante a lo largo de todo el año. El régimen horario de temperatura de confort considerado en ambos casos para todos los recintos es de:

24:00 hrs a 7:00 hrs 17°C
8:00 hrs a 23:00 hrs 20°C

c) Renovación de aire

La renovación de aire se considera de 1.0 (1 volumen/h).

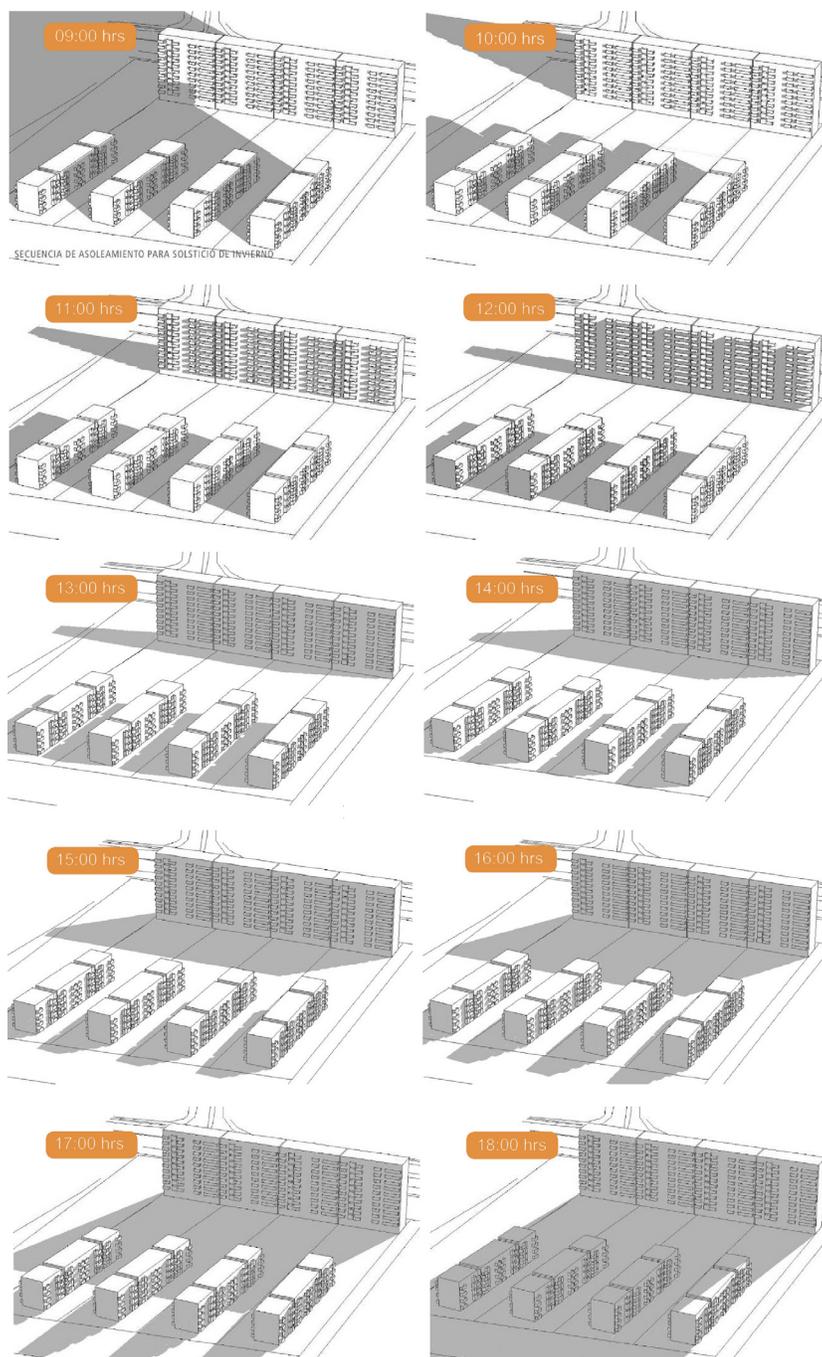
d) Clima

Se consideran datos de la estación meteorológica de Cerrillos (emplazada en el exaeródromo) para el año 2007 (Región Metropolitana, Chile). Las variables climatológicas utilizadas por el software TAS se toman como valores horarios y corresponden a las siguientes:

- Radiación medida en W/m^2 : Global y Difusa medidas en el plano horizontal
- Temperatura del Aire medida en °C
- Grado de Nubosidad medida en octavas
- Humedad Relativa medida en %
- Velocidad del viento medida en m/s
- Dirección del viento predominante



Figura N° 5.5: Secuencia de proyección de sombras conjunto de edificios CPB para solsticio de invierno



Estas imágenes nos demuestran que el esquema de organización de los edificios resulta bastante adecuado en términos de accesibilidad a la radiación solar directa. Esto viene dado por el hecho de que entre las 11:00 de la mañana y las 16:00 existe un acceso constante y directo a la radiación solar incidente. Las figuras siguientes presentan una síntesis de lo anterior, en términos de promedio diario de horas de sol directo en los meses de invierno (junio, julio y septiembre) para la fachada norte y cubierta respectivamente, de un edificio tipo 1. La exposición solar en la cubierta, prácticamente asegurada durante todo el día en invierno (como se puede observar en la figura), representa una excelente oportunidad para la instalación de colectores solares térmicos.

Cabe señalar que el impacto final que estas situaciones de asoleamiento tendrán en el comportamiento térmico de los edificios sólo podrá ser comprobado a través del estudio de las demandas de calefacción.

Figura N° 5.6: Promedio diario de horas de sol directo sobre fachada norte (destacada en color naranja) para los meses de invierno

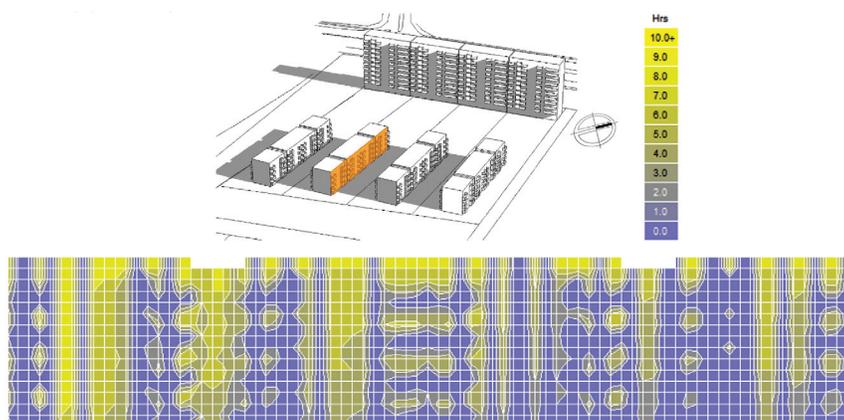
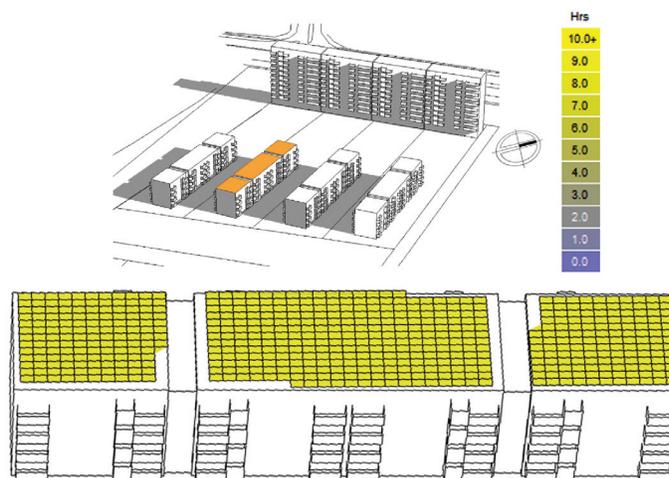


Figura N° 5.7: Promedio diario de horas de sol directo sobre cubierta (destacada en color naranja) para los meses de invierno



b) Implicancia del mejoramiento térmico

El análisis de las demandas de calefacción para la situación de los edificios con entorno se realizó para la situación base (sin mejoras) solamente. Luego de realizar el análisis de las demandas de calefacción de los edificios para la situación con entorno y sin entorno, se realizan mejoras al diseño de los edificios. Las mejoras corresponden a las descritas con anterioridad y se realizan en la situación sin entorno.

Caso particular de ubicación del aislante: Se analizó la variación de demanda de calefacción para el caso de aislante interior y exterior. Si bien, desde el punto de vista térmico las diferencias son mínimas, la influencia de la ubicación del aislante (exterior o interior) en la condensación resultante es un factor importante a considerar, por esto se analizará de manera independiente (ver anexos).

De esta manera, los resultados de demanda de calefacción se presentarán en base a los siguientes escenarios:

Edificio 1

1. Edificio en condición base sin entorno
2. Edificio en condición base con entorno
3. Edificio mejorado con aislante de 20 mm exterior sin entorno
4. Edificio mejorado con aislante de 20 mm interior sin entorno
5. Edificio mejorado con ventanas DVH sin entorno
6. Edificio mejorado con aislante de 20 mm interior + ventanas DVH sin entorno
7. Edificio mejorado con aislante de 40 mm interior + ventanas DVH sin entorno

Edificio 2

1. Edificio en condición base sin entorno
2. Edificio en condición base con entorno
3. Edificio mejorado con aislante de 40 mm interior sin entorno (aumento de 20 mm)
4. Edificio mejorado con ventanas DVH sin entorno
5. Edificio mejorado con aislante de 40 mm interior + ventanas DVH sin entorno
6. Edificio mejorado con aislante de 40 mm exterior + ventanas DVH sin entorno

5.2.2 Situación de verano

Las condiciones establecidas serán las mismas que para el caso de invierno, sólo que no se fijarán temperaturas de confort para realizar las simulaciones. De esta manera se podrán visualizar el desarrollo de las temperaturas interiores para un día caluroso de verano y en aquel departamento que posea la mayor exposición solar durante este día.

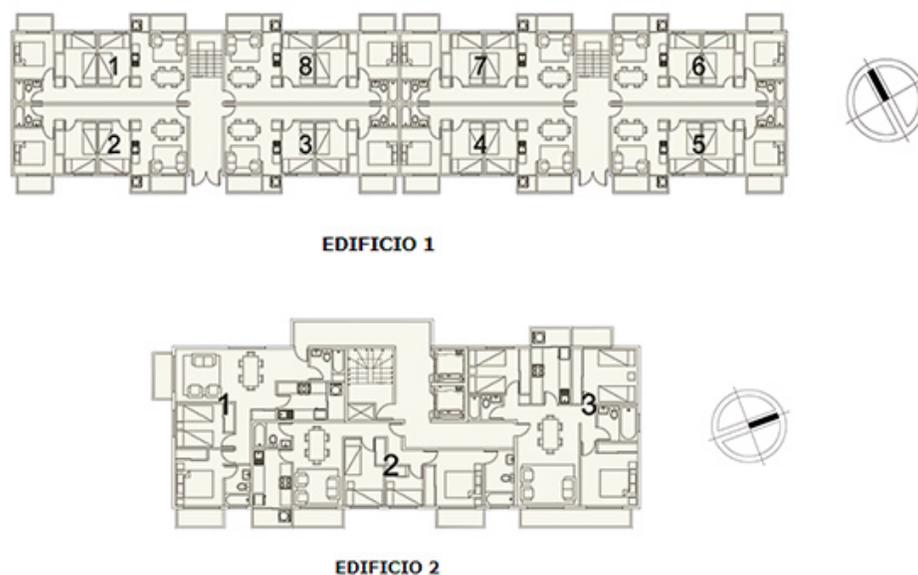


» 6. Situación de invierno. Demandas de calefacción y temperatura al interior de los recintos

6.1 Demandas de calefacción

Las demandas de calefacción por departamento obtenidas, para cada uno de los escenarios propuestos, se presentan a continuación. A modo de entendimiento de los resultados presentados, cada departamento fue designado con un número según la siguiente distribución:

Figura N° 6.1: Designación numérica de los departamentos que conforman los edificios modelo



6.1.1 Demandas de calefacción en departamentos de edificio 1

Se presenta a continuación la demanda de calefacción anual medida en kWh/m²-año por departamento, para cada uno de los escenarios planteados. Al final de la tabla se presentan los promedios anuales de demanda de calefacción por departamento y luego diferenciando por orientación norte y orientación sur, pudiendo de esta manera visualizar las diferencias en el comportamiento debido sólo a la orientación de los edificios, ya que en su diseño son idénticos.

Tabla 6.1: Demandas de calefacción anuales por departamento. Edificio 1

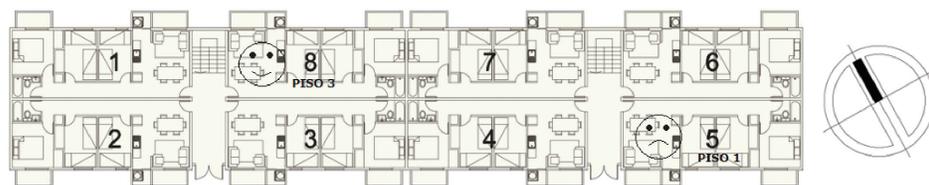
Demandas de calefacción Edificio 1 (kWh/m ² -año)									
Condiciones normales									
Planta	Nº Departamento	Orientación	Situación Base		Situación mejorada sin entorno				
			Sin entorno	Con entorno	20 mm aislante interior	20 mm aislante exterior	Con DVH	DVH+20 mm aislante interior	DVH+40 mm aislante interior
Planta 1	1	N	58,16	73,17	41,79	41,73	48,24	35,37	27,13
	2	S	80,83	83,46	61,06	61,36	68,69	52,46	42,22
	3	S	67,64	70,71	54,17	54,34	55,31	43,85	37,29
	4	S	68,26	71,32	54,56	39,22	55,90	44,24	37,59
	5*	S	81,08	84,26	61,17	76,93	69,01	52,31	42,21
	6	N	57,91	69,18	42,08	41,95	48,76	35,42	27,26
	7	N	46,14	60,68	35,82	35,71	36,24	28,23	23,14
	8	N	45,88	61,34	35,67	35,57	36,00	28,10	23,05
Planta 2	1	N	45,99	58,26	33,51	33,36	36,12	26,33	20,48
	2	S	64,42	66,47	49,18	49,33	52,30	39,78	32,20
	3	S	53,82	56,31	43,70	43,77	41,62	33,08	28,36
	4	S	54,34	56,86	44,03	44,11	42,10	33,41	28,61
	5	S	64,68	67,24	49,28	49,41	52,59	39,69	32,21
	6	N	46,40	54,10	33,71	33,50	36,51	26,34	20,55
	7	N	36,47	47,83	28,79	28,67	26,82	21,00	17,45
	8	N	36,31	48,35	28,72	28,59	26,68	20,92	17,40
Planta 3	1	N	44,99	59,05	32,61	32,47	34,94	25,45	19,87
	2	S	63,35	63,55	48,22	48,39	50,96	38,77	31,39
	3	S	52,95	70,40	42,85	42,94	40,47	32,23	27,66
	4	S	53,44	65,07	43,18	43,26	40,94	32,55	27,91
	5	S	63,60	45,87	48,30	48,44	51,24	38,66	31,38
	6	N	45,39	51,54	32,80	32,61	35,32	25,47	19,93
	7**	N	35,62	45,63	28,00	27,90	25,85	20,30	16,95
	8**	N	35,47	45,97	27,93	27,82	25,71	20,22	16,89
Planta 4	1	N	49,34	62,43	35,65	35,59	37,68	28,65	22,90
	2	S	68,73	61,65	52,21	52,44	54,66	42,91	35,56
	3	S	58,59	60,80	46,93	47,06	44,39	36,41	31,81
	4	S	59,10	70,24	47,26	47,39	44,87	36,74	32,07
	5	S	68,88	49,93	52,23	52,42	54,88	42,74	35,50
	6	N	49,74	47,58	35,83	35,71	38,08	28,64	22,95
	7	N	40,05	48,79	30,99	30,95	28,65	23,36	19,84
	8	N	39,89	57,10	30,91	30,87	28,51	23,28	19,77
Promedio por departamento			54,30	60,47	41,66	41,68	42,81	33,03	27,17
Promedio por departamento orientación norte			44,61	55,69	33,43	33,31	34,38	26,07	20,97
Promedio por departamento orientación sur			63,98	65,26	49,90	50,05	51,25	39,99	33,37

* Departamento que posee las mayores demandas de calefacción anuales, por lo que presenta el comportamiento térmico más deficiente.

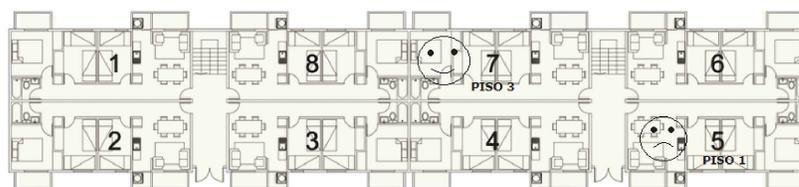
**Departamento que posee las menores demandas de calefacción anuales, por lo que presenta el comportamiento térmico más eficiente.

En relación con los departamentos que presentarán comportamientos térmicos más o menos eficientes, se presenta la gráfica siguiente:

a) Caso sin entorno



b) Caso con entorno



	Departamento con comportamiento térmico deficiente, demanda de calefacción alrededor de 80 kWh/m ² -año, para la situación base.
	Departamento con comportamiento térmico eficiente, demanda de calefacción alrededor de 40 kWh/m ² -año, para la situación base.

Se aprecian 2 casos: sin entorno y con entorno, que para el Edificio 1 representan la condición que marca diferencias en el caso del departamento con comportamiento térmico eficiente. Para el caso del departamento con comportamiento térmico deficiente, no existen variaciones cuando agregamos el entorno al edificio.

Tabla 6.2: Variación porcentual de la demanda de calefacción promedio por departamento respecto de la situación base. Edificio 1

% de variación	Situación Base		Situación mejorada sin considerar entorno				
	Sin entorno	Con entorno	20 mm de aislante interior	20 mm de aislante exterior	Con DHV	DHV + 20 mm de aislante interior	DHV + 40 mm de aislante exterior
		11%	-23%	-23%	-21%	-39%	-50%

Al comparar las demandas de calefacción en el caso con entorno, respecto del caso sin entorno se observa una variación de un 10% aproximadamente. Lo anterior significa en términos monetarios un ahorro o gasto (siendo gasto en el caso con entorno) de \$ 28.445 al año por departamento y un total de \$ 923.040 al año para el edificio 1 (considerando estufa a gas licuado para calefaccionar). Debido a lo anterior es importante establecer mecanismos pasivos de diseño en los edificios, de manera de poder maximizar las horas de sol diario en el período más frío del año. En el caso de Santiago entre los meses de junio y agosto, hay un promedio de 4 horas de sol al día.

Al mejorar los elementos de la envolvente de los departamentos, se obtienen mayores diferencias en las demandas de calefacción, las que van aumentando a medida que se va mejorando térmicamente los departamentos. No obstante lo anterior, lo más eficiente es generar un diseño que minimice las pérdidas en invierno y ganancias en verano, y de esta manera disminuir las mejoras en los materiales de la envolvente, que significan un aumento en los costos de los departamentos.

Finalmente:

“Los departamentos ubicados al norte y que posean menor superficie expuesta al exterior serán los que presentarán mejor comportamiento térmico”

A continuación se presenta una tabla que presenta los aumentos porcentuales en la demanda de calefacción en los departamentos con orientación sur respecto de los departamentos con orientación norte, para cada uno de los escenarios propuestos:

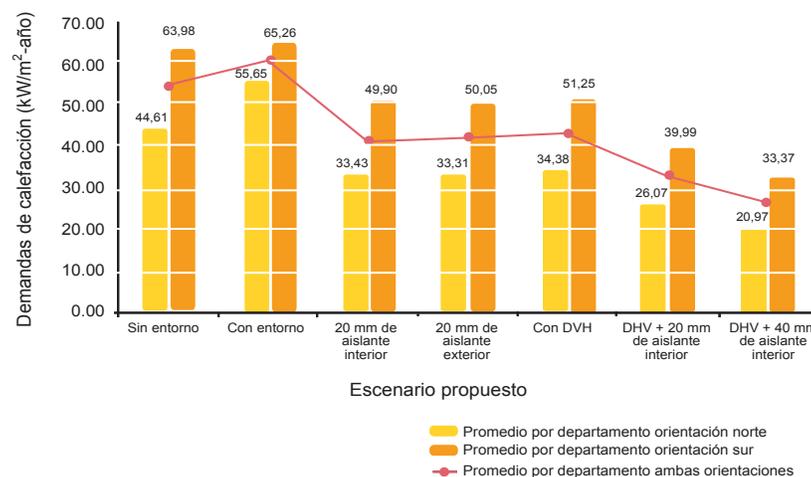
Tabla 6.3: Variación porcentual de la demanda de calefacción promedio por departamento orientado al sur respecto del departamento orientado al norte. Edificio 1

% variación	Situación Base		Situación mejorada sin considerar entorno				
	Sin entorno	Con entorno	20 mm de aislante interior	20 mm de aislante exterior	Con DHV	DHV + 20 mm de aislante interior	DHV + 40 mm de aislante exterior
	43%	18%	49%	50%	49,5%	53%	59%

Los resultados presentados en la tabla anterior muestran la importancia de generar un diseño pasivo en los departamentos, sólo por concepto de orientación se reduce la demanda de calefacción en más de un 40%.

A continuación se presenta una gráfica que representa los promedios anuales de demanda de calefacción por departamento y luego por departamento orientado al sur y departamento orientado al norte, para cada uno de los escenarios planteados:

Figura N° 6.2: Gráfica con promedios anuales de demandas de calefacción por departamento en Edificio 1, para los distintos escenarios estudiados

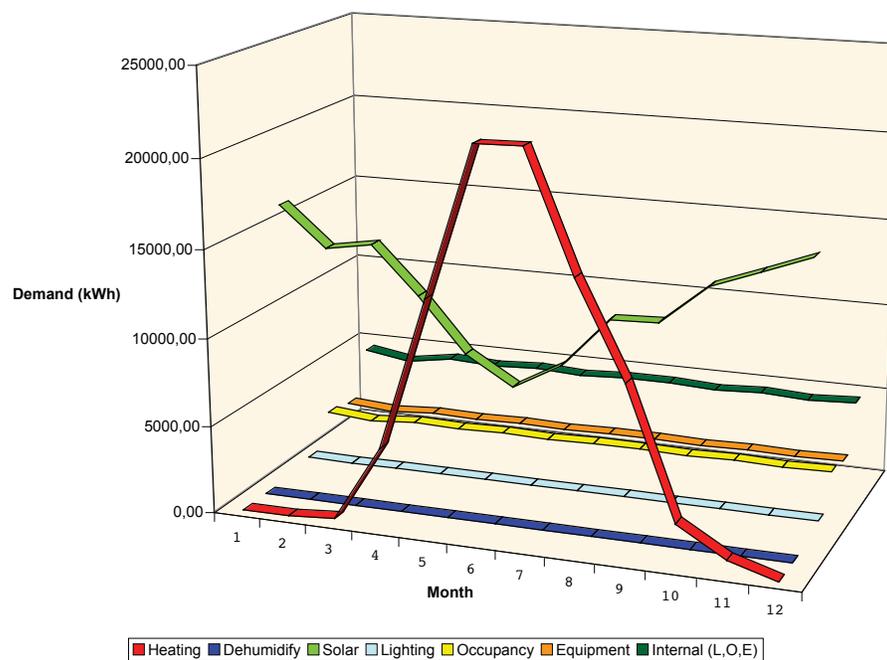


De acuerdo con el gráfico anterior se puede apreciar que en la situación base sin considerar el entorno, la diferencia de demandas de calefacción debido a la orientación del departamento es alrededor de 20 kWh/m²-año. Esta diferencia disminuye a la mitad cuando se toma en cuenta el entorno, debido al efecto de las sombras en los departamentos con orientación norte.

Al analizar las diferencias en las demandas de calefacción por orientación para las situaciones mejoradas, se aprecia una disminución respecto de la situación base, debido a que se compensa en cierto grado la mala orientación con el mejoramiento de las condiciones térmicas de la envolvente.

Finalmente se presenta una gráfica que muestra el desarrollo mensual de las demandas de calefacción para la superficie total del edificio 1 medidas en kWh, junto con mostrar los valores mensuales totales de ganancias solares e internas.

Figura N° 6.3: Demanda de calefacción, ganancias solares e internas mensuales en Edificio 1



Los valores mensuales presentados en la gráfica anterior corresponden al edificio en la situación base sin considerar el entorno. Se aprecia que desde el mes de noviembre al mes de marzo las demandas de calefacción son casi nulas y comienzan a ser considerables desde el mes de abril al mes de octubre, llegando a sus valores máximos los meses de junio y julio.

Al visualizar las ganancias solares, éstas se comportan de manera opuesta a lo que sucede con las demandas de calefacción, mientras que las ganancias internas, debido al uso de los departamentos, representan un valor constante a lo largo de todo el año.

Para que sea posible comparar las diferentes cargas a las que va a estar afecto el edificio y ver el efecto solar en las ganancias mes a mes, se presentan las siguientes tablas con las cargas promedio mensuales por departamento, para el caso en que no se considera el entorno en el edificio y luego en el que éste es considerado:

Tabla 6.4: Cargas térmicas mensuales promedio por departamento. Caso sin entorno Edificio 1

Mes	Promedio mensual por departamento (kWh/m ² -mes)					
	Demanda de calefacción	Solar	Iluminación (I)	Ocupación (O)	Equipamiento (E)	Internas (I+O+E)
1	0,00	8,32	0,21	1,36	1,18	2,75
2	0,01	7,16	0,19	1,23	1,07	2,49
3	0,13	7,39	0,21	1,36	1,18	2,75
4	2,76	6,00	0,20	1,32	1,14	2,66
5	8,00	4,43	0,21	1,36	1,18	2,75
6	13,17	3,60	0,20	1,32	1,14	2,66
7	13,21	4,37	0,21	1,36	1,18	2,75
8	9,16	5,86	0,21	1,36	1,18	2,75
9	5,91	5,92	0,20	1,32	1,14	2,66
10	1,48	7,09	0,21	1,36	1,18	2,75
11	0,50	7,62	0,20	1,32	1,14	2,66
12	0,00	8,15	0,21	1,36	1,18	2,75
Anual (kWh/m²-año)	54,30	75,91	2,46	16,04	13,92	32,41

Tabla 6.5: Cargas térmicas mensuales promedio por departamento. Caso con entorno Edificio 1

Mes	Promedio mensual por departamento (kWh/m ² -mes)					
	Demanda de calefacción	Solar	Iluminación (I)	Ocupación (O)	Equipamiento (E)	Internas (I+O+E)
1	0,00	8,01	0,21	1,37	1,15	2,73
2	0,01	6,75	0,19	1,23	1,04	2,46
3	0,21	6,44	0,21	1,37	1,15	2,73
4	3,61	4,78	0,20	1,32	1,11	2,64
5	9,01	3,37	0,21	1,37	1,15	2,73
6	14,26	2,66	0,20	1,32	1,11	2,64
7	14,60	3,15	0,21	1,37	1,15	2,73
8	10,37	4,68	0,21	1,37	1,15	2,73
9	6,59	5,28	0,20	1,32	1,11	2,64
10	1,71	6,74	0,21	1,37	1,15	2,73
11	0,60	7,20	0,20	1,32	1,11	2,64
12	0,00	7,81	0,21	1,37	1,15	2,73
Anual (kWh/m²-año)	60,97	66,87	2,46	16,09	13,55	32,10

Se puede apreciar como al mantener las condiciones respecto de las ganancias al interior de los edificios, una disminución de las ganancias solares producto del entorno al que está afecto el edificio provoca un aumento en las demandas de calefacción. Otro aspecto importante a rescatar es la importancia de cada una de las cargas que afectarán al edificio, siendo la mayor la correspondiente a cargas solares (que puede llegar a ser nula si no se realiza un buen diseño), seguida de las cargas referidas a la ocupación del edificio, siendo las menores, las correspondientes a iluminación.

6.1.2 Demandas de calefacción en departamentos de Edificio 2

Se presenta a continuación la demanda de calefacción anual medida en kWh/m²-año por departamento, para cada uno de los escenarios planteados. Al final de la tabla se presentan los promedios anuales de demanda de calefacción por departamento y luego diferenciando por tipo de departamento, los cuales poseen diferencias tanto en su orientación como en su diseño.

Tabla 6.6: Demandas de calefacción anuales por departamento. Edificio 2

Demandas de calefacción Edificio 1 (kWh/m ² -año)								
Condiciones normales								
Planta	Nº Depto.	Orientación	Situación Base		Situación mejorada sin entorno			
			Base sin entorno	Base con entorno	con 40 mm aislante interior	con DVH	con 40 mm aislante interior + DVH	con 40 mm aislante exterior + DVH
Planta 2	1*	O-P-S	76,04	78,88	68,72	58,43	50,64	50,3
	2	S	68,53	72,43	64,44	51,16	46,62	46,59
	3	O-P-N	69,11	65,17	62,72	54,63	47,09	46,88
Planta 3	1	O-P-S	58,29	58,61	51,57	41,22	34,45	34,09
	2	S	50,36	53,46	46,62	34,15	30,31	30,28
	3	O-P-N	51,22	55,35	45,24	37,44	30,8	30,52
Planta 4	1	O-P-S	56,06	56,36	49,42	39,04	32,38	32,06
	2	S	48,48	51,73	44,87	32,38	28,69	28,66
	3	O-P-N	48,85	53,8	42,95	35,15	28,65	28,39
Planta 5	1	O-P-S	55,33	55,61	48,55	38,29	31,5	31,19
	2	S	47,39	50,45	43,58	31,36	27,49	27,45
	3	O-P-N	47,9	52,96	41,85	34,21	27,58	27,32
Planta 6	1	O-P-S	55,19	55,47	48,36	38,14	31,3	30,99
	2	S	47,17	50,21	43,27	31,14	27,19	27,15
	3	O-P-N	47,67	52,75	41,56	33,97	27,29	27,03
Planta 7	1	O-P-S	55,11	55,39	48,24	38,06	31,2	30,88
	2**	S	47,15	50,2	43,22	31,12	27,14	27,1
	3**	O-P-N	47,62	52,71	41,5	33,92	27,23	26,97
Planta 8	1	O-P-S	55,27	55,55	48,42	38,22	31,37	31,05
	2	S	47,22	50,31	43,29	31,2	27,22	27,18
	3	O-P-N	47,65	52,74	41,52	33,95	27,26	27
Planta 9	1	O-P-S	55,46	55,74	48,62	38,43	31,6	31,29
	2	S	47,41	50,54	43,49	31,41	27,45	27,41
	3	O-P-N	47,8	52,89	41,69	34,13	27,46	27,21
Planta 10	1	O-P-S	56,39	56,67	49,61	39,42	32,64	32,33
	2	S	48,4	51,63	44,52	32,44	28,52	28,48
	3	O-P-N	48,75	53,86	42,69	35,12	28,5	28,26
Planta 11	1	O-P-S	63,42	63,7	56,63	46,38	39,47	39,27
	2	S	55,7	59,49	51,84	39,52	35,51	35,5
	3	O-P-N	55,67	61,23	49,62	41,86	35,09	34,97
Promedio por departamento			53,55	56,20	47,95	37,86	31,99	31,79
Promedio departamento 1			58,66	59,20	51,81	41,56	34,66	34,35
Promedio departamento 2			50,78	54,05	46,91	34,59	30,61	30,58
Promedio departamento 3			51,22	55,35	45,13	37,44	30,70	30,46

* Departamento que posee las mayores demandas de calefacción anuales, por lo que presenta el comportamiento térmico más deficiente.

** Departamento que posee las menores demandas de calefacción anuales, por lo que presenta el comportamiento térmico más eficiente.

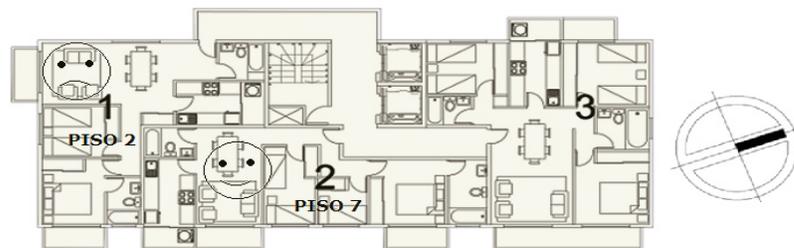
Tabla 6.7: Variación porcentual de la demanda promedio por departamento respecto de la situación base. Edificio 2

% variación	Situación Base		Situación mejorada sin considerar entorno				
	Sin entorno	Con entorno	20 mm de aislante interior	20 mm de aislante exterior	Con DHV	DHV + 20 mm de aislante interior	DHV + 40 mm de aislante exterior
		11%	-23%	-23%	-21%	-39%	-50%

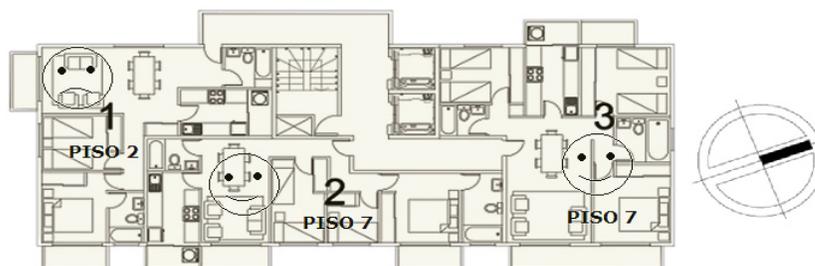
En el edificio 2, las diferencias se acentúan debido a que por un lado se ve más desfavorecido por el entorno si se compara con el edificio 1, y por otra parte, la superficie expuesta al exterior será mayor en estos departamentos, por lo que mejorarlos térmicamente generará mayores beneficios energéticos.

En relación con los departamentos que presentarán comportamientos térmicos más o menos eficientes, se presenta la gráfica siguiente:

Caso en situación base



Caso en situación mejorada



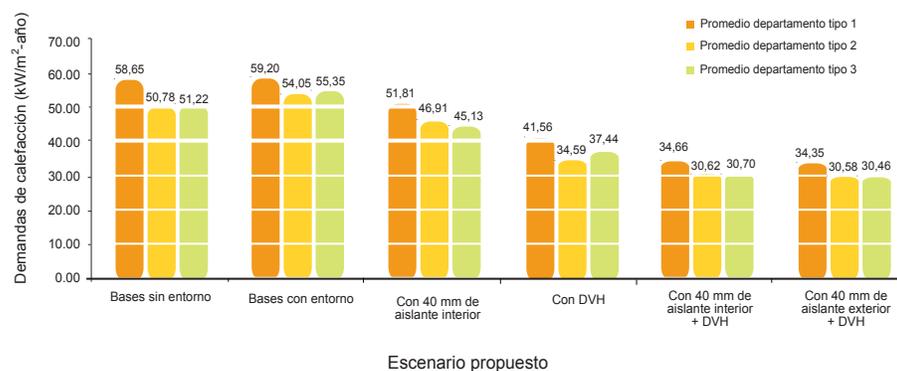
- ☹ Departamento con comportamiento térmico deficiente, demanda de calefacción alrededor de 80 kWh/m²-año, para la situación base.
- ☺ Departamento con comportamiento térmico eficiente, demanda de calefacción alrededor de 40 kWh/m²-año, para la situación base.

En el edificio 2 se presentan nuevamente 2 casos, pero determinados por el nivel de mejoras realizados en la envolvente de los departamentos. Así, en primer lugar se presentan los departamentos con mejor y peor comportamiento térmico para la situación base; en segundo lugar, se aprecia que se suma el departamento 3 a los departamentos con buen comportamiento térmico. Lo anterior se explica como sigue:

- En la situación base, el departamento 1 se comporta mal debido a su orientación y superficie expuesta al exterior, mientras que el departamento 2, a pesar de poseer una mala orientación, tiene una superficie expuesta al exterior muy por debajo de los otros 2 departamentos.
- En la situación mejorada, se agrega el departamento 3 a los departamentos con mejor comportamiento térmico, que posee mejor orientación que el departamento 2, pero por su superficie expuesta disminúa sus propiedades térmicas, las que al ser mejoradas tanto en su superficie de muros como de ventanas, hacen de este departamento el con mejor comportamiento térmico.

A continuación se presenta una gráfica que muestra los promedios anuales de demanda de calefacción por tipo de departamento:

Figura N° 6.4: Gráfica con promedios anuales de demandas de calefacción por departamento en Edificio 2, para los distintos escenarios estudiados

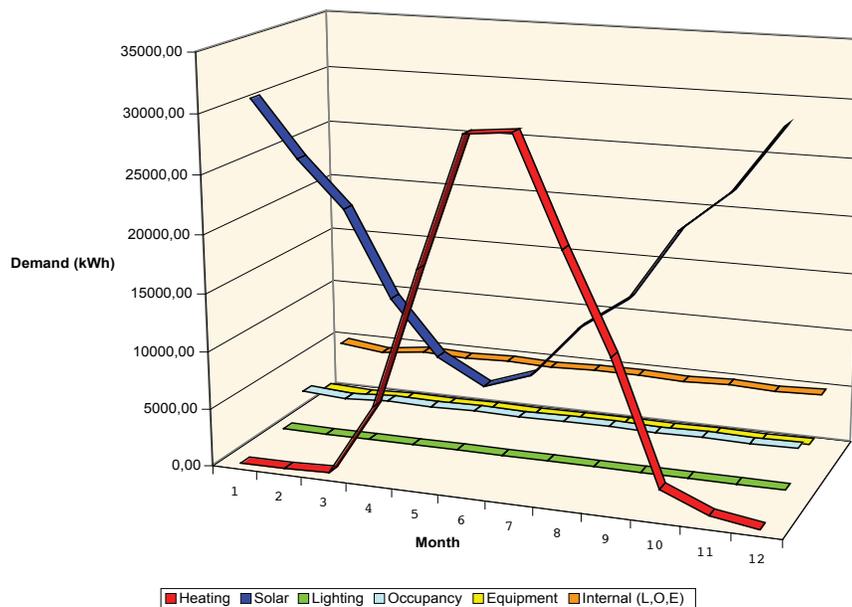


De acuerdo con el gráfico anterior, se puede apreciar que no existe una diferencia marcada en relación al comportamiento térmico de los departamentos para cada uno de los escenarios propuestos. Se mantienen casi constantes las diferencias presentadas entre cada uno de ellos.

- El departamento tipo 1 siempre en todos los escenarios tendrá las mayores demandas de calefacción.
- El departamento tipo 2 tendrá las menores demandas de calefacción en la situación base y con mejoramiento de las ventanas, debido a que un alto porcentaje de su superficie expuesta corresponde a ventanas.
- El departamento tipo 3 presentará las menores demandas para el caso en que se realizan mejoras a los muros de la envolvente y cuando se mejoran tanto los muros como las ventanas, debido a que su principal debilidad térmica corresponde a la superficie expuesta.

Finalmente se presenta una gráfica que muestra el desarrollo mensual de las demandas de calefacción totales para el edificio 2, medidas en kWh, junto con mostrar los valores mensuales de ganancias solares e internas.

Figura N° 6.5: Demanda de calefacción, ganancias solares e internas mensuales en Edificio 2



De manera similar a lo sucedido con el Edificio 1, en el Edificio 2 los valores mensuales presentados en la gráfica anterior corresponden al edificio en la situación base sin considerar el entorno. Se aprecia que desde el mes de noviembre al mes de marzo, las demandas de calefacción son casi nulas y comienzan a ser considerables desde el mes de abril al mes de octubre, llegando a sus valores máximos los meses de junio y julio.

Al visualizar las ganancias, se puede apreciar que en el caso de las ganancias solares, éstas se comportan de manera opuesta a lo que sucede con las demandas de calefacción, mientras que las ganancias internas, debido al uso de los departamentos, representan un valor constante a lo largo de todo el año.

A continuación se presenta el desarrollo de las cargas térmicas que afectarán al edificio 2 en los distintos meses del año, presentando dichas cargas como los promedios por departamento, al igual como se presentó con anterioridad en el edificio 1:

Tabla 6.8: Cargas térmicas mensuales promedio por departamento.
Caso sin entorno Edificio 2

Mes	Demanda de calefacción	Solar	Promedio mensual por departamento (kWh/m ² -mes)			
			Iluminación (I)	Ocupación (O)	Equipamiento (E)	Internas (I+O+E)
1	0,01	12,5	0,21	1,19	0,75	2,15
2	0,02	10,53	0,19	1,08	0,68	1,94
3	0,09	8,92	0,21	1,19	0,75	2,15
4	2,81	5,94	0,2	1,15	0,72	2,08
5	8,13	4,07	0,21	1,19	0,75	2,15
6	13,13	3,2	0,2	1,15	0,72	2,08
7	13,3	3,77	0,21	1,19	0,75	2,15
8	9,32	5,57	0,21	1,19	0,75	2,15
9	5,64	6,71	0,2	1,15	0,72	2,08
10	1,03	9,14	0,21	1,19	0,75	2,15
11	0,29	10,52	0,2	1,15	0,72	2,08
12	0,01	12,76	0,21	1,19	0,75	2,15
Anual (kWh/m²año)	53,78	93,63	2,46	14,01	8,81	25,31

Tabla 6.9: Cargas térmicas mensuales promedio por departamento.
Caso con entorno Edificio 2

Mes	Demanda de calefacción	Solar	Promedio mensual por departamento (kWh/m ² -mes)			
			Iluminación (I)	Ocupación (O)	Equipamiento (E)	Internas (I+O+E)
1	0,01	11,91	0,21	1,22	0,77	2,20
2	0,02	10,08	0,19	1,10	0,69	1,99
3	0,09	8,51	0,21	1,22	0,77	2,20
4	3,05	5,65	0,21	1,18	0,74	2,13
5	8,45	3,87	0,21	1,22	0,77	2,20
6	13,52	3,04	0,21	1,18	0,74	2,13
7	13,78	3,57	0,21	1,22	0,77	2,20
8	9,78	5,29	0,21	1,22	0,77	2,20
9	5,96	6,42	0,21	1,18	0,74	2,13
10	1,13	8,75	0,21	1,22	0,77	2,20
11	0,33	9,98	0,21	1,18	0,74	2,13
12	0,02	12,12	0,21	1,22	0,77	2,20
Anual (kWh/m²año)	56,14	89,19	2,50	14,36	9,04	25,91

6.2 Temperaturas al interior de los recintos

Se presentan a continuación las temperaturas al interior del departamento que se encuentra en condiciones más desfavorables desde el punto de vista térmico, para el día 182 en que se presentan bajas temperaturas y baja radiación solar.

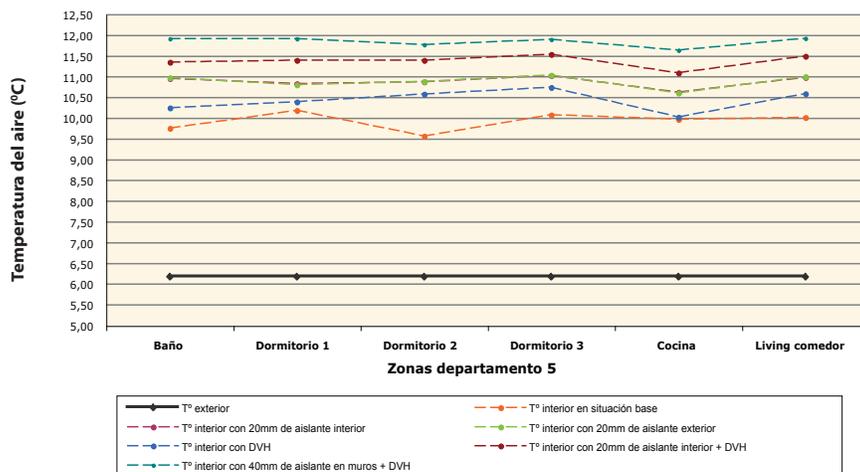
- Temperatura máxima: 12,1°C
- Temperatura mínima: -2,1°C
- Radiación solar global diaria: 1999 W/m²día

6.2.1 Temperaturas al interior del Edificio 1

El departamento seleccionado para realizar el análisis de temperaturas interiores corresponde al departamento 5 ubicado en la planta 2, debido a que este es el que posee el comportamiento térmico más deficiente.

A continuación se muestra el gráfico con las temperaturas promedio diarias (tomadas de 7:00 hrs a 22:00 hrs) del aire al interior de los recintos del departamento en estudio para cada uno de los escenarios planteados.

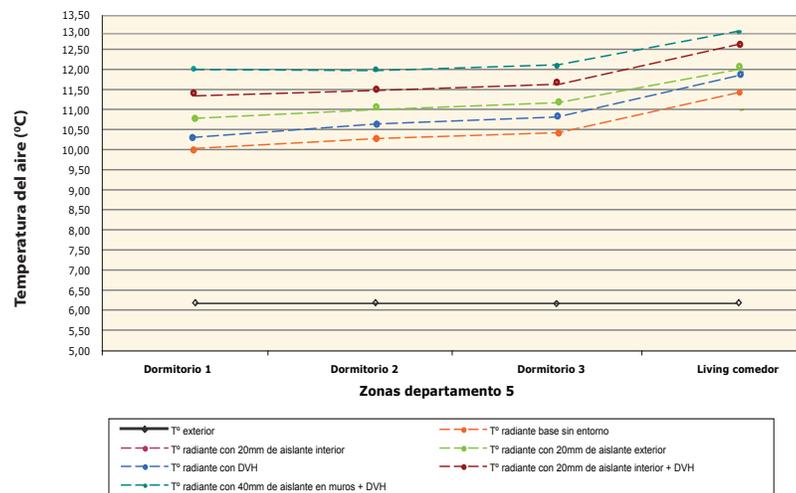
Figura N° 6.6: Temperatura del aire promedio al interior de los recintos en situación de invierno. Departamento Edificio 1^o



Se puede apreciar que las temperaturas al interior de los recintos en todos los casos está más allá de los 3 grados con respecto al exterior. Esta diferencia se hace máxima en el escenario con envolvente aislada con 40 mm al interior y vidrios DVH, llegando a estar 5 puntos por sobre la T° exterior.

A continuación se presenta un gráfico que muestra la temperatura radiante de los recintos, es decir, la que emiten las paredes, que juega un papel importante dentro de la sensación de confort al interior de los recintos.

Figura N° 6.7: Temperatura radiante promedio de las paredes en situación de invierno. Departamento Edificio 1



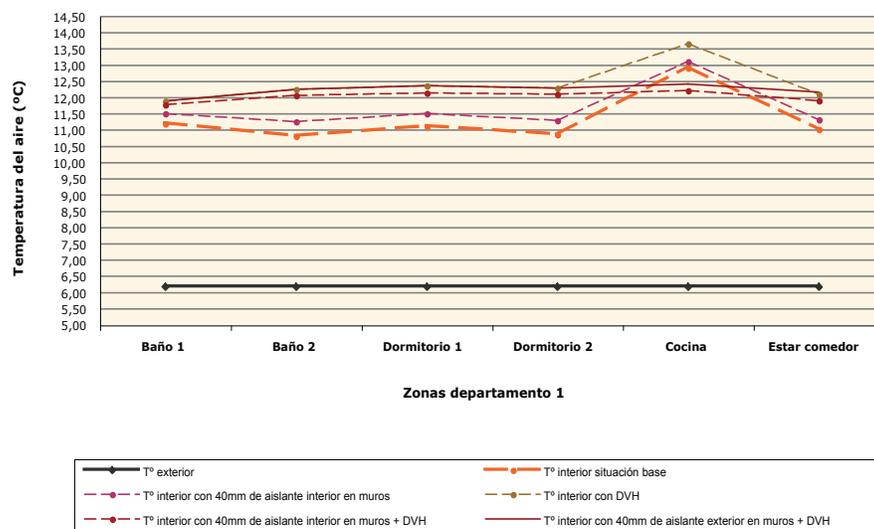
Se aprecia que hay un leve aumento en la T° radiante respecto de la temperatura del aire interior, lo que favorecerá a mejorar las condiciones de confort al interior de los recintos. Esto se da principalmente porque las envolventes se van aislando, mejorando sus características térmicas.

6.2.2 Temperaturas al interior del Edificio 2

El departamento seleccionado para realizar el análisis de temperaturas interiores corresponde al departamento 1 ubicado en la planta 2, debido a que este es el que posee el comportamiento térmico más deficiente.

A continuación se muestra el gráfico con las temperaturas promedio diarias (tomadas de 7:00 hrs a 22:00 hrs) del aire al interior de los recintos del departamento en estudio para cada uno de los escenarios planteados.

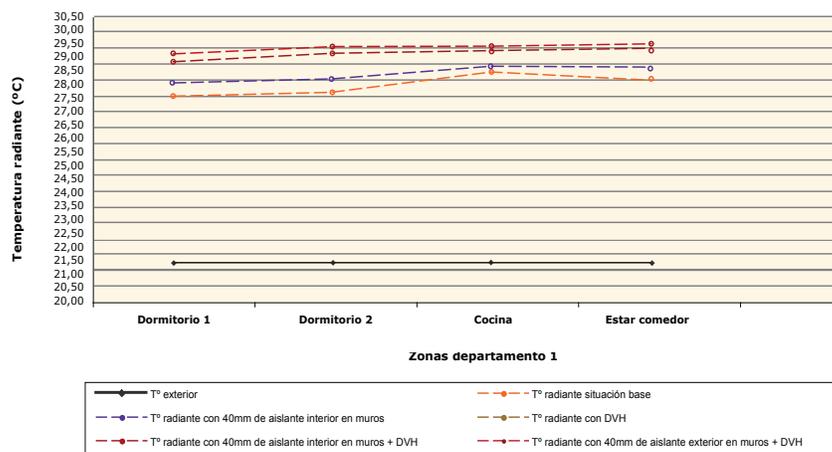
Figura N° 6.8: Temperatura del aire promedio al interior de los recintos en situación de invierno. Departamento Edificio 2



Las temperaturas interiores para el departamento seleccionado en el edificio 2, serán levemente superiores que las obtenidas en el departamento del edificio 1. Así, el departamento que se comporta de manera más deficiente en el edificio 2 poseerá mejores características térmicas que el más deficiente del edificio 1.

A continuación se presenta un gráfico que muestra la temperatura radiante de los recintos, es decir, la que emiten las paredes, que juega un papel importante dentro de la sensación de confort al interior de los recintos.

Figura N° 6.9: Temperatura radiante promedio de las paredes en situación de invierno.
Departamento Edificio 2



Al igual que lo sucedido con el departamento 5 del edificio 1, la temperatura que emiten las paredes ayudará a la sensación de confort de las personas que habitan el departamento. Si bien este aumento no es significativo, desde el punto de vista de la sensación de confort, sí lo es.

6.3 Análisis del comportamiento térmico con software CCTE

Los valores de demanda de calefacción obtenidos por el software CCTE son superiores a los valores obtenidos con las simulaciones del software TAS. Las diferencias se basan principalmente en la forma en que cada uno de los softwares reconoce las zonas del edificio, ya que para el caso del CCTE, un departamento corresponde a una zona, mientras que para el software TAS el departamento está mucho más compartimentado ayudando a mejorar las características térmicas del recinto. Además, los datos climatológicos, si bien son los mismos valores para ambos, las variables climáticas utilizadas por el CCTE no coinciden en un 100% con las variables climáticas utilizadas por el software TAS.

A continuación se presentan los valores de demanda obtenidos por el software CCTE, que podrían servir para fijar estándares para futuras licitaciones.

Tabla 6.10: Demandas de calefacción anuales promedio por departamento. Edificio1

Orientación	Espacio	Área (m ²)	Vidrio simple sin aislante	DVH sin aislante	DVH + 20mm (interior)	DVH + 20mm (exterior)	DVH + 40mm (interior)	DVH + 40mm (exterior)
			Calefacción (kWh/m ² año)					
N	P01-E01	53,19	84,20	68,10	53,40	53,10	48,40	48,30
S	P01-E02	53,19	98,90	81,90	65,60	65,60	58,20	58,50
S	P01-E03	53,19	89,10	70,70	58,20	58,20	54,40	54,60
S	P01-E04	53,19	89,10	70,70	58,20	58,30	54,40	54,60
S	P01-E05	53,19	99,90	82,90	66,20	66,20	59,70	58,80
N	P01-E06	53,19	84,90	68,80	53,70	53,40	48,50	48,40
N	P01-E07	53,19	74,70	56,70	48,10	48,00	44,90	44,80
N	P01-E08	53,19	74,40	56,40	47,80	47,60	44,60	44,50
N	P02-E09	53,19	84,00	67,90	53,20	52,90	48,20	48,10
S	P02-E10	53,19	99,00	81,90	65,60	65,60	58,10	58,40
S	P02-E11	53,19	89,20	70,70	58,20	58,30	54,30	54,50
S	P02-E12	53,19	89,20	70,70	58,20	58,30	54,40	54,60
S	P02-E13	53,19	100,00	83,00	66,20	66,20	59,70	58,80
N	P02-E14	53,19	84,70	68,60	53,40	53,20	48,30	48,20
N	P02-E15	53,19	74,50	56,50	48,00	47,80	44,70	44,70
N	P02-E16	53,19	74,20	56,20	47,60	47,40	44,30	44,30
N	P03-E17	53,19	84,10	68,00	53,30	53,10	48,30	48,20
S	P03-E18	53,19	99,10	82,10	65,80	65,80	59,60	58,60
S	P03-E19	53,19	89,30	70,90	59,60	58,40	54,50	54,70
S	P03-E20	53,19	89,30	70,90	59,70	58,50	54,60	54,80
S	P03-E21	53,19	100,00	83,10	66,30	66,30	59,90	59,00
N	P03-E22	53,19	84,80	68,80	53,70	53,40	48,50	48,40
N	P03-E23	53,19	74,60	56,60	48,10	47,90	44,90	44,80
N	P03-E24	53,19	74,30	56,40	47,90	47,70	44,60	44,60
N	P04-E25	53,19	90,60	74,70	60,40	60,20	55,60	55,50
S	P04-E26	53,19	107,40	90,60	75,20	75,20	69,20	69,40
S	P04-E27	53,19	98,20	80,00	69,10	69,20	65,10	65,30
S	P04-E28	53,19	98,10	80,00	69,20	69,20	65,10	65,30
S	P04-E29	53,19	108,40	91,60	75,70	75,70	69,60	69,80
N	P04-E30	53,19	91,30	75,40	60,80	60,50	55,80	55,80
N	P04-E31	53,19	81,30	63,30	55,10	55,00	52,10	52,00
N	P04-E32	53,19	81,20	63,30	55,10	54,90	52,00	51,90
TOTAL		1.702,08	88,81	71,48	58,64	58,47	53,89	53,82

Tabla 6.11: Demandas de calefacción anuales promedio por departamento. Edificio 2

Orientación	Espacio	Área (m ²)	Vidrio simple + 20mm (interior)	Vidrio simple + 20mm (exterior)	DVH + 20mm (interior)	DVH + 20mm (exterior)	DVH + 40mm (interior)	DVH + 40mm (exterior)
			Calefacción (kWh/m ² año)					
SO	P01-E01	57,76	89,50	89,30	69,70	69,60	59,80	59,70
S	P01-E02	59,20	86,90	86,80	61,10	61,20	56,40	56,40
SE	P01-E03	68,49	88,60	88,20	67,10	66,80	58,10	57,70
SO	P02-E04	57,76	89,40	89,30	69,60	69,60	59,70	59,70
S	P02-E05	59,20	86,90	86,80	61,10	61,10	56,40	56,40
SE	P02-E06	68,49	88,50	88,10	66,90	66,70	58,00	57,60
SO	P03-E07	57,76	89,40	89,30	69,60	69,60	59,70	59,70
S	P03-E08	59,20	86,90	86,80	61,10	61,10	56,40	56,40
SE	P03-E09	68,49	88,50	88,10	66,90	66,70	58,00	57,60
SO	P04-E10	57,76	89,40	89,30	69,60	69,60	59,70	59,70
S	P04-E11	59,20	86,90	86,80	61,10	61,10	56,40	56,40
SE	P04-E12	68,49	88,50	88,10	66,90	66,70	58,00	57,60
SO	P05-E13	57,76	89,40	89,30	69,60	69,60	59,70	59,70
S	P05-E14	59,20	86,90	86,80	61,10	61,10	56,40	56,40
SE	P05-E15	68,49	88,50	88,10	66,90	66,70	58,00	57,60
SO	P06-E16	57,76	89,50	89,30	69,60	69,60	59,70	59,70
S	P06-E17	59,20	86,80	86,70	61,00	61,10	56,30	56,30
SE	P06-E18	68,49	88,50	88,10	66,90	66,70	58,00	57,60
SO	P07-E19	57,76	89,50	89,40	69,70	69,70	59,80	59,70
S	P07-E20	59,20	86,80	86,70	60,90	61,00	56,20	56,30
SE	P07-E21	68,49	88,40	88,10	66,90	66,60	57,90	57,60
SO	P08-E22	57,76	89,50	89,30	69,70	69,60	59,70	59,70
S	P08-E23	59,20	86,90	86,80	61,00	61,10	56,30	56,40
SE	P08-E24	68,49	88,50	88,10	67,00	66,70	58,00	57,70
SO	P09-E25	57,76	89,60	89,40	69,80	69,80	61,20	59,80
S	P09-E26	59,20	87,00	86,90	62,40	61,30	56,50	56,50
SE	P09-E27	68,49	88,60	88,20	67,20	66,90	58,30	57,90
SO	P10-E28	57,76	99,60	99,30	80,80	80,70	72,40	72,10
S	P10-E29	59,20	96,80	96,70	73,30	73,20	68,30	67,10
SE	P10-E30	68,49	98,30	97,90	78,00	77,70	70,20	69,70
TOTAL		1.854,50	89,28	89,07	67,08	66,96	59,32	59,09



» 7. Situación de verano. Temperatura al interior de los recintos

Se presentan a continuación las temperaturas al interior del departamento que poseerá un mayor asoleamiento en verano, siendo el más desfavorable desde el punto de vista del sobrecalentamiento. El análisis se realizó para el día 65, en que se presentan altas temperaturas y alta radiación solar.

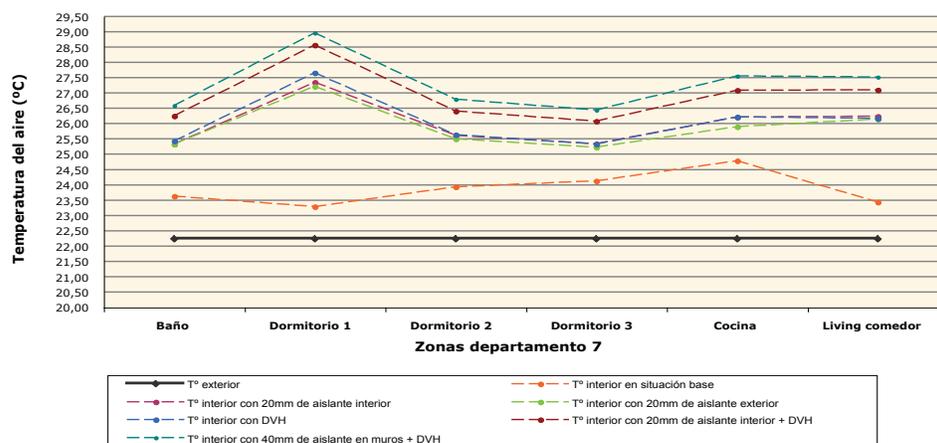
- Temperatura máxima: 32,9°C
- Temperatura mínima: 8,2°C
- Radiación solar global diaria: 7.907 W/m²día

7.1 Temperatura al interior de departamento Edificio 1

El departamento en estudio para el edificio 1 corresponde al departamento 7 ubicado en la planta 3.

A continuación se muestra el gráfico con las temperaturas promedio diarias (tomadas de 7:00 hrs a 22:00 hrs) del aire al interior de los recintos del departamento en estudio para cada uno de los escenarios planteados.

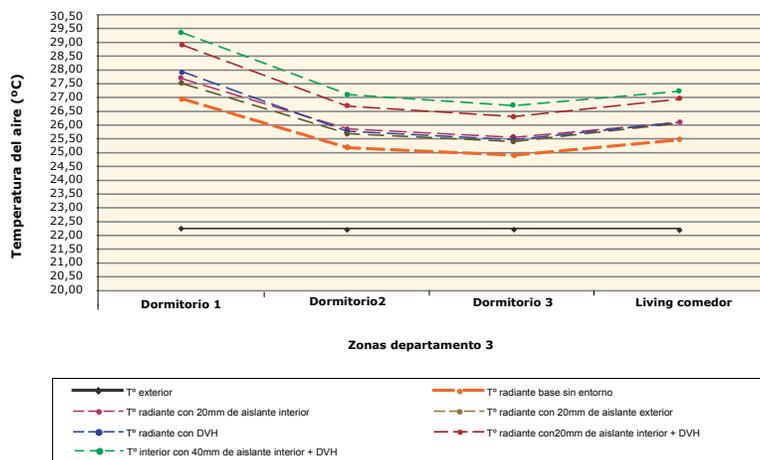
Figura N° 7.1: Temperatura del aire promedio al interior de los recintos en situación de verano. Departamento Edificio 1^o



En el gráfico anterior se puede apreciar que las mejoras sugeridas para el caso de invierno no mejoran las condiciones de temperatura al interior de los recintos para el caso de verano. Sin embargo, con mecanismos de protección solar y ventilación aplicados al departamento, estas temperaturas que pueden parecer demasiado altas al interior, disminuyen considerablemente.

Se presenta a continuación un gráfico que denota la temperatura radiante de los recintos, es decir, la que emiten las paredes, que juega un papel importante dentro de la sensación de confort al interior de los recintos.

Figura N° 7.2: Temperatura radiante promedio de las paredes en situación de verano.
Departamento Edificio 1



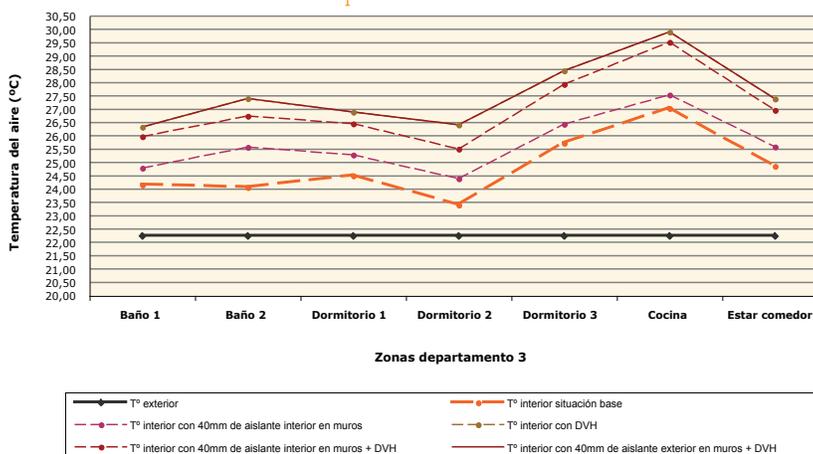
Las paredes para el caso de verano aportarán a la temperatura interior de los recintos, es por esto que las recomendaciones de protección solar y ventilación ayudarán a disminuir la temperatura tanto de las paredes como al interior de los recintos. El diseño de protecciones debe ser de tipo vertical en ventanas ubicadas en oriente y poniente y horizontal en el caso de ventanas ubicadas al norte y sur, así se maximiza la sombra en períodos de verano. La ventilación base en períodos calurosos debe complementarse con ventilación natural.

7.2 Temperatura al interior de departamento Edificio 2

El departamento en estudio para el edificio 2 corresponde al número 3 ubicado en la planta 7.

A continuación se muestra el gráfico con las temperaturas promedio diarias (tomadas de 7:00 hrs a 22:00 hrs) del aire al interior de los recintos del departamento en estudio para cada uno de los escenarios planteados.

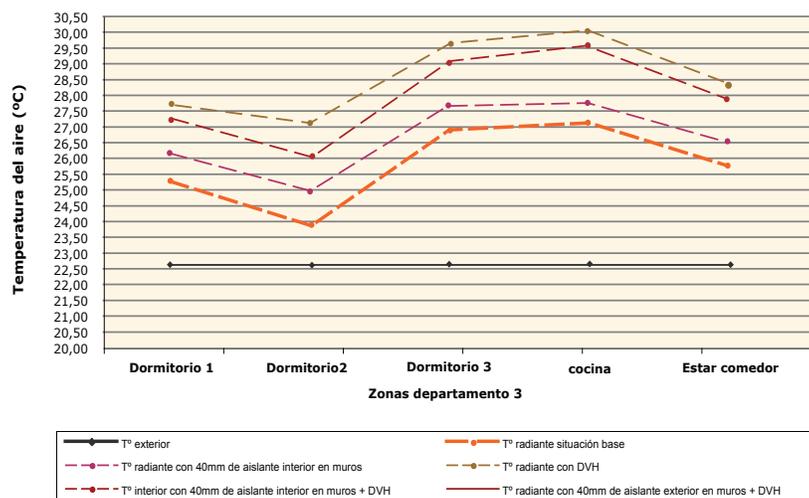
Figura N° 7.3: Temperatura del aire promedio al interior de los recintos en situación de verano.
Departamento Edificio 2



El departamento analizado posee temperaturas interiores que superan levemente las temperaturas obtenidas para el departamento 1. Al igual que como se expuso para el caso del departamento del edificio 1, es necesaria la utilización de sistemas de protección solar y ventilación para evitar sobrecalentamientos en verano. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el nivel de ventilación utilizado en la simulación es de 1 vol/hora y constante para todo el año, lo cual es mayor en la realidad para el caso de verano, y juega un papel importante para la reducción de las temperaturas al interior de los recintos.

Se presenta a continuación un gráfico que muestra la temperatura radiante de los recintos, es decir, la que emiten las paredes, que juega un papel importante dentro de la sensación de confort al interior de los recintos.

Figura N° 7.4: Temperatura radiante promedio de las paredes en situación de verano.
Departamento Edificio 2



Para el departamento en estudio, se registra que no hay mayores diferencias entre la temperatura radiante y la temperatura al interior de los recintos. En este caso se mejoran las condiciones de las paredes debido a la masa térmica aportada por el hormigón armado, lo cual no sucedía para el caso del edificio 1, donde la estructura era de albañilería de ladrillo, el cual posee menor masa térmica.



» 8. Análisis de los costos asociados a las mejoras térmicas

En esta etapa se realiza en primer lugar el análisis de costos asociados a las mejoras planteadas a los edificios, el que será comparado luego con los ahorros generados producto de la disminución en el consumo de energía para calefaccionar los departamentos.

8.1 Incrementos asociados a las mejoras propuestas

En el caso de los muros los costos se presentan como costos adicionales, debido a que son soluciones constructivas que se agregan a la solución planteada inicialmente, la materialidad base no será modificada. Por lo tanto, el costo adicional corresponderá netamente al sistema constructivo que fue propuesto para mejorar los muros.

En el caso de las ventanas, el costo adicional corresponderá a la diferencia entre el costo directo por m² al utilizar vidrioado simple y DVH, debido a que se reemplaza una solución por otra.

Debido a lo anterior, es necesario conocer sólo el valor base del vidrioado simple para poder obtener el adicional al utilizar DVH. Los costos de los sistemas constructivos de muro base no es necesario conocerlos, ya que independiente del valor que adopten el diferencial será el mismo.

A continuación se presentan los costos directos utilizados en el análisis económico, que representan el precio del m² instalado del sistema constructivo. Así, los costos presentados para muros corresponden al costo de construcción por cada m² de muro que deba ser mejorado con dicho sistema constructivo. En el caso de ventanas, el costo corresponde al costo promedio (según presupuestos presentados en anexos) de cada m² de ventana para las distintas soluciones.

Tabla 8.1: Costos directos utilizados en el análisis económico de las soluciones propuestas

Sistema constructivo	Costo directo UF/m ² de sistema constructivo	
	Edificio 1	Edificio 2
Vidrio simple	1,49	1,29
DVH con marco de aluminio	3,85	3,21
DVH con marco de PVC	3,56	2,81
Aislación interior 20mm	0,58	0,58
Aislación interior 40mm	0,69	0,69
Incorporar 20mm de aislación adicionales sobre aislación interior base de 20mm	0,11	0,11
Aislación exterior 20mm	0,74	0,74
Aislación exterior 40mm	0,83	0,83

- Valor UF: \$20.140 al día 15 de junio
- Costo Directo correspondiente a materiales y mano de obra.

Los costos anteriores serán utilizados para determinar el monto total que se debe invertir en cada uno de los edificios si se quiere mejorar térmicamente, de acuerdo con los escenarios propuestos para cada edificio en particular.

8.1.1 Incremento en costos directos Edificio 1 mejorado

En primer lugar se deben conocer las superficies de muro y ventanas a mejorar térmicamente, que corresponderán a aquellas expuestas al exterior.

Tabla 8.2: Superficies de muro y ventanas a mejorar térmicamente en Edificio 1

	Depto. Central	Depto. Esquina	Total Edificio 1
Superficie de Muro (m ²)	29,9	53,2	1.329,6
Superficie Vidriada (m ²)	10,2	10,2	327,04

Conociendo estas superficies, se determina el monto total de inversión en cada uno de los escenarios propuestos. Lo anterior se determina multiplicando el costo directo por m² de solución propuesta por la superficie que debe ser mejorada con dicha solución. Luego de obtener el monto total de inversión para cada escenario, se determina el costo directo por m² construido de departamento adicional por mejora realizada en cada escenario, que servirá para analizar el valor de venta de los departamentos mejorados.

El edificio 1 posee un total de 1.939,2 m² construidos en planta. Así, los incrementos en UF/m² construido que generarán cada una de las mejoras propuestas, serán los presentados en la tabla siguiente:

Tabla 8.3: Costos directos UF/m² construidos adicionales generados por los distintos escenarios de mejoras térmicas propuestos en Edificio 1

Escenario propuesto	Costo directo adicional total (UF)	Costo directo UF/m ² construidos
1 Agregar 20mm de aislante interior	774	0,4
2 Agregar 20mm de aislante exterior	982	0,51
3 Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	772	0,4
Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	677	0,35
4 Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.546	0,8
Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.660	0,86
5 Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.691	0,87
Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.596	0,82

8.1.2 Incremento en costos directos Edificio 2 mejorado

Las superficies de muro y ventanas a mejorar térmicamente en el Edificio 2 son las siguientes:

Tabla 8.4: Superficies de muro y ventanas a mejorar térmicamente en Edificio 2

	Depto. 1	Depto. 2	Depto. 3	Total Edificio 2
Superficie de Muro (m ²)	69,4	12,5	74,2	1.561,30
Superficie Vidriada (m ²)	14,5	16,2	16,2	469,00

Tabla 8.5: Costos directos UF/m² construidos adicionales generados por los distintos escenarios de mejoras térmicas propuestos en Edificio 2

Escenario propuesto	Costo directo adicional total (UF)	Costo directo UF/m ² construidos
1 Agregar 20mm de aislante interior	170	0,06
2 Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	900	0,33
Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	713	0,26
3 Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.070	0,39
Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	883	0,32
4 Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.288	0,47
Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.101	0,4

8.2 Ahorros asociados a las mejoras propuestas

Los ahorros asociados a las mejoras térmicas se reflejarán en la disminución del gasto por consumo de energía para calefaccionar.

En el edificio 1 se considerarán el kerosene y el gas licuado como las energías que se utilizarán para calefaccionar y en el edificio 2, el gas licuado y la electricidad.

Los precios por kWh de calefacción para cada una de las energías seleccionadas y el rendimiento de los equipos se fijaron como sigue:

Tabla 8.6: Precio de la energía y rendimiento equipos de calefacción

Equipo	Energía a utilizar	Precio del kWh de energía		Rendimiento de los equipos (%)
		\$/kWh	UF/kWh	
Estufa	kerosene	63	0,003	95
Estufa	Gas licuado	67	0,003	95
Sistema Electrico	electricidad	115	0,006	100

Los precios de la energía corresponden a valores publicados para el mes de julio de 2008 (consultados en Gasco en el caso del gas para galones de 45 kg, Estaciones de Servicio de Santiago para el kerosene y cuenta eléctrica doméstica de la empresa Chilectra). Los poderes caloríficos utilizados para convertir los precios de kerosene y gas a precios por kWh fueron obtenidos de la CNE.

A continuación se presentan los ahorros generados en calefacción para cada uno de los escenarios planteados. Es importante mencionar que no se considera una diferencia en el comportamiento de las ventanas DVH al cambiar de marco de aluminio a PVC, si bien éstas últimas se comportan un poco mejor. De esta manera se analizará sólo la diferencia en costos de inversión de ambas soluciones.

Tabla 8.7: Ahorros anuales en calefacción al mejorar el Edificio 1

Escenario propuesto	Ahorro total en calefacción kWh/año	Estufa a kerosene		Estufa a gas licuado	
		Ahorro anual total (\$)	Ahorro anual total (UF)	Ahorro anual total (\$)	Ahorro anual total (UF)
1 Agregar 20mm de aislante interior	22.439	1.488.077	74	1.582.558	79
2 Agregar 20mm de aislante exterior	22.402	1.485.598	74	1.579.922	78
3 Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	20.391	1.352.252	67	1.438.109	71
Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	20.391	1.352.252	67	1.438.109	71
4 Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	37.769	2.504.708	124	2.663.737	132
Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	37.769	2.504.708	124	2.663.737	132
5 Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	48.169	3.194.388	159	3.397.207	169
Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	48.169	3.194.388	159	3.397.207	169

Tabla 8.8: Ahorros anuales en calefacción al mejorar el Edificio 2

Escenario propuesto	Ahorro total en calefacción kWh/año	Estufa a gas licuado		Sistema eléctrico	
		Ahorro anual total (\$)	Ahorro anual total (UF)	Ahorro anual total (\$)	Ahorro anual total (UF)
1 Agregar 20mm de aislante interior	15.403	1.086.341	54	1.771.385	88
2 Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	43.159	3.043.846	151	4.963.287	246
Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	43.159	3.043.846	151	4.963.287	246
3 Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	59.318	4.183.498	208	6.821.600	339
Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	59.318	4.183.498	208	6.821.600	339
4 Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	59.854	4.221.282	210	6.883.210	342
Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	59.854	4.221.282	210	6.883.210	342

8.3 Recuperación de la inversión

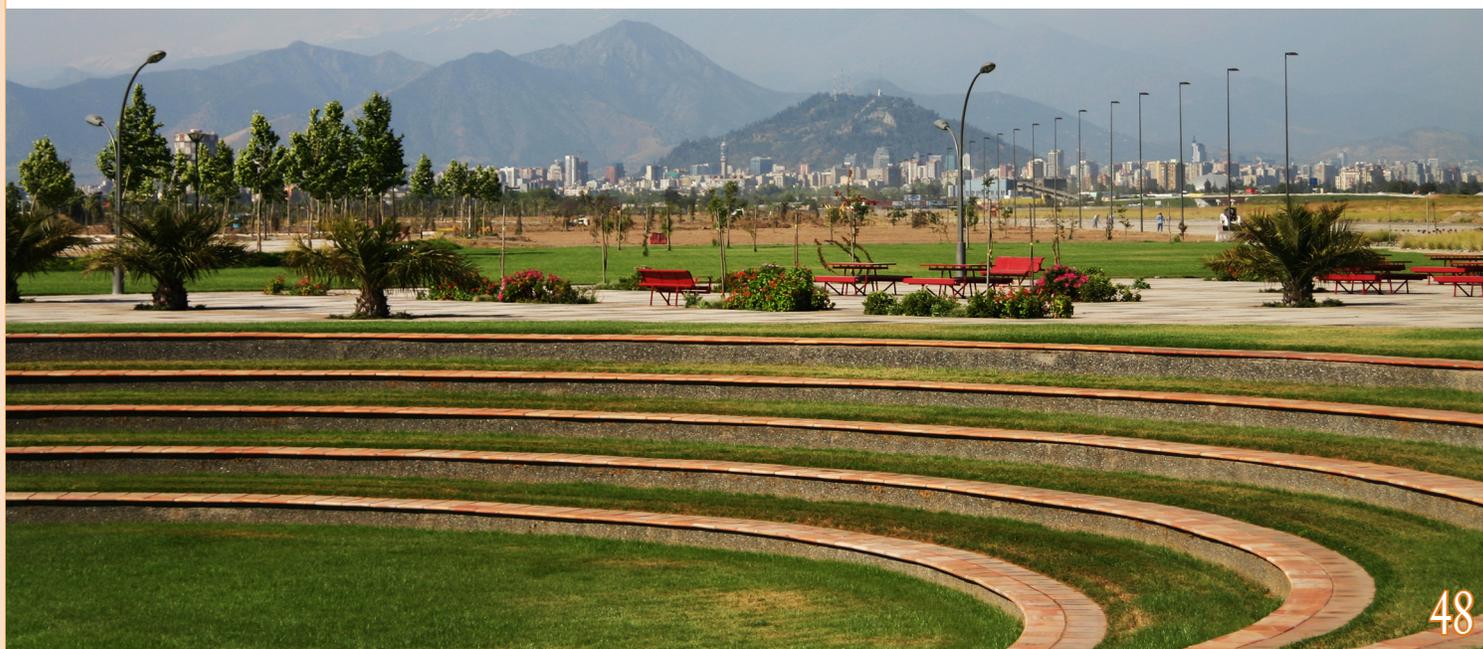
A continuación se establece la recuperación de la inversión en mejoramientos de los edificios medida en años comparada con el ahorro en demanda de calefacción

Tabla 8.9: Recuperación de la inversión en mejoras térmicas Edificio 1

Escenario propuesto	Costo directo adicional (UF)	Ahorro anual total (UF)		Recuperación de la inversión (años)	
		Estufa a kerosene	Estufa a gas licuado	Estufa a kerosene	Estufa a gas licuado
1 Agregar 20mm de aislante interior	774	74	79	10,5	9,8
2 Agregar 20mm de aislante exterior	982	74	78	13,3	12,6
3 Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	772	67	71	11,5	10,9
Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	677	67	71	10,1	9,5
4 Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.546	124	132	12,5	11,7
Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.660	124	132	13,4	12,6
5 Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.691	159	169	10,6	10,0
Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.596	159	169	10,0	9,4

Tabla 8.10: Recuperación de la inversión en mejoras térmicas Edificio 2

	Escenario propuesto	Costo directo adicional (UF)	Ahorro anual total (UF)		Recuperación de la inversión (años)	
			Estufa a gas licuado	Sistema eléctrico	Estufa a gas licuado	Sistema eléctrico
1	Agregar 20mm de aislante interior	170	54	88	3,1	1,9
2	Cambiar vidriado simple por DVH (marco de aluminio)	900	151	246	6,0	3,7
	Cambiar vidriado simple por DVH (marco de PVC)	713	151	246	4,7	2,9
3	Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.070	208	339	5,1	3,2
	Agregar 20mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	883	208	339	4,2	2,6
4	Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de aluminio)	1.288	210	342	6,1	3,8
	Agregar 40mm de aislante interior + DVH (marco de PVC)	1.101	210	342	5,2	3,2



» 9. Criterios de eficiencia energética para bases de licitación en Ciudad Parque Bicentenario

9.1 Criterios de diseño para la envolvente

Carácter: Obligatorio

Incorporación 40 mm de material aislante térmico en la envolvente vertical, instalado por el exterior de los muros y cuya conductividad térmica sea menor o igual a $0,045 \text{ W/mK}$, certificado por laboratorios acreditados ante el MINVU o perteneciente al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del MINVU. Se solicita además que la solución diseñada resista las solicitaciones mecánicas y climáticas a las cuales se verá sometida. En este sentido, el revestimiento sobre el aislante debe ser completamente impermeable a la lluvia y permeable al traspaso de vapor de agua.

En el caso de considerar aislante al interior del muro se debe asegurar la incorporación de una barrera de vapor lo más al interior posible, ya que al colocarla descenderá la curva de presiones parciales desde el punto donde esté ubicada, por lo tanto, disminuirá el riesgo de condensación de todos los materiales que estén al exterior de ésta.

Carácter: Obligatorio

Todas las ventanas deberán ser de tipo doble vidriado hermético (DVH) con un valor de transmitancia térmica no mayor a $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, certificado por laboratorios acreditados ante el MINVU y cuyos marcos podrán ser de PVC o de aluminio con ruptura de puente térmico. Se solicita además que las ventanas posean una certificación de permeabilidad al aire de acuerdo a la norma *NCh892 Of.2001* "Arquitectura y Construcción – Ventanas – Ensayo de estanquidad al aire".

9.2 Criterios de diseño con respecto a la orientación de los edificios

Carácter: Sugerido

Privilegiar dentro del diseño del edificio, la orientación norte para todos aquellos recintos de los departamentos que sean de permanencia, vale decir: dormitorios, living-comedor y estar.

9.3 Criterios de diseño con respecto al distanciamiento entre edificios

Carácter: Sugerido

En las agrupaciones de edificios de departamentos orientados en el sentido norte-sur (Figura 1), se recomienda generar un distanciamiento mínimo correspondiente a una rasante de 30° con respecto a la línea horizontal, desde el plano vertical de fachada de cada uno de éstos a nivel de terreno natural (Figura 9.2).



Figura 9.1: Ejemplo de agrupación de edificios en sentido norte-sur (vista en planta)

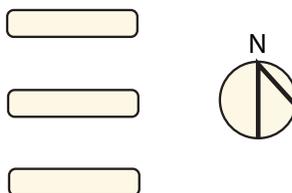
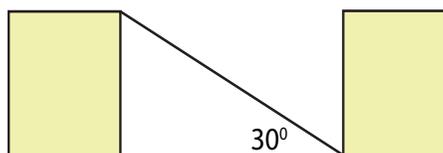


Figura 9.2: Rasante que regula el distanciamiento entre edificios emplazados en sentido norte-sur (vista en sección)



9.4 Criterios de diseño con respecto a la ventilación de recintos

Carácter: Obligatorio

Utilización de ventilación forzada para recintos húmedos (cocina y baño). Se exige la especificación y dimensionamiento del mecanismo de ventilación forzada para condiciones de diseño normales de acuerdo al destino de uso de la vivienda. Considerar ventilación forzada en baños y cocinas que permita un intercambio mínimo de aire proveniente desde el ambiente exterior de 3,6 m³/hora por cada m² de superficie de piso (Fuente: <http://www.viviendasana.cl>).

9.5 Criterios de diseño con respecto a la protección solar

Carácter: Obligatorio

Se recomienda la instalación de protecciones solares opacas idealmente exteriores para las orientaciones norte, oriente y poniente. En orientaciones oriente y poniente, la protección solar opaca exterior vertical es más efectiva, mientras que los aleros son efectivos como protección solar para la orientación norte.

» Anexo A

Presencia de condensación superficial e intersticial en los elementos de la envolvente

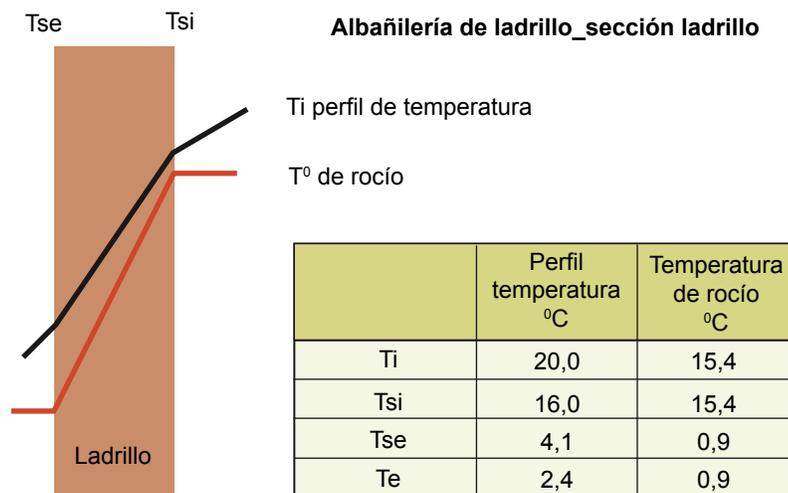
Se presentan a continuación los perfiles de temperatura en los distintos elementos de la envolvente con el fin de verificar el riesgo de condensación en las soluciones propuestas. Para la estimación del riesgo de condensación se consideran los siguientes valores de T° y humedad relativa:

- T° exterior = 2.4°C (T° promedio mínima para Cerrillos)
- T° interior = 20°C (T° de confort al interior de los recintos)
- HR interior = 75%
- HR exterior = 90%

a) Muros

a.1 Muro de albañilería

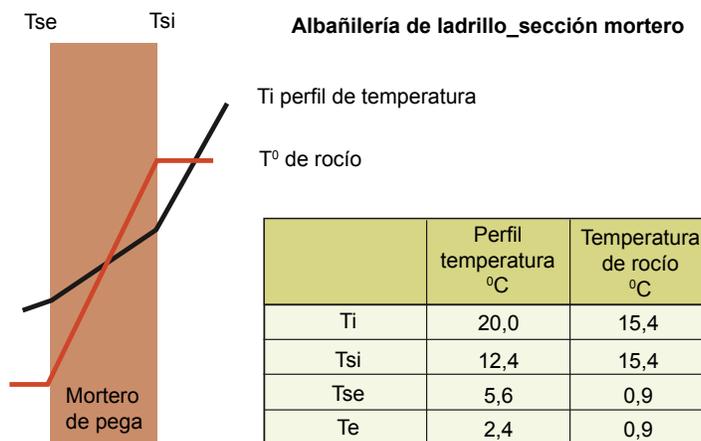
Figura A.1.1: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección ladrillo



La figura anterior muestra el riesgo de condensación en el muro de albañilería, analizando transversalmente el ladrillo. Se observa que las temperaturas en el ladrillo son mayores que la temperatura de rocío, por lo tanto, con las condiciones consideradas de T° y HR, el ladrillo no presenta riesgo de condensación superficial ni intersticial.

Ahora, al analizar transversalmente el mortero de pega de la albañilería, se produce lo siguiente:

Figura A.1.2: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección mortero de pega

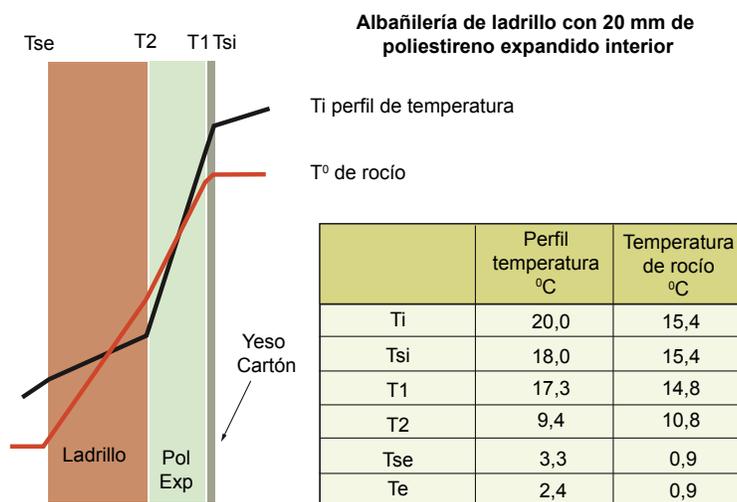


A través del mortero existirá riesgo de condensación en la superficie interior, ya que la temperatura superficial interior del muro es inferior a la temperatura de rocío. Existirá una zona de riesgo hacia el interior del mortero para las condiciones de T° y HR consideradas.

Ahora se verificará el riesgo de condensación tanto en la sección transversal de ladrillo como en la sección correspondiente al mortero de pega, para los casos en que se instala aislación al interior y al exterior.

En primer lugar, se analizará la sección de ladrillo con aislación interior:

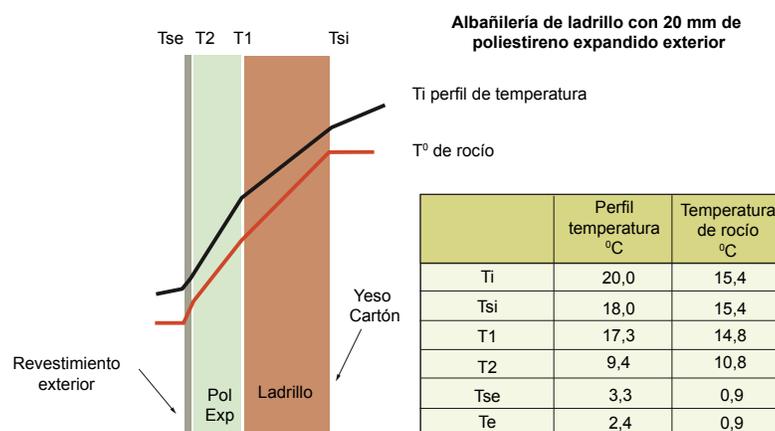
Figura A.1.3: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección ladrillo con 20 mm de aislante interior



Al instalar aislante interior no se elimina el riesgo de condensación, sino que está presente intersticialmente en la zona de contacto entre el aislante y el ladrillo.

A continuación se analiza el caso de aislación exterior:

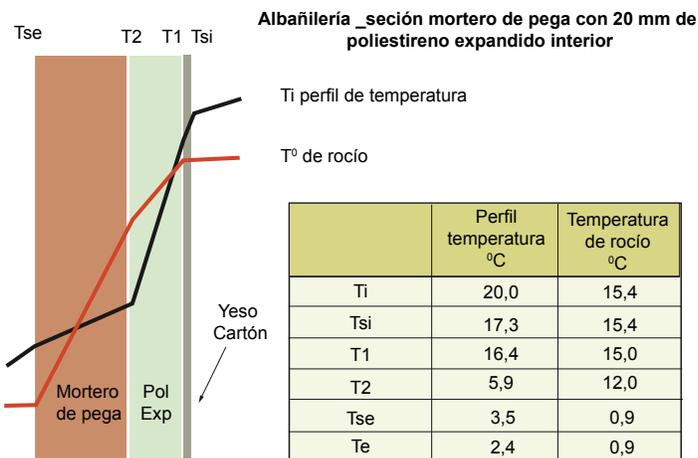
Figura A.1.4: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección ladrillo con 20 mm de aislante exterior



Al instalar el aislante por el exterior se elimina el riesgo de condensación superficial e intersticial a través de la sección de ladrillo.

A continuación se muestra el caso de la sección de mortero de pega. En primer lugar se presenta el caso con aislación interior:

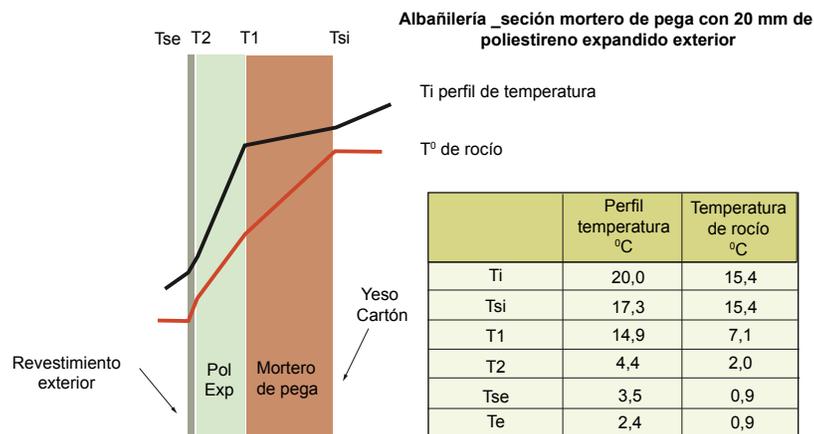
Figura A.1.5: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección mortero de pega con 20 mm de aislante interior



Se observa que existe riesgo de condensación intersticial en la zona de contacto entre el mortero de pega y el aislante.

A continuación se verificará el caso en que la aislación es supuesta por el exterior:

Figura A.1.6: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de albañilería - sección mortero de pega con 20 mm de aislante exterior

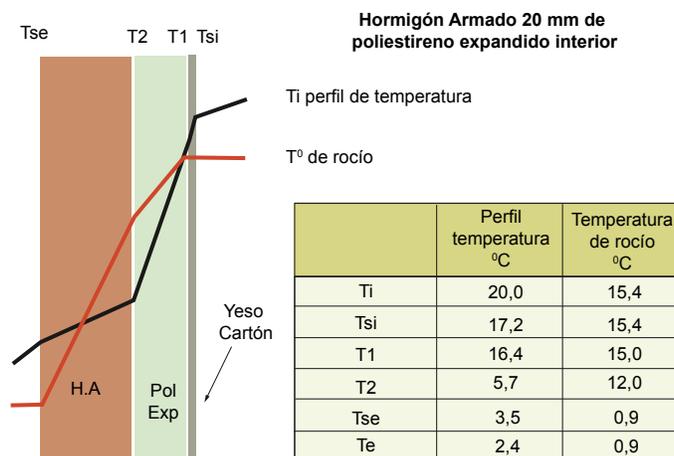


Se observa que al instalar aislante por el exterior se elimina el riesgo de condensación superficial e intersticial en el muro, producto de la mayor temperatura observada en el perfil correspondiente si se compara con el caso en el que el aislante está supuesto por el interior.

a.2 Muro de hormigón armado con aislante de 20 mm interior

A continuación se presenta la situación base de muro propuesto para el edificio 2 con aislante interior, verificando el riesgo de condensación en éste para las condiciones planteadas.

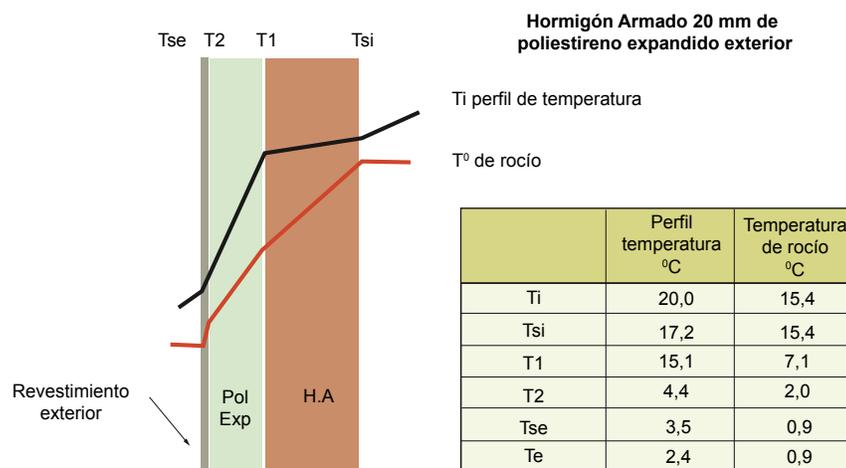
Figura A.1.7: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de hormigón con aislación interior de 20 mm



Se observa que para las condiciones establecidas existirá riesgo de condensación intersticial en la zona de contacto entre el poliestireno expandido con el hormigón armado.

Para resolver este problema, debiera existir una barrera de vapor en la interfase poliestireno expandido/yeso cartón (por ejemplo polietileno) o una pintura impermeable al paso de vapor sobre el yeso cartón. Las soluciones prefabricadas de poliestireno expandido con yeso cartón que existen en el mercado nacional no contienen polietileno o barrera de vapor incorporada entre el yeso cartón y el aislante térmico.

Figura A.1.8: Riesgo de condensación superficial e intersticial en muro de hormigón con aislación exterior de 20 mm



Al suponer el aislante lo más al exterior posible, se eleva la curva de temperatura disminuyendo el riesgo de condensación de todos los elementos que van hacia el interior del recinto, por lo tanto, para las condiciones planteadas se elimina el riesgo de condensación con una aislación exterior.

b) Ventanas

En ventanas se analizará el riesgo de condensación superficial, debido a que las condiciones al interior de éstas para el caso de marcos y cámara de aire al interior de DVH son totalmente herméticas.

Tabla A.1.1: Riesgo de condensación superficial en ventanas

	T° superficial interior	T° de Rocío	Riesgo de condensación
Vidriado simple 4 mm	7,8	15,4	Sí
DVH 4+10+4 mm	14	15,4	Sí
Marco de aluminio	7,6	15,4	Sí
Marco de PVC	10,4	15,4	Sí

Si bien el riesgo de condensación superficial se dará en todos los casos analizados, para el caso del DVH y marco de PVC el riesgo será menor que en los casos de vidrio simple y marco de aluminio (sin corte de puente térmico), por lo tanto, estas constituyen una mejor solución desde el punto de vista térmico y de riesgos de condensación.

c) Comentarios finales respecto a fenómenos de condensación

- En el caso de muros, el riesgo de condensación disminuye en forma significativa si se supone aislación térmica exterior.
- La instalación de aislación térmica interior puede eliminar la condensación superficial, pero no necesariamente la condensación intersticial. En este caso es recomendable instalar una barrera de vapor lo más al interior posible.
- En ventanas, el menor riesgo de condensación ocurre en paneles vidriados DVH (doble vidriado hermético) y en marcos de PVC.
- Toda solución para disminuir riesgos de condensación en la envolvente debe estar acompañada de una adecuada ventilación en la vivienda, de modo de no superar la humedad relativa de confort interior considerada (75% HR). Una ventilación insuficiente puede implicar mayor humedad relativa en el interior que la considerada en las estimaciones del riesgo de condensación.
- Los problemas de condensación generan deterioro de las soluciones constructivas, problemas de salud en las personas y generan un ambiente propicio para el crecimiento de hongos en el interior.

» Anexo B

Análisis y simulación de las demandas de calefacción para condiciones especiales

Edificios Modelo emplazados en Ciudad Parque Bicentenario

Las presentes simulaciones de demanda de calefacción corresponden a una petición del mandante a manera de poder diseñar los sistemas de colectores solares para uso sanitario en los Edificios Modelo.

Condiciones especiales de operación

Las condiciones establecidas para las simulaciones son las mismas que ya fueron descritas en el informe, solamente variarán las temperaturas de confort a las que operarán los departamentos para el cálculo de las demandas.

El régimen de temperatura considerado en ambos casos para todos los recintos es de:

- Baño y Cocina: Sin exigencias
- Dormitorio:

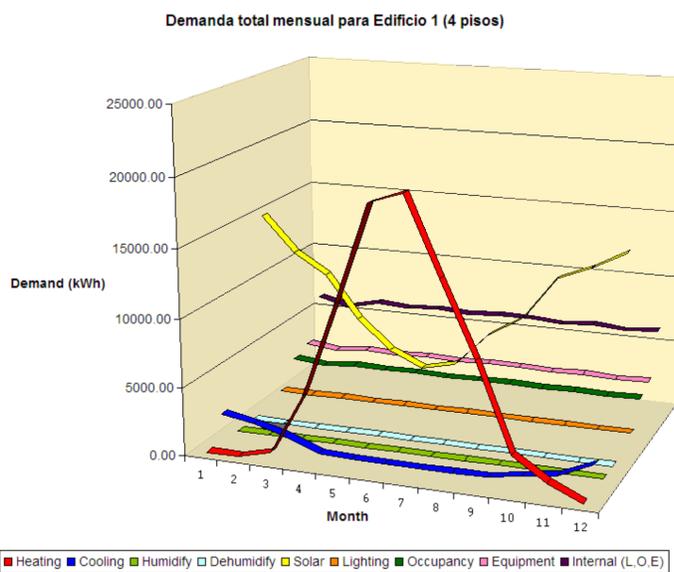
23:00 hrs a 06:00 hrs:	17°C
06:00 hrs a 19:00 hrs:	15°C
19:00 hrs a 23:00 hrs:	20°C
- Estar – Comedor:

23:00 hrs a 06:00 hrs:	15°C
06:00 hrs a 19:00 hrs:	18°C
19:00 hrs a 23:00 hrs:	20°C

Demandas de calefacción por edificio para condiciones especiales de operación.

Se presenta a continuación un gráfico que muestra la variación de la demanda de calefacción (kWh) del edificio 1 para diferentes meses del año (Figura 3). Esta demanda está estimada para la superficie total del edificio. En este gráfico también se observan las ganancias solares e internas del edificio.

Figura B.2.1: Variación de la demanda de calefacción mensual para Edificio 1



La tabla siguiente muestra la demanda de calefacción mensual para la superficie total del edificio 2, en que se observa que esta demanda es despreciable para los meses de verano en la Comuna de Cerrillos.

Tabla B.2.1: Edificio 1. Cargas de calefacción mensual (superficie total edificio)

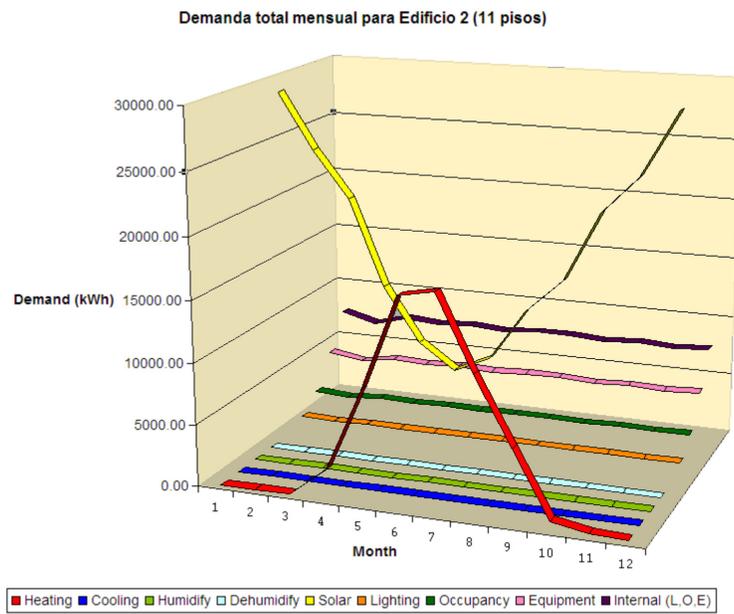
Mes	Calefacción
	kWh
enero	141,62
febrero	162,50
marzo	735,88
abril	5.193,25
mayo	11.973,28
junio	19.164,30
julio	20.001,05
agosto	14.481,87
septiembre	9.133,56
octubre	2.844,04
noviembre	1.230,95
diciembre	112,55

Tabla B.2.2: Demanda de calefacción por departamentos en Edificio 1 (4 pisos)

Departamento	Área (m ²)	Demanda de calefacción (kWh/m ² año)
P01-E01	53,19	63,23
P01-E02	53,19	67,42
P01-E03	53,19	61,90
P01-E04	53,19	62,65
P01-E05	53,19	68,39
P01-E06	53,19	61,24
P01-E07	53,19	57,54
P01-E08	53,19	58,18
P02-E09	53,19	36,82
P02-E10	53,19	40,60
P02-E11	53,19	35,92
P02-E12	53,19	36,20
P02-E13	53,19	41,60
P02-E14	53,19	35,86
P02-E15	53,19	32,70
P02-E16	53,19	32,80
P03-E17	53,19	48,66
P03-E18	53,19	37,87
P03-E19	53,19	40,82
P03-E20	53,19	33,47
P03-E21	53,19	38,94
P03-E22	53,19	33,08
P03-E23	53,19	29,86
P03-E24	53,19	29,97
P04-E25	53,19	36,22
P04-E26	53,19	40,54
P04-E27	53,19	35,67
P04-E28	53,19	35,87
P04-E29	53,19	41,22
P04-E30	53,19	34,90
P04-E31	53,19	31,70
P04-E32	53,19	31,68
Total Edificio	1.702,08	1.373,52
Promedio por Depto.	53,19	42,92

Se presenta a continuación un gráfico que muestra la variación de la demanda de calefacción (kWh) del edificio 2 para diferentes meses del año (Figura 4). Esta demanda está estimada para la superficie total del edificio. En este gráfico también se observan las ganancias solares e internas del edificio.

Figura B.2.2: Variación de la demanda de calefacción mensual para Edificio 2



La tabla siguiente muestra la demanda de calefacción mensual para la superficie total del edificio 1, en que se observa que esta demanda es despreciable para los meses de verano en la Comuna de Cerrillos.

Tabla B.2.3: Edificio 2. Cargas de calefacción mensual (superficie total edificio)

Mes	Calefacción
	kWh
enero	0,00
febrero	0,00
marzo	4,48
abril	2.391,94
mayo	9.103,19
junio	16.776,87
julio	17.350,51
agosto	11.315,57
septiembre	5.929,55
octubre	676,42
noviembre	114,05
diciembre	0,00

Tabla B.2.4: Demanda de calefacción por departamentos en Edificio 2 (10 pisos)

Departamento	Área (m ²)	Demanda de calefacción (kWh/m ² año)
P01-E01	57,76	55,05
P01-E02	59,20	40,36
P01-E03	68,49	40,68
P02-E04	57,76	43,21
P02-E05	59,20	30,98
P02-E06	68,49	31,83
P03-E07	57,76	41,09
P03-E08	59,20	29,31
P03-E09	68,49	30,16
P04-E10	57,76	40,19
P04-E11	59,20	28,46
P04-E12	68,49	29,64
P05-E13	57,76	39,86
P05-E14	59,20	28,13
P05-E15	68,49	29,46
P06-E16	57,76	39,76
P06-E17	59,20	27,99
P06-E18	68,49	29,34
P07-E19	57,76	39,74
P07-E20	59,20	28
P07-E21	68,49	29,4
P08-E22	57,76	39,84
P08-E23	59,20	28,12
P08-E24	68,49	29,5
P09-E25	57,76	40,42
P09-E26	59,20	28,64
P09-E27	68,49	29,93
P10-E28	57,76	43,79
P10-E29	59,20	31,34
P10-E30	68,49	32,44
Total Edificio	1.854,50	1.036,66
Promedio por Depto.	61,82	34,56