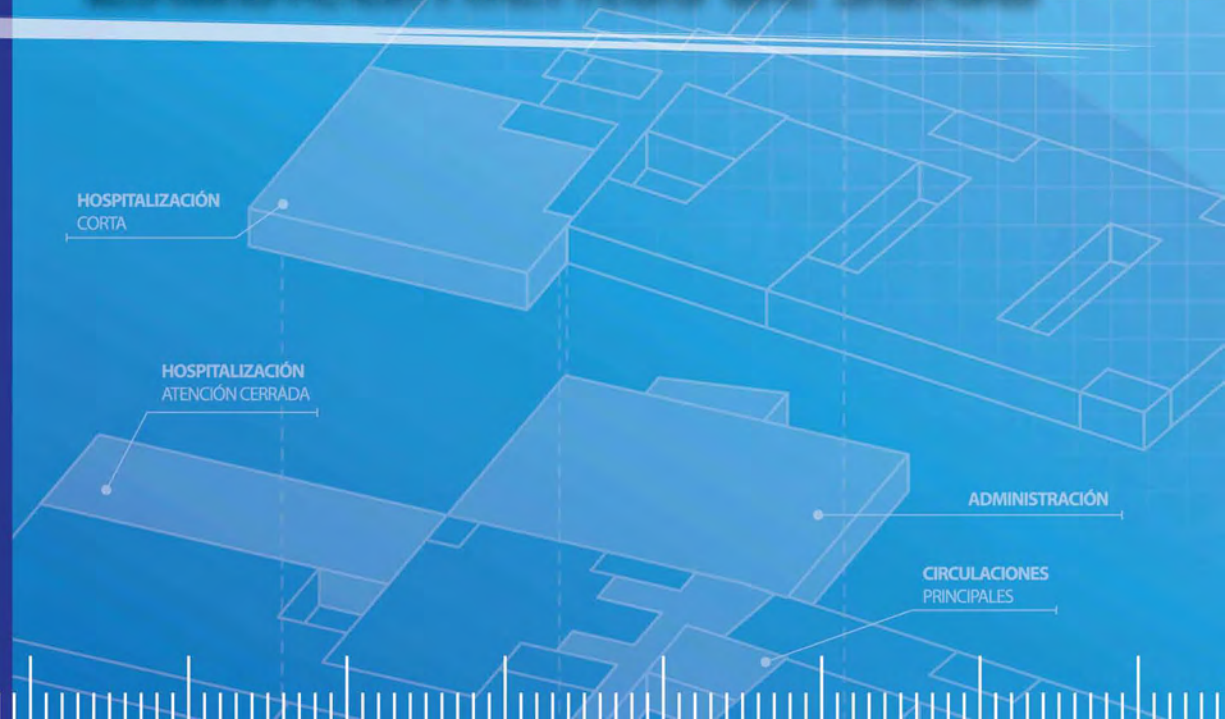




Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud



La Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud (GEEESal) de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) se desarrolló en el marco del “Programa de apoyo a la gestión de proyectos de edificación pública de alta Eficiencia Energética” de los años 2011 y 2012 del área de Edificación.

***Empresa consultora:** Consorcio Arquambiente-Aiguasol*

Primera edición

Noviembre 2012

Estimados amigos y amigas,



Cerrar un ciclo si bien significa cerrar una etapa, también se traduce en el comienzo de otro período, con horizontes, perspectivas y visión de futuro. Este es el espíritu y el sello que tiene la “Guía de Eficiencia Energética en Establecimientos de

Salud” que hoy les presenta la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE), documento que viene a coronar el trabajo realizado durante 2011 y 2012 por el equipo del área de Edificación de la Agencia.

Esta guía de diseño, especialmente elaborada para diseñadores de edificación de recintos hospitalarios, entrega información técnica inédita y de gran valor para arquitectos, constructores e ingenieros.

Creemos que este material la constituye como una guía de consulta obligada, que entrega información técnica indispensable en el desarrollo en la edificación de recintos hospitalarios con alto desempeño energético y estándares superiores de confortabilidad a lo largo de Chile, a través del acondicionamiento térmico de la envolvente y la incorporación de tecnologías disponibles y costo-eficientes, que a su vez aumentan estándares de confortabilidad y desempeño energético.

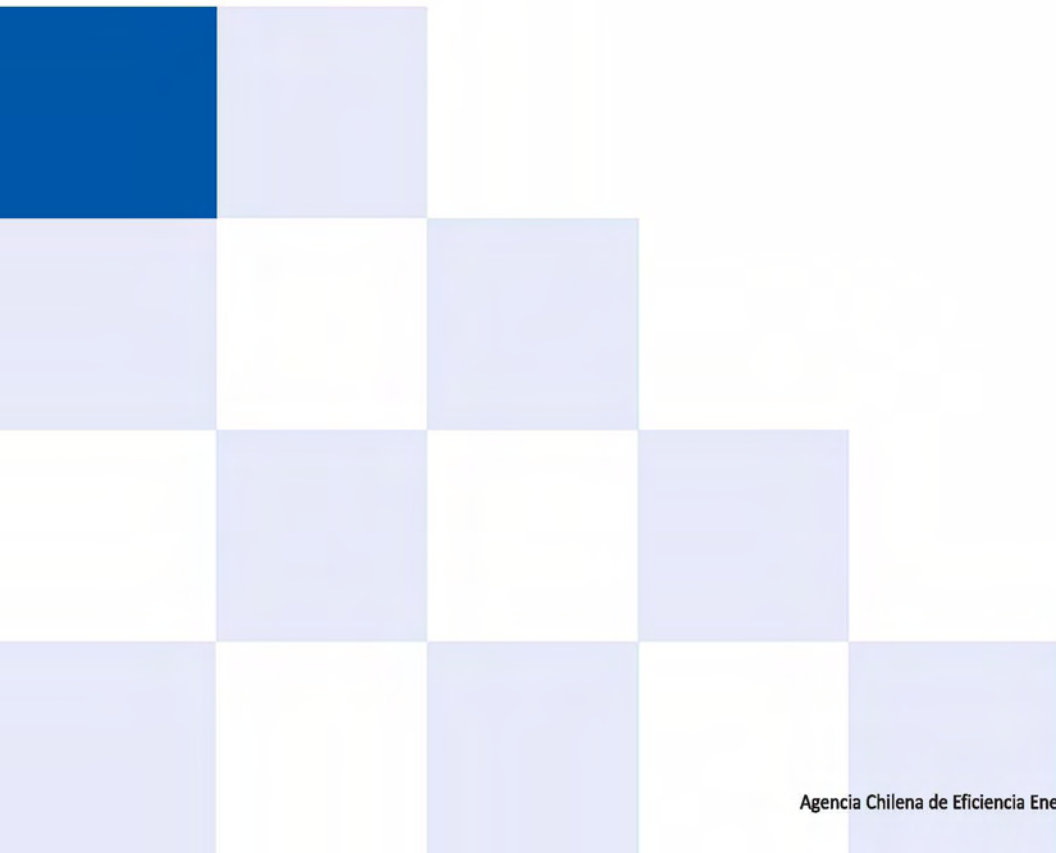
Es importante agregar además que, esta guía transmite también la experiencia adquirida en las asesorías de diseño de eficiencia energética.

La “Guía de Eficiencia Energética en Establecimientos de Salud” concentra información valiosa de estos tiempos y de los estándares que debe tener la edificación de hoy y del futuro, y revisa de manera profunda aspectos de confortabilidad, no solamente térmica y lumínica, directamente relacionadas al desempeño energético, sino también aspectos como la calidad del aire interior y el diseño acústico.

Tenemos la certeza que al entregar esta guía, estamos marcando un hito que hará una diferencia en el antes y después de la eficiencia energética en la edificación, contribuyendo además a construir una cultura de eficiencia energética en los profesionales vinculados.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, abstract shape that resembles a triangle with a wavy base and a horizontal line extending to the left.

William M. Phillips A.
Director Ejecutivo
Agencia Chilena de Eficiencia Energética



INDICE

Mapa Conceptual	7
-----------------------	---

Capítulo 1

Antecedentes y factores de cambio	9
--	----------

1.1 Antecedentes	11
1.2 Factores de cambio	12
1.3 Diseño eficiente	16
1.4 Casos de estudio	22
1.4.1 Casos nacionales	22
1.4.2 Casos internacionales.....	27

Capítulo 2

Estrategias de diseño en la arquitectura	35
---	-----------

2.1 Objetivo	37
2.2 Metodología y herramientas.....	38
2.2.1 Condiciones climáticas.....	38
2.2.2 Metodología para el análisis del partido general arquitectónico.....	40
2.2.3 Metodología para el análisis del módulo de hospitalización	45
2.2.4 Características térmicas de la envolvente: caso base y variantes de optimización	48
2.2.4.1 Variables para el análisis del partido general arquitectónico	49
2.2.4.2 Variables para el análisis del módulo de hospitalización.....	50
2.2.5 Indicadores y metas	55
2.3 Análisis del partido general arquitectónico.....	56
2.3.1 Factor forma.....	56
2.3.2 Flujos térmicos.....	57
2.3.3 Coeficientes volumétricos globales de pérdida.....	62
2.3.4 Demanda bruta anual de calefacción.....	63
2.4 Recomendaciones por zona climática	69
2.4.1 Zona norte litoral	72
2.4.1.1 Recomendaciones de diseño eficiente - zona norte litoral.....	72
2.4.1.2 Clima y confort	74
2.4.1.3 Análisis de demanda energética.....	75

2.4.1.4	Conclusiones	77
2.4.2	Zona Norte Desértica	80
2.4.2.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona norte desértica	80
2.4.2.2	Clima y confort	82
2.4.2.3	Análisis de demanda energética.....	83
2.4.2.4	Conclusiones	85
2.4.3	Zona Norte Valles Transversales.....	88
2.4.3.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona norte valles transversales	88
2.4.3.2	Clima y confort	90
2.4.3.3	Análisis de demanda energética.....	91
2.4.3.4	Conclusiones	93
2.4.4	Zona Central Litoral.....	96
2.4.4.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona central litoral	96
2.4.4.2	Clima y confort	98
2.4.4.3	Análisis de demanda energética.....	99
2.4.4.4	Conclusiones	101
2.4.5	Zona Central Interior	104
2.4.5.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona central litoral	104
2.4.5.2	Clima y confort	106
2.4.5.3	Análisis de demanda energética.....	107
2.4.5.4	Conclusiones	109
2.4.6	Zona Sur Litoral	112
2.4.6.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona sur litoral	112
2.4.6.2	Clima y confort	114
2.4.6.3	Análisis de demanda energética.....	115
2.4.6.4	Conclusiones	117
2.4.7	Zona Sur Interior	120
2.4.7.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona sur interior.....	120
2.4.7.2	Clima y confort	122
2.4.7.3	Análisis de demanda energética.....	123
2.4.7.4	Conclusiones	125
2.4.8	Zona Sur Extremo.....	128

2.4.8.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona sur extremo	128
2.4.8.2	Clima y confort	130
2.4.8.3	Análisis de demanda energética.....	131
2.4.1.4	Conclusiones	133
2.4.9	Zona Andina	136
2.4.9.1	Recomendaciones de diseño eficiente - zona andina.....	136
2.4.9.2	Clima y confort	138
2.4.9.3	Análisis de demanda energética.....	139
2.4.9.4	Conclusiones	141
2.5	Conclusiones generales	143
2.6	Medidas de implementación de eficiencia energética	147
2.6.1	Orientación	147
2.6.2	Aislación de los elementos de la envolvente y puentes térmicos	149
2.6.3	Inercia térmica	152
2.6.4	Tipo de acristalamiento y marcos, y tamaño de ventanas.....	153
2.6.5	Temperatura sol-aire.....	157
2.6.6	Control de la iluminación artificial	159
2.6.7	Control de la ventilación y la infiltración	160

Capítulo 3

Sistemas activos

	165
3.1	Introducción	167
3.1.1	Sistemas energéticos en establecimientos de salud	168
3.1.2	Resumen de condiciones de confort y alternativas tecnológicas de acondicionamiento ambiental	169
3.2	Estrategias	171
3.2.1	Iluminación artificial	171
3.2.2	Eficiencia en el uso del agua	179
3.2.3	Calefacción, enfriamiento y ventilación	187
3.2.3.1	Alternativas Tecnológicas	187
3.2.3.2	Sistemas de distribución	189
3.2.3.3	Sistemas de generación.....	195

3.2.3.4	Conclusiones sobre los sistemas descritos	203
3.2.3.5	Propuesta metodológica para la selección del sistema de distribución de calor y frío	211
3.2.4	Sistemas de gestión y control.....	214
3.3	Resumen de recomendaciones	218
3.3.1	Iluminación artificial	218
3.3.2	Eficiencia en el uso del agua	218
3.3.3	Calefacción, enfriamiento y ventilación	219
3.3.4	Estrategias de sistemas activos por zona climática	219

Capítulo 4

Presentación de dos asesorías piloto de la AChEE.....223

4.1	Hospital de Ovalle, IV región.	225
4.1.1	Territorio y estrategias preliminares	225
4.1.2	Análisis y diseño arquitectónico para la eficiencia energética y la calidad ambiental.....	228
4.1.3	Análisis y diseño de sistemas activos	231
4.1.4	Análisis económico	233
4.1.5	Apoyo para la documentación del proyecto	235
4.2	Hospital de Pitrufquén, IX región.	236
4.2.1	Territorio y estrategias preliminares	236
4.2.2	Análisis y diseño arquitectónico para la eficiencia energética y la calidad ambiental.....	240
4.2.3	Análisis y diseño de sistemas activos	241
4.2.4	Análisis económico	242
4.3	Comentario general respecto a las asesorías AChEE 2011	244

5 BIBLIOGRAFÍA247

1

Introducción a la **eficiencia energética** en el sector establecimientos de salud.

Mediante

Antecedentes del estado del arte nacional/internacional en líneas de acción, normativas y estándares.

1 2 3

Para finalmente

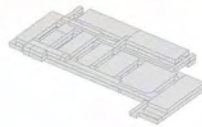
Revisar casos de estudio nacionales/internacionales que constituyen factor de cambio.

2

Estrategias de **diseño** en la **arquitectura** de establecimientos de salud.

Mediante

Estudio del diseño eficiente del "Partido General Arquitectónico" de modelos de establecimientos de salud.



Extendidos

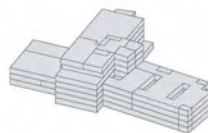
6

Compactos

7

Estudio del diseño eficiente de recintos de hospitalización.

8



Para finalmente

Entregar recomendaciones de diseño por zona climática.

18 al 26

Entregar conclusiones generales y medidas de implementación de la eficiencia energética en el diseño arquitectónico.

27 al 35

3

Sistemas activos y **requerimientos** de uso que **demandan energía** en establecimientos de salud.

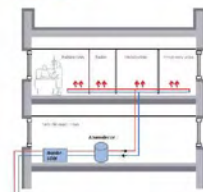
Mediante

Tablas comparativas por tipos de tecnologías disponibles.

Tecnologías de iluminación **38 al 41**

Tecnologías de agua **42 al 44**

Tecnologías de distribución de clima y generación de energía. **45 al 48**



Para finalmente

Entregar alternativas de evaluación de y selección de sistemas.

49 al 51

Entregar recomendaciones de diseño por zona climática.

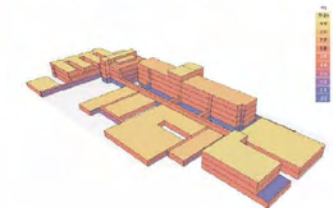
4

Asesorías piloto de la **AChEE** de diseño integrado en hospitales de la red MINSAL.

Mediante

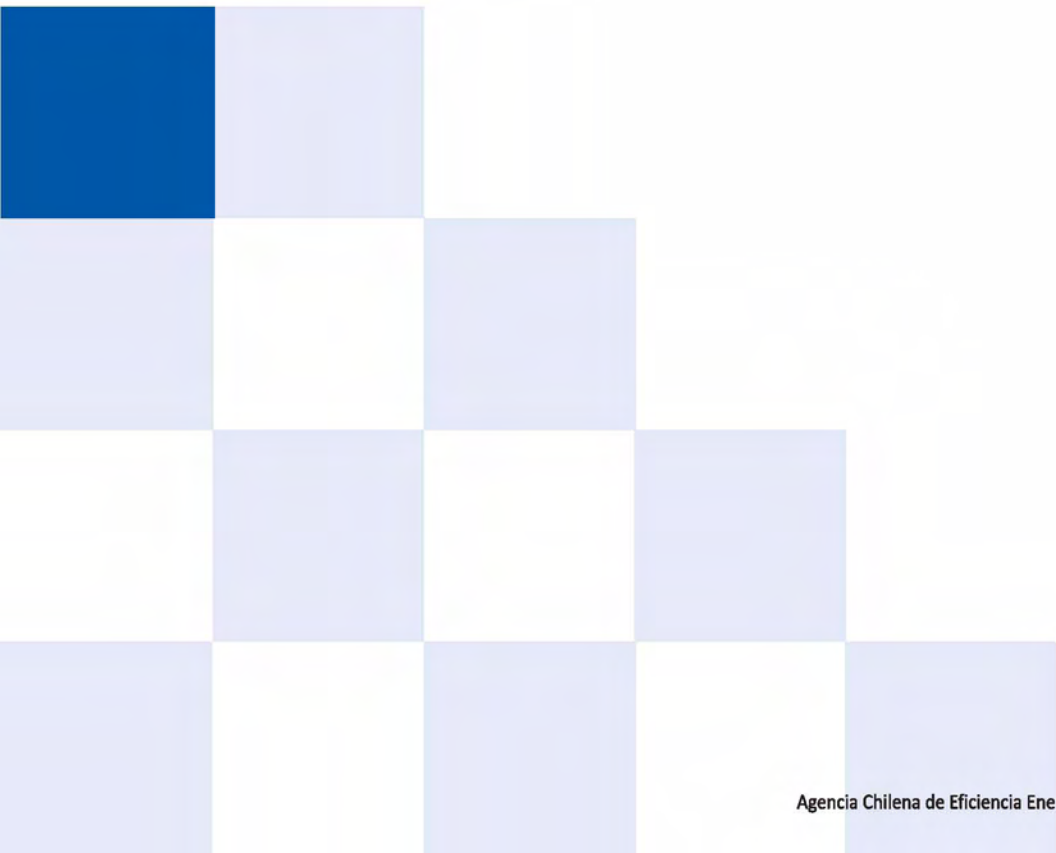
Memoria explicativa de los proyectos de asesoría.

Hospital Ovalle, Región de Coquimbo **52**



Hospital de Pitrufquén, Región de la Araucanía **53**





ANTECEDENTES Y FACTORES DE CAMBIO

1

AChEE

Agencia Chilena de
Eficiencia Energética



1

Antecedentes y factores de cambio

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Factores de cambio
- 1.3 Diseño eficiente
- 1.4 Casos de estudio

Diversas publicaciones y experiencias internacionales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEP, 2007) han demostrado la conveniencia de incorporar medidas de eficiencia energética en el diseño arquitectónico, instalaciones y equipos de las edificaciones. En el caso de nuestro país, estudios demuestran que si en el decenio 2006-2015 el país redujese sólo en un 1,5% su consumo energético en el sector edificios, el ahorro esperado sería de USD 3.450 millones (Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, MINVU, 2006). La situación actual, sin embargo, nos muestra que junto con el impacto de consumo energético, existen impactos a la salud y la productividad de las personas, como consecuencia del bajo nivel de habitabilidad.

En el caso del sector salud, se estima que dicha infraestructura representa aproximadamente el 15% del consumo energético total del sector público, alrededor de 240 GWh año (Löhr, Gauer, Serrano, Zamorano; 2009). De acuerdo a estos autores, la eficiencia energética en establecimientos de salud radica en cinco aspectos: el mejoramiento de la eficiencia de los servicios de alta demanda o sistemas activos (climatización, ventilación, iluminación y abastecimiento de electricidad), el mejoramiento del aislamiento térmico o de la arquitectura, la optimización de la gestión y de los procesos, la mejora en los hábitos de los usuarios y finalmente la implementación de medidas de control y monitorización.



Figura 1.2.1
5 Aspectos clave sobre eficiencia energética en establecimientos de salud.

En base a los aspectos anteriores, se estima que el potencial de mejora en eficiencia energética para hospitales públicos puede superar el 30% en establecimientos de salud existentes (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, AChEE) y llegar a superar el 60% de disminución en edificaciones nuevas (AChEE, 2011).

El objetivo de la presente guía es, por lo tanto, presentar estrategias imprescindibles de eficiencia energética aplicables al diseño de infraestructura de establecimientos de salud, con el fin de alcanzar el potencial de mejora antes mencionado. Estas estrategias abordan el diseño arquitectónico, así como también recomendaciones sobre los sistemas activos y de gestión, tomando siempre en cuenta su aplicabilidad respecto del contexto climático.

A partir del lanzamiento del Programa País de Eficiencia Energética (actual AChEE) el año 2005, uno de los principales ejes de acción ha sido la introducción de criterios de eficiencia energética en la construcción pública nueva. El año 2009, en convenio con la Comisión Nacional de Energía de Chile (CNE) y el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL), se desarrollaron asesorías de eficiencia energética para proyectos de Centros de Salud Familiar (CESFAM) de Chonchi, Castro, Dalcahue y Penco. También, en conjunto con la agencia de cooperación técnica alemana GIZ, el hospital público Luis Calvo Mackenna y DALKIA Chile S.A., se desarrolló el manual "Eficiencia Energética en Hospitales Públicos", enfocado en la identificación de las distintas problemáticas de eficiencia energética en el sector. A su vez, la cooperación entre la AChEE y el MINSAL ha permitido el diagnóstico y la implementación de mejoras de eficiencia energética y monitoreo para los hospitales regionales de Arica, Coyhaique y Punta Arenas. Finalmente, el programa de apoyo a la edificación nueva 2011 implementó dos nuevas asesorías en etapa de diseño de arquitectura para los hospitales de Ovalle y Pitrufquén.

1.2 Factores de cambio

Como se indicó anteriormente, se estima que el potencial de mejoramiento en eficiencia energética para hospitales públicos puede superar el 30% en establecimientos de salud existentes (ACHEE) y llegar a superar el 60% de disminución en edificaciones nuevas (ACHEE, 2011).



Figura 1.2. 2
 Perspectiva Cefsam Chonchi.
 Fuente: <http://www.notisur.cl/>

Los cambios necesarios para alcanzar dicho potencial se basan en cuatro pilares:

- Definir metas y políticas nacionales
- Crear y mejorar normas y estándares
- Desarrollar manuales y guías de diseño que faciliten la implementación de la normativa, estándares y buenas prácticas nuevas o ya aplicadas en otros edificios.
- Casos de implementación desarrollados para detonar un cambio, llevando a la realidad buenas prácticas.

A nivel de metas y políticas nacionales, existe el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020, que es un conjunto de medidas o programas que tienen como objetivo central producir un mejoramiento de la eficiencia energética, bajo las siguientes líneas estratégicas:

- Fortalecimiento institucional.
- Promoción y fomento de la eficiencia energética.
- Optimización de la matriz energética.
- Compatibilización con el desarrollo sustentable.
- Apoyo a la equidad de uso.
- Preparación para contingencias.

En cuanto a las metas establecidas, se proyecta en el sector edificación una reducción en la demanda de energía de entre un 9% y un 18% con respecto a la línea base de consumo de energía proyectada para el período 2010-2020 sujeto a una política de fomento de la eficiencia energética. En cuanto a establecimientos de salud, las bases para el plan de acción esbozan programas específicos destinados al financiamiento especial para el reacondicionamiento de edificaciones de interés público, junto a un monitoreo, seguimiento y análisis de resultados. En estos casos, los subsidios o fondos especiales están orientados a financiar las inversiones adicionales para lograr resultados energéticamente eficientes con recursos corrientes. No obstante, los planes de implementación de las distintas medidas todavía son presentados de forma genérica, siendo ésta la principal diferencia con las metas y políticas que establecen otros países. La tabla 1.2.1 muestra de manera resumida algunos de los planes y programas de eficiencia energética vigentes a nivel nacional e internacional, que identifican líneas de acción relativas al mejoramiento de la edificación pública y de establecimientos de salud.



Figura 1.2. 3
 Factores de cambio.



1

Líneas de acción
en Eficiencia
Energética
distintos países

Documento	País	Líneas de acción					
		Lineamientos generales	Apoyo a la edificación hospitalaria nueva con eficiencia energética	Apoyo al reacondicionamiento térmico de edificios hospitalarios existentes	Apoyo al recambio tecnológico eficiente	Implementación de sistemas de etiquetado energético en edificios	Apoyo a la gestión energética de edificios
Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (PNAEE)	Chile	Financiamiento para reacondicionamiento, monitoreo, seguimiento y análisis de resultados.	Pilotos y estudios de eficiencia energética para proyectos de hospitales(*).	Proyectos de cogeneración(*).	Programas de sistemas solares térmicos MINENERGIA(*).		
Plan Nacional de Acción para Eficiencia Energética (NAPEE)	EE.UU.	Reducción de un 20% en demanda nacional eléctrica y de un 50% de gas con respecto a crecimiento al 2025.					Fuerte patrocinio a la inserción de empresas energéticas.
Plan Estratégico de Eficiencia Energética de largo plazo de California	EE.UU.	Estrategia para lograr cambios prácticos y culturales transversales a todos los sectores.	Concepto de Zero-Net-Energy para edificios-100% de edificios nuevos.	Concepto de Zero-Net-Energy para edificios -100% de edificios existentes.			
Programa Energy Star	EE.UU.				Promover prácticas y productos eléctricos con consumo eficiente.	Estándar apunta a reducir hasta un 50% la demanda de energía en edificios.	
Marco Nacional para Eficiencia Energética	Australia	Promueve enfoque estratégico cooperativo para la reducción sostenida de la demanda energética.					
Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (2010/31/UE)	Unión Europea	Objetivos 20-20-20 al 2020. Reducción de las emisiones, aumento del uso de ERNC y reducción del consumo energético.	Metodología de cálculo de eficiencia energética estandarizada. Fijación de requisitos mínimos.	Metodología de cálculo de eficiencia energética estandarizada. Fijación de requisitos mínimos.		Sistemas de Certificación.	Incentivos comerciales y barreras financieras a renovar cada tres años.
Nueva Directiva sobre Eficiencia Energética (DEE)	Unión Europea	Objetivos 20-20-20 al 2020. Reducción de las emisiones, aumento del uso de ERNC y reducción del consumo energético.		Renovación de un 3% anual de los edificios públicos de más de 250m ²	Implementación obligatoria de cogeneración para industrias, Planes de E.E para transmisión y distribución de energía.		Licitación de servicios. Planes locales de sistemas de gestión, Uso sistemático de contratos de desempeño.

* No son iniciativas del PNAEE, sin embargo, son iniciativas destacables.

Tabla 1.2. 1. Líneas de acción de distintos países.

Respecto a normativa y estándares, Chile presenta carencias importantes en cuanto a una legislación específica sobre la construcción y eficiencia energética de edificios. A la hora de diseñar un nuevo edificio o de renovar uno existente, se consultan las normativas y los estándares de los EE.UU. y de la Unión Europea, que tratan a nivel técnico todos los temas de materiales constructivos y comportamiento térmico (envolvente, acristalamiento), instalaciones (HVAC, eléctricas, ACS, iluminación, etc.), calidad del aire, confort térmico y lumínico (ver tabla 1.2.2). Lo anterior se hace a menudo sin tener en cuenta las diferencias climáticas y tecnológicas entre los países de aplicación de esta normativa, y las condiciones técnicas y normativas del contexto chileno.

La normativa aplicable en Chile se resume en:

- Norma técnica básica de autorización sanitaria para establecimientos de salud: esta norma establece todos los requisitos mínimos para cada ámbito de la infraestructura en establecimientos de salud. A nivel de sistemas, especifica las condiciones de control de temperatura de calefacción y refrigeración de los espacios, según límites de máximos y mínimos. Se señala también algún requerimiento específico de iluminación, como la necesidad de iluminar algunos puntos de trabajo o de un funcionamiento continuo de la instalación.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción: en su artículo 4.1.10, establece las exigencias de acondicionamiento térmico para viviendas, según zonificación climática establecida en dicho artículo. Corresponde a la reglamentación térmica.
- NCh 1079-2007: define la zonificación climática habitacional de Chile, diferenciando hasta 9 zonas climáticas, y establece recomendaciones para el diseño arquitectónico.

Por último, a nivel de guías y manuales de diseño específicos para eficiencia energética en establecimientos de salud, se puede mencionar el manual "Eficiencia Energética en Hospitales Públicos", 2009, GIZ. Este manual es fruto del trabajo conjunto de Dalkia Chile S.A., la Sociedad


de Cooperación Técnica Alemana GIZ, el hospital público de niños Dr. Luis Calvo Mackenna y el Programa País Eficiencia Energética de Chile (actual AChEE). El documento entrega indicaciones prácticas sobre cómo reconocer oportunidades económicamente viables e implementarlas en la práctica, adjuntando un amplio espectro de actividades: desde la ejecución de medidas internas para detectar pérdidas de energía hasta la presentación de distintos conceptos de contrato para externalizar la gestión energética con una ESCO (Energy Service Company). Bajo el lema "Cambie sus hábitos" se entregan consejos de fácil implementación que pueden ser puestos en práctica en cualquier hospital y contribuyen a generar una cultura de ahorro de energía.

Existen también guías de planificación y diseño para distintos recintos específicos de los establecimientos de salud, que si bien definen estándares de habitabilidad, no hacen referencia a medidas de eficiencia energética, tanto en el diseño arquitectónico como a nivel de sistemas activos. Entre ellas se pueden citar: "Guía de Planificación y Diseño Unidades de Cuidados Intensivos de Adultos", MINSAL, 1997; "Guía de Planificación y Diseño Pabellones Quirúrgicos", MINSAL, 1997; "Guía de Planificación y Diseño Servicios de Imagenología", MINSAL, 1999; "Guía de Planificación y Diseño Centros de Atención Ambulatoria", MINSAL, 2000.

En definitiva, las políticas y metas país respecto a la eficiencia energética no poseen programas profundos de implementación. Así como la aplicación de la normativa chilena ha sido insuficiente para lograr edificios de alto desempeño energético, no existiendo guías de diseño que permitan la implementación de buenas prácticas en los establecimientos de salud. Por ejemplo, criterios básicos de desempeño, como la demanda térmica de un edificio medida en kWh/m²a, son fundamentales para proporcionar un marco a las medidas de diseño y para la estimación de los plazos de recuperación de la inversión asociada.

Normativa, estándares y guías de diseño en distintos países

Tipo de documento	País del documento	Nombre documento	Criterios de diseño constructivo		Criterios de diseño arquitectónico			Criterios de confort ambiental				Criterios de instalaciones				Soluciones de eficiencia energética				
			Envolvente	Ventanas	Protecciones solares	Iluminación natural	Ventilación natural	Térmico	Lumínico	Acústico	Calidad del aire	Manejo de gases clínicos	HVAC	ACS	Eléctricas	Iluminación	Pasivas	Iluminación	Hídrica	Otras instalaciones
Norma obligatoria	Ch	Norma técnica de autorización sanitaria para establecimientos de salud																		
	Ch	Ordenanza general de urbanismo y construcciones OGUC																		
	Ch	NCH 1079-2007																		
Estándar obligatorio	Es	CTE-DB HE																		
	US	Ashrae 90.1																		
	US	Ashrae 62.1																		
	US	Ashrae 55																		
Guías y manuales	UE	ISO – UNE 13779																		
	Ch	Guía de planificación y diseño de centros de atención ambulatoria																		
	Ch	Guía de planificación y diseño de unidades de cuidados intensivos de adultos																		
	Ch	Guía de planificación y diseño de servicios de imagenología																		
	Ch	Guía de planificación y diseño de pabellones quirúrgicos																		
	Ch	Eficiencia energética en hospitales públicos, 2009, GIZ																		
	UK	Criterios CISBE para ventilación natural																		
	Es	Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales de la comunidad de Madrid																		
	Es	Guía técnica de EE en iluminación para hospitales y centros de atención primaria del IDEA																		
	Es	Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos para la certificación de edificios del IDEA																		
	US	Guidelines for construction and equipment of hospital and medical facilities 1992-93																		
US	Leed for Healthcare, 2009																			

2 

Normativas, estándares y guías de diseño en distintos países



Tabla 1.2. 2. Normativa, estándares y guías de diseño en distintos países.

1.3 Diseño eficiente

3

Aspectos de eficiencia energética a estudiar en etapa de proyecto:

- Orientación (ver 2.6.1).
- Factor de Forma, reducción de superficie (ver 2.3.1).
- Envoltente y acristalamiento (2.6.2, 2.6.4).
Control solar (2.6.4)
- Sistemas a utilizar: Clima, iluminación, impulsión y calentamiento de agua, generación de energía, uso de ERNC (ver cap).

Los edificios destinados a establecimientos de salud están entre los que requieren mayor uso de energía para funcionar, por lo que políticas, normativa y guías de diseño específicas se hacen necesarias. La introducción de medidas de eficiencia energética puede generar importantes ahorros operativos que permitirían reorientar esos recursos a la atención clínica, y los mayores costos de inversión, si los hay, son amortizables en el corto y mediano plazo.

Un establecimiento de salud con buen desempeño energético y de habitabilidad será el resultado de un conjunto de acciones coordinadas que abarcarán todo el proceso de diseño, la construcción, puesta en marcha y operación. Cada edificio deberá tener en consideración factores como ubicación geográfica y el clima local, por lo que la arquitectura y la tecnología deberán adecuarse de las particulares características del entorno.

Desde los inicios del proyecto se debe incorporar aspectos de diseño pasivo tales como:

- Orientación.
- Factor de forma.
- Envoltente térmica y acristalamiento.
- Control solar.

El diseño pasivo se debe apoyar en herramientas de modelación que permiten predecir el comportamiento térmico de diferentes alternativas de diseño y aportar datos para la toma de decisiones.

Un edificio con un adecuado diseño pasivo tendrá una baja demanda energética. A partir de ahí se deberán incorporar sistemas activos eficientes acompañados con programas de gestión en:

- Climatización (calefacción, enfriamiento, ventilación).
- Iluminación artificial.
- Sistemas de impulsión y calentamiento de agua potable.
- Sistemas eficientes de generación de energía (eléctrica y térmica).
- Uso de energías renovables.

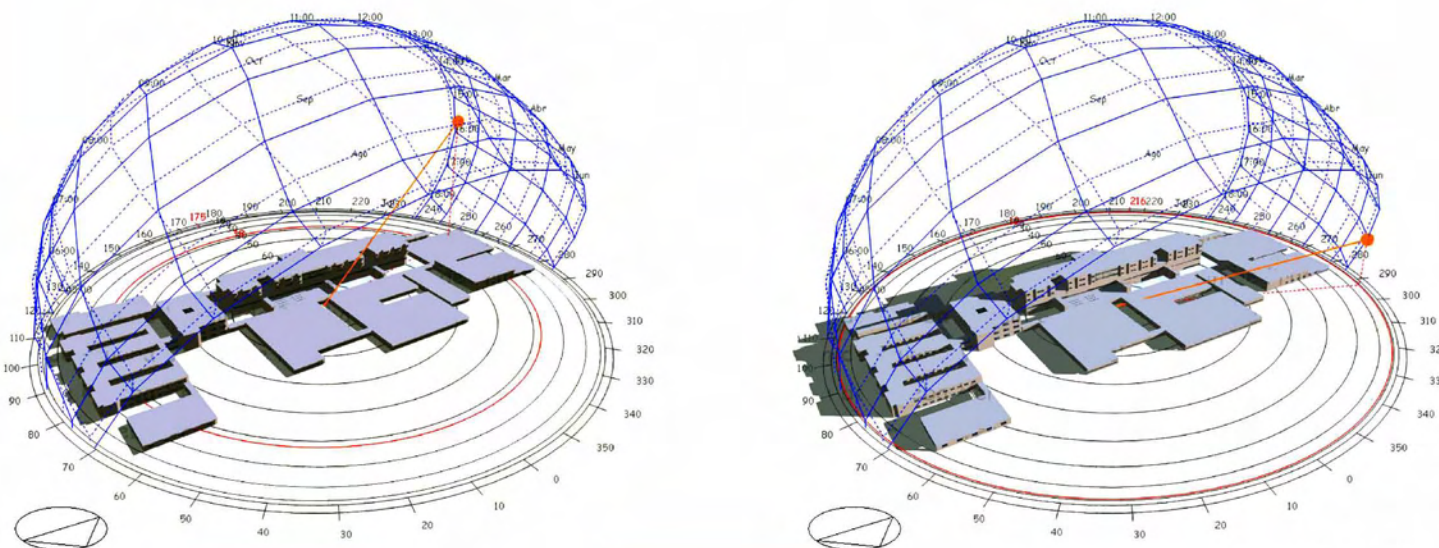


Figura 1.3.1. Ejemplo de un análisis de asoleamiento con software. Hospital de Ovalle.

La eficiencia energética, a diferencia del simple ahorro energético, tiene por objetivo disminuir los consumos, sin afectar las condiciones de habitabilidad de un edificio, lo que en el caso de los establecimientos de salud, adquiere especial importancia. La arquitectura de establecimientos de salud requiere de condiciones especiales de climatización, esterilización y control, que tienen relación con el recurso humano, el equipamiento y la salud de los pacientes, lo que distingue este tipo de edificios de cualquier otro en términos de condiciones ambientales:

- Los procedimientos clínicos son especialmente delicados por sus efectos directos sobre la salud y la vida de personas. El personal clínico y técnico debe trabajar en condiciones adecuadas que permitan la mayor productividad y eficacia, con requerimientos de temperatura, iluminación y ventilación específicas a cada actividad.
- El equipamiento clínico relacionado con el diagnóstico y el tratamiento médico también establece requerimientos propios de suministro de energía y condiciones ambientales rigurosas para asegurar la precisión necesaria en el desempeño de equipos, como en imagenología, pabellones quirúrgicos, pacientes críticos, laboratorios y servicio de esterilización, donde además el control de ventilación y presiones de aire resulta imprescindible.
- Un adecuado entorno de asoleamiento, ventilación y temperatura ambiente puede ayudar en la efectividad de la gestión de la salud y en la reducción de los tiempos de tratamiento. En sentido inverso, la falta de un adecuado entorno y control ambiental puede propiciar la proliferación de infecciones intrahospitalarias y poner en riesgo la salud de los pacientes.

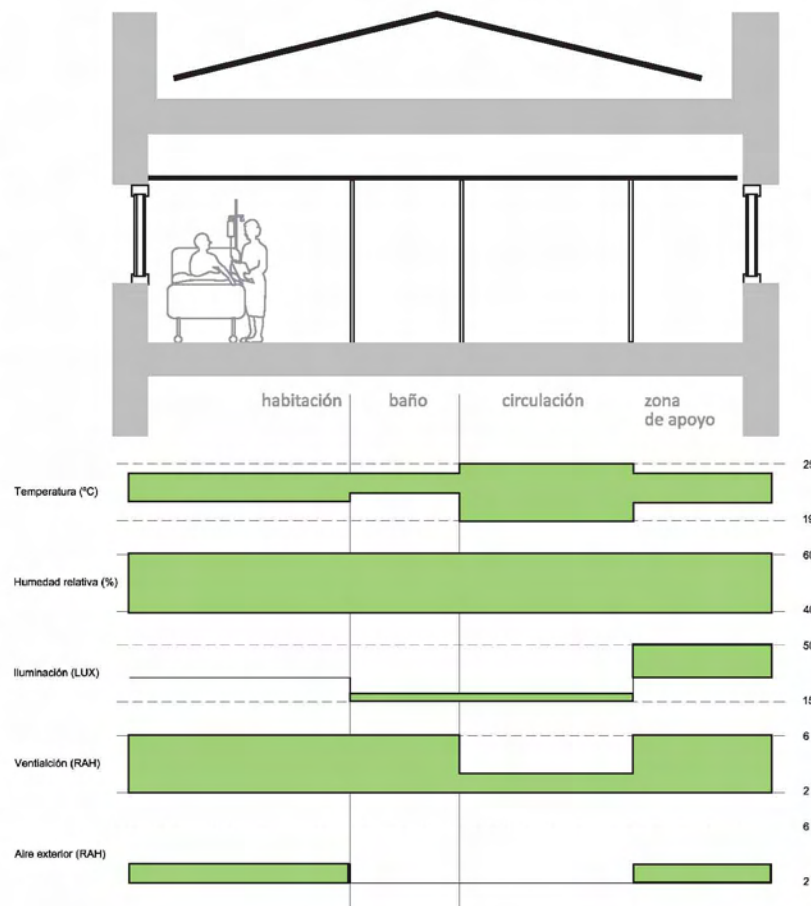


Figura 1.3.2
 Esquema de rangos de confort en áreas de hospitalización en establecimientos de salud.

La necesidad de mantener altos estándares ambientales en los establecimientos de salud contribuye a la alta demanda energética de este tipo de establecimientos y justifica hacer un esfuerzo adicional en el diseño arquitectónico para bajar la demanda energética del edificio y reducir los costos operacionales.

Como se mencionó anteriormente, la normativa chilena respecto de la eficiencia energética para edificios, es escasa e ineficaz, comparada con las internacionales. Ejemplos nacionales exitosos de hospitales, como los que se indican en esta guía, son el fruto de iniciativas que van más allá de lo exigible normativamente y constituyen un buen ejemplo a seguir, con desempeños cercanos a los 20kWh/m²a de demanda de calefacción y climatización.

Las normativas más eficaces son aquellas orientadas al desempeño de las construcciones, y se basan en cifras objetivas y demostrables mediante una metodología clara y universal. Otras políticas que han resultado ser eficaces en la reducción de la demanda energética han sido las de incentivos tributarios y crediticios para la implementación de medidas de eficiencia energética. En el caso de los establecimientos de salud públicos, se puede obtener una importante disminución de los costos de operación y reasignar los recursos directamente al área clínica con el consiguiente beneficio social de mejorar las prestaciones de salud.

Estas buenas prácticas son observables sobre todo en establecimientos de salud de otras partes del mundo y para distintas condiciones climáticas, como se detalla en la siguiente sección de casos de estudio .



Figura 1.3.6. Perspectiva Hospital Regional de Rancagua.
Fuente: <http://www.proyekto.cl>

Como se mencionó, un edificio con buen desempeño energético será el resultado de un conjunto de acciones coordinadas que necesariamente tomarán en consideración su ubicación geográfica y el clima local. En ese sentido, los cinco casos nacionales y los siete casos internacionales revisados entregan un repertorio de estrategias de diseño tanto pasivas como activas que tienden a conciliar la relación entre el edificio, sus ocupantes y el medioambiente. Dicha propiedad es manifiesta sobre todo en los casos internacionales, donde las estrategias de diseño y operación para la eficiencia energética se cruzan con el clima local y las necesidades particulares de los establecimientos de salud antes descritas.

Así, por ejemplo, en los establecimientos de salud ubicados en climas secos existe una preocupación mayor por el uso racional y aprovechamiento del recurso hídrico mediante la implementación de autoclaves y plomería de bajo consumo, como es el caso del Dell Children's Medical Center de Texas (EE.UU.); la implementación de grifería, duchas y aseos con sistema de consumo eficiente de agua y tratamiento de aguas grises en el Flinders Medical Centre de Adelaida (Australia); o mediante la gestión del agua lluvia en el Hospital Infanta Leonor de Madrid (España) y el Flinders Medical Centre (Australia). En establecimientos de salud ubicados en climas cálidos, el control y aprovechamiento de la radiación solar se manifiesta mediante la incorporación de sistemas solares térmicos para refrigeración en el caso del Flinders Medical Centre y para agua caliente sanitaria en el Ipswich Hospital de Brisbane (Australia), o mediante medidas de diseño pasivo como protecciones solares en fachada en Madrid y Adelaida, cubiertas reflectantes y arborizado en zonas de estacionamiento en Texas.



Figura 1.3.4
 Dell Children's Medical Center.
 Austin Texas.
 Fuente:
<http://www.topboxdesign.com>

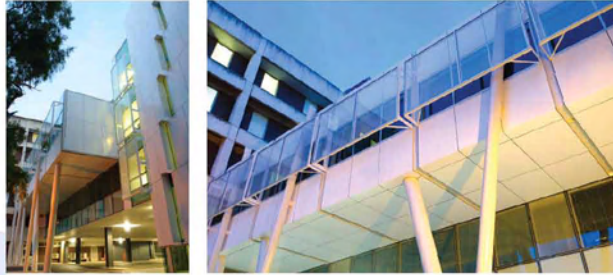


Figura 1.3.5 Flinders Medical Centre.
Fuente: <http://www.woodhead.com.au>

No obstante, independiente del emplazamiento, existe una preocupación general por el logro de niveles apropiados de confort lumínico mediante la optimización de la luz natural y el uso eficiente de la energía en iluminación con equipos de alta eficiencia y sistemas de gestión y control. Del mismo modo, es recurrente el diseño de envolvente térmica de alta eficiencia, así como la implementación en la mayoría de los casos de sistemas de recuperación de calor para la climatización del edificio. En algunos de ellos, los establecimientos de salud cuentan con sistemas de gestión para la supervisión y control de climatización y ventilación, producción de agua caliente sanitaria y consumos eléctricos y de agua, permitiendo su funcionamiento a niveles máximos de eficiencia y ahorro.

En los casos nacionales mencionados a continuación, tanto en hospitales como en Centros Familiares de Salud (Cesfam), se observan estrategias de diseño transversales a los distintos emplazamientos y su contexto climático. Estas estrategias, tanto activas como pasivas son muy similares para cada caso, no obstante van más allá de lo exigible por normativas, reduciendo de manera importante la demanda energética esperada, y en consecuencia, su consumo energético y costos operacionales de cada establecimiento.

Lo anterior se observa en la configuración de un conjunto de medidas que en lo pasivo contempla envolventes térmicas de alto desempeño, aprovechamiento de la luz natural, generación de condiciones para la ventilación natural y protecciones solares para el control de la radiación al interior de los edificios.

En las medidas activas, los casos revisados se diferencian según la escala del establecimiento de salud y la zona climática en que se emplazan. En los hospitales Carlos Cisternas de Calama, Hospital Regional de Rancagua y Hospital Regional del Maule, se contemplan en la mayoría de los casos equipos de iluminación de alta eficiencia y sistemas de control y encendido, ventilación forzada con recuperador de calor y sistemas de generación térmica mediante bombas de calor agua-agua, con sistema de entrega mediante cielo radiativo. En los Centros Familiares de Salud (CESFAM) de Entre Lagos y de Chonchi, se incluye la ventilación forzada con recuperador de calor, y un sistema de generación térmica mediante calderas a pellet.



Figura 1.3.6
 Perspectivas hospital Dr. Carlos
 Cisternas de Calama.
 Fuente: <http://www.arqchile.cl>

1.4 Casos de estudio

1.4.1 Casos nacionales

Hospital Carlos Cisternas. Calama

Ubicación

22°26'S, 68°55'O - 2.281 msnm

Lugares equivalentes en Chile:
Quillahuá

Superficie:
28.993m²

Demanda energética:
23 kWh/m²a, según estudio de optimización envolvente + clima

Clima:

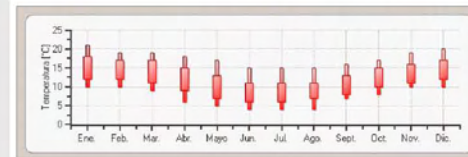
T^o media verano: 16,9°C
Amplitud térmica: 17,6°C

T^o media invierno: 8,0°C
Amplitud térmica: 20,2°C

Zona climática (NCh 1079):
Norte desértico (ND)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,22
Muros	0,38
Vidrio	2,80
Piso c/terreno	0,50
Piso ventilado	N/D



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Envolvente térmica de alto desempeño libre de puentes térmicos.
- Ventilación natural en recintos de acceso restringido definidos por arquitectura.
- Disminución de radiación solar directa mediante pantallas solares en vanos.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Estudio comparativo de opciones chiller-gas, bomba de calor aire-agua, bomba de calor agua-agua.
- Sistema de iluminación artificial con luminarias eficientes (fluorescentes compactas, fluorescentes de alta eficiencia, LEDs) y proyecto de gestión de la iluminación para cada recinto.
- Calefacción y enfriamiento con bombas de calor (agua agua y/o aire-agua) y cielos radiativos.
- Recuperación de calor del aire de extracción en invierno (eficiencia mínima 70%).
- Recuperación de calor también en recintos especiales (salas de operaciones).
- Optimización del sistema de control de la climatización.
- Sistemas de control centralizado de iluminación.
- Sistema de entrega de energía: Cielo radiativo.
- Sistema de generación térmica: Bomba calor agua/agua.

Comentarios:

Es oportuno destacar la similitud, cuando no la coincidencia, de las estrategias tanto pasivas como activas aplicadas a este hospital como a los de Rancagua y Talca. Lo anterior se podría explicar en tanto son todos proyectos encargados por el mismo mandante y manejan los mismos requerimientos de calidad ambiental interior. Se constatan por ejemplo los mismos espesores de aislación térmica de la envolvente para este hospital y el de Rancagua independiente de las variaciones relativas al clima donde se emplazan.

Referencias e Imágenes:

Medidas de diseño: Informe Cconsultoría en etapa anteproyecto, eficiencia energética y calidad ambiental, hospital Carlos Cisternas, Calama. Sociedad Consultores Cero Energía Ltda.

Imagen: http://www.arqchile.cl/hospital_calama.htm

Hospital Regional de Rancagua

Ubicación

34°15'S, 70°76'O - 510msnm

Lugares equivalentes en Chile:

San Felipe, Los Andes, Santiago, Talca, Curicó, Linares, Chillán

Superficie:

98.593m²

Demanda energética:

20 kWh/m²a en climatización, según estudio de optimización envolvente + clima

Clima:

T^º media verano: 18,3°C

Amplitud térmica: 16,8°C °C

T^º media invierno : 9,6°C

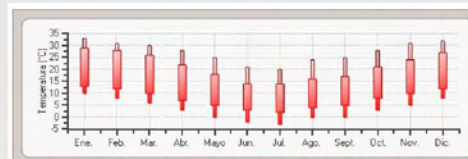
Amplitud térmica: 10,8°C

Zona climática (NCh 1079):

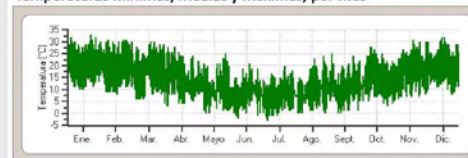
Central interior (CI)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,22
Muros	0,38
Vidrio	2,80
Piso c/terreno	0,50
Piso ventilado	N/D



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Envolvente térmica de alto desempeño libre de puentes térmicos.
- Disminución de radiación solar directa mediante pantallas solares en vanos.
- Ventilación natural en recintos de acceso restringido definidos por arquitectura.
- Reducción de vanos entre un 30 y un 50%.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema de entrega de energía: Cielo radiativo.
- Generación con bombas de calor agua-agua para frío o calor y polivalentes.
- Recuperación de calor del aire de extracción en invierno (eficiencia mínima 70%).
- Recuperación de calor también en recintos especiales (salas de operaciones).
- Optimización del proceso corte de punta en el diseño del sistema eléctrico.
- Sistema de iluminación artificial con luminarias eficientes (fluorescentes compactas, fluorescentes de alta eficiencia, LEDs) y proyecto de gestión de la iluminación.

Comentarios:

Es oportuno destacar la similitud, cuando no la coincidencia, de las estrategias tanto pasivas como activas aplicadas a este hospital como a los de Calama y Talca. Lo anterior se podría explicar en tanto son todos proyectos encargados por el mismo mandante y manejan los mismos requerimientos de calidad ambiental interior. Se constatan sin embargo, en el caso de la aislación térmica de muros, valores muy disímiles entre lo especificado para este hospital y para el Hospital de Talca, ambos en la misma zona climática.

Referencias e Imágenes:

Medidas de diseño: Informe consultoría en etapa anteproyecto, eficiencia energética y calidad ambiental, Hospital Regional de Rancagua. EEChile Consultores Ltda.

Imagen: <http://www.proyekto.cl/?p=11>

Hospital Regional del Maule, Talca

Ubicación:

35°25'S, 71°40'O - 100msnm

Lugares equivalentes en Chile:
San Felipe, Los Andes, Santiago,
Rancagua, Curicó,
Linares, Chillán

Superficie: 80.183m²

Demanda energética:

21 kWh/m²a, según el estudio de optimización del sistema global de climatización (generación+distribución+entrega):
mejor caso 1715MWh
peor caso 17097MWh

Clima:

T^º media verano : 20,3°C
Amplitud térmica: 17,9°C

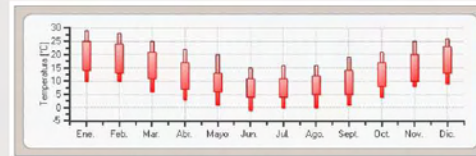
T^º media invierno : 9,6°C
Amplitud térmica: 10,5°C

Zona climática (NCh 1079):

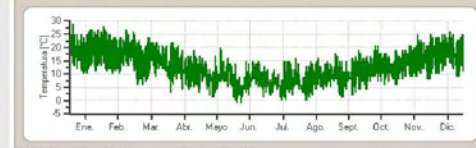
Central interior (CI)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,39
Muros	0,42
Vidrio	1,98
Piso c/terreno	N/D
Piso ventilado	0,42



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Comentarios:

Es oportuno destacar la similitud de las estrategias tanto pasivas como activas aplicadas a este Hospital como a los de Calama y Rancagua. Lo anterior se podría explicar en tanto son todos proyectos encargados por el mismo mandante y manejan los mismos requerimientos de calidad ambiental interior. Se constatan sin embargo, en el caso de la aislación térmica de muros, valores muy disímiles entre lo especificado para este Hospital y para el Hospital de Rancagua, ambos en la misma zona climática.

Referencias e Imágenes:

Medidas de diseño: Informe de Eficiencia Energética Hospital Regional del Maule, Talca. B-Green Chile S.A.
Imagen: <http://www.diarioelcentro.cl/?q=noticia&id=4709>

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Apantallamiento en vanos de fachada norte y oriente.
- Protecciones solares verticales móviles, en fachada poniente.
- Mejora de condiciones de resistencia térmica de la envolvente.
- Incorporación de ventilación natural.
- Incorporación de vegetación para el manejo del entorno inmediato.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema de generación térmica: Bomba de calor agua/agua.
 - Sistema de entrega de energía: Cielo radiativo.
 - Sistema de ventilación: sistema dedicado con recuperación de calor del 60%, en aire de extracción en invierno.
 - Dimensionar el sistema por recintos y considerar un factor de simultaneidad para el dimensionamiento de la planta generadora.
 - Arreglo de equipos que privilegian la operación dentro del rango de hasta 300kW.
 - Evaluación de instalación de sistema solar térmico para el calentamiento del agua sanitaria (para cubrir el 70% de la demanda).
- Optimización del sistema de climatización a partir de 24 combinaciones de sistemas de generación, distribución y entrega de frío y calor. (Generación: resistencia eléctrica, caldera gas, caldera petróleo, chiller base, chiller centrífugo, bomba de calor descarga en aire, bomba de calor descarga en agua. Sistema entrega: aire, radiador, fan coil, cielo radiativo).
- Sistema de iluminación artificial eficiente: automatización con sensores de presencia (boxes de estacionamiento, calzos de los subterráneos); control centralizado para calendarización 12/12 (en las 12 horas más concurridas del día 100% de las luminarias encendidas, en las 12 horas de más baja concurrencia 50% de las luminarias encendidas); gestión del encendido-apagado por grupos de estacionamiento dependiendo de los usos horarios del hospital.

CESFAM, Chonchi

Ubicación:

42°37'S, 73°46'O - 30msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Castro, Dalcahue,

Superficie: 2.143m²

Demanda energética:

43 kWh/m²a en climatización, según estudio de optimización envolvente + clima

Clima:

T^º media verano : 14,2°C

Amplitud térmica: 15 °C

T^º media invierno : 6,7°C

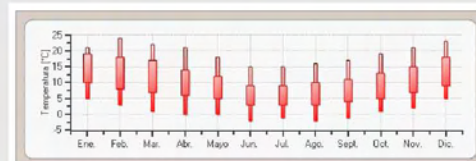
Amplitud térmica: 15°C

Zona climática (NCh 1079):

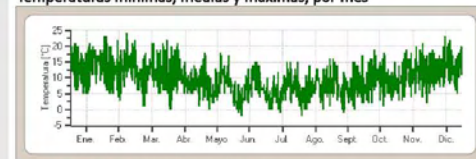
Sur litoral (SL)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,25
Muros	0,37
Vidrio	2,88
Piso c/terreno	0,63
Piso ventilado	N/D



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Mejora de condiciones térmicas de la envolvente.
- Equipos sanitarios con sistemas reductores de consumo de agua.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Ventilación forzada con recuperador de calor.
- Sistemas de reciclaje de aguas grises y aguas lluvia.
- Sistema de generación térmica: Caldera a pellets.
- Bomba de calor con doble seteo (calefacción y agua caliente sanitaria).

Comentarios:

El estudio de eficiencia energética, a diferencia de los otros establecimientos analizados, presenta un acabado estudio de diseño y recomendaciones para alcanzar el confort acústico y la privacidad de los pacientes.

Referencias e imágenes:

Medidas de diseño: Informe Eficiencia Energética y Calidad Ambiental, CESFAM Chonchi. Chiloé. Sociedad Consultores Cero Energía Ltda.

Imagen: <http://www.radiolibertadchiloe.cl>

CESFAM Entre Lagos

Ubicación

40°41'S, 72°36'O - 200msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Osorno, Futrono

Superficie: 1.369m²

Demanda energética:

34 kWh/m²a en climatización, según estudio de optimización envolvente + clima

Clima:

T^º media verano: 14,6°C
 Amplitud térmica: 17,0°C °C

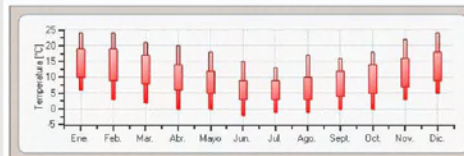
T^º media invierno: 6,6°C
 Amplitud térmica: 14,0°C

Zona climática (NCh 1079):

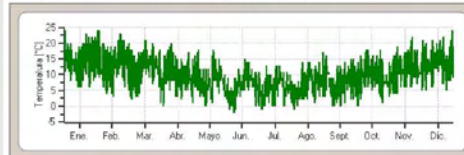
Sur interior (SI)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,19
Muros	0,44
Vidrio	2,80
Piso c/terreno	0,41
Piso ventilado	N/D



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Ventilación natural por medio de aireadores y ventanas.
- Mejora de condiciones de resistencia térmica de la envolvente.
- Se propone la incorporación de tubos de iluminación cenital como los túneles solares en pasillos y baños mediterráneos.
- Se proponen persianas interiores como protección solar para evitar encandilamiento.
- Aleros para evitar la penetración solar en verano y permitir el asoleamiento en invierno.
- Organización de programa arquitectónico en torno a un patio central que favorece la iluminación y ventilación natural.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema de generación térmica: Propone caldera a pellets por sobre alternativa de bomba de calor aerotérmica por menor emisión de CO₂ de la fuente de energía.
- Ventilación forzada con recuperador de calor.

Comentarios:

La escala del recinto hospitalario, en comparación con los hospitales evaluados (Calama, Rancagua y Talca) permite una mayor flexibilidad en el diseño, pudiendo incorporar más estrategias pasivas de arquitectura bioclimática en iluminación natural, ventilación natural y ganancias térmicas pasivas.

Referencias e imágenes:

Estudio de eficiencia energética, CESFAM Entre Lagos. Eco-Tectónica

1.4.2 Casos internacionales

Dell Children's Medical Center of Central Texas

Ubicación:

Austin, Texas. 30°18'N , 97°45'O
- 184 msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Ovalle, San Felipe, Los Andes

Superficie:

47.290m²

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tº media verano (julio): 28,4°C
Amplitud térmica: 15°C

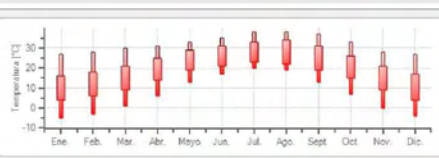
Tº media invierno (enero): 10,8°C
Amplitud térmica: 30°C

Zona equivalente (NCh 1079):

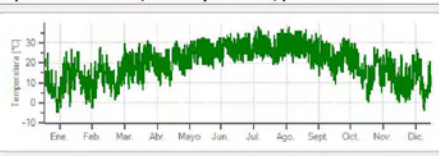
Norte desértico (ND)
Norte valles transversales (NVT)

Valores U de la envolvente térmica:

Información no disponible



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- La iluminación natural cubre el 90% de las habitaciones perimetrales y el 35% de las áreas de tratamiento y de diagnóstico.
- Techo reflectante.
- Árboles en la zona de estacionamientos, superficies reflectantes para reducir el efecto isla de calor.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema CHP de 4.3MW con gas natural, que cubre el 100% de la demanda de electricidad, calefacción y enfriamiento del hospital.
- Recuperación del calor de la turbina para producir vapor y agua fría, utilizada directamente por el hospital.
- Recuperación de calor en las unidades de tratamiento del aire.
- Sensores de ocupación y fotosensores para el control de los consumos de iluminación.
- Uso eficiente del agua con autoclaves y plomería de doble descarga y bajo flujo.

En las zonas no destinadas a los pacientes la ventilación se realiza desde el suelo en lugar que desde el cielo falso.

Referencias e imágenes:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea_dell_business_case.pdf
http://www.dellchildrens.net/about_us/news/2009/01/08/dell_childrens_medical_center_is_worlds_first_platinum_hospital_2

Ipswich Hospital

Ubicación:

Brisbane, Australia. 27°28'S, 153°01'E
- 19msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Caldera, Chañaral

Dimensión:

Los edificios cubren una superficie de 46 hectáreas

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tª media verano (enero): 24,9°C
Amplitud térmica: 20°C

Tª media invierno (julio): 13,9°C
Amplitud térmica: 20°C

Zona equivalente (NCh 1079):

Norte litoral (NL)

Valores U de la envolvente térmica:

Información no disponible



Medidas de diseño pasivo del edificio:

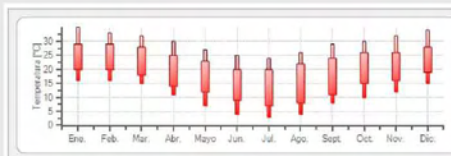
- Información no disponible.

Medidas de diseño activo del edificio:

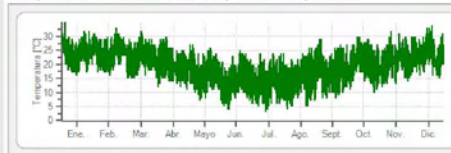
- Sistema solar térmico de 255kWh conectado con una máquina de absorción de doble efecto de 300kWr. Para uso en enfriamiento (proporciona 300kWr de los 4.5MWr de demanda de frío).
- Sistema de recuperación de aguas pluviales para uso en torres de refrigeración.

Referencias e imágenes:

Brenton Burger, Peter Newman - "Hospitals & Sustainability"



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Flinders Medical Centre

Ubicación:

Adelaide, Australia. 34°55'S,
138°36'E - 149msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Quintero, Viña del Mar, Valparaíso,
Quilpué

Superficie:

Campus de 11,5 hectáreas

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tº media verano (enero): 22,2°C
Amplitud térmica: 27°C

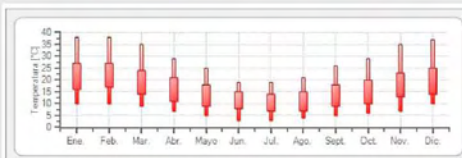
Tº media invierno (julio): 10,5°C
Amplitud térmica: 17°C

Zona equivalente (NCh 1079):

Central litoral (CL)

Valores U de la envolvente térmica:

Información no disponible



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Optimización de luz natural.
- Protecciones solares tipo lamas.
- Coeficientes de sombra de aberturas.
- Aislación térmica de envolvente.
- Sistema de ventilación en base a aire exterior acondicionado, ingresado a través del suelo y extraído por el cielo (sistema de ventilación por desplazamiento).

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema centralizado de aire acondicionado con recuperación de calor del aire de extracción.
- Sistema solar térmico para agua caliente sanitaria.
- Sistema de recolección de aguas grises y de aguas pluviales.
- Grifería, duchas y aseos con sistema eficiente de consumo de agua (bajo flujo, temporizador, doble cisterna).
- Sistema de gestión del edificio (BMS) para el monitoreo de los consumos eléctricos, de agua y de climatización.

Referencias e imágenes:

<http://informaaustralia.wordpress.com/2011/09/05/adelaide-shows-off-australias-first-5-green-star-hospital/>

<http://www.flinders.edu.au/medicine/sites/biomedical-engineering/contact-us.cfm>

<http://designbuildsource.com.au/adelaide-healthcare-system-goes-green>

Sullivan County Diagnostic and Treatment Center, Center for Discovery

Ubicación:

Harris, Nueva York. 41°42'N, 74°43'W
 - 459 msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Sin equivalencia

Superficie:

2.630m²

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tº media verano (julio): 24,9°C
 Amplitud térmica: 17°C

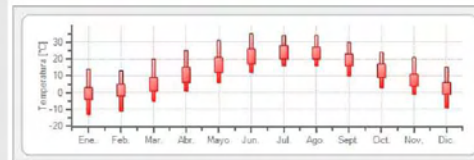
Tº media invierno (enero): -1,1°C
 Amplitud térmica: 25°C

Zona equivalente (NCh 1079):

Sur interior (SI)
 Sur extremo (SE)

Valores U de la envolvente térmica:

Información no disponible



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Diseño en función de la disponibilidad de luz natural.
- Techo masivo con cubierta en metal reflectante para reducir el efecto isla de calor en verano y eliminar rápidamente la nieve en invierno.
- La inclinación y la orientación del techo está pensada para desviar los fuertes vientos de noroeste.
- Alto porcentaje de vidrio en fachada para favorecer la iluminación natural.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema de gestión del edificio (BMS) automático para climatización y ventilación.
- Uso de fluorescentes de alta eficiencia para la iluminación artificial (T-5, T-8).
- Calefacción y enfriamiento radiante con bombas de calor geotérmicas.

Referencias e imágenes:

<http://leedcasestudies.usgbc.org/energy.cfm?ProjectID=233>

Boulder Community Foothills Hospital

Ubicación:

Boulder, Colorado. 40°1'N ,
105°15'W - 1.608msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Sin equivalencia

Superficie: 18.580m²

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tº media verano (julio): 23,9°C
Amplitud térmica: 25°C

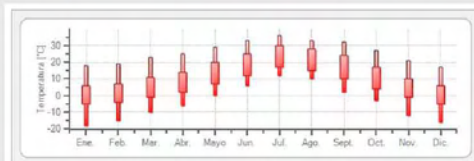
Tº media invierno (enero): 0,2°C
Amplitud térmica: 36°C

Zona equivalente (NCh 1079):

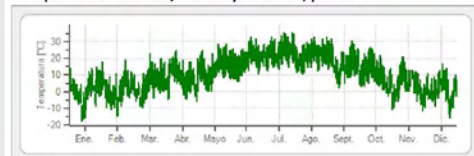
Sur interior (SI)
Sur extremo (SE)

Valores U de la envolvente térmica:

Información no disponible



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Techos reflectantes para reducir costos de enfriamiento y de iluminación.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Urinarios sin agua.
- Fluorescentes compactos de alta eficiencia para la iluminación artificial.

Referencias e imágenes:

http://www.cement.org/buildings/buildings_green_boulder.asp

<http://www.bch.org/green-hospital/firsts-and-awards.aspx>

Aabenraa Sygehus

Ubicación:

Dinamarca. 55°03'N, 9°22'E
- 70msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Navarino

Superficie:

38.600m²

Demanda energética:

Demanda energética no disponible.
Ahorros esperados de 2.700MWh/año
en calefacción y ventilación, equivalente
a 70kWh/m²a

Clima:

T^º media verano (julio): 17,4°C
Amplitud térmica: 20°C

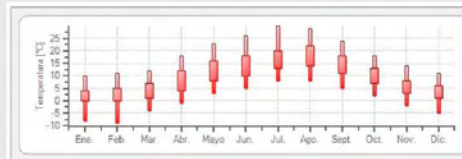
T^º media invierno (enero): 2,5°C
Amplitud térmica: 17°C

Zona equivalente (NCh 1079):

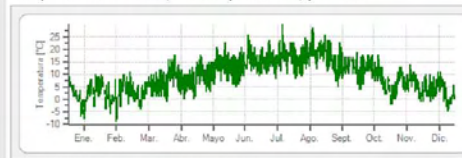
Sur extremo (SE)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	N/D
Muros	N/D
Vidrio	1,10
Piso c/terreno	N/D
Piso ventilado	N/D



Temperaturas mínimas, medias y máximas, por mes



Distribución de temperaturas diarias

Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Patios de luz cubiertos con vidrios de baja transmitancia (1,1 W/m²K) y alta transmisividad solar.
- Fachada doble piel ventilada en verano.
- Sistema de ventilación híbrida.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Sistema solar térmico para agua caliente sanitaria (ACS), integrado en el techo y con función de sombreado para los patios de luz.
- Sistema de gestión automático para calefacción, ventilación y producción de ACS a través de sensores y controles automáticos.

Referencias e imágenes:

Proyecto Europeo Hospitals <http://www.eu-hospitals.net/aabenraa.asp>

Hospital Infanta Leonor

Ubicación:

Madrid. 40°25'N, 3°41'O - 655msnm

Lugares equivalentes en Chile:

Santiago, Rancagua, Talca, Chillán

Superficie: 104.000m²

Demanda energética:

Información no disponible

Clima:

Tº media verano (julio): 26,4°C

Amplitud térmica: 17°C

Tº media invierno (enero): 6,4°C

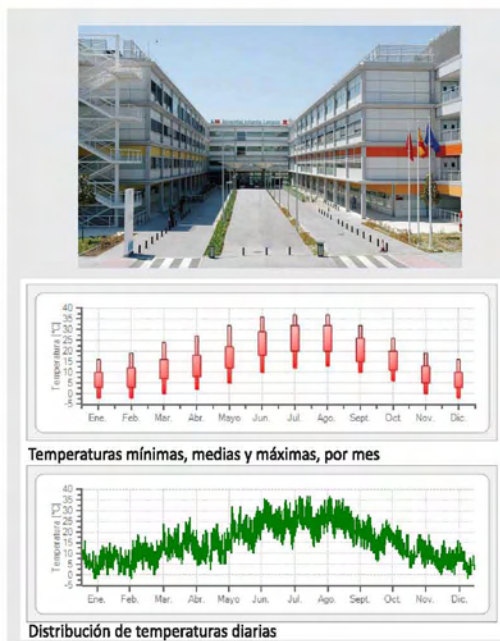
Amplitud térmica: 17°C

Zona equivalente (NCh 1079):

Central interior (CI)

Valores U de la envolvente térmica:

Superficie	U (W/m ² K)
Techumbre	0,90
Muros	1,20
Vidrio	N/D
Piso c/terreno	N/D
Piso ventilado	N/D



Medidas de diseño pasivo del edificio:

- Diseño de las habitaciones para asoleamiento prolongado (mediodía) y profundo (invierno).
- La instalación solar fotovoltaica del estacionamiento hace de elemento constructivo sombreante.
- Diseño de fachada: persianas, lamas metálicas orientables exteriormente, parasoles horizontales fijos, vidrio de control solar y/o impresos, retranqueo de la fachada.
- Ventilación nocturna en verano (free cooling).
- Cubierta vegetal de 0,9W/m²K; fachadas en sistema prefabricado con cámara de aire, 1,2W/m²K; losas con cámara de aire separadora; vidrios de baja emisividad.

Medidas de diseño activo del edificio:

- Integración de instalación solar fotovoltaica sobre el estacionamiento principal del hospital. Planta de capacidad 1,25MW y 18.500m² de superficie; al estar situada en un punto de consumo intensivo de electricidad, favorece la generación distribuida, evitando pérdidas en el transporte de energía. Substitución de la iluminación existente concentrada en cuatro luminarias por otra más eficiente y de tecnología LED, distribuida en 150 puntos del estacionamiento.
- Sistema de iluminación artificial eficiente: 7W/m² sobre 40.000m²
- Instalación de sensores lumínicos, detectores de presencia, gestión personalizada de la iluminación artificial.
- Recuperación de calor de climatización.
- Gestión del agua pluvial.

Referencias e imágenes:

<http://www.energetica21.com/noticia/16-mw-en-el-parking-del-hospital-infanta-leonor-de-madrid>
Proyectos emblemáticos en el ámbito de la energía. Comunidad de Madrid
http://www.luisvidal.com/g/documentos/vaa_not_15122011-3656.pdf



ESTRATEGIAS DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA

2



2

Estrategias de diseño en la arquitectura

- 2.1 Objetivo
- 2.2 Metodología y herramientas
- 2.3 Análisis del partido general arquitectónico
- 2.4 Análisis y recomendaciones por zona climática
- 2.5 Conclusiones generales
- 2.6 Medidas de implementación de eficiencia energética

El objetivo de este capítulo es entregar las recomendaciones de diseño arquitectónico para establecimientos de salud, en especial establecimientos públicos de la red del Ministerio de Salud de Chile.

Las recomendaciones se enfocan en dos escalas:

- Partido general arquitectónico del establecimiento.
- Módulo de hospitalización.

Dada la complejidad operativa y la diversidad de dimensiones que influyen en el comportamiento energético y habitabilidad de los establecimientos de salud, las recomendaciones del partido general se concentran en su arquitectura, específicamente en la volumetría del partido general y características térmicas de su envolvente.

Por otra parte, en los recintos de hospitalización las recomendaciones abordan las características térmicas de su envolvente de forma más específica, ya que las variables propias de la arquitectura presentan en estos casos un gran potencial para contribuir no sólo a la eficiencia energética, sino también en la habitabilidad de estos recintos y por ello, en el bienestar y la salud de los pacientes hospitalarios.

Las recomendaciones se entregan en función de las zonas climáticas de Chile, tanto a nivel de partido general, como de módulos de hospitalización, teniendo en cuenta la relación entre las condiciones climáticas y los niveles de habitabilidad que puede lograr cierto diseño arquitectónico.

2.2 Metodología y herramientas

4

Herramientas utilizadas:

- NCh1960 Of 89 para el análisis de "Partido General Arquitectónico".
- Análisis de Simulación Térmica.
- Dinámica para estudiar recintos de hospitalización Bases de datos climatológicos: grados-día e información hora-hora.

Las recomendaciones de diseño arquitectónico propuestas en esta guía se basan en análisis específicos y adecuados a las características de los establecimientos de salud de la red del Ministerio de Salud de Chile y de las características de distintas zonas climáticas de Chile.

Respondiendo a la diferenciación entre el partido general arquitectónico de dos establecimientos de salud tipo, y al módulo de hospitalización¹, se realizan análisis diferenciados para cada una de dichas escalas:

- Partido general arquitectónico: factor de forma, coeficiente volumétrico global de pérdidas, y demanda bruta de calefacción (análisis basado en el método de cálculo establecido en la Norma Chilena NCh 1960 Of 89).
- Módulo de hospitalización: análisis dinámico, realizado mediante software DesignBuilder y motor de cálculo Energy Plus.

A continuación se describe la metodología para determinar las características climáticas y los análisis, tanto del partido general arquitectónico como del módulo de hospitalización.

2.2.1 Condiciones climáticas

Para dar cuenta de las distintas condiciones climáticas de Chile y su influencia en el comportamiento del partido general arquitectónico y del módulo de hospitalización, se ha utilizado la clasificación climática establecida en la Norma Chilena NCh1079-2008 de zonificación climático-habitacional, la que considera las distintas variaciones del territorio chileno. Considera variables como temperatura media, oscilación diaria, radiación, horas de sol, humedad relativa, nubosidad, precipitaciones, y vientos predominantes, entre otros. De acuerdo a esta norma, Chile posee 9 zonas climáticas.

Para efecto de los análisis realizados sobre los que se basan las recomendaciones de esta guía, se han seleccionado localidades representativas de cada zona climática, respondiendo principalmente a un criterio de ubicación actual y futura de establecimientos de salud pertenecientes a la red del Ministerio de Salud de Chile.

¹ Como se mencionó en el capítulo 1, dichas dimensiones son: sistemas activos, la arquitectura, la gestión y los procesos, los hábitos de los usuarios, y las medidas de control y monitorización.

Las localidades seleccionadas fueron:

Zona climático-habitacional	Localidad	
NL	Norte litoral	Iquique
ND	Norte desértica	Calama
NVT	Norte valle transversal	Ovalle
CL	Central litoral	Vaparaíso
CI	Central interior	Santiago
SL	Sur litoral	Concepción
SI	Sur interior	Temuco
SE	Sur extremo	Punta Arenas
An	Andina	El Teniente

Tabla 2.2.1 Localidades seleccionadas en correspondencia con clasificación climática

Estas zonas climáticas y sus localidades representativas fueron consideradas para focalizar los datos climáticos utilizados tanto en el análisis del partido general arquitectónico como del módulo de hospitalización. Ambos análisis, como se explicará en la siguiente sección, tendrán distintos objetivos y, por lo tanto, distintas metodologías de estudio.

Para el caso del análisis del partido general arquitectónico, la información climatológica a considerar son los grados-día (GD) de calefacción.

Los GD de calefacción se definen como la suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior, con respecto a una temperatura base de calefacción para todos los días del año. Se utiliza para facilitar la determinación de cargas térmicas anuales o mensuales en calefacción.

Para efectos de esta guía, se ha utilizado como temperatura base de calefacción 18,3°C (o 65°F), considerando que los 2-3°C necesarios para alcanzar la temperatura base de confort, estimada en 21°C para estos análisis, se obtienen teóricamente mediante cargas internas de ocupación, equipos, y radiación solar directa.

Para los análisis del módulo de hospitalización, debido a que se trata de análisis dinámicos detallados, se requiere de información climática hora a hora.



Tabla 2.2.2
Grados-día en base 18,3°C utilizados en el análisis de partido general arquitectónico.

Grados-día en base 18,3°C.														
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Grados día
NL	IQUIQUE	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	102
ND	CALAMA	0	0	0	156	213	237	253	210	195	155	135	104	1656
NVT	OVALLE	0	0	0	0	119	173	188	153	104	0	0	0	736
CL	VALPARAÍSO	0	0	0	0	141	177	197	189	159	130	0	0	993
CI	SANTIAGO	0	0	0	122	203	293	305	274	212	152	0	0	1560
SL	CONCEPCIÓN	0	0	0	140	206	254	284	281	230	188	128	0	1708
SI	TEMUCO	117	118	183	242	319	363	394	377	319	266	211	164	3071
SE	PTA. ARENAS	220	211	288	345	431	473	504	473	408	344	294	253	4243
An	EL TENIENTE	0	0	147	210	324	413	419	412	353	290	216	141	2924

La definición de dicha información climática por localidad, en algunos casos no disponible, ha requerido, tanto la revisión de información climatológica estadística como de otras fuentes, lo que ha permitido crear los archivos climáticos representativos necesarios.

Se estudió la información estadística de las estaciones meteorológicas del "Mapa Agroclimático de Chile" (Novoa y Villaseca, 1989), verificando la coincidencia con las características descritas en la clasificación climática de la norma NCh1079-2008.

En el caso de la radiación solar, se ha complementado la información obtenida del programa Meeonorm con la del libro "Energía Solar, Aplicaciones e Ingeniería" (P. Sarmiento, 1995).

Se verificó la existencia de archivos climáticos digitales tipo Energy Plus Weather File (EPW), debiendo generarse nuevos archivos para las localidades de Calama, Valparaíso, Temuco y El Teniente.

La información climática considera los siguientes datos:

- Temperatura del aire seco y húmedo.
- Temperatura de rocío.
- Humedad relativa y absoluta.
- Dirección y velocidad del viento.
- Radiación solar directa, horizontal difusa y global.
- Nubosidad.
- Precipitación de aguas lluvia.

La información analizada para cada localidad, se describe como parte las recomendaciones por zona climática de la sección 2.4.

Mayor número de grados días de calefacción

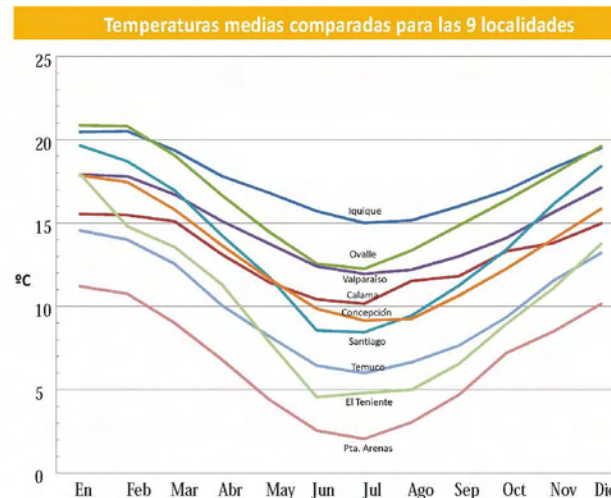


Figura 2.2.1
Curvas de temperatura media para las 9 localidades seleccionadas.

5

La Guía analiza dos alternativas de “Partido General Arquitectónico”, Modelo compacto (fig 2.2.2) v/s Modelo extendido (fig 2.2.3)

Se analizan respecto de

- Factor de Forma.
- Coeficiente volumétrico Global de Pérdidas.
- Demanda Bruta de Calefacción.

Resultados en sección 2.3.

2.2.2 Metodología para el análisis del partido general arquitectónico

Tradicionalmente, la edificación de establecimientos de salud públicos, a cargo del Ministerio de Salud de Chile, se ha caracterizado por el uso de modelos de establecimientos que se pueden resumir como compactos y extendidos.

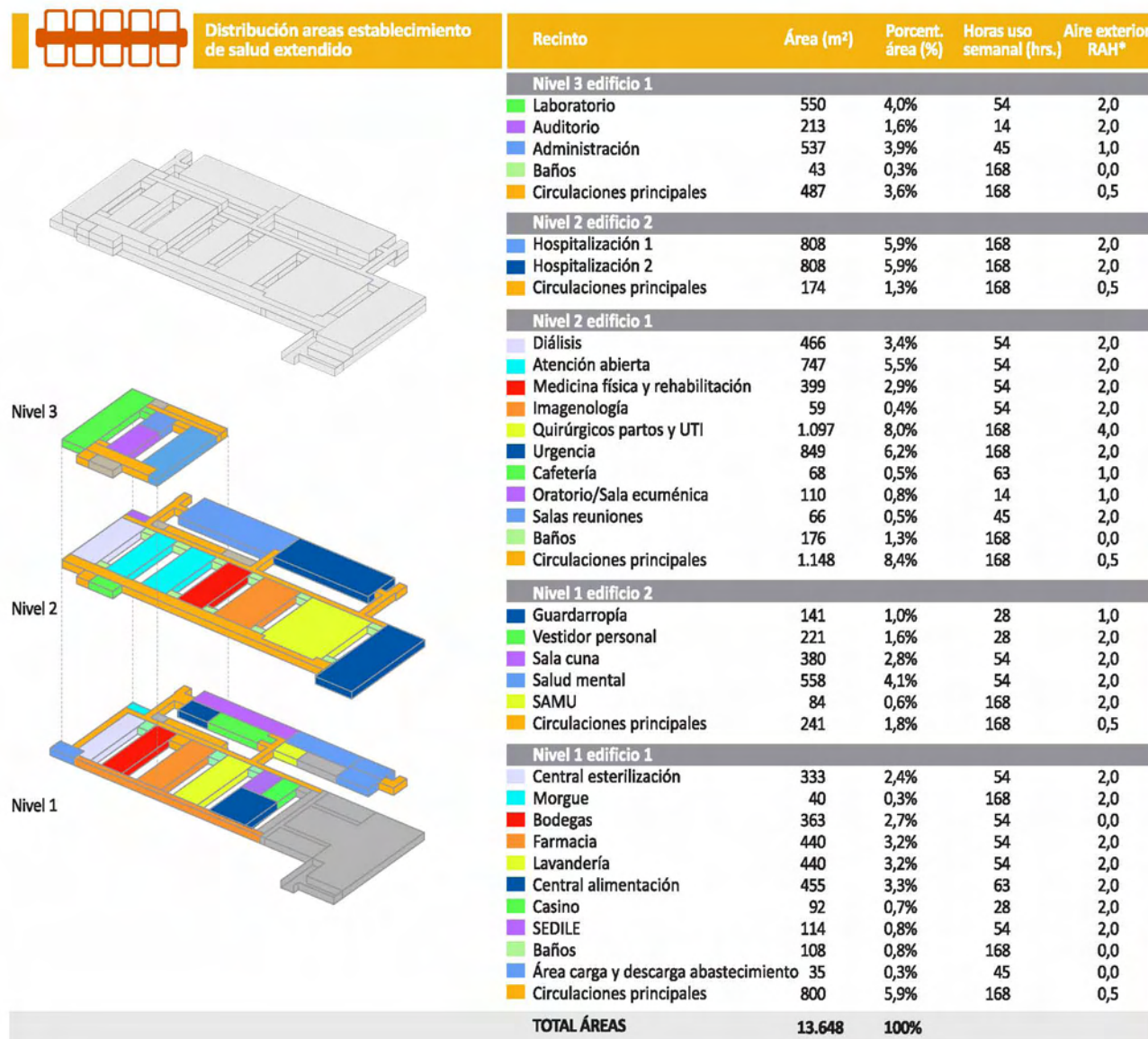
El modelo compacto se entiende como aquel que frente a un volumen dado, posee la menor superficie expuesta al exterior. Para ello suele agruparse el edificio en altura.

El modelo extendido se entiende como aquel que posee el mismo volumen, pero con una mayor superficie expuesta al exterior. Para ello, el programa normalmente se desarrolla en uno o dos pisos, lo que trae como consecuencia la aparición de volúmenes vecinos unos de otros, tantas veces como sea necesario por requerimientos del programa arquitectónico.

Para efectos de esta guía, se estudiaron dos establecimientos de salud tipo que representan un modelo extendido y un modelo compacto. De manera de generar recomendaciones respecto de la volumetría del partido general y características de la envolvente, se realizan tres análisis consecutivos:

- Factor de forma.
- Coeficiente volumétrico global de pérdidas.
- Demanda bruta de calefacción.

2



6

Modelo de
**Establecimiento de Salud
Extendido** estudiado

2

Figura 2.2.2
Ejemplo de distribución de áreas, modelo de establecimiento de salud extendido.
*RAH: renovaciones de aire por hora

7

Modelo de
**Establecimiento de Salud
Compacto** estudiado

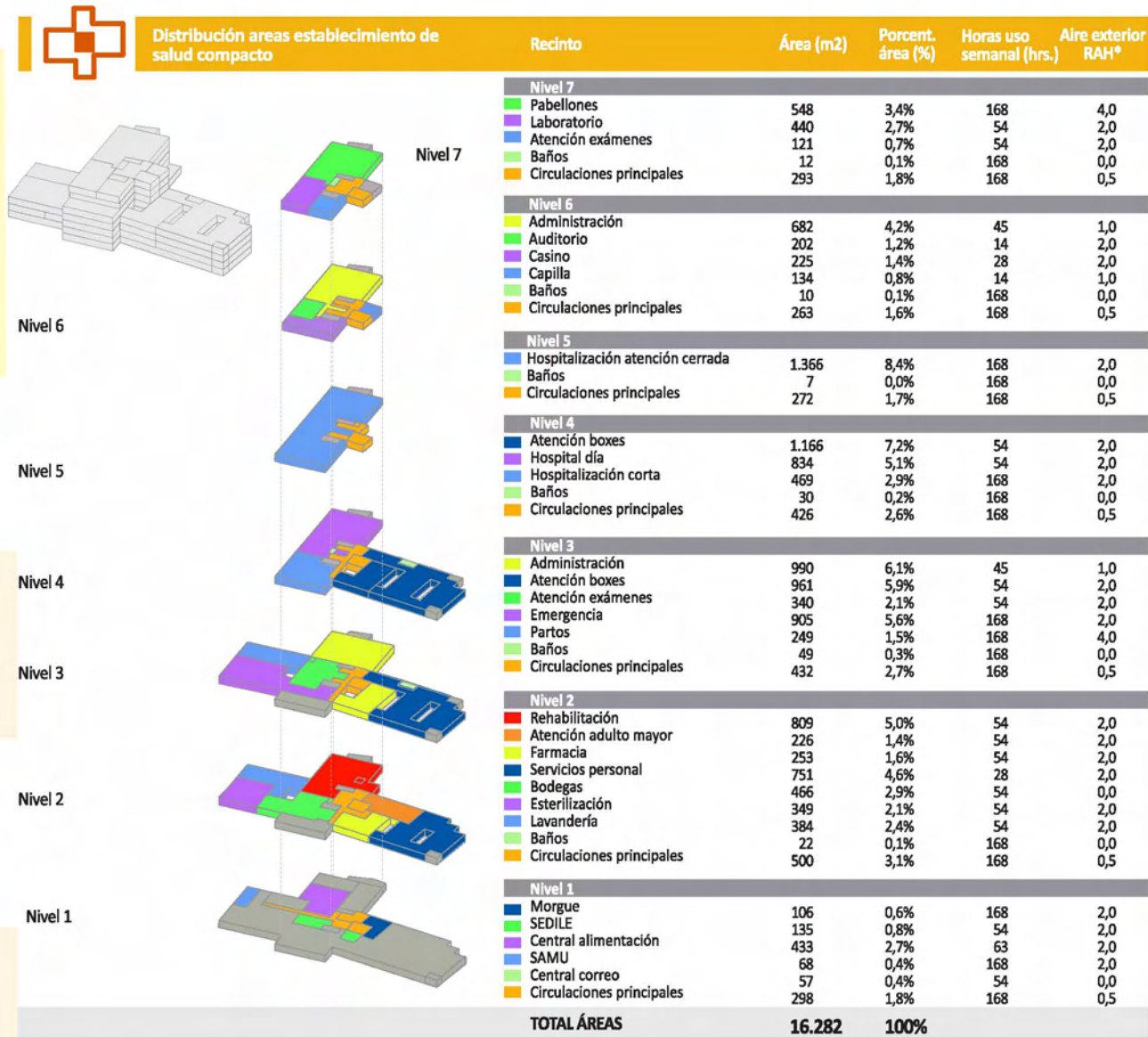


Figura 2.2.3
Ejemplo de distribución de áreas, modelo de establecimiento compacto.
*RAH: renovaciones de aire por hora

Factor forma

De modo de poder comparar el desempeño energético entre los modelos compacto y extendido, se procedió a simplificar los establecimientos de salud tipo, de manera de conseguir que el volumen de los recintos interiores fuese equivalente, concentrando el análisis en la eficiencia desde el punto de vista de la superficie de envolvente.

La determinación del factor de forma está dada por la siguiente fórmula:

$$F = \frac{S}{V} (m^{-1})$$

F: Factor forma.

S: Suma de las superficies de cada uno de los elementos constructivos que delimitan el cerramiento del edificio.

V: Volumen encerrado por los elementos de separación del edificio.

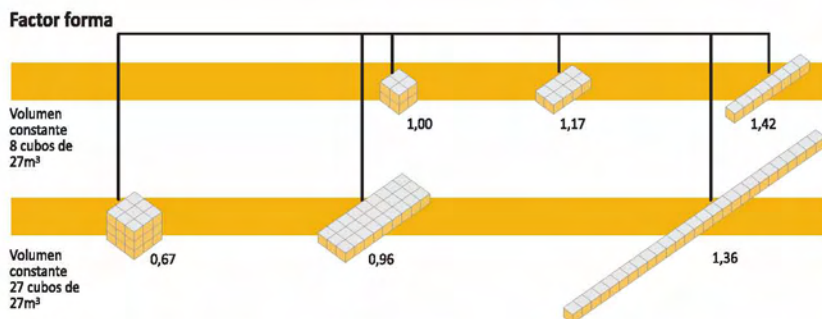


Figura 2.2.4
Ejemplo de factor forma de dos volúmenes constantes.

Flujos térmicos

Como es normal en todo régimen de invierno, las bajas temperaturas exteriores generan un flujo térmico o pérdidas desde el interior hacia el exterior del edificio, las que pueden ser por transmisión de la envolvente y por ventilación.

Para efectos de análisis, evaluaremos los flujos térmicos producidos a través de la envolvente y a través de la ventilación. Indicadores que permiten, en una etapa inicial, comparar la eficiencia entre ambos modelos de establecimiento de salud, extendido y compacto. Permite también comprender qué porcentaje del flujo total se produce por la envolvente y qué porcentaje se produce por la ventilación. Y permite comparar el efecto de diferentes mejoras aplicadas a la envolvente, respecto de un caso base. Posteriormente, el análisis de flujos térmicos da paso al análisis de los coeficientes volumétricos globales de pérdida y a la demanda bruta de calefacción.

Flujo térmico por envolvente:

$$FT_e = \sum U * S \left(\frac{W}{K} \right)$$

FT_e: Flujo térmico por envolvente.

U: Transmitancia térmica de cada uno de los elementos constructivos que delimitan el cerramiento del edificio.

S: Suma de las superficies de cada uno de los elementos constructivos que delimitan el cerramiento del edificio.

Flujo térmico por ventilación:

$$FT_v = V * 0,35 n (W/K)$$

FT_v: Flujo térmico por ventilación.

V: Volumen encerrado por los elementos de separación del edificio.

n: Renovaciones de aire por hora del volumen considerado.

0,35: Flujo térmico por ventilación referido a la unidad de volumen y temperatura.

Coficiente volumétrico global de pérdidas

Para estudiar el efecto energético en la forma del edificio se debe incorporar la calidad térmica de la envolvente en el análisis. Para ello se utilizó el concepto de coeficiente volumétrico global de pérdidas (G), estipulado en la Norma Chilena NCh 1960 Of 89 (Aislación térmica, cálculos de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas).

Esta norma define dos tipos de coeficiente G:

- **GV1:** Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente.
- **GV2:** Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales por edificio (considera las pérdidas por ventilación).

Estos coeficientes están referidos a la unidad de volumen del edificio y a una diferencia de temperatura de 1°C (1K) entre el interior y el exterior:

$$Gv_1 = \frac{\sum U * S}{V} \text{ (W/m}^3\text{K)}$$

$$Gv_2 = Gv_1 + 0,35 n \text{ (W/m}^3\text{K)}$$

n: Renovaciones de aire por hora del volumen considerado.

0,35: Flujo térmico por ventilación referido a la unidad de volumen y temperatura.

A fin de estudiar el efecto de distintos niveles de transmitancia térmica ($U=W/m^2K$) en los componentes constructivos, se definieron distintas variantes para las distintas superficies de muros, pisos, techumbre y ventanas, a ser aplicadas en ambos modelos de establecimiento, compacto y extendido, para determinar el coeficiente G sobre todos los casos. Dentro de dichas variantes constructivas se contemplaron condiciones básicas de edificación (caso base), así como soluciones térmicamente mejores y factibles de construir. El detalle de las variantes estudiadas se presenta en la tabla 2.2.5.

Demanda bruta de calefacción

Para entender qué efecto tiene el factor de forma en la demanda de energía, se presentan indicadores de demanda bruta anual de calefacción (kWh/m^2a) para ambos modelos de establecimientos de salud. Se entiende por demanda bruta de calefacción (**Qb**) a la suma de las pérdidas por transmisión a través de la envolvente (**Qt**) y las pérdidas por ventilación (**Qv**), considerando las horas de uso de las distintas

zonas del establecimiento de salud y los grados-día del clima correspondiente:

$$Qb = Qt + Qv \text{ (kWh año)}$$

$$Qt = FT_e * \text{Horas uso} * \text{Grados día}$$

$$Qv = FT_v * \text{Horas uso} * \text{Grados día}$$

Las horas de uso y las tasas de ventilación asociadas a los usos específicos de cada recinto han sido definidas en las figuras 2.2.2 y 2.2.3.

La determinación de las tasas de ventilación y las horas de uso es fundamental para visualizar las pérdidas por ventilación, una de las principales características de la demanda bruta de calefacción de los establecimientos de salud. Es por ello que se establece en forma detallada los valores utilizados para cada recinto.

La complejidad de un establecimiento de salud presenta una cantidad importante de zonas con parámetros de uso muy distintos entre sí. Conjuntamente, diversas zonas del establecimiento de salud responden más bien a un acondicionamiento por sistemas activos de calefacción y enfriamiento. Debido a esto se ha descartado la estimación de una demanda neta de calefacción en régimen estático (balance térmico que considera no sólo las pérdidas por transmisión de la envolvente y pérdidas por ventilación, sino también las ganancias internas y las ganancias solares por ventanas).

Las ganancias internas junto a las ganancias solares y su relación con la orientación del edificio se analizan más adelante en la sección 2.4 a través del modelamiento en régimen dinámico.

En consecuencia, para efectos del análisis del partido general arquitectónico, se estima apropiado un cálculo de la demanda bruta de calefacción, a modo de visualizar el efecto de la forma y de las diferentes calidades térmicas de la envolvente en las diferentes zonas climáticas.

La demanda de calefacción se expresa en kWh/m^2a , como indicador universal que nos permite comparar rangos rápidamente.

El análisis se ejecutó para cada una de las 9 localidades representativas de las 9 zonas climáticas de Chile.

Resultados presentados para partido general arquitectónico:

- Factor forma para el planteamiento de partido general arquitectónico.
- Gráficos comparativos de coeficiente volumétrico global de pérdidas por transmisión (GV1) y ventilación (GV2), según los dos modelos de establecimientos de salud, estendido y compacto, en la misma condición de valores U (W/m²K) base.
- Visualización de las áreas críticas de valores U (W/m²K) por modelo. Esto es, relación muro, techo, ventana, piso, ventilación con el total.
- Gráficos comparativos con la demanda bruta de calefacción por localidad y para los dos modelos de establecimientos de salud.

2.2.3 Metodología para el análisis del módulo de hospitalización

Como se explica anteriormente, en los recintos de hospitalización las variables propias de la arquitectura presentan un gran potencial para contribuir a la eficiencia energética del edificio y a un nivel de habitabilidad de alto estándar. De esta forma, las recomendaciones para los recintos de hospitalización profundizan en la influencia de distintos aspectos de la arquitectura en el comportamiento térmico y la habitabilidad.

Para lo anterior, es necesario realizar un análisis dinámico para entender la influencia de distintas variables sobre los indicadores de eficiencia energética y calidad ambiental de los recintos de hospitalización, específicamente los dormitorios, áreas de espera y circulaciones. Para dicho análisis se realizaron simulaciones considerando cálculos hora a hora y archivos climáticos propios de cada localidad representativa, utilizando el motor de cálculo energy plus desarrollado por el Departamento de Energía de EE.UU.

El proceso de simulaciones se ha separado en dos etapas generales. La primera corresponde a la definición de los distintos parámetros que determinan el comportamiento térmico y ambiental de los recintos:

- Archivo climático.
- Modelo geométrico.
- Variables de uso y cargas internas.
- Características térmicas de la envolvente.

Los climas, las localidades representativas utilizadas en los análisis, y la forma en que éstos son incorporados en el análisis, fueron descritos en la sección 2.2.1.

A continuación se describe la determinación del modelo geométrico y las variables de uso y cargas internas. La determinación de las características térmicas de la envolvente se describe dentro de la siguiente sección.

Modelo geométrico

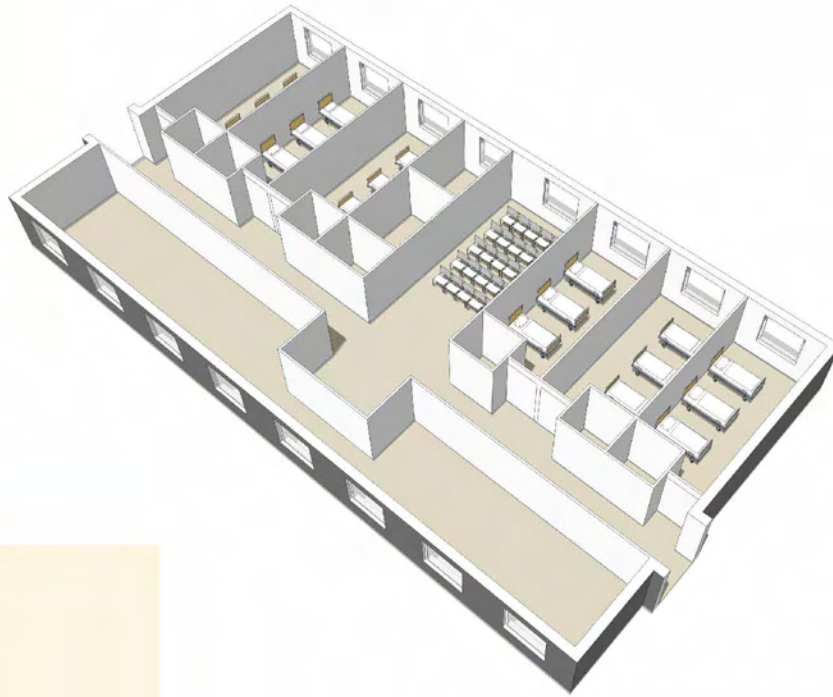
En cuanto al modelo geométrico, se definió utilizar un módulo de hospitalización tipo según revisión de proyectos reales de establecimientos de salud de la red del Ministerio de Salud de Chile.

A partir de lo anterior, se realizó un análisis de influencia de distintas variables sobre el comportamiento térmico y ambiental de los recintos, las que se entienden que pueden ser controladas por el equipo de diseño del proyecto:

- Orientación.
- Aislación térmica de la envolvente.
- Inercia térmica.
- Tamaño de ventanas, tipo de vidriado y marcos.
- Protecciones solares.
- Revestimientos exteriores.
- Control de la iluminación.
- Control de la ventilación e infiltración.

8

Modulo de
Hospitalización
estudiado



Módulo hospitalización

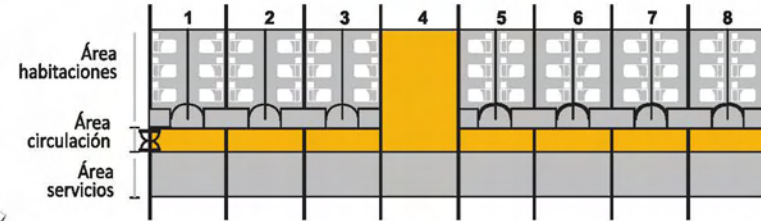


Figura 2.2.5
Esquema del módulo de hospitalización
utilizado para los análisis.

2

Variables uso y cargas internas

Edificio	Recinto	Ocupación p/m ²	R. Confort °C	Ventilación RAH	Aire exterior RAH	Infiltración RAH	Niveles ilum. LUX	Potencia ilum. W/m ²	Otras cargas W/m ²
Hospitalización	Dormitorios	0,10	21-24	6	2	0,5	300	8	10
	Salas de apoyo	0,10	21-24	6	2	0,5	300	8	2
	Baños pacientes	0,20	22-24	6	0	0,5	150	8	10
	Baños público	0,11	20-24	2	0	0,5	150	8	5
	Salas de espera	0,40	19-23	6	2	0,5	150	8	5
	Circulaciones	0,11	19-25	2	0	0,5	150	11	5
	Caja escala	0,11	19-25	2	0	0,5	150	11	2

Tabla 2.2.3
Variables de uso y cargas internas para módulo de hospitalización.



Módulo habitación

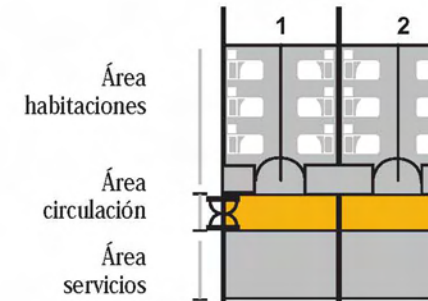


Figura 2.2.6
Esquema del módulo de habitación utilizado para los análisis.

Cargas térmicas de ocupación, equipos y perfiles horarios

Los parámetros y perfiles de uso son un conjunto de variables que influyen principalmente en las cargas internas del edificio, y, en segundo lugar, en las pérdidas por ventilación. Al no existir una referencia local para proyectos de establecimientos de salud que cubra las variables de uso más relevantes, se estudiaron distintas fuentes para determinarlas, discerniendo su idoneidad bajo criterios técnicos y estadísticos.

Las variables consideradas fueron ocupación, rango de confort térmico, tasas de ventilación, tasa de infiltración, niveles de iluminación, potencia de iluminación, y otras cargas internas.

Las fuentes revisadas fueron:

- Manuales de diseño y norma técnica básica del Ministerio de Salud de Chile (MINSAL).
- Programa médico arquitectónico (PMA) de establecimientos asistenciales de salud MINSAL.
- Ordenanza general de urbanismo y construcción.
- Estándares ASHRAE 90.1-2007, 62.1-2007, 55-2004, 170-2008, e ISO - UNE 13779.
- Criterios CIBSE y estadísticas del Reino Unido para establecimientos de salud.
- Definición perfiles térmicos Hospital de Talca, Pitrufquén y Ovalle.

Para la variable de ocupación, se utilizó principalmente la información del programa médico arquitectónico. En recintos de dormitorios, baños y boxes de atención, se calibró la ocupación para coincidir con superficies de recinto según arquitectura. Para otros usos se utilizó la OGUC Art. 4.2.4, salvo en recinto de salas de espera donde se utilizó Ashrae 62.1.

Para el rango de confort, se consideró lo establecido para recintos especiales en la norma técnica básica. Para otros recintos se utilizó principalmente el modelo Predicted Mean Vote (PMV) de ASHRAE 55-2004, debido a que permite determinar un rango según clima y nivel de vestimenta. De esta forma, se determinó un rango de temperatura operativa por recinto, siendo por ejemplo, en dormitorios de 21°C a 24°C. Ver tabla 2.2.3.

Para tasas de ventilación, se consideró lo establecido para recintos especiales en la norma técnica básica del MINSAL. Para otros recintos se utilizó Ashrae 62.1-2007 y 170-2008. Para tasas de infiltración se usó 0.5 renovaciones de aire hora (RAH).

A continuación, se especifican las características que definen el confort higrotérmico según estándar Ashrae 55-2004, usando el modelo Predicted Mean Vote (PMV).

(*)Met: Transformación de energía por actividades metabólicas del cuerpo.
1Met= 58,2W/m²

(*)Clo: Parámetro de arropamiento de los usuarios.
1Clo= 0,155m²C/W

Tabla 2.2.4 Características de confort higrotérmico según estándar Ashrae 55-2004 usando modelo PMV.
Fuente: software Climate Consultant

Confort: usando ASHRAE 55 2004. Modelo PMV (Predicted Mean Vote)	Índice	Unidad
Arropamiento de invierno en espacios interiores (1,0clo= pantalones largos, sweater)	1,0	Clo(*)
Arropamiento de verano en espacios interiores (0,5clo= pantalones cortos, camiseta)	0,5	Clo
Nivel de actividad diurna (1,1met= sentado, leyendo)	1,1	Met(*)
Porcentaje predicho de personas conformes (100 - PPD)	90,0	%
Temperatura mínima de confort en invierno calculada según modelo PMV	20,3	°C
Temperatura máxima de confort en invierno calculada según modelo PMV	24,3	°C
Temperatura máxima de verano calculada según modelo PMV	26,7	°C
Humedad máxima calculada según modelo PMV (%)	84,6	%

2.2.4 Características térmicas de la envolvente: caso base y variantes de optimización

Uno de los objetivos más importantes de una construcción es proveer condiciones de habitabilidad adecuadas y estables. En el caso de establecimientos de salud, la habitabilidad y en particular la condición higrotérmica de los recintos es fundamental por condiciones de salud y operación, y deben responder a los mayores estándares disponibles.

Las condiciones de habitabilidad deben alcanzarse en primera instancia a través de las características de diseño de los edificios, como por ejemplo una envolvente eficiente, protecciones solares, etc. Complementándose luego con el uso de sistemas activos, tales como acondicionamiento higrotérmico e iluminación, cuando las condiciones de uso y clima lo requieren. Así, un diseño arquitectónico que considera desde un inicio estrategias que mejoran las condiciones de habitabilidad y confort higrotérmico, ve disminuida su demanda de uso de sistemas activos y con ello reduce su consumo energético.

Pese a la importancia de las condiciones de habitabilidad en los edificios y especialmente en los establecimientos de salud, no existe todavía en Chile una normativa que regule las características térmicas de la envolvente de los edificios de uso no habitacional, ni existen manuales o guías de diseño para establecimientos de salud. De esta forma, las recomendaciones de diseño arquitectónico orientadas a características térmicas de alta eficiencia son uno de los objetivos fundamentales de esta guía.

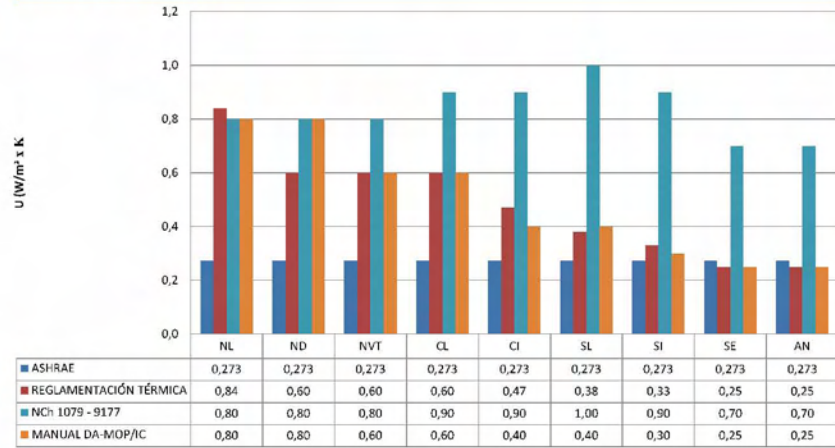
Las recomendaciones de diseño arquitectónico para lograr una alta habitabilidad y eficiencia energética se basan en un análisis comparativo del comportamiento térmico del edificio en función de distintas características térmicas de la envolvente, para distintas condiciones climáticas.

Como se menciona anteriormente, no existen en Chile exigencias térmicas de envolvente para edificios de uso no habitacional.

Para establecer las variantes de envolvente optimizada, se revisaron normativas y manuales de diseño de edificios de uso no habitacional, y para encontrar estándares apropiados de envolvente térmica de los edificios se debe mirar más allá de lo exigido en la normativa y las exigencias reglamentarias. Las referencias locales son la reglamentación térmica para viviendas, y la norma NCh1079-2008. Como se observa en los siguientes gráficos, las exigencias y recomendaciones de transmitancia térmica ($U = W/m^2K$) de ambos documentos, distan mucho

de lo exigido por el estándar Ashrae 90.1-2007 para climas similares, o de las recomendaciones del Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, recientemente lanzado por la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile.

Valor U para cubierta



Valor U para muros

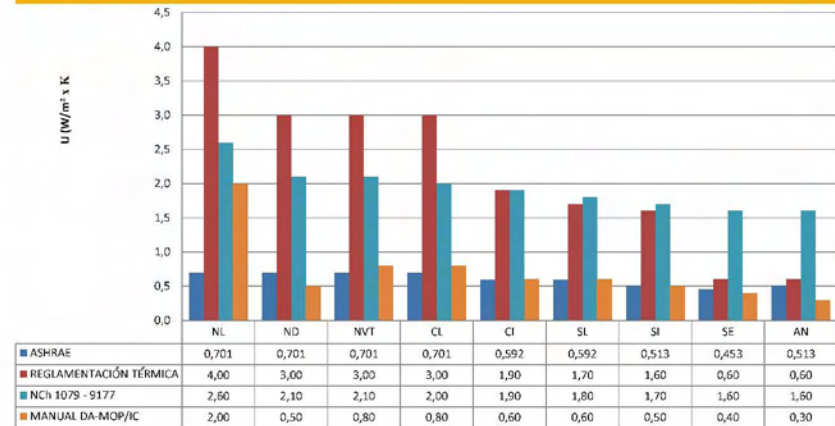


Figura 2.2.7
Comparación de valores U (W/m^2K) para cubierta y muros.

2.2.4.1 Variables para análisis del partido general arquitectónico

Para efectos del análisis, se ha definido un caso base de envolvente térmica y cuatro variantes de envolvente optimizada.

De esta forma, el caso base no presenta aislación térmica en muros y pisos en contacto con el terreno, mientras que en la cubierta se han considerado 50mm de poliestireno expandido estándar, y en ventanas se ha considerado un vidrio simple y marcos de aluminio. Estas características son, en muchos casos, habituales en edificios públicos y en establecimientos de salud a lo largo del país.

Mediante la revisión mencionada previamente, se fijaron las características térmicas de la envolvente para el caso base y las variantes de mejoras que se muestran en la siguiente tabla. Los espesores considerados son en base a poliestireno expandido de densidades variables (15Kg/m³ en muros y cubiertas, 30Kg/m³ contra terreno).

9

Variables de diseño de Envolvente para el “Partido General Arquitectónico”, para el cálculo de demanda bruta de calefacción.

Resultados en figuras 2.3.9 y 2.3.10.

Tabla 2.2.5
Variables para análisis del partido general arquitectónico.

Variables de análisis										
	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*
Techumbre	Cubierta con 50mm de aislación. U=0,72W/m ² K	T.B	Cubierta con 80mm de aislación. U=0,48W/m ² K	T.80	Cubierta con 120mm de aislación. U=0,33W/m ² K	T.120	Cubierta con 160mm de aislación. U=0,25W/m ² K	T.160	Cubierta con 200mm de aislación. U=0,2W/m ² K	T.200
Muro	Muro hormigón armado 20cm sin aislación. U=3,42W/m ² K	Mu.B	Muro HA con 20mm aislación. U=1,29W/m ² K	Mu.20	Muro HA con 50mm aislación. U=0,67W/m ² K	Mu.50	Muro HA con 80mm aislación. U=0,45W/m ² K	Mu.80	Muro HA con 100mm aislación. U=0,37W/m ² K	Mu.100
Piso	Radier sin aislación. U=1,23W/m ² K	P.B	Piso con 20mm aislación. U=0,73W/m ² K	P.20	Piso con 50mm aislación. U=0,46W/m ² K	P.50	Piso con 80mm aislación. U=0,33W/m ² K	P.80	Piso con 100mm aislación. U=0,28W/m ² K	P.100
Vidrio	Vidrio simple 6mm U=5,7W/m ² K, g=0,8	V.B	Vidrio simple Low-e U=3,6W/m ² K	V.3,6	Doble vidrio hermético 1 U=3,1W/m ² K	V.2,8	Doble vidrio hermético 2 U=2,8W/m ² K	V.2,8	Doble vidrio hermético Low-e U=1,8W/m ² K	V.1,8

* El desglose de los códigos de esta tabla se utilizan para la interpretación de las figuras de demandas energéticas de la sección 2.4 Recomendaciones por zona climática, del módulo de hospitalización y de las habitaciones

2

2.2.4.2 Variables para análisis del módulo de hospitalización

Junto con las características térmicas de la envolvente, existen otras líneas estratégicas propias del diseño arquitectónico que influyen en las condiciones de habitabilidad y la eficiencia energética de los edificios. Estas estrategias definidas como de asoleamiento y de control, se han incorporado en el análisis del módulo de hospitalización a fin de enriquecer el contenido de las recomendaciones y con ello entregar mejores herramientas de diseño arquitectónico de alta eficiencia. Estas nuevas estrategias conforman finalmente el caso base y las distintas variantes de análisis para el módulo de hospitalización, que se presentan en la tabla 2.2.6.

A continuación se describen cada una de las estrategias analizadas, explicando brevemente su relevancia y cómo fueron abordadas en los análisis de los recintos de hospitalización.

a) Envolvente

- Aislación de los elementos de la envolvente

La contribución de los elementos de la envolvente es proporcional a su transmitancia, al igual que todas las otras variables. Al aumentar progresivamente el espesor de aislante que tiene un elemento, disminuye la demanda de calefacción. Desde un punto de vista costo/beneficio, para un muro determinado en una localidad y orientación dada del edificio, existe un espesor óptimo de aislante.

En el caso de las cubiertas, en general el efecto del aislamiento es más significativo que para muros verticales y pisos en contacto con el suelo natural.

Se analizó el efecto de espesor de un material aislante tipo, tanto para el partido general arquitectónico como para el módulo de hospitalización.

- Puentes térmicos

Se entiende por puente térmico a todas aquellas zonas, encuentros o puntos donde existen pérdidas de calor por conducción, dadas por la falta de continuidad de la envolvente térmica entre el interior y el exterior de la construcción.

En la sección 2.6 se entregan recomendaciones de diseño para evitar y/o reducir el efecto de los puentes térmicos.

b) Asoleamiento

- Orientación

El comportamiento de cada elemento de envolvente es influenciado por la radiación solar que recibe, incidiendo en su temperatura superficial y, por ende, a la energía transferida a través de muros y cubierta. En el caso de los vidriados, la orientación es más crítica debido a la gran influencia de la radiación solar en el comportamiento global de los vidrios.

Se realizó un análisis de la influencia de la orientación en los indicadores de comportamiento térmico y ambiental, girando el módulo tipo en aumentos de 90° (norte, sur, este y oeste). El caso base corresponde a una orientación norte.

- Tipo de acristalamiento y marcos

La transferencia de calor a través del acristalamiento se descompone en la transferencia debida a la temperatura exterior, y en la transferencia por radiación solar. La inercia del vidrio es lo suficientemente baja para considerar que se comporta en régimen permanente, por lo que la transferencia dependerá de la conductividad del vidrio y de las cámaras de gas incorporadas. En cuanto a la radiación solar, dependerá de la fracción transmitida directamente al interior, y de la fracción absorbida y luego disipada hacia el interior.

Se realizó un análisis de influencia para cuatro tipos de vidriado, dos simples (VS) y dos de doble vidriado hermético (DVH), considerando siempre transmisión de luz visible de al menos 50%, tanto para el partido general arquitectónico como para el módulo de hospitalización. Se consideró un cristal tipo de 5-6mm de espesor para todos los tipos de vidriado.

Se realizó también un análisis de influencia de tres tipos de marcos de ventana.

- Tamaño de ventanas

Como se menciona anteriormente, las ventanas influyen en el comportamiento térmico del edificio, tanto por transferencia de calor como por ganancia solar directa. El tamaño de las ventanas puede así influir directamente en el nivel de ganancias y pérdidas del recinto, además de generar niveles de iluminación natural adecuados, insuficientes o excesivos.

De esta manera, se realizó un análisis de influencia del tamaño de las ventanas, en función de un porcentaje de ventana sobre fachada, para distintas orientaciones. Se consideró como base un porcentaje de 30%, analizando luego proporciones de 40 y 50%, en función de la superficie exterior del recinto.

- Influencia de protecciones solares

Son aquellos elementos externos a la ventana que modifican la cantidad de radiación solar recibida por ésta, lo que dependerá de la radiación, el ángulo de incidencia y la orientación.

Para efectos de análisis se realizó un estudio de la influencia de un sistema de protección solar, mediante su equivalencia a tres tipos de factor solar ² (g), para cuatro distintas orientaciones de ventana. En las tablas de evaluación se tradujo el factor solar a coeficiente de sombra equivalente para mejor comprensión del lector.

Finalmente, los coeficientes de sombra ³ que resultan apropiados se traducen a recomendaciones de porcentajes de sombreado de ventanas, a partir de las cuales el diseñador puede proponer elementos

exteriores con efectos equivalentes. Es necesario tener presente que en un establecimiento de salud se debe privilegiar la luz natural al máximo, motivo por el cual ha de preferirse un vidrio incoloro y su elemento de protección externo correspondiente antes que un vidrio tinteado o reflectivo.

Si bien los elementos interiores tipo cortinas y persianas pueden ayudar al control solar, se considera que no son parte del diseño arquitectónico para efectos de estos análisis.

- Cubierta ventilada

Se entiende por temperatura sol-aire la temperatura teórica del aire exterior a una superficie expuesta a la radiación solar directa que indica el efecto simultáneo sobre ella de la temperatura del aire exterior y la radiación incidente. Lo anterior es relevante sobre todo en cubiertas, dada la alta exposición de éstas a la radiación solar directa.

Por ese motivo se realizó un análisis de la influencia de una cubierta ventilada en comparación a una no ventilada.

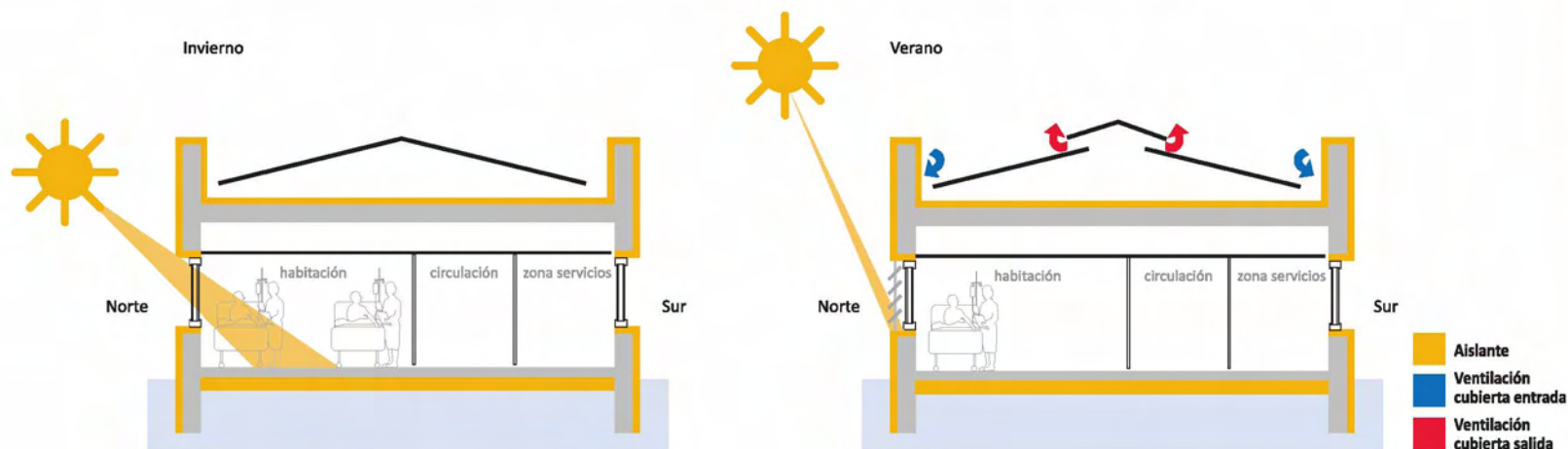


Figura 2.2.8
Estrategias de asoleamiento invierno y verano

2. Factor solar: expresa la energía transferida hacia el interior del edificio respecto de la energía solar incidente.
3. Coeficiente de sombra: expresa la relación entre el factor de sombra de un vidrio determinado, respecto del factor solar de un vidrio simple incoloro con un factor solar (g) igual a 0.86.

c) Control

- Control de la iluminación

Las cargas por iluminación interior pueden ser consideradas al momento de diseñar el proyecto de iluminación, ya sea por la distribución óptima de las luminarias, el tipo de luminaria, y su sistema de control.

Se realizó un análisis de influencia de dos tipos de potencia instalada de iluminación.

- Inercia térmica

Los elementos de la envolvente con inercia externa se comportan como retardadores de la ganancia exterior. Los elementos internos actúan a su vez como acumuladores de las cargas internas, con lo que reducen y retardan las pérdidas hacia el exterior.

Se realizó un análisis de la inercia térmica, comparando el efecto de aislar por dentro o fuera del muro, a igual espesor y tipo de material aislante.

- Control de la ventilación y la infiltración

La ventilación puede producir tanto ganancias como pérdidas de calor en los recintos, ya sea por ventilación mecánica como natural. Por ese motivo se realizó un análisis de la influencia del uso de un sistema de recuperación de calor del aire de extracción.

Así también se realizó un análisis de la influencia de la infiltración. Como caso base se ha considerado un valor de 0.5 RAH, el que corresponde a un valor medio-alto respecto del análisis de normas internacionales, lo cual permite un margen de holgura para los cálculos. Dependiendo del grado de hermeticidad del edificio, se puede bajar a valores de 0.25 e incluso 0.05, teniendo en cuenta que este valor también depende de la velocidad del viento del ambiente exterior.

Finalmente se incluye una evaluación de enfriamiento a través de un aumento de la tasa de renovación de aire a temperatura exterior (free cooling).

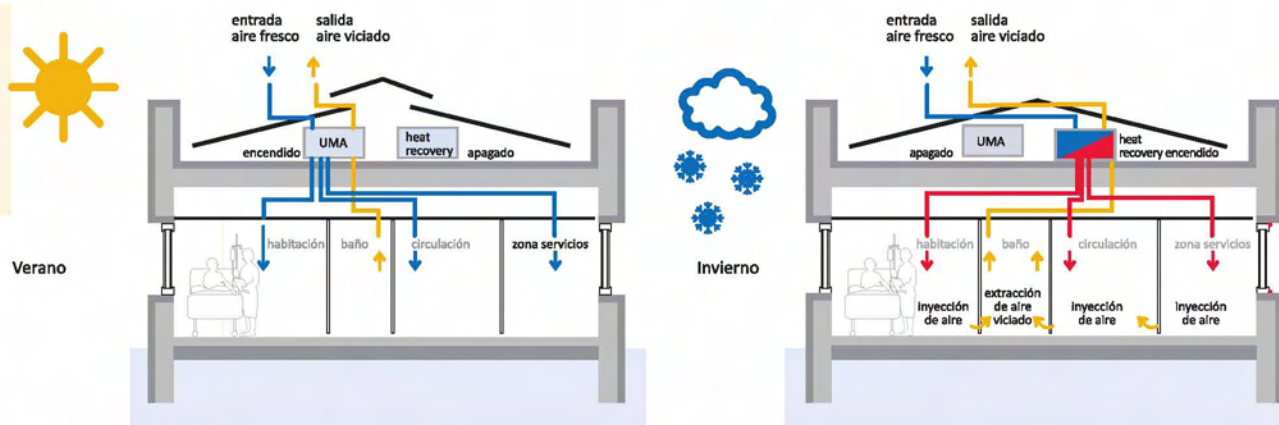


Figura 2.2.9
Estrategias de control de ventilación invierno y verano

Variables de la envolvente para el análisis módulo de hospitalización										
Grupo A: Envolvente	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*
Techumbre	Cubierta con 50mm de aislación. U=0,72W/m²K	T.B	Cubierta con 80mm de aislación. U=0,48W/m²K	T.80	Cubierta con 120 mm de aislación. U=0,33W/m²K	T.120	Cubierta con 160 mm de aislación. U=0,25 W/m²K	T.160	Cubierta con 200mm de aislación. U=0,2 W/m²K	T.200
Muro	Muro hormigón armado 20cm sin aislación. U=3,42W/m²K	Mu.B	Muro HA con 20mm de aislación. U=1,29W/m²K	Mu.20	Muro HA con 50 mm de aislación. U=0,67W/m²K	Mu.50	Muro HA con 80 mm de aislación. U=0,45 W/m²K	Mu.80	Muro HA con 100 mm de aislación. U=0,37 W/m²K	Mu.100
Piso	Radier sin aislación. U=1,23W/m²K	P.B	Piso con 20mm de aislación. U=0,73W/m²K	P.20	Piso con 50mm de aislación. U=0,46W/m²K	P.50	Piso con 80mm de aislación. U=0,33W/m²K	P.80	Piso con 100mm de aislación. U=0,28W/m²K	P.100
Vidrio	Vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K. g=0,8	V.B	Vidrio simple Low-e. U=3,6W/m²K	V.3,6	Doble vidrio hermético 2. U=2,8W/m²K	V.2,8	Doble vidrio hermético Low-e. U=1,8W/m²K	V.1,8		
Marcos	Marco de aluminio. U = 5,8W/m²K	Ma.B	Marco de madera	Ma.Ma	Marco de PVC. U = 3,476W/m²K	Ma.PVC				
Acumulado	Cubierta base + Muro base + Piso base + Vidrio base	Ac.B	Variante 1 de cubierta + Variante 1 de muro + Variante 1 de piso + Variante 1 de vidrio	Ac.1	Variante 2 de cubierta + Variante 2 de muro + Variante 2 de piso + Variante 2 de vidrio	Ac.2	Variante 3 de cubierta + Variante 3 de muro + Variante 3 de piso + Variante 3 de vidrio	Ac.3	Variante 4 de cubierta + Variante 4 de muro + Variante 4 de piso + Variante 3 de vidrio	Ac.4
Acumulado + Heat Recovery	Cubierta base + Muro base + Piso base + Vidrio base + Heat Recovery	HR.	Variante 1 de cubierta + Variante 1 de muro + Variante 1 de piso + Variante 1 de vidrio + Heat Recovery	HR.1	Variante 2 de cubierta + Variante 2 de muro + Variante 2 de piso + Variante 2 de vidrio + Heat Recovery	HR.2	Variante 3 de cubierta + Variante 3 de muro + Variante 3 de piso + Variante 3 de vidrio + Heat Recovery	HR.3	Variante 4 de cubierta + Variante 4 de muro + Variante 4 de piso + Variante 4 de vidrio + Heat Recovery	HR.4

* El desglose de los códigos de esta tabla se utilizan para la interpretación de las figuras de demandas energéticas de la sección 2.4 Recomendaciones por zona climática, del módulo de hospitalización y de las habitaciones

Tabla 2.2.6
Variables para análisis del módulo de hospitalización.

10



La Guía analiza variables de diseño de Envolvente para el módulo tipo de Hospitalización:

Aumento aislante térmico en:

- Techos: 50-80-120-160-200mm
- Muros: 0-20-50-80-100mm
- Pisos: 0-20-50-80-100mm

En vidrios : de vidrio simple a DVH
Uso de recuperación de calor (ver 3.2 y tabla3.2.9)

Resultados en 2.4

2

11

La Guía analiza variables de diseño de Asoleamiento para el módulo tipo de Hospitalización:

- Factor de sombra en ventanas: 0.8, 0.5 y 0.65, aplicados a diferentes orientaciones
- Porcentaje de ventana en función de la superficie de muro: 30%, 40% y 50%
- Cubierta ventilada v/s No ventilada.

Resultados en 2.4

2

VARIABLES DE ASOLEAMIENTO PARA EL ANÁLISIS MÓDULO DE HOSPITALIZACIÓN

Grupo B: Asoleamiento	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*
Orientación	Habitaciones hacia el norte	O.B	Caso base girado en 90°	O.90	Caso base girado en 180°	O.180	Caso base girado en 270°	O.270		
Factor g 0,65	Vidrio simple 6mm U=5,7W/m²K g=0,8	F1.B	Base con vidrio simple 6mm U=5,7W/m²K g=0,65	F1.0	Base con vidrio simple 6mm U=5,7W/m²K g=0,65 girado en 90°	F1.90	Base con vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,65 girado en 180°	F1.180	Base con vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,65 girado en 270°	F1.270
Factor g 0,5	Vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,8	F2.B	Base con vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,5	F2.0	Base con vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,5 girado en 90°	F2.90	Base con vidrio simple 6mm. U=5,7W/m²K g=0,5 girado en 180°	F2.180	Base con vidrio simple 6mm U=5,7W/m²K g=0,5 girado en 270°	F2.270
40% Ventanas	Distribución de ventanas a 30% de muro	V4.B	Distribución de ventanas a 40% de muro	V4.0	Distribución de ventanas a 40% de muro girado en 90°	V4.90	Distribución de ventanas a 40% de muro girado en 180°	V4.180	Distribución de ventanas a 40% de muro girado en 270°	V4.270
50% Ventanas	Distribución de ventanas a 30% de muro	V5.B	Distribución de ventanas a 50% de muro	V5.0	Distribución de ventanas a 50% de muro girado en 90°	V5.90	Distribución de ventanas a 50% de muro girado en 180°	V5.180	Distribución de ventanas a 50% de muro girado en 270°	V5.270
Cubierta ventilada	Base sin cubierta ventilada	C.B	Base con cubierta ventilada	C.V						

VARIABLES DE CONTROL PARA EL ANÁLISIS MÓDULO DE HOSPITALIZACIÓN

Grupo C: Control	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*	Características	Código*
Iluminación	Base sin iluminación optimizada	Il.B	Iluminación optimizada a 7W/m²	Il.7						
Inercia térmica	Muro hormigón armado 20cm sin aislación. U=3,42W/m²K	In.B	Muro HA con 20mm de aislación interior. U=1,29W/m²K	In.Ai	Muro HA con 20 mm de aislación exterior. U=1,29W/m²K	In.Ae				
Infiltración y ventilación	Base con tasa de infiltración = 0,5RAH	If.B	Base con tasa de infiltración = 0,3RAH	If.0,3	Base con tasa de infiltración = 0,1RAH	If.0,1	**Base con tasa de ventilación = 1RAH	If.1	**Base con tasa de ventilación = 2RAH	If.2

**Las variantes 3 y 4 del grupo C, infiltración y ventilación, sólo se utilizan para la evaluación del enfriamiento, ya que no aplican para calefacción.

Continuación
Tabla 2.2.6
Variables para análisis del
módulo de hospitalización.

2.2.4.3 Variables para análisis de las habitaciones del módulo de hospitalización

De modo de facilitar la comprensión sobre la influencia de las variables de asoleamiento mostradas en la página anterior en la Tabla 2.2.6, dichas variables de asoleamiento (grupo B: variables de orientación, factor g en vidriado, porcentaje de ventanas y cubierta ventilada) han sido aplicadas de forma independiente sobre una habitación del módulo de hospitalización.

2.2.5 Indicadores y metas

El instrumento para visualizar la influencia de las variantes antes descritas son los indicadores de eficiencia energética y habitabilidad.

Para efectos de estos análisis y recomendaciones, los indicadores serán la demanda energética para calefacción y enfriamiento, y el consumo energético para iluminación interior.

Los indicadores de calidad ambiental de los espacios interiores consideraron la temperatura operativa interior en los rangos de confort ya definidos, y los niveles de iluminación natural se medirán en base a factor de luz diurna o DLF (daylight factor). Para este último indicador, se considerará como aceptable un DLF promedio de 2% y DLF mínimo de 1%.

En cuanto a las metas de eficiencia energética y calidad ambiental, se considera pertinente adoptar unas metas claras de demanda de calefacción de 15kWh/m²a, y demanda enfriamiento eficientes de 15kWh/m²a, según el estándar alemán Passivhaus, el más alto de eficiencia energética de edificios en el mundo, actualmente extendido en países de Europa Central y Occidental.

Se considera pertinente este tipo de metas dado que no existe en Chile una política explícita sobre el sector edificación, y en particular los edificios para establecimientos de salud, más allá de metas de disminución de consumo de energía a nivel país. Por otra parte, niveles altos de eficiencia energética por reducción de demandas, como también una alta calidad ambiental apuntan a mejorar las condiciones de operación de los edificios, sobre todo en lugares donde primarán las estrategias pasivas y un bajo presupuesto de operación y mantención.

12



La Guía analiza variables de Control para el modulo tipo de Hospitalización:

- Iluminacion: reducción de la potencia instalada
- Inercia termica: aislación interior v/s aislacion exterior
- Niveles de infiltracion: 0.5, 0.3 y 0.1 RAH
- Ventilacion adicional en verano

Resultados en 2.4

2

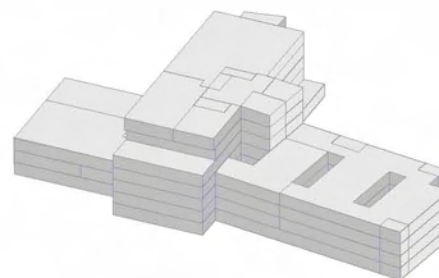
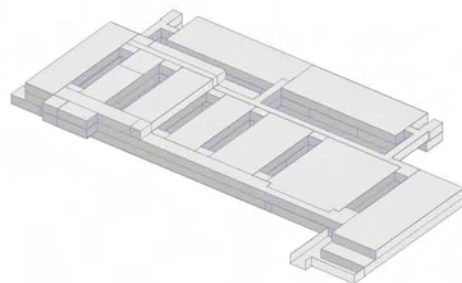
2.3 Análisis del partido general arquitectónico

13

Factor de Forma:
 según casos analizados, el modelo compacto es más eficiente energéticamente

2.3.1 Factor forma

Como se señala en la sección 2.2.2, para la obtención del factor forma de ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, se han debido igualar los volúmenes de ambos establecimientos, con el fin de evaluar específicamente la relación que existe entre sus envolventes. Se observa en los resultados, que al ser igualados los volúmenes, el modelo compacto posee una superficie de envolvente expuesta al exterior bastante menor que la del modelo extendido, por lo que se obtiene un resultado de factor forma más eficiente para el modelo compacto, con lo cual se esperan menores pérdidas energéticas a través de la envolvente.



Establecimiento de salud extendido

Total superficie	m ²	21.966
Total volumen	m ³	45.039
Factor forma		
Total superficie / Total volumen		0,49



Establecimiento de salud compacto

Total superficie	m ²	13.433
Total volumen	m ³	45.039
Factor forma		
Total superficie / Total volumen		0,30

Figura 2.3.1
 Factor de forma, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.



Establecimiento de salud extendido

Total flujo térmico
(ventilación + envolvente)
(W/K) = 67.236

Total flujo térmico
(ventilación + envolvente)
(W/m²K) = 4,9

2.3.2 Flujos térmicos

Flujos térmicos por envolvente caso base establecimiento de salud extendido			
Elemento	Superficie (m²)	U (W/m²K)	Flujo térmico (W/K)
Techumbre	6.995	0,72	5.036,0
Muros	5.686	3,42	19.445,3
Ventanas	2.290	5,70	13.053,0
Piso contra terreno	6.995	0,39	2.761,2
Elemento	Perímetro (ml)	ψ (W/mlK)	Flujo térmico (W/K)
Piso contra terreno	1.040	0,8	832,0
TOTAL FLUJO TÉRMICO POR ENVOLVENTE (W/K)			41.128

Flujos térmicos por ventilación caso base establecimiento de salud extendido			
Recinto	Volumen (m³)	RAH	Flujo térmico (W/K)
Nivel 1 edificio 1			
Central esterilización	1.097	2,0	754
Morgue	132	2,0	93
Bodegas	1.198	0,0	0
Farmacia	1.452	2,0	1.020
Lavandería	1.453	2,0	999
Central alimentación	1.502	2,0	1.043
Casino	304	2,0	218
SEDILE	376	2,0	259
Baños	356	0,0	0
Área carga y descarga abastecimiento	114	0,0	0
Circulaciones principales	2.641	0,5	444
Nivel 1 edificio 2			
Guardarropía	466	1,0	169
Vestidor personal	729	2,0	501
Sala cuna	1.253	2,0	861
Salud mental	1.841	2,0	1.265
SAMU	278	2,0	195
Circulaciones principales	795	0,5	134
Nivel 2 edificio 1			
Diálisis	1.536	2,0	1.056
Atención abierta	2.465	2,0	1.694
Medicina física y rehabilitación	1.317	2,0	905
Imagenología	195	2,0	134
Quirúrgicos partos y UTI	3.621	4,0	5.033
Urgencia	2.801	2,0	1.946
Cafetería	226	1,0	78
Oratorio/Sala ecuménica	363	1,0	125
Salas reuniones	217	2,0	149
Baños	581	0,0	0
Circulaciones principales	3.789	0,5	637
Nivel 2 edificio 2			
Hospitalización 1	2.666	2,0	1.833
Hospitalización 2	2.666	2,0	1.833
Circulaciones principales	574	0,5	96
Nivel 3 edificio 1			
Laboratorio	1.814	2,0	1.274
Auditorio	703	2,0	483
Administración	1.770	1,0	608
Baños	141	0,0	0
Circulaciones principales	1.606	0,5	27
TOTAL FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN (W/K)			26.108

Figura 2.3.2
Flujos térmicos, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.



Establecimiento de Salud compacto

Total Flujo Térmico
(ventilación + envolvente)
(W/K) = 65.789

Total Flujo Térmico
(ventilación + envolvente)
(W/m²K) = 4,0

Flujos térmicos por envolvente caso base establecimiento de salud compacto			
Elemento	Superficie (m²)	U (w/m²k)	Flujo térmico (w/k)
Techumbre	3.926	0,72	2.826,6
Muros	3.584	3,42	12.258,2
Ventanas	3.154	5,70	17.977,8
Piso contra terreno	3.926	0,32	1.246,9
Elemento	Perímetro (ml)	ψ (w/mlk)	Flujo térmico (w/k)
Piso contra terreno	435	0,8	348,0
total flujo térmico por envolvente (w/k)			34.658

Flujos térmicos por ventilación caso base establecimiento de salud compacto			
Recinto	Volumen (m³)	RAH	Flujo térmico (W/K)
Nivel 1			
Morgue	348	2,0	245
SEDILE	447	2,0	307
Central alimentación	1.428	2,0	992
SAMU	223	2,0	156
Central correo	189	0,0	0
Circulaciones principales	984	0,5	172
Nivel 2			
Rehabilitación	2.671	2,0	1.836
Atención adulto mayor	746	2,0	513
Farmacia	836	2,0	587
Servicios personal	2.477	2,0	1.750
Bodegas	1.538	0,0	0
Esterilización	1.150	2,0	790
Lavandería	1.267	2,0	871
Baños	74	0,0	0
Circulaciones principales	1.650	0,5	277
Nivel 3			
Administración	3.267	1,0	1.123
Atención boxes	3.172	2,0	2.180
Atención exámenes	1.122	2,0	771
Emergencia	2.985	2,0	2.074
Partos	822	4,0	1.142
Baños	162	0,0	0
Circulaciones principales	1.426	0,5	240
Nivel 4			
Atención boxes	3.848	2,0	2.644
Hospital día	2.752	2,0	1.892
Hospitalización corta	1.548	2,0	1.064
Baños	100	0,0	0
Circulaciones principales	1.405	0,5	236
Nivel 5			
Hospitalización atención cerrada	4.507	2,0	3.098
Baños	23	0,0	0
Circulaciones principales	898	0,5	151
Nivel 6			
Administración	2.251	1,0	774
Auditorio	667	2,0	458
Casino	743	2,0	513
Capilla	443	1,0	152
Baños	31	0,0	0
Circulaciones principales	868	0,5	146
Nivel 7			
Pabellones	1.809	4,0	2.515
Laboratorio	1.451	2,0	1.020
Atención exámenes	401	2,0	275
Baños	38	0,0	0
Circulaciones principales	966	0,5	169
TOTAL FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN (W/K)			31.131

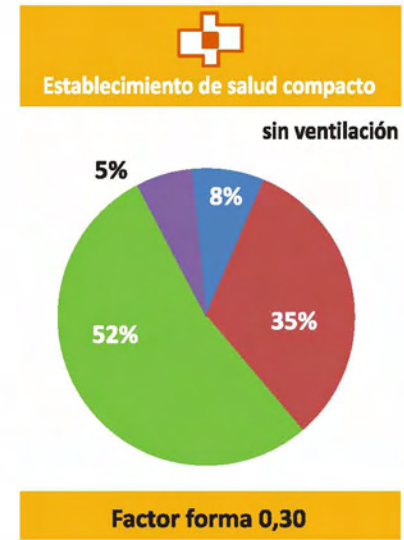
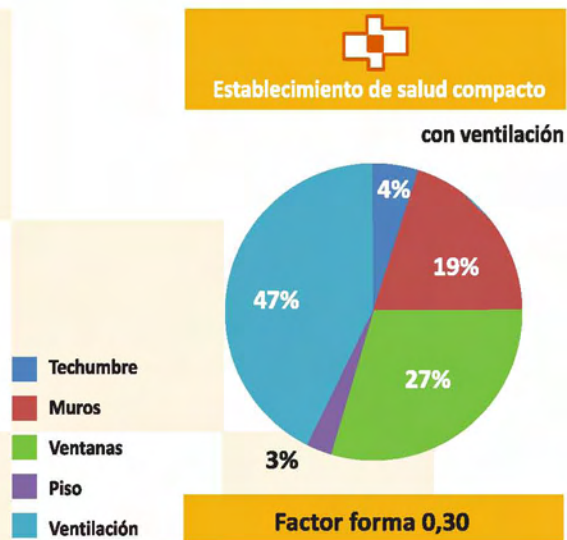
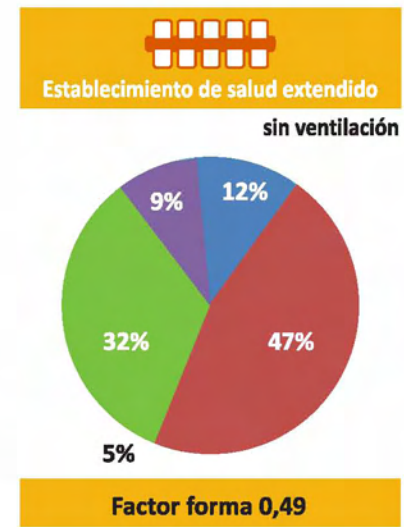
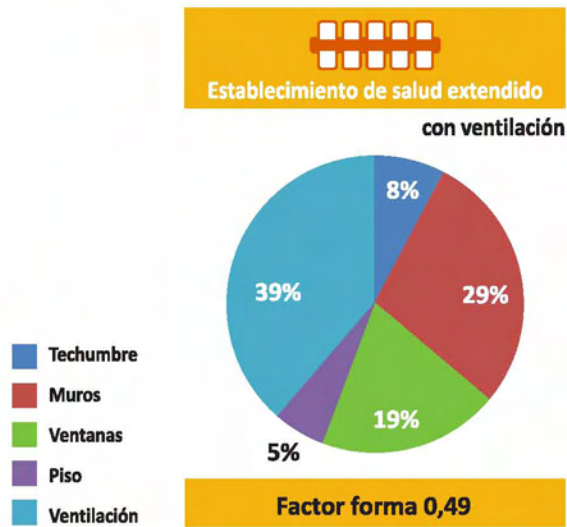


Figura 2.3.3
 Flujos térmicos a través de la envolvente y la ventilación, caso base, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.

Figura 2.3.4
 Flujos térmicos a través de la envolvente, caso base, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.

Refiriéndose a los resultados y gráficos representativos de los flujos térmicos del caso base, se pueden observar algunas similitudes y diferencias entre ambos modelos de establecimiento de salud, extendido y compacto. En ambos modelos el mayor flujo térmico se produce a través de la ventilación.

En el modelo extendido el mayor flujo térmico, después de la ventilación, se produce a través de los muros, y a continuación por las ventanas. En cambio, en el modelo compacto, después de la ventilación, el mayor flujo térmico se produce a través de las ventanas, y a continuación por los muros.

En ambos modelos de establecimiento de salud los menores flujos se producen por la techumbre y el piso, sin embargo, en el modelo extendido son mayores justamente por una mayor superficie de techumbre y piso. Cabe mencionar que los flujos a través de la techumbre se aprecian con un porcentaje reducido, ya que el caso base presenta aislación en la techumbre, a diferencia de los demás elementos de envolvente que no poseen aislación.

Al eliminar la variable de la ventilación se aprecia con más claridad el efecto que tiene la envolvente en ambos casos. De acuerdo al factor forma obtenido, se observa que en el modelo extendido el efecto de los muros representa un 47%, y luego el efecto de las ventanas representa

un valor de 32%. En el modelo compacto, se aprecia una relación inversa, donde las pérdidas por muros son de 35% y por ventanas de 52%. El piso y la techumbre se observan con valores de pérdidas inferiores a muros y ventanas, siendo mayores en el modelo extendido, debido a su factor forma.

En la figura 2.3.6 se presentan los efectos en los flujos térmicos que se producen por la envolvente al aplicar las distintas variantes de optimización a las superficies respectivas. Se puede apreciar que aplicando la primera variante de optimización, los flujos térmicos disminuyen de manera importante, con disminuciones cercanas al 50% en ambos modelos de establecimiento de salud. También se observa que a medida que se aplican las variantes, se acortan las diferencias entre el modelo extendido y compacto.

Al aplicar las variantes restantes, las disminuciones en los flujos son menores, y la diferencia entre el flujo por envolvente de ambos modelos es menor. A medida que se aplican las variantes, se modifica la relación de las pérdidas por las distintas superficies. Desde la aplicación de la primera variante, se observa que las superficies de ventanas comienzan a tener mayor importancia en ambos modelos, manteniendo siempre mayor relevancia en el modelo compacto.

14

El flujo térmico por la envolvente puede ser un 30% menor en un modelo compacto de establecimientos de salud, en comparación con un modelo extendido

Conclusiones

No obstante, el modelo de establecimiento de salud extendido o compacto, cuando se consideran los flujos por la ventilación (figura 2.3.3), se puede decir que los flujos térmicos de muros y ventanas pueden representar un 50% de la pérdida energética del edificio. Más adelante, en la sección 2.3.4, se puede apreciar el efecto de los flujos térmicos en la demanda bruta de calefacción de ambos modelos de establecimiento de salud.

Finalmente, como se observa en la figura 2.3.6, en términos netos, el flujo térmico de la envolvente completa del modelo compacto en el caso base resulta ser un 30% inferior a la del modelo extendido.

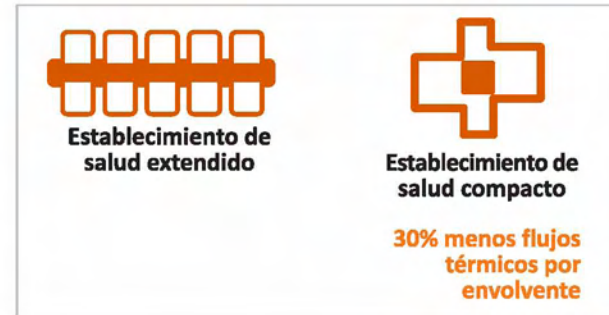


Figura 2.3.5
Flujos térmicos a través de la envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto

2

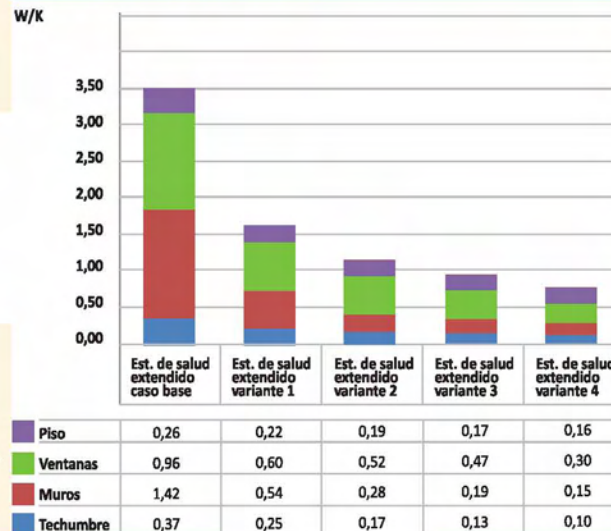
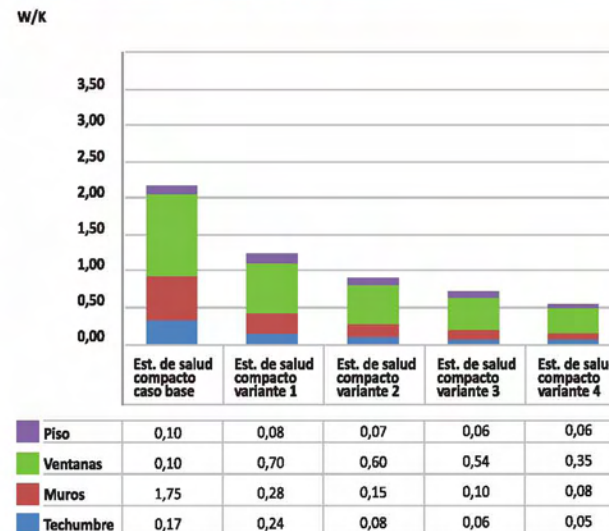


Figura 2.3.6
Flujos térmicos, caso base y variantes, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.



Recomendaciones

Claramente es conveniente incorporar medidas de mejoramiento térmico de la envolvente que son capaces de reducir en un 50% o más los flujos térmicos.

Cuando la cubierta ha sido aislada según el caso base, los muros y ventanas constituyen los puntos de mayor importancia en la pérdida de calor de ambos modelos de establecimiento de salud, por lo tanto, se deben considerar sistemas constructivos con la posibilidad de manejar distintos grados de transmitancia térmica.

No obstante, frente a la pregunta de cuánto aislar, es necesario analizar la influencia del clima en el edificio, porque lógicamente localidades con grados-día mayores representarán una mayor pérdida de calor a través de la envolvente. La influencia del clima en la situación energética del establecimiento de salud se analiza en la sección 2.3.4 Análisis de demandas brutas de calefacción y posteriormente en la sección 2.4. Recomendaciones por zona climática.

2.3.3 Coeficientes volumétricos globales de pérdida

Observando los resultados de GV1 y GV2 para ambos modelos de establecimientos de salud, se pueden apreciar valores más bajos en el modelo compacto. Sin embargo, a medida que se aplican las variantes de optimización, la brecha que separa los resultados de ambos modelos comienza a disminuir de manera importante. La diferencia que se aprecia entre los valores de GV1 y GV2 de ambos modelos está dada por las pérdidas por ventilación, las cuales representan un 47% del total en el modelo compacto y un 39% en el modelo extendido.



Coeficientes globales de pérdida caso base establecimiento de salud extendido

Establecimiento de salud extendido	Envolvente	Flujo térmico (W/K)	Volumen total (m³)
	Envolvente	41.128	45.039
	GV 1 (flujo térmico total superficie/Total volumen) (W/m³K)		0,9
	Ventilación	Flujo térmico (W/K)	Volumen total (m³)
	Ventilación	26.108	45.039
	GV 2 (Flujo térmico total superficie + flujo total ventilación/Total volumen) (W/m³K)		1,5



Establecimiento de salud compacto

Coeficientes globales de pérdida caso base establecimiento de salud compacto

Establecimiento de salud compacto	Envolvente	Flujo térmico (W/K)	Volumen total (m³)
	Envolvente	34.658	53.731
	GV 1 (Flujo térmico total superficie/Total volumen) (W/m³K)		0,6
	Ventilación	Flujo térmico (W/K)	Volumen total (m³)
	Ventilación	31.131	53.731
	GV 2 (Flujo térmico total superficie + flujo total ventilación/total volumen) (W/m³K)		1,2

Coeficientes volumétricos globales de pérdida

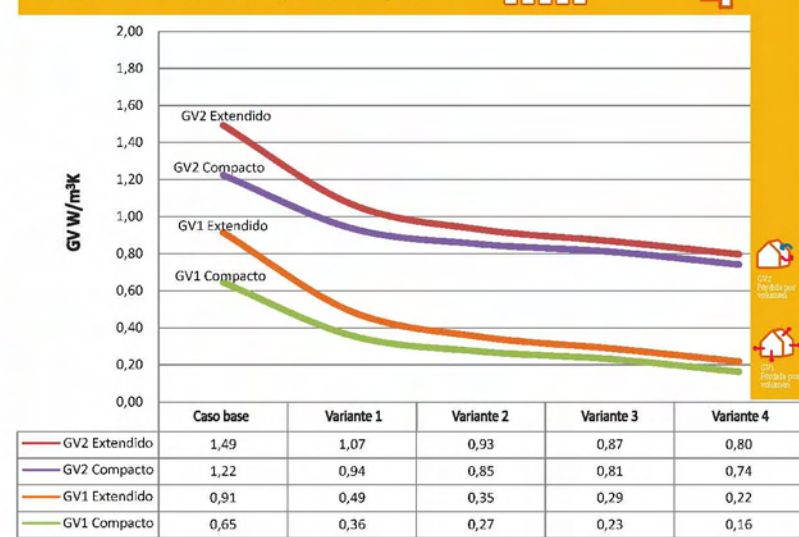


Figura 2.3.8 Tendencias de los coeficientes volumétricos globales de pérdida, caso base y variantes, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.

Conclusiones

Estos resultados confirman la importancia de las pérdidas por ventilación en ambos modelos de establecimiento de salud.

No obstante los resultados de GV1 y GV2, corresponde dilucidar la importancia de las pérdidas por transmisión y ventilación frente al clima específico en el que se localiza el establecimiento de salud. Para ello, se procede en la sección siguiente a evaluar ambos modelos de establecimiento de salud, mediante la estimación de la demanda bruta de calefacción en las localidades representativas de las 9 zonas climáticas.

Figura 2.3.7 Coeficientes globales de pérdida, caso base, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.

2.3.4 Demanda bruta anual de calefacción



Demanda bruta de calefacción caso base establecimiento de salud extendido								
Clima	Ciudad		Flujo térmico (W/K)	Horas de uso (hrs)	Grados día	Demanda bruta (kWh año)	Demanda bruta (kWh/m² año)	Porcentaje demanda (%)
NL	Iquique	Por envolvente	41.128	Según recinto	102	67.371	4,94	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	102	40.820	2,99	38%
		TOTAL				108.191	7,93	100%
ND	Calama	Por envolvente	41.128	Según recinto	1.656	1.090.491	79,90	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	1.656	660.573	48,40	38%
		TOTAL				1.751.064	128,30	100%
NVT	Ovalle	Por envolvente	41.128	Según recinto	736	484.933	35,53	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	736	293.823	21,53	38%
		TOTAL				778.756	57,06	100%
CL	Valparaíso	Por envolvente	41.128	Según recinto	993	654.085	47,92	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	993	396.313	29,04	38%
		TOTAL				1.050.397	76,96	100%
CI	Santiago	Por envolvente	41.128	Según recinto	1.560	1.027.490	75,28	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	1.560	622.560	45,61	38%
		TOTAL				1.649.931	120,89	100%
SL	Concepción	Por envolvente	41.128	Según recinto	1.707	1.124.759	82,41	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	1.707	681.497	49,93	38%
		TOTAL				1.806.256	132,34	100%
SI	Temuco	Por envolvente	41.128	Según recinto	3.071	2.022.627	148,20	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	3.071	1.225.519	89,79	38%
		TOTAL				3.248.146	237,99	100%
SE	Pta. Arenas	Por envolvente	41.128	Según recinto	4.243	2.794.578	204,76	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	4.243	1.693.247	124,06	38%
		TOTAL				4.487.825	328,82	100%
An	El Teniente	Por envolvente	41.128	Según recinto	2.923	1.925.572	141,09	62%
		Por ventilación	26.108	Según recinto	2.923	1.165.712	85,48	38%
		TOTAL				3.092.284	226,57	100%

15

Demandas Brutas de Calefacción en caso base de modelo extendido (kWh/m²año)

Norte Litoral	8
Norte Desértico	128
Norte Valles transversales	57
Centro Litoral	77
Centro Interior	121
Sur Litoral	132
Sur Interior	238
Sur Extremo	329
Andina	226

Casos optimizables hasta en un 47% (ver fig. 2.3.10)

2

Mayor Demanda Bruta (kWh/m² año)

Figura 2.3.9 Demanda bruta anual de calefacción, caso base, modelos de establecimiento de salud extendido para las diferentes zonas climáticas consideradas.

16

Demandas Brutas de Calefacción en caso base de modelo compacto (kWh/m²año)

Norte Litoral	6
Norte Desértico	90
Norte Valles transversales	40
Centro Litoral	54
Centro Interior	85
Sur Litoral	93
Sur Interior	166
Sur Extremo	230
Andina	159

Casos optimizables hasta en un 41% (ver fig. 2.3.10)



		Demanda bruta de calefacción caso base establecimiento de salud compacto						
Clima	Ciudad		Flujo Térmico (W/K)	Horas de Uso (hrs)	Grados Día	Demanda Bruta (kWh año)	Demanda Bruta (kWh/m ² año)	Porcentaje Demanda (%)
NL	Iquique	Por envolvente	34.658	Según recinto	102	48.393	2,97	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	102	41.845	2,57	46%
		TOTAL				90.238	5,54	100%
ND	Calama	Por envolvente	34.658	Según recinto	1656	783.583	48,13	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	1656	677.547	41,61	46%
		TOTAL				1.461.130	89,74	100%
NVT	Ovalle	Por envolvente	34.658	Según recinto	736	348.332	21,39	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	736	301.195	18,50	46%
		TOTAL				649.527	39,89	100%
CL	Valparaíso	Por envolvente	34.658	Según recinto	993	469.836	28,86	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	993	406.256	24,95	46%
		TOTAL				876.092	53,81	100%
CI	Santiago	Por envolvente	34.658	Según recinto	1560	738.057	45,33	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	1560	638.181	39,20	46%
		TOTAL				1.376.238	84,53	100%
SL	Concepción	Por envolvente	34.658	Según recinto	1707	807.927	49,62	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	1707	698.596	42,91	46%
		TOTAL				1.506.522	92,53	100%
SI	Temuco	Por envolvente	34.658	Según recinto	3071	1.452.875	89,23	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	3071	1.256.268	77,16	46%
		TOTAL				2.709.143	166,39	100%
SE	Pta. Arenas	Por envolvente	34.658	Según recinto	4243	2.007.375	123,29	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	4243	1.735.732	106,60	46%
		TOTAL				3.743.107	229,89	100%
An	El Teniente	Por envolvente	34.658	Según recinto	2923	1.383.159	84,95	54%
		Por ventilación	31.131	Según recinto	2923	1.195.986	73,45	46%
		TOTAL				2.579.145	158,40	100%



Figura 2.3.10
Demanda bruta anual de calefacción, caso base, modelos de establecimiento de salud compacto, para las diferentes zonas climáticas consideradas.

Demanda bruta de calefacción variantes establecimiento de salud extendido						
Clima	Ciudad		Demanda bruta Independiente (Kwh/m ² año)	Demanda bruta total (Ventilación + Envoltente) (Kwh/m ² año)	Demanda ventilación/ Demanda total (%)	Porcentaje disminución demanda total (%)
NL	Iquique	Ventilación	2,99			
		Base envoltente	4,94	7,93	38%	
		Var 1 envoltente	2,64	5,63	53%	29%
		Var 2 envoltente	1,90	4,89	61%	38%
		Var 3 envoltente	1,56	4,55	66%	43%
Var 4 envoltente	1,17	4,16	72%	47%		
NA	Calama	Ventilación	48,40			
		Base envoltente	79,90	128,30	38%	
		Var 1 envoltente	42,80	91,20	53%	29%
		Var 2 envoltente	30,80	79,20	61%	38%
		Var 3 envoltente	25,30	73,70	66%	43%
Var 4 envoltente	19,00	67,40	72%	47%		
NI	Ovalle	Ventilación	21,53			
		Base envoltente	35,53	57,06	38%	
		Var 1 envoltente	19,02	40,55	53%	29%
		Var 2 envoltente	13,68	35,21	61%	38%
		Var 3 envoltente	11,25	32,78	66%	43%
Var 4 envoltente	8,45	29,98	72%	47%		
CL	Valparaíso	Ventilación	29,04			
		Base envoltente	47,92	76,96	38%	
		Var 1 envoltente	25,66	54,70	53%	29%
		Var 2 envoltente	18,45	47,49	61%	38%
		Var 3 envoltente	15,18	44,22	66%	43%
Var 4 envoltente	11,40	40,44	72%	47%		
CI	Santiago	Ventilación	45,61			
		Base envoltente	75,28	120,89	38%	
		Var 1 envoltente	40,31	85,92	53%	29%
		Var 2 envoltente	29,98	74,59	61%	38%
		Var 3 envoltente	23,84	69,45	66%	43%
Var 4 envoltente	17,91	63,52	72%	47%		
SL	Concepción	Ventilación	49,93			
		Base envoltente	82,41	132,34	38%	
		Var 1 envoltente	44,12	94,05	53%	29%
		Var 2 envoltente	31,73	81,66	61%	38%
		Var 3 envoltente	26,10	76,03	66%	43%
Var 4 envoltente	19,60	69,53	72%	47%		
SI	Temuco	Ventilación	89,79			
		Base envoltente	148,20	237,99	38%	
		Var 1 envoltente	79,34	169,13	53%	29%
		Var 2 envoltente	57,06	146,85	61%	38%
		Var 3 envoltente	46,93	136,72	66%	43%
Var 4 envoltente	35,25	125,04	72%	47%		
SE	Punta Arenas	Ventilación	124,06			
		Base envoltente	204,76	328,82	38%	
		Var 1 envoltente	109,63	233,69	53%	29%
		Var 2 envoltente	78,83	202,89	61%	38%
		Var 3 envoltente	64,84	188,90	66%	43%
Var 4 envoltente	48,70	172,76	72%	47%		
An	El Teniente	Ventilación	85,48			
		Base envoltente	141,09	226,57	38%	
		Var 1 envoltente	75,54	161,02	53%	29%
		Var 2 envoltente	54,32	139,80	61%	38%
		Var 3 envoltente	44,67	130,15	66%	43%
Var 4 envoltente	33,56	119,04	72%	47%		

Mayor Demanda Bruta (kWh/m² Año)

Demanda bruta de calefacción variantes establecimiento de salud compacto						
Clima	Ciudad		Demanda Bruta Independiente (kWh/m ² año)	Demanda Bruta Total (Ventilación + Envoltente) (kWh/m ² año)	Demanda Ventilación/ Demanda Total (%)	Porcentaje Disminución Demanda Total (%)
NL	Iquique	Ventilación	2,57			
		Base envoltente	2,97	5,54	46%	
		Var 1 envoltente	1,61	4,18	61%	25%
		Var 2 envoltente	1,20	3,77	68%	32%
		Var 3 envoltente	1,02	3,59	72%	35%
Var 4 envoltente	0,71	3,28	78%	41%		
ND	Calama	Ventilación	41,61			
		Base envoltente	48,13	89,74	46%	
		Var 1 envoltente	26,09	67,70	61%	25%
		Var 2 envoltente	19,49	61,10	68%	32%
		Var 3 envoltente	16,44	58,05	72%	35%
Var 4 envoltente	11,52	53,13	78%	41%		
NI	Ovalle	Ventilación	18,50			
		Base envoltente	21,39	39,89	46%	
		Var 1 envoltente	11,60	30,10	61%	25%
		Var 2 envoltente	8,67	27,17	68%	32%
		Var 3 envoltente	7,31	25,81	72%	35%
Var 4 envoltente	5,12	23,62	78%	41%		
CL	Valparaíso	Ventilación	24,95			
		Base envoltente	28,86	53,81	46%	
		Var 1 envoltente	15,64	40,59	61%	25%
		Var 2 envoltente	11,69	36,64	68%	32%
		Var 3 envoltente	9,85	34,80	72%	35%
Var 4 envoltente	6,91	31,86	78%	41%		
CI	Santiago	Ventilación	39,20			
		Base envoltente	45,33	84,53	46%	
		Var 1 envoltente	24,57	63,77	61%	25%
		Var 2 envoltente	18,36	57,56	68%	32%
		Var 3 envoltente	15,48	54,68	72%	35%
Var 4 envoltente	10,85	50,05	78%	41%		
SL	Concepción	Ventilación	42,91			
		Base envoltente	49,62	92,53	46%	
		Var 1 envoltente	26,90	69,81	61%	25%
		Var 2 envoltente	20,10	63,01	68%	32%
		Var 3 envoltente	16,95	59,86	72%	35%
Var 4 envoltente	11,88	54,79	78%	41%		
SI	Temuco	Ventilación	77,16			
		Base envoltente	89,23	166,39	46%	
		Var 1 envoltente	48,37	125,53	61%	25%
		Var 2 envoltente	36,14	113,30	68%	32%
		Var 3 envoltente	30,47	107,63	72%	35%
Var 4 envoltente	21,37	98,53	78%	41%		
SE	Punta Arenas	Ventilación	106,60			
		Base envoltente	123,29	229,89	46%	
		Var 1 envoltente	66,83	173,43	61%	25%
		Var 2 envoltente	49,94	156,54	68%	32%
		Var 3 envoltente	42,10	148,70	72%	35%
Var 4 envoltente	29,52	136,12	78%	41%		
An	El Teniente	Ventilación	73,45			
		Base envoltente	84,95	158,40	46%	
		Var 1 envoltente	46,05	119,50	61%	25%
		Var 2 envoltente	34,41	107,86	68%	32%
		Var 3 envoltente	29,01	102,46	72%	35%
Var 4 envoltente	20,34	93,79	78%	41%		

Figura 2.3. 11 Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto, para las diferentes zonas climáticas consideradas.

ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

Observando los resultados obtenidos en las figuras 2.3.9 y 2.3.10, de demandas brutas de calefacción, se aprecia que ambos modelos de establecimiento de salud siguen su propia tendencia de forma similar en todos los tipos de clima, por lo que en las figuras 2.3.12 y 2.3.13 se presentan las tendencias de los diferentes elementos constituyentes de la envolvente y su relación con la demanda bruta de calefacción. Ambos gráficos se presentan con valores de demandas para la ciudad de Santiago con el objetivo de apreciar la tendencia genérica de cada modelo frente al caso base y a las distintas variantes.

Las tendencias del modelo extendido muestran un mayor potencial para la reducción de la demanda de calefacción en la superficie de muros, mientras en el modelo compacto el mayor potencial se comparte entre las superficies de muros y ventanas.

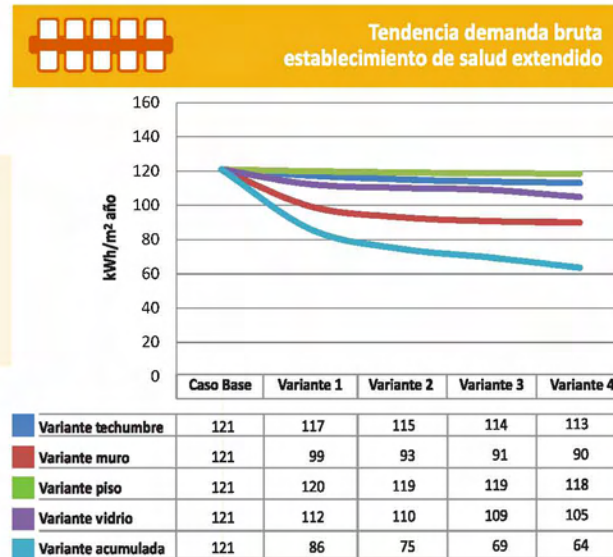


Figura 2.3.12
 Tendencias de la demanda bruta anual de calefacción, modelo de establecimiento de salud extendido. Santiago.

Es importante recordar que la relación de la demanda con la superficie de techumbre se aprecia con una tendencia bastante constante, ya que el caso base presenta aislación en la techumbre, a diferencia de los demás elementos de la envolvente.

Similar a las tendencias de los valores de coeficientes volumétricos globales de pérdida GV1 y GV2, a medida que se aplican las variantes de optimización, la brecha que separa los resultados de demandas de ambos modelos de establecimiento de salud comienza a disminuir.

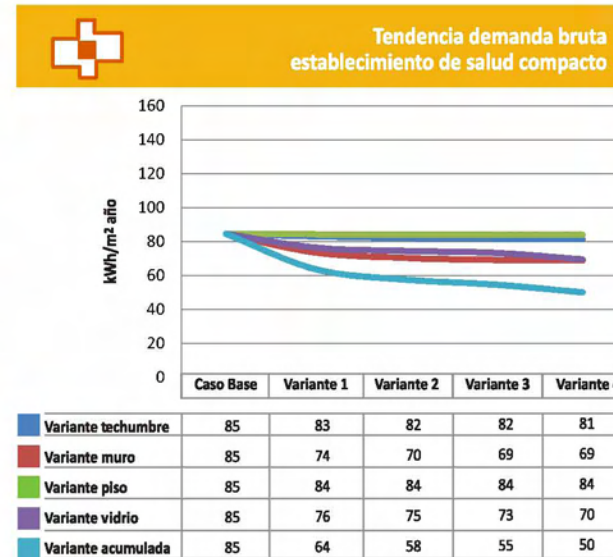


Figura 2.3.13
 Tendencias de la demanda bruta anual de calefacción, modelo de establecimiento de salud compacto. Santiago.

Aunque las demandas de calefacción bruta siguen la misma tendencia en todos los climas, de acuerdo a la severidad del clima correspondiente se presentan importantes diferencias en las magnitudes de demanda bruta anual de calefacción en kWh/m²a. Por ello, se presenta un gráfico

comparativo que incluye las magnitudes de las demandas de calefacción para cada localidad representativa de las 9 zonas climáticas, incluyendo la demanda de calefacción por ventilación y la disminución potencial que producen las variantes de optimización analizadas.

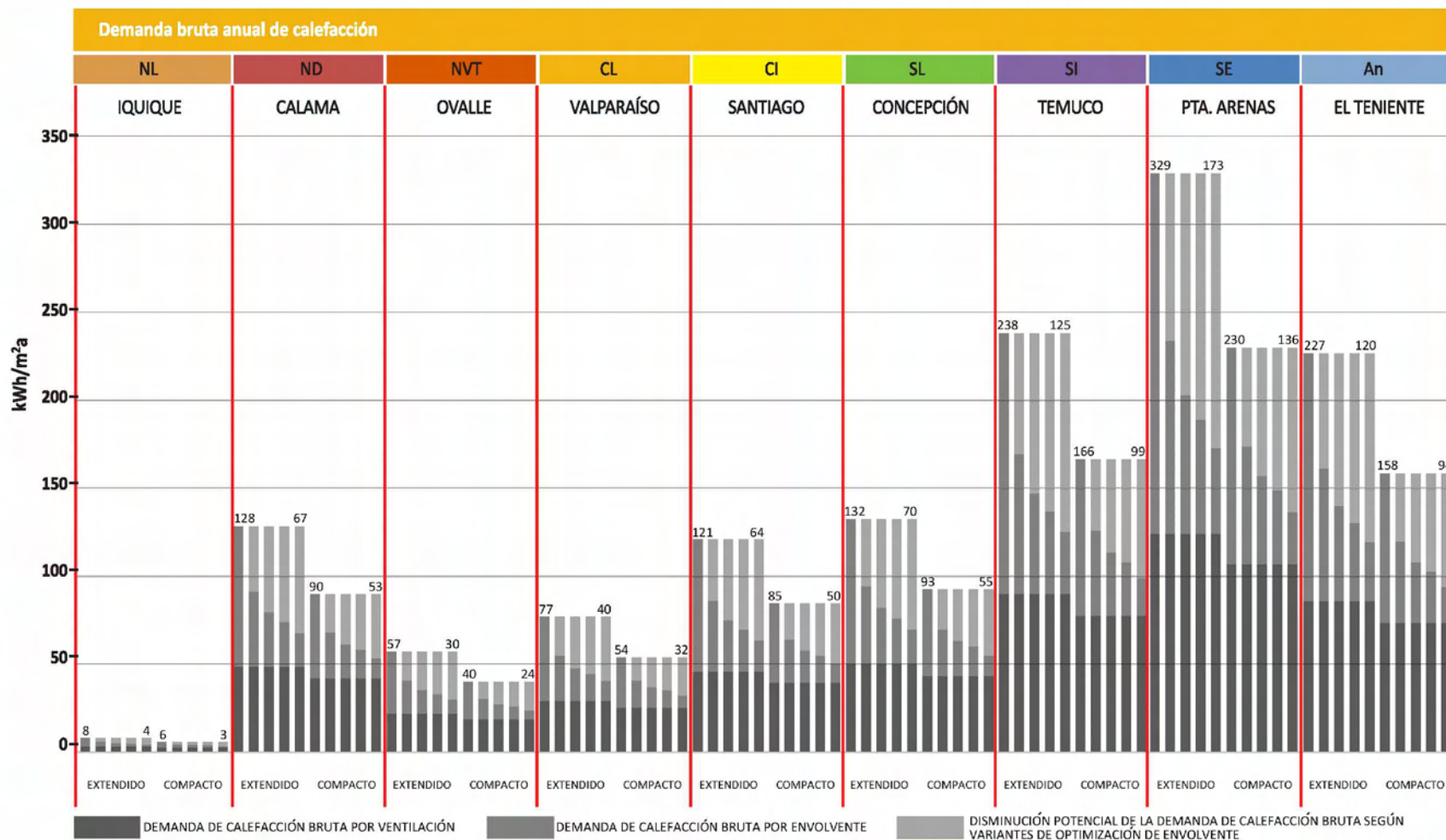


Figura 2.3.14

Demanda bruta anual de calefacción, a través de la envoltente y la ventilación, caso base y variantes de envoltente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto, para las diferentes localidades consideradas.

17

El modelo compacto en situación base es 30% más eficiente que el extendido.

En situación óptima, esta diferencia es de un 20%

En edificios optimizados, la ventilación es un 70% del total de la pérdida energética

Conclusiones

Como puede observarse en el gráfico de la figura 2.3.14, la demanda de energía bruta en calefacción es un factor relevante prácticamente en todas las zonas climáticas, salvo en el norte litoral, donde las demandas tienden a cero.

El modelo de establecimiento de salud compacto en situación base presentan diferencias de ahorro energético de aproximadamente un 30% sobre el modelo extendido en situación base.

Sin embargo, un mejoramiento paulatino de la calidad térmica de la envolvente permite detectar diferencias de ahorro cercanas a un 20% del modelo compacto sobre el modelo extendido.

Considerando solamente establecimientos de salud con envolvente optimizada, sean éstos con modelo compacto o extendido, las pérdidas energéticas por ventilación pueden representar cifras mayores al 70% de la energía en demanda de calefacción.

Recomendaciones

Se debe tener presente que las decisiones de diseño de un establecimiento de salud extendido o compacto como punto de partida incidirán fuertemente en las demandas de energía por calefacción.

Modelos de establecimientos extendidos deben tener una mayor preocupación por la calidad térmica de la envolvente que un modelo compacto.

Pese a todas las mejoras térmicas de la envolvente, siempre es conveniente tomar medidas activas para reducir las pérdidas de calor por ventilación. En el capítulo 3 de sistemas activos, se detallan soluciones mecánicas para diferentes usos del establecimiento de salud.

En la siguiente sección se entregan recomendaciones específicas para macro-zonas climáticas, incluyendo un análisis, conclusiones y recomendaciones para el partido general arquitectónico, y para el módulo de hospitalización y las habitaciones.

2

2.4 Recomendaciones por zona climática

En esta sección se presentan tablas con recomendaciones de diseño eficiente para el partido general arquitectónico y para el módulo de hospitalización en las distintas zonas climáticas del país. A partir de cada tabla, el lector puede consultar los análisis y evaluaciones que justifican las estrategias recomendadas. Estas evaluaciones son:

- Breve descripción de los elementos más relevantes del clima y de las estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

- Evaluación de partido general arquitectónico para modelos de establecimiento de salud extendido y compacto.
- Análisis paramétrico de estrategias de calefacción y enfriamiento para el módulo de hospitalización.

A modo de facilitar la comprensión del lector, se explica a continuación la manera de interpretar los principales gráficos utilizados en las evaluaciones realizadas.

Gráficos de resultados de aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente:

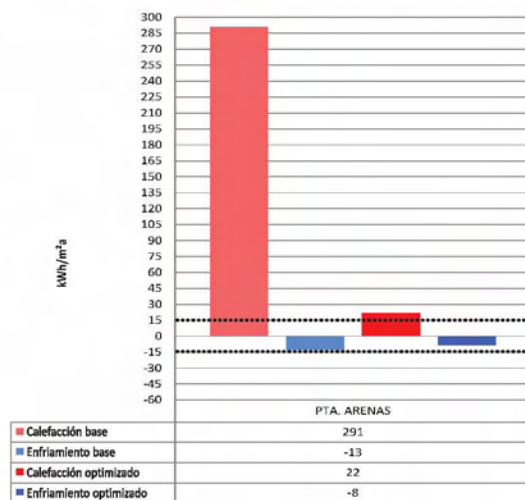


Figura 2.4.1
Ejemplo caso base y caso optimizado de demandas anuales de calefacción y enfriamiento según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Santiago.

En este gráfico se presentan demandas anuales de calefacción y enfriamiento ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) del módulo de hospitalización en el caso base y para un caso optimizado, según las recomendaciones sugeridas. A la izquierda del gráfico se presentan las demandas del caso base y a la derecha las demandas del caso optimizado. En azul se muestran las demandas de refrigeración, y en rojo las demandas de calefacción. La línea segmentada indica la referencia de 15 y $-15\text{kWh/m}^2\text{a}$, de demandas anuales de calefacción y enfriamiento.

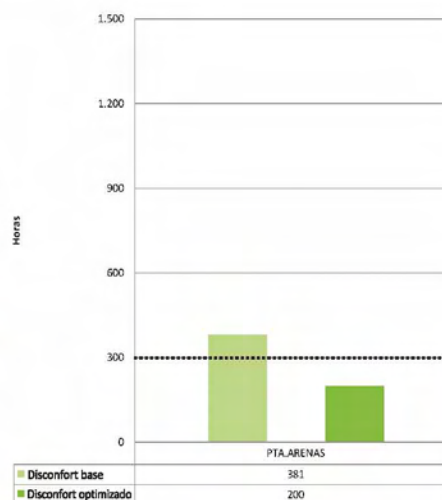


Figura 2.4.2
Ejemplo caso base y caso optimizado de horas de desconfort según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Santiago.

En este gráfico se presentan las horas de desconfort del módulo de hospitalización en el caso base y para un caso optimizado, según las recomendaciones sugeridas. A la izquierda del gráfico se presentan las horas de desconfort del caso base y a la derecha las horas de desconfort del caso optimizado. La línea segmentada indica la referencia de 300 horas anuales de desconfort.

Gráfico de análisis clima

Para cada una de las 9 localidades seleccionadas se presenta un ábaco psicrométrico basado en el modelo de confort PMV ASHRAE 55-2004. Este gráfico incorpora los datos anuales horarios de temperatura y humedad relativa. En el eje vertical derecho y horizontal superior se ubican los niveles de humedad relativa (%), y en el eje horizontal inferior se ubican las temperaturas de bulbo seco °C. La combinación de humedad relativa y temperatura de bulbo seco es fundamental para determinar el nivel de confort térmico. Los polígonos azul y naranja representan las zonas de confort higrotérmico de invierno y verano respectivamente.

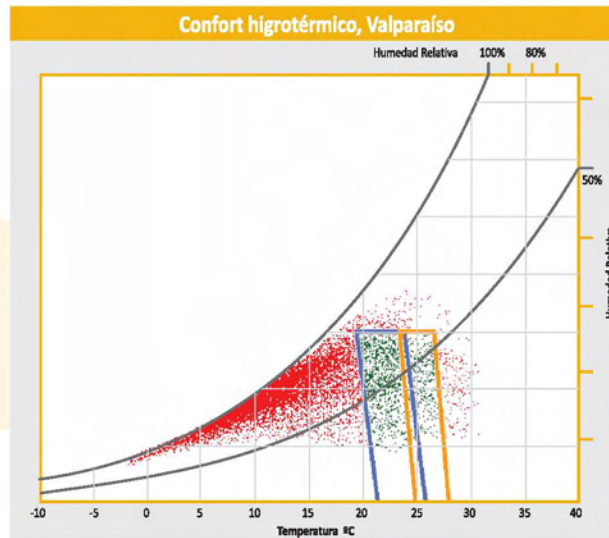


Figura 2.4.3
 Ábaco psicrométrico, Valparaíso.

Gráfico de análisis del partido general arquitectónico

En este gráfico se presentan las demandas brutas anuales de calefacción (kWh/m²año) para ambos modelos de establecimiento de salud, extendido y compacto, incluyendo el caso base y las cuatro variantes de optimización de la envolvente. A la izquierda del gráfico se ubica el modelo extendido y a la derecha el modelo compacto. Sobre la columna del caso base y de la variante 4 se ubican los valores de demanda bruta total, por envolvente y por ventilación, indicando cuánto es posible reducir la demanda bruta total aplicando la variante 4 de optimización de la envolvente.

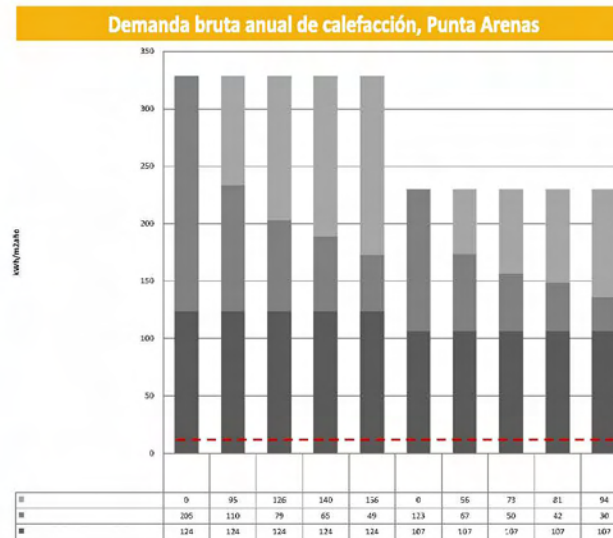


Figura 2.4.4
 Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto, Punta Arenas.

Gráfico de balance térmico del módulo de hospitalización

En este gráfico se presenta un balance térmico para el módulo de hospitalización en su situación base. El balance térmico incluye:

- Demandas de calefacción y enfriamiento.
- Ganancias: radiación solar a través de ventanas, iluminación artificial, equipos y ocupación.
- Pérdidas: ventanas, muros, suelo, techumbre, ventilación e infiltración.

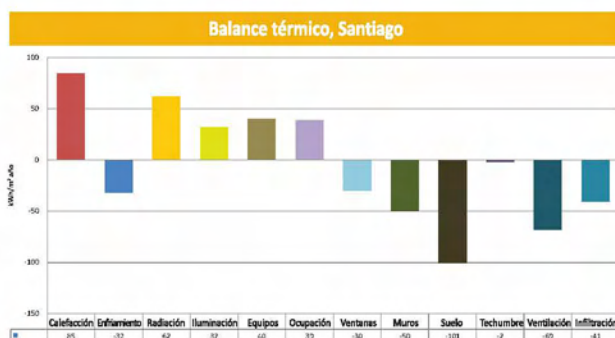
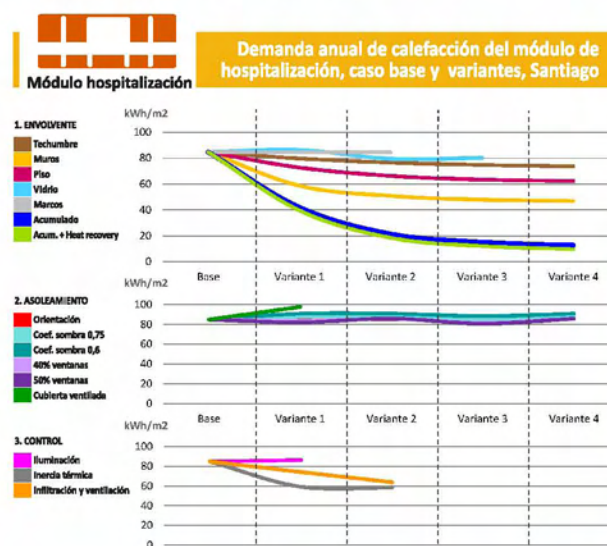


Figura 2.4.5
Balance térmico
del módulo de hospitalización, Iquique.

Gráfico de análisis paramétrico del módulo de hospitalización

En este gráfico se presentan las demandas anuales de calefacción del módulo de hospitalización. Las variantes de optimización se han dividido en tres grupos, envolvente, asoleamiento y control. Los valores numéricos representan porcentajes de disminución o aumento de la demanda respecto del caso base. Los valores numéricos se muestran en una degradación de grises, permitiendo evaluar su grado de ingerencia en la optimización del módulo de hospitalización.

El gráfico de demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización se presenta en forma similar, incluyendo solamente las variables del grupo 2 de asoleamiento.

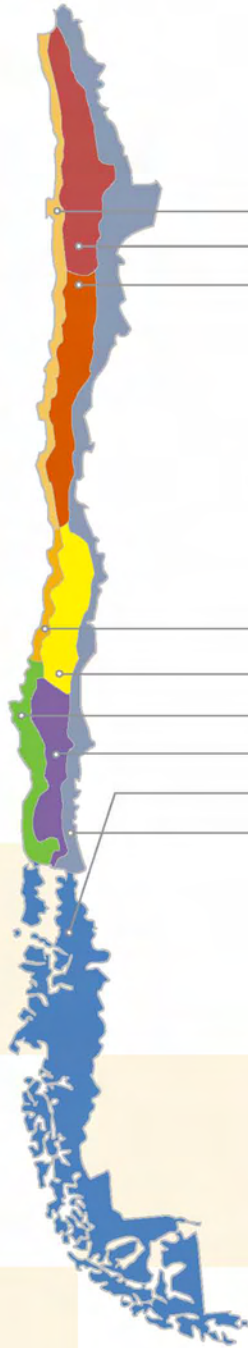


	Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Código*	Código*	Código*	Código*	Código*
GRUPO 1: ENVOLVENTE					
Techumbre	T.B 100	T.80 94,11	T.120 90,36	T.160 88,22	T.200 86,91
Muro	Mu.B 100	Mu.20 69,23	Mu.50 59,96	Mu.80 56,50	Mu.100 55,21
Piso	P.B 100	P.20 85,80	P.50 78,23	P.80 74,82	P.100 73,55
Vidrio	V.B 100	V.3,6 101,82	V.2,8 93,80	V.1,8 94,70	
Marcos	Ma.B 100	Ma.Ma 99,76	Ma.PVC 99,74		
Acumulado	Ac.B 100	Ac.1 49,49	Ac.2 25,19	Ac.3 17,75	Ac.4 14,94
Acumulado+Heat recovery	HR.B 100	HR.1 46,67	HR.2 21,79	HR.3 14,27	HR.4 11,51
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO					
Orientación	O.B 100	O.90 101,19	O.180 100,40	O.270 103,78	
Coef. sombra 0,75	F1.B 100	F1.0 103,15	F1.90 103,84	F1.180 100,40	F1.270 103,78
Coef. sombra 0,6	F2.B 100	F2.0 107,00	F2.90 107,08	F2.180 104,10	F2.270 107,08
40% ventanas	V4.B 100	V4.0 98,33	V4.90 100,86	V4.180 96,18	V4.270 100,84
50% ventanas	V5.B 100	V5.0 96,69	V5.90 101,30	V5.180 95,14	V5.270 101,15
Cubierta ventilada	C.B 100	CV 115,06			
GRUPO 3: CONTROL					
Iluminación	Il.B 100	Il.7 101,79			
Inercia térmica	In.B 100	In.Ai 69,89	In.Ae 69,23		
Infiltración y ventilación	If.B 100	If.0,3 87,46	If.0,1 75,32	Ve.1 N/A	Ve.2 N/A

*El desglose de los códigos de esta tabla se encuentran en la tabla 2.2.6

Figura 2.4.6
Demanda anual de calefacción del módulo de hospitalización, caso base y variantes, Santiago.

Mayor Demanda
(% final de demanda)



	Zona climático-habitacional	Localidad
NL	Norte litoral	Iquique
ND	Norte desértica	Calama
NVT	Norte valle transversal	Ovalle
CL	Central litoral	Vaparaíso
CI	Central interior	Santiago
SL	Sur litoral	Concepción
SI	Sur interior	Temuco
SE	Sur extremo	Punta Arenas
An	Andina	El Teniente

ZONAS CLIMATICAS

Norte litoral (NL)

2.4.1 Zona Norte Litoral

18



2.4.1
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Norte
 Litoral

2

2.4.1.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona norte litoral			
Partido general arquitectónico			
Recomendación		Observaciones	
Partido general			
Forma	Extendido o compacto	Partido general compacto o extendido no afecta mayormente el desempeño energético, debido a las bajas demandas de calefacción.	
Módulo de hospitalización			
Recomendación		Observaciones	
Envolvente			
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,72W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.	
Aislación muros	Espesor mínimo: 20mm Transmitancia térmica máx.: $U=1,29W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.	
Aislación piso contra terreno	Espesor máximo: 20mm Transmitancia térmica: U cercano a $0,72W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier. Mayores espesores de aislante térmico en piso contribuyen a sobrecalentamiento del recinto indeseado durante el día.	
Aislación vidrios	Ideal es doble vidrio hermético (DVH) Transmitancia térmica: menor o igual a $U= 3,1W/m^2K$ También es posible vidrio simple	Si bien en esta zona climática no hay diferencias importantes de aportes energéticos entre un vidrio simple y un doble vidrio hermético, se recomienda este último por la influencia que tiene la envolvente en la sensación de confort térmico.	
Ubicación aislación	Idealmente aislación al exterior		
Marcos	Marco hermético contacto continuo simple Material: PVC o aluminio con RPT	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las ganancias innecesarias de calor por transmisión en el día y evitan el riesgo de condensación superficial en horas nocturnas. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales, debe garantizarse una ventilación apropiada, sea esta pasiva o activa para evitar riesgos de condensación superficial.	
Porcentaje ventanas	30%	Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. Mayores tamaños de ventanas aumentan la demanda de refrigeración y deben ser compensadas con protección solar.	

Figura 2.4.7 Recomendaciones de diseño eficiente, Zona Norte Litoral.

2.4.1.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona norte litoral

Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte o sur. Las orientaciones norte y oeste deben considerar protecciones solares.
	Protección solar en verano	Cercano al 80%. Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 80% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta Ventilada	Sí. La cubierta ventilada permite una mayor disipación de calor, disminuyendo la temperatura del cielo interior de recintos en contacto directo con el complejo de techumbre.
Control y ventilación		
	Iluminación	Sí. Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y reducir el sobrecalentamiento del edificio.
	Infiltración	Máximo: 0,5RAH
	Heat Recovery	No. No aplica en esta zona climática.
	Ventilación + Free Cooling	Máximo: 3,5RAH Verano. Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Norte litoral (NL)

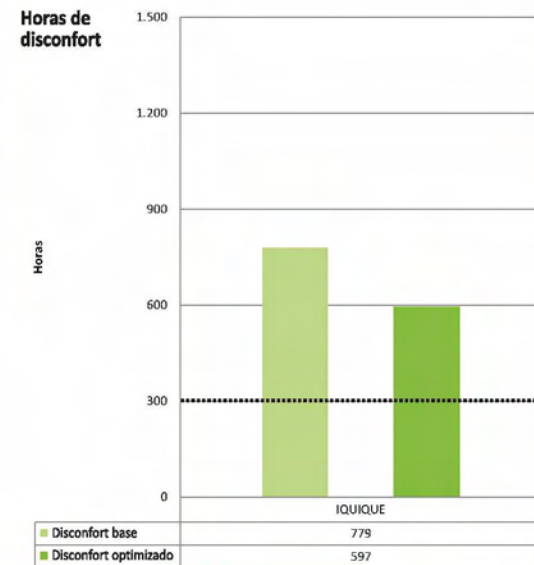
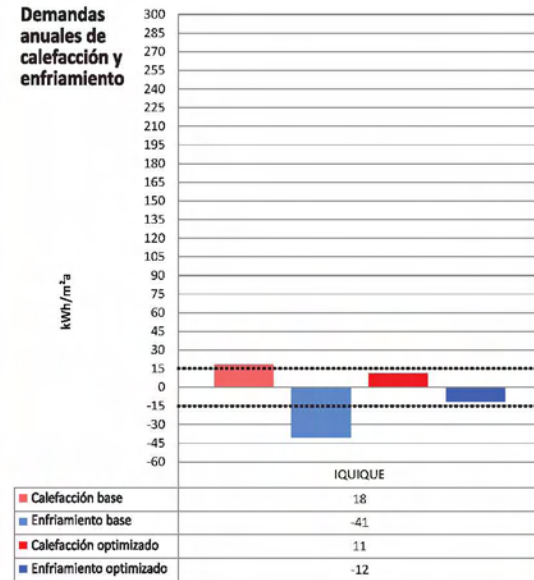


Figura 2.4.7.a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente, Iquique.

2.4.1.2 Clima y confort - Iquique

Clima

- El clima presenta una baja oscilación diaria de temperaturas.
- Diferencias de temperatura entre el día y la noche inferiores a 8°C.
- La temperatura media es alta en verano y templada en invierno, disminuyendo hacia el sur.
- Alta radiación solar. Promedios de radiación solar horizontal en 3,5kWh/m²día (julio) y 7kWh/m²día (enero).
- Alta humedad con promedios mensuales entre 71% (enero) y 77% (julio).
- Casi nulas precipitaciones hacia el norte y débiles en el sur.
- Vientos moderados de predominancia suroeste.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 102 al año.

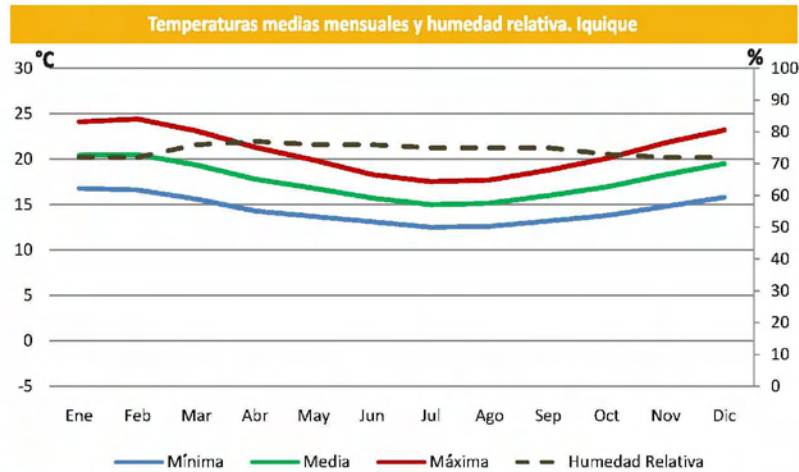


Figura 2.4.8
 Temperaturas y humedad relativa, Iquique.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 14% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

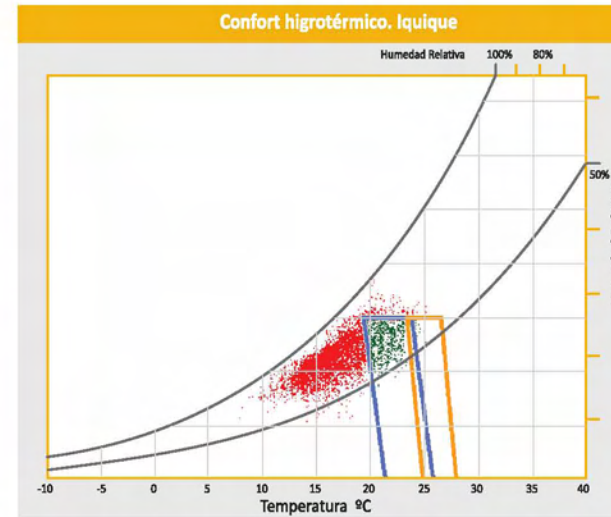
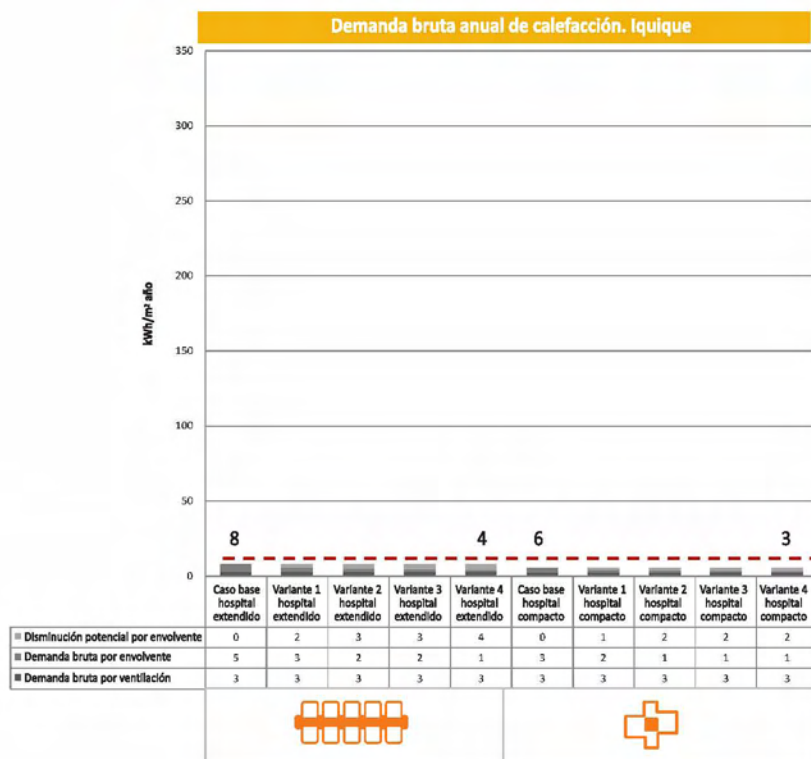


Figura 2.4.9
 Confort higrotérmico, Iquique

2.4.1.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

Para la localidad de Iquique se observan valores bastante bajos de demanda bruta de calefacción para el caso base del modelo extendido, con 5kWh/m²a por la envolvente, 3kWh/m²a por ventilación, y un valor total de 8kWh/m²a.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, en general las demandas anuales de calefacción y enfriamiento de los recintos de hospitalización son bajas, de 18kWh/m²a y 40kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir la demanda de enfriamiento, y evitar aumentar la demanda de calefacción. Las mayores ganancias son por radiación solar directa, por equipos y ocupación, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias, y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

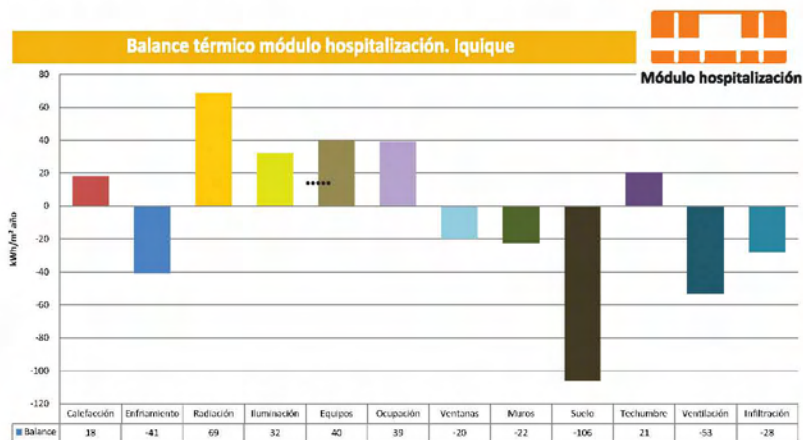
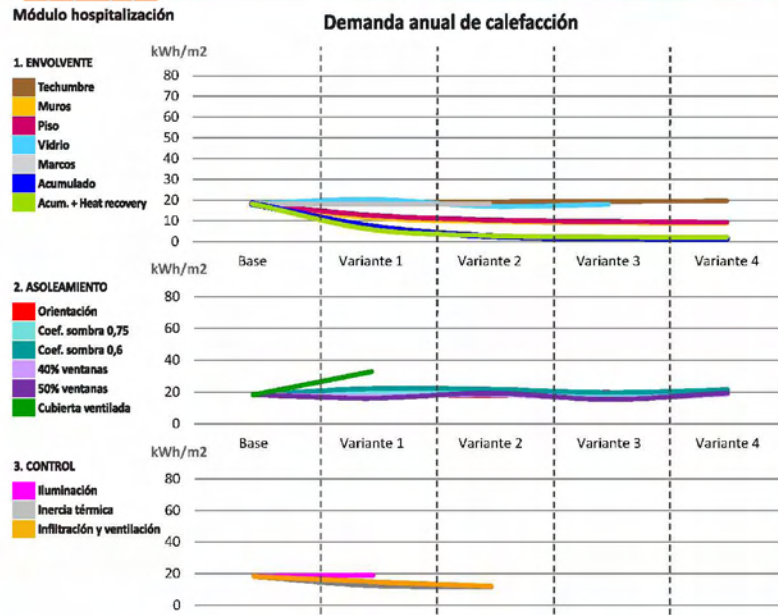


Figura 2.4.11 Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base, Iquique.

Figura 2.4.10 Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto, Iquique.

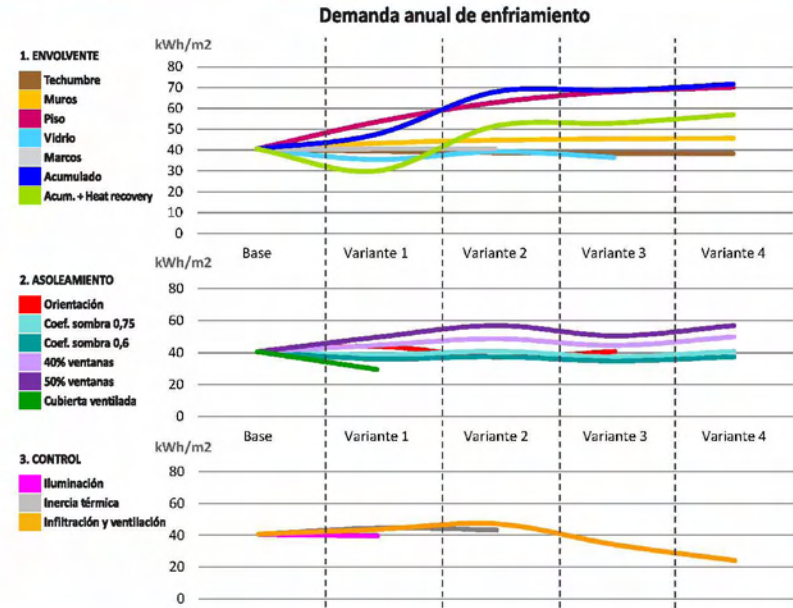
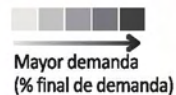
Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Iquique



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	102,98	T.120	105,29	T.160	106,71	T.200	107,68
Muro	Mu.B	100	Mu.20	63,30	Mu.50	53,55	Mu.80	50,01	Mu.100	48,72
Piso	P.B	100	P.20	69,50	P.50	57,28	P.80	52,80	P.100	51,22
Vidrio	VB	100	V.3,6	111,74	V.2,8	93,15	V.1,8	99,01		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,70	Ma.PVC	99,67				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	39,81	Ac.2	14,44	Ac.3	9,43	Ac.4	7,87
Acumulado+Heat Recovery	HR.B	100	HR.1	32,16	HR.2	15,67	HR.3	12,05	HR.4	11,45
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	102,44	O.180	97,81	O.270	108,54		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	109,55	F1.90	109,89	F1.180	97,81	F1.270	108,58
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	121,55	F2.90	119,11	F2.180	107,80	F2.270	117,27
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	93,63	V4.90	101,01	V4.180	86,28	V4.270	102,11
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	88,34	V5.90	105,73	V5.180	84,06	V5.270	106,33
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	179,9						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	103,74						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	67,57	In.Ae	63,30				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	81,68	If.0,1	65,59	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 18kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

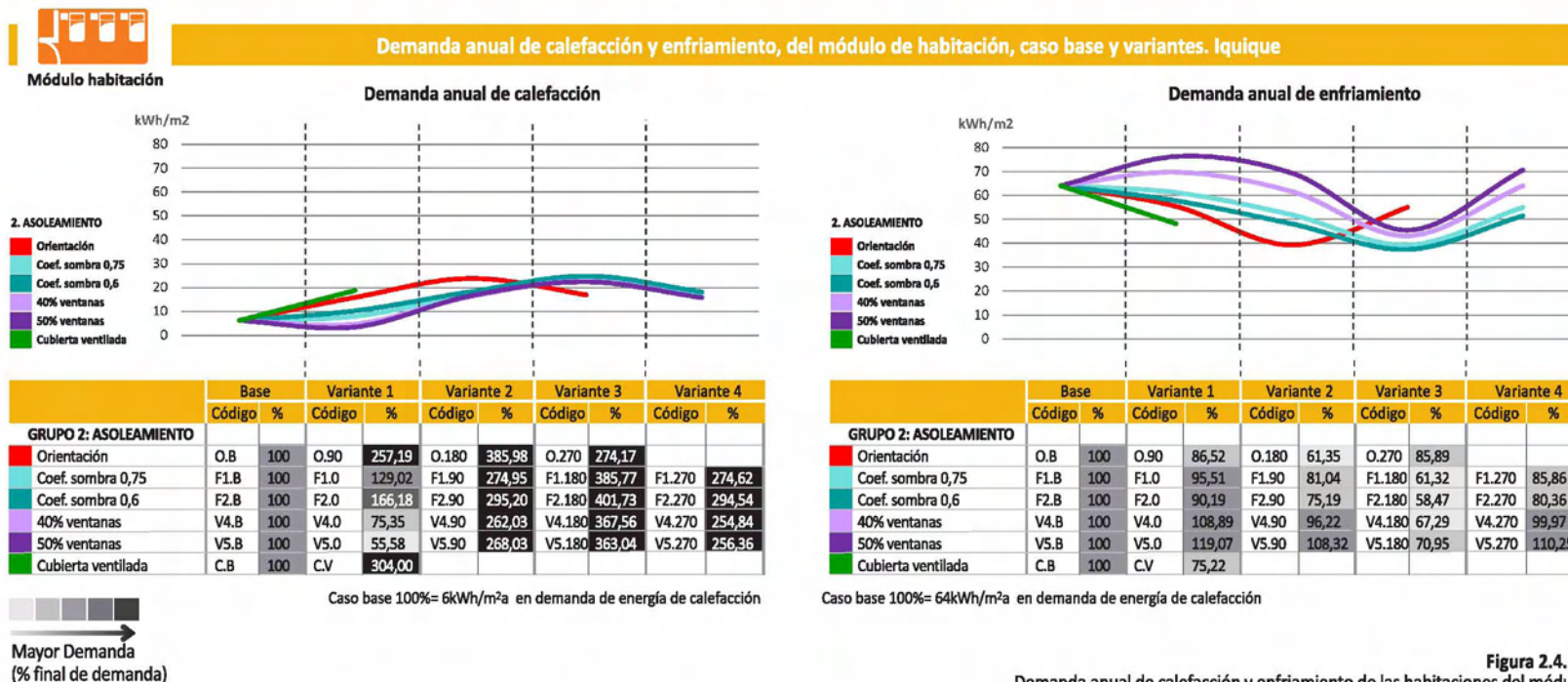


	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	97,37	T.120	95,74	T.160	94,80	T.200	94,26
Muro	Mu.B	100	Mu.20	106,74	Mu.50	110,31	Mu.80	111,81	Mu.100	112,39
Piso	P.B	100	P.20	131,76	P.50	154,83	P.80	167,66	P.100	172,81
Vidrio	VB	100	V.3,6	87,43	V.2,8	96,79	V.1,8	89,80		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,12	Ma.PVC	100,14				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	117,11	Ac.2	167,27	Ac.3	169,05	Ac.4	176,44
Acumulado+Heat Recovery	HR.B	100	HR.1	73,79	HR.2	126,81	HR.3	130,41	HR.4	140,36
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	108,39	O.180	92,13	O.270	100,50		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	94,81	F1.90	100,69	F1.180	92,10	F1.270	100,44
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	88,83	F2.90	92,37	F2.180	85,71	F2.270	92,14
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	109,91	V4.90	119,95	V4.180	109,56	V4.270	122,86
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	122,27	V5.90	140,35	V5.180	124,58	V5.270	140,30
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	72,72						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	97,67						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	109,56	In.Ae	106,74				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	107,55	If.0,1	116,04	If.1	83,61	If.2	59,21

Caso base 100%= 41kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4. 12
Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes, Iquique.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes



2.4.1.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

Las bajas demandas de calefacción bruta en ambos modelos de establecimiento de salud, extendido y compacto, demuestran que el partido general no es relevante energéticamente en la propuesta de diseño para este clima.

Las medidas de eficiencia energética deben orientarse a la reducción de la demanda de refrigeración, donde las ganancias internas y los aportes solares jugarán un rol importante.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa que en general existe un mayor potencial de reducción de calefacción que de enfriamiento. Las estrategias de aislar muros y piso permiten cada una reducir la demanda calefacción en un 50%. Sin embargo, aislar el piso genera un aumento en la demanda de enfriamiento, pudiéndose descartar como estrategia, no obstante, su aplicación debe evaluarse caso a caso. Lo anterior debe acompañarse con aislar la cubierta y utilizar DVH claro en ventanas.

Dado el objetivo de reducción de demanda mencionado anteriormente,

Figura 2.4.13

Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento, Iquique.

habrá que buscar estrategias que reducen la demanda de enfriamiento. Considerando que las temperaturas exteriores no superan mayormente el rango de confort, las estrategias deben enfocarse en el control de la radiación solar directa y la reducción de cargas internas. Se observa así que, dentro de la categoría de asoleamiento, las estrategias que más reducen la demanda de enfriamiento son la cubierta ventilada y el coeficiente de sombra de 0,65, reduciendo la demanda en un 28% y 12% respectivamente. Este último debe alcanzarse mediante protecciones solares que generen dicho nivel de sombra durante los períodos cálidos pero no durante el invierno, pues el aprovechamiento de la radiación en invierno es deseable. Otra estrategia posible de utilizar es orientar el edificio al sur.

Junto con lo anterior, a nivel de estrategias de control se observa como pertinente que la aislación de muros se haga por el exterior (disminuyendo con ello los puentes térmicos), y reducir las cargas

internas, por ejemplo a través de sistemas de control de iluminación y aumentando la altura interior de los recintos.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración. Una reducción de 0,5 RAH puede reducir la demanda de calefacción en un 35%, a la vez que un manejo de la ventilación durante períodos cálidos permiten reducir la demanda de enfriamiento en un 40% por refrescamiento pasivo.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las mayores horas de discomfort se producen durante los meses de verano debido a un aumento de la temperatura exterior. En ese sentido, las estrategias que aumentan el confort durante estos meses son aquellas que disminuyen las ganancias por radiación solar directa, y el refrescamiento pasivo. Junto con lo anterior, es relevante el efecto de la temperatura superficial del piso. Si bien la estrategia de aislar el piso aumenta la demanda de enfriamiento, es muy eficaz para aumentar la sensación de confort.

2

ZONAS CLIMATICAS



Norte desértico (ND)

2.4.2 Zona norte desértico

19

2.4.2
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Norte
 Desértica

2

2.4.2.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona norte desértico		
Partido general arquitectónico		
	Recomendación	Observaciones
Partido general		
Forma	De preferencia compacto	El partido general compacto presenta una demanda energética en calefacción bastante menor al extendido. Aplicar un partido general extendido requiere un mayor grado de aislación de la envolvente.
Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
Envolvente		
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máxima: $U=0,48W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.
Aislación muros	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica mínima: $U= 0,67W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.
Aislación piso contra terreno	Espesor ideal: entre 20 y 50mm Transmitancia térmica: U entre 0,72 y $0,46W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20 a 50mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier. Mayores espesores de aislante térmico en piso contribuyen a generar sobrecalentamiento excesivo del recinto.
Aislación vidrios	Ideal es doble vidriado hermético (DVH) Transmitancia térmica: menor o igual a $U= 3,1W/m^2K$ También es posible vidriado simple	Si bien en esta zona climática no hay diferencias importantes de aportes energéticos entre un vidriado simple (VS) y un doble vidriado hermético (DVH), se recomienda este último por la influencia que tiene la envolvente en la sensación de confort térmico. En el caso de superar el 30% de superficie de ventanas sobre la superficie del muro se debe colocar solamente DVH.
Ubicación aislación	Aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos indicadas en la sección 2.6.2.
Marcos	Marco Hermético Contacto contínuo simple Material: PVC o aluminio con RPT	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las ganancias innecesarias de calor por transmisión en el día y evitan el riesgo de condensación superficial en horas nocturnas. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales debe garantizarse una ventilación apropiada, sea ésta pasiva o activa para evitar riesgos de condensación superficial.
Porcentaje ventanas	30%	Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. Mayores tamaños de ventanas aumentan la demanda de enfriamiento y deben ser compensadas con protección solar.

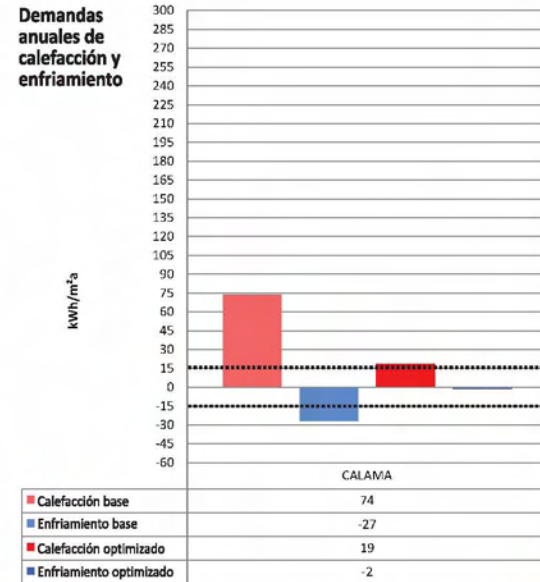
Figura 2.4.14 Recomendaciones de diseño eficiente, Zona norte desértico.

2.4.2.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona norte desértico

Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
	Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones de preferencia con orientación norte.	Orientaciones este y oeste deben considerar protecciones solares. La orientación sur no es recomendable.
	Protección solar en verano	Cercano al 80%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 80% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta ventilada	Sí	La cubierta ventilada permite una mayor disipación de calor por radiación solar directa, disminuyendo la temperatura del cielo interior de recintos en contacto directo con el complejo de techumbre.
	Control y ventilación		
	Iluminación	Sí	Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y disminuir el sobrecalentamiento del edificio, además de contribuir a reducir el consumo eléctrico.
	Infiltración	Ideal: 0,3 RAH Máximo: 0,5 RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	No	No aplica en esta zona climática.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5 RAH en el día	La disipación de calor mediante free cooling es recomendable efectuarla con un máximo de 3,5 RAH, incluida la tasa de ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Norte desértico (ND)

Demandas anuales de calefacción y enfriamiento



Horas de discomfort

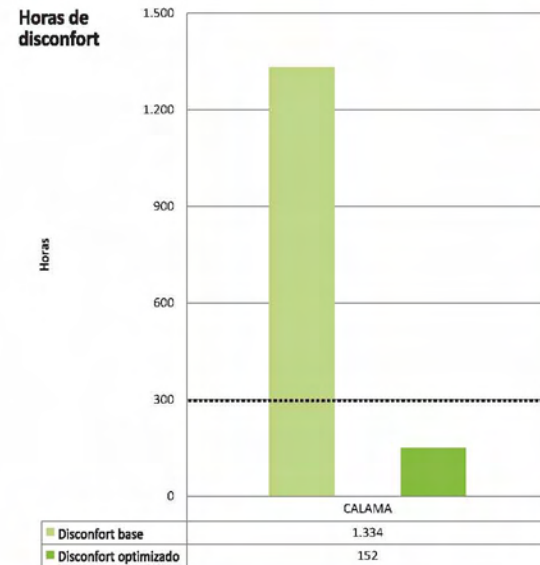


Figura 2.4.14.a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Calama.

2.4.2.2 Clima y confort - Calama

Clima ⁵

- Alta oscilación térmica diaria de temperaturas. Diferencias de temperatura entre el día y la noche mayores a 20°C durante todo el año. En otras palabras, en un mismo día se tienen altas y bajas temperaturas.
- Cielos limpios con alto enfriamiento nocturno.
- Baja diferencia en temperaturas medias entre el mes más frío y el más cálido (aproximadamente 6,5°C en Calama)
- La temperatura media máxima es relativamente baja en verano y relativamente alta en invierno.
- Alta radiación solar. Promedios de radiación solar horizontal entre 4 día (julio) y 8kWh/m² día (enero)
- Baja humedad ambiental. Promedios mensuales entre 42(enero) y 31% (agosto).
- Bajas precipitaciones. Hasta 60mm anuales en ciertas localidades, con predominancia entre enero y febrero.
- Vientos intensos de predominancia oeste.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 1.656 al año.

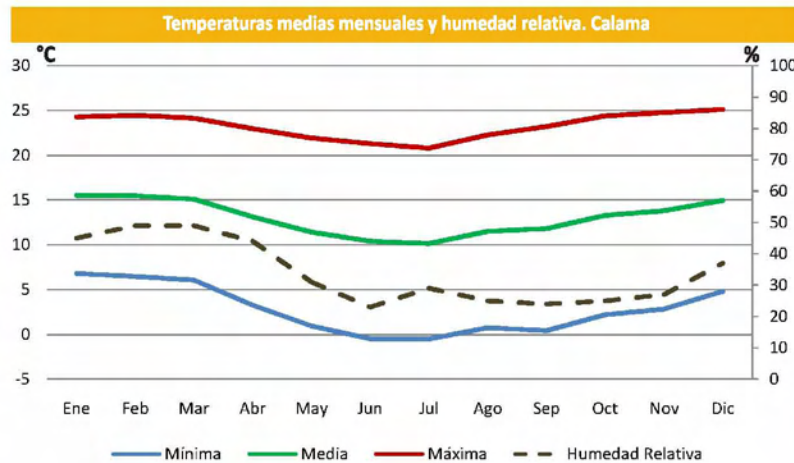


Figura 2.4.15
Temperatura y humedad relativa. Calama.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 5% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Uso de inercia térmica para acumulación de calor.
- Protección del viento.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

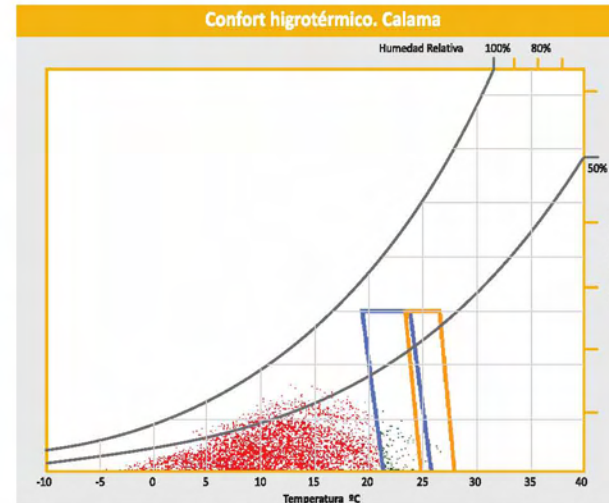


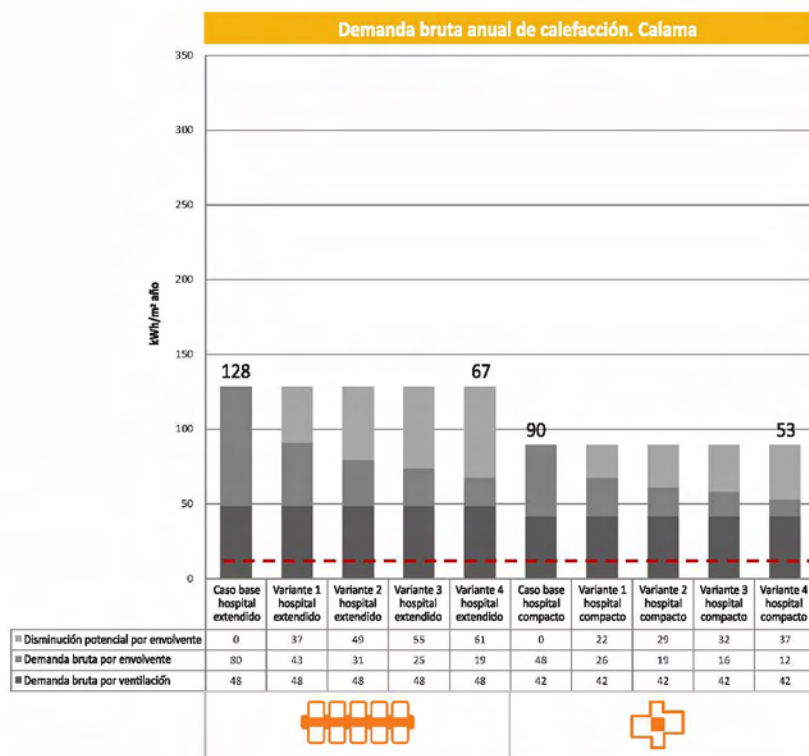
Figura 2.4.16
Confort higrotérmico. Calama.

⁵ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.2.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, en Calama. Se observa para la demanda anual de calefacción del caso base del establecimiento de salud extendido valores de 80kWh/m²a por la envolvente, 48kWh/m²a por ventilación, y un total de 128kWh/m²a. Implementando en la envolvente las estrategias de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción, llegando a 67kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 53kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son medias-altas y las de enfriamiento son bajas, con 74 y 27kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir la demanda de calefacción y evitar aumentar o disminuir en lo posible la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos y ocupación, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación, ventanas y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

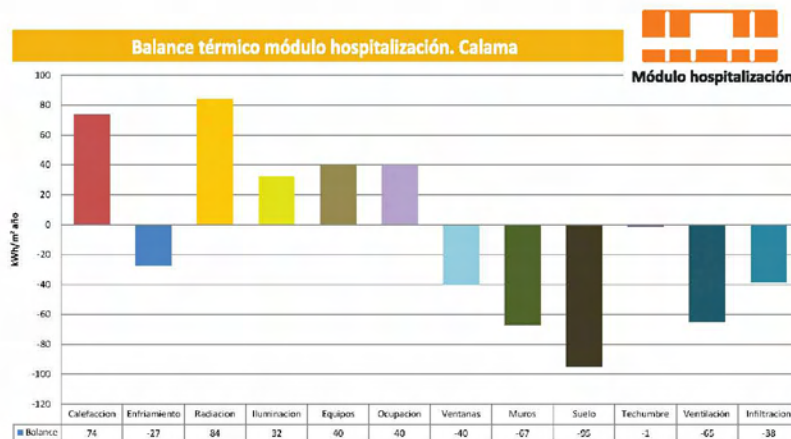


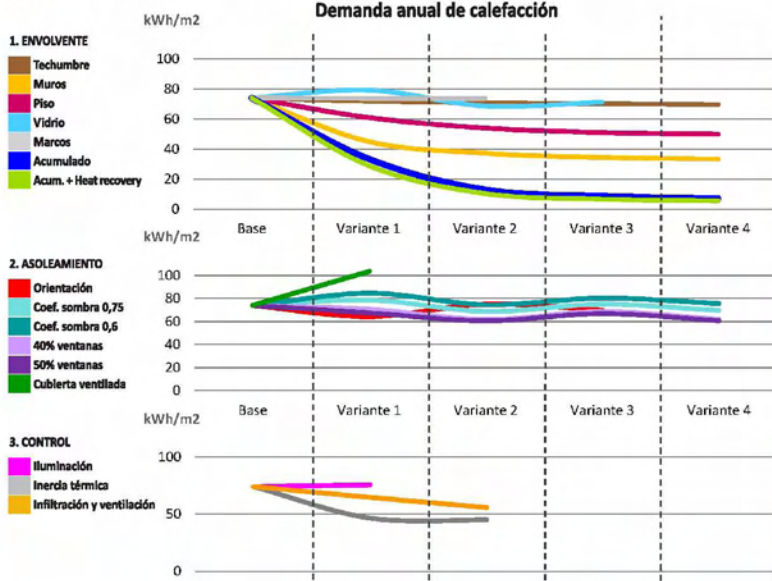
Figura 2.4.18
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Calama.

Figura 2.4.17
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Calama.

Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

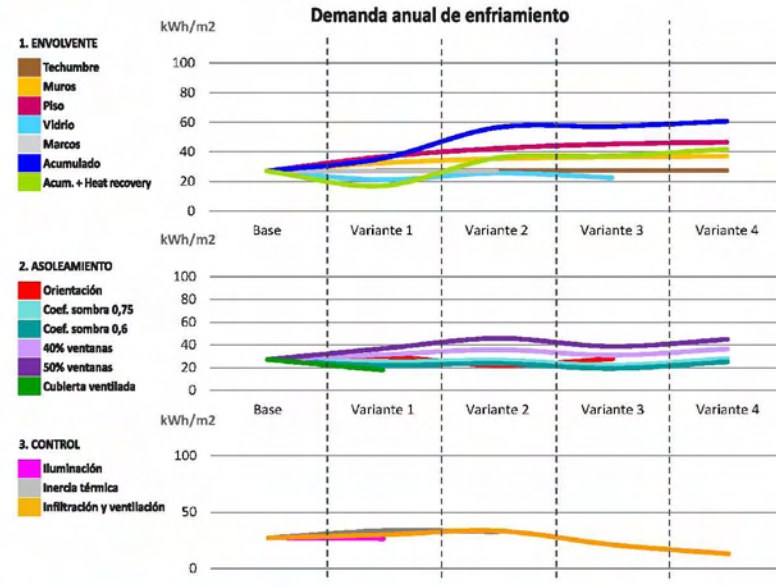
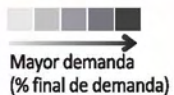
Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Calama

Módulo hospitalización



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	97,36	T.120	95,74	T.160	94,84	T.200	94,29
Muro	Mu.B	100	Mu.20	60,97	Mu.50	50,36	Mu.80	46,52	Mu.100	45,11
Piso	P.B	100	P.20	82,48	P.50	73,02	P.80	68,96	P.100	67,46
Vidrio	V.B	100	V.3,6	107,05	V.2,8	92,89	V.1,8	96,32		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,69	Ma.PVC	99,67				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	45,48	Ac.2	17,70	Ac.3	12,00	Ac.4	9,75
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	39,46	HR.2	14,22	HR.3	9,18	HR.4	7,65
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	86,83	O.180	101,42	O.270	94,16		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	106,37	F1.90	93,09	F1.180	101,41	F1.270	94,15
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	114,24	F2.90	100,90	F2.180	108,57	F2.270	102,34
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	95,36	V4.90	83,42	V4.180	92,75	V4.270	83,55
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	91,24	V5.90	81,94	V5.180	90,36	V5.270	82,09
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	139,76						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	102,13						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	62,85	In.Ae	60,97				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	87,32	If.0,1	75,30	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 74kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	100,50	T.120	101,04	T.160	101,46	T.200	101,82
Muro	Mu.B	100	Mu.20	120,06	Mu.50	130,87	Mu.80	135,40	Mu.100	137,15
Piso	P.B	100	P.20	135,26	P.50	156,04	P.80	167,07	P.100	171,53
Vidrio	V.B	100	V.3,6	78,73	V.2,8	94,99	V.1,8	83,42		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,16	Ma.PVC	100,17				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	131,05	Ac.2	207,73	Ac.3	210,72	Ac.4	223,54
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	63,23	HR.2	132,48	HR.3	137,63	HR.4	154,27
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	109,48	O.180	81,64	O.270	103,13		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	91,36	F1.90	98,38	F1.180	81,66	F1.270	103,17
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	81,49	F2.90	87,45	F2.180	71,55	F2.270	92,51
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	115,48	V4.90	131,48	V4.180	113,97	V4.270	134,31
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	135,35	V5.90	168,69	V5.180	142,38	V5.270	165,56
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	65,92						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	97,14						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	123,94	In.Ae	120,06				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	110,83	If.0,1	123,05	If.1	77,82	If.2	48,49

Caso base 100%= 27kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.19
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Calama.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes



Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de habitación, caso base y variantes. Calama

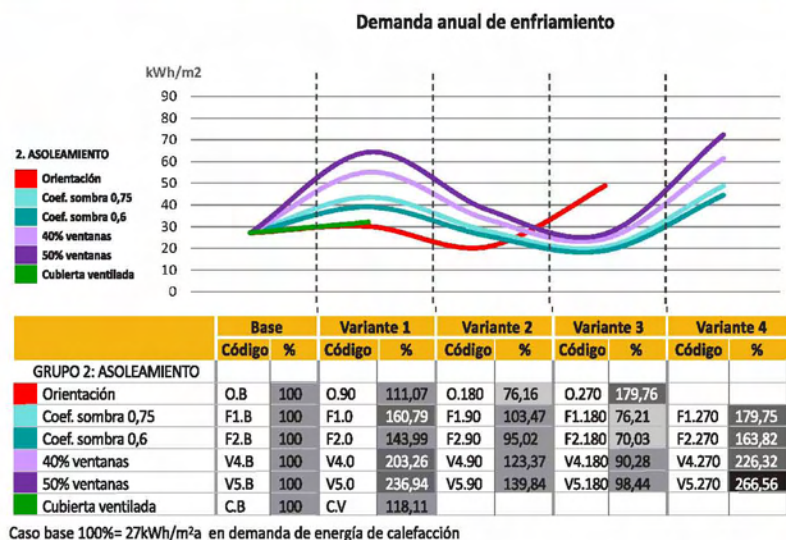
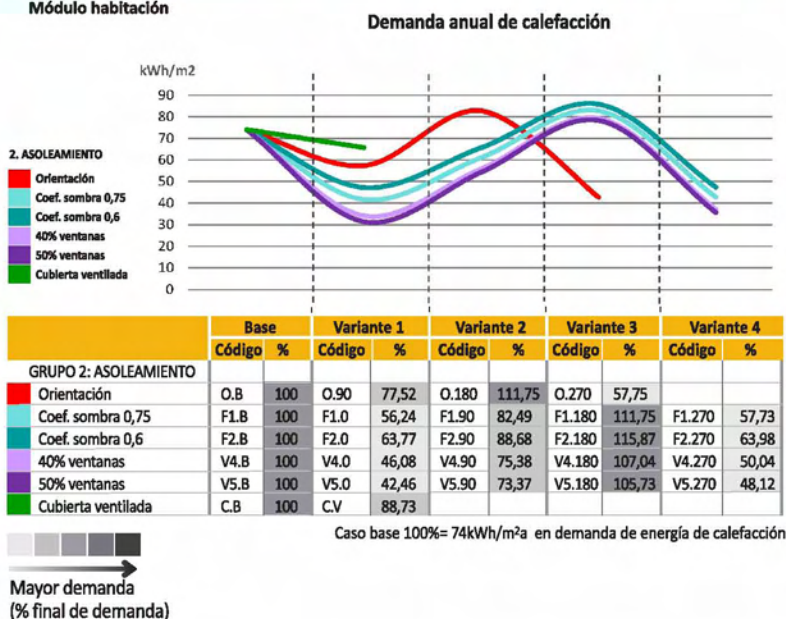


Figura 2.4.20
Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Calama.

2.4.2.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

Las demandas de calefacción brutas son relevantes en este clima. Si bien la forma extendida posee un 30% más de demanda de calefacción que el caso compacto, con optimización en la calidad térmica de la envolvente es factible superar las diferencias que hay entre ambos partidos generales.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un buen potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el objetivo inicial. La estrategia de aislar bien muros y ligeramente los pisos reduce la demanda de calefacción sin aumentar drásticamente la

demanda de enfriamiento. Lo anterior debe acompañarse con aislar la cubierta y utilizar DVH claro en ventanas.

Respecto al asoleamiento, parece válido plantear una orientación sur del edificio para disminuir la demanda de enfriamiento sin afectar mayormente la de calefacción, pero es más recomendable orientar el edificio al norte, este u oeste utilizando, cuando corresponda, protecciones solares que generen sombra sobre las ventanas sólo durante los períodos cálidos. Es muy importante tener cubierta ventilada para disminuir la demanda de enfriamiento. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto

negativo importante en la demanda de enfriamiento en verano, por lo que no sería recomendable.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración. En ese sentido, la estrategia de marcos de ventanas es relevante no tanto por las pérdidas sino más bien por una mayor hermeticidad de la envolvente, y aislar los muros por el exterior para aprovechar la inercia térmica de éstos.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de envolvente y control de la infiltración usada para reducir la demanda de calefacción reducen también las horas de discomfort.

2

ZONAS CLIMATICAS



Fotografía: Andrés Crisosto

Norte valle transversal (NVT)

2.4.3 Zona Norte Valles Transversales



20

2.4.3
Recomendaciones
de diseño
arquitectónico
para Zona Norte
Valles
Transversales

2

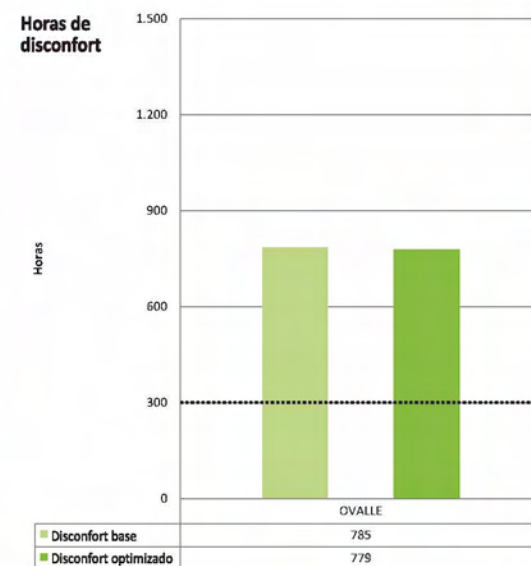
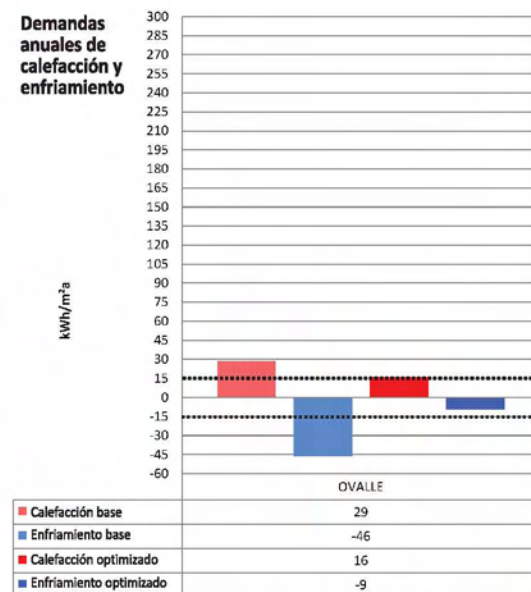
2.4.3.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona Norte valles transversales			
		Partido general arquitectónico	
		Recomendación	Observaciones
Partido general			
Forma	Extendido o Compacto		Debido a las bajas demandas energéticas en calefacción, el desempeño energético de un partido general extendido puede alcanzar fácilmente los niveles de un establecimiento de salud compacto, aplicando medidas de eficiencia de la envolvente.
Módulo de hospitalización			
		Recomendación	Observaciones
Envolvente			
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica máxima, $U=0,72W/m^2K$		Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.
Aislación muros	Espesor mínimo: 20mm Transmitancia térmica máx.: $U=1,29W/m^2K$		Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.
Aislación piso contra terreno	Espesor: 20mm Transmitancia térmica: U cercano a $0,72W/m^2K$		Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier. Mayores espesores de aislante térmico en piso contribuyen a sobrecalentamiento del recinto indeseado en períodos de calor.
Aislación vidrios	Ideal es doble vidriado hermético (dvh) Transmitancia térmica: menor o igual a $U= 3,1W/m^2K$ También es posible vidriado simple		Si bien en esta zona climática no hay diferencias importantes de aportes energéticos entre un vidriado simple y un doble vidriado hermético, se recomienda este último por la influencia que tiene la envolvente en la sensación de confort térmico.
Ubicación aislación	Aislación al exterior		Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente y reducir la demanda de energía en calefacción. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos indicadas en la sección 2.6.2.
Marcos	Marco hermético contacto continuo simple		Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las ganancias innecesarias de calor por transmisión en el día y evitan el riesgo de condensación superficial en horas nocturnas. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales, debe garantizarse una ventilación apropiada, sea ésta pasiva o activa para evitar riesgos de condensación superficial.
Porcentaje ventanas	30%		Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. El aumento del tamaño de ventanas aporta en la disminución de la demanda de calefacción en recintos con orientación norte. En recintos con orientaciones oriente y poniente un mayor tamaño de ventana aumenta la demanda de energía en calefacción y refrigeración. En consecuencia, un mayor tamaño de ventana requerirá aumentar la protección solar.

Figura 2.4.21 Recomendaciones de diseño eficiente, Zona norte valles transversales.

2.4.3.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona norte litoral		
Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
	Asoleamiento	
	Orientación	Habitaciones con orientación norte Las orientaciones este y oeste requieren equiparar pérdidas en calefacción con mayor aislación de ventanas.
	Protección solar en verano	Cercano al 80% Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 80% de la parte visible de la ventana. Considerar protección solar en orientaciones norte, este y oeste en períodos de calor.
	Cubierta ventilada	Sí La cubierta ventilada permite una mayor disipación de calor, disminuyendo la temperatura del cielo interior de recintos en contacto directo con el complejo de techumbre.
	Control y ventilación	
	Iluminación	Sí Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y disminuir el sobrecalentamiento del edificio, además de contribuir a reducir el consumo eléctrico.
	Infiltración	Ideal: 0,3RAH Máximo 0,5RAH Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	No No aplica en esta zona climática.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5RAH verano Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Norte valles transversales (NVT)

Figura 2.4.21.a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente, Ovalle.



ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

2.4.3.2 Clima y confort - Ovalle

Clima ⁶

- Oscilación media mensual con valores cercanos a los 15°C.
- Alta radiación solar en verano y moderada en invierno. Promedios de radiación solar horizontal total entre 3,4kWh/m²día (julio) y 7,4 kWh/m²día (enero).
- Alta humedad ambiental. Promedios mensuales entre 70% (enero) y 76% (julio).
- Precipitaciones bajas. Máxima diaria de 58.6mm, media anual de 12mm.
- Vientos moderados de predominancia oeste.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 736 al año.

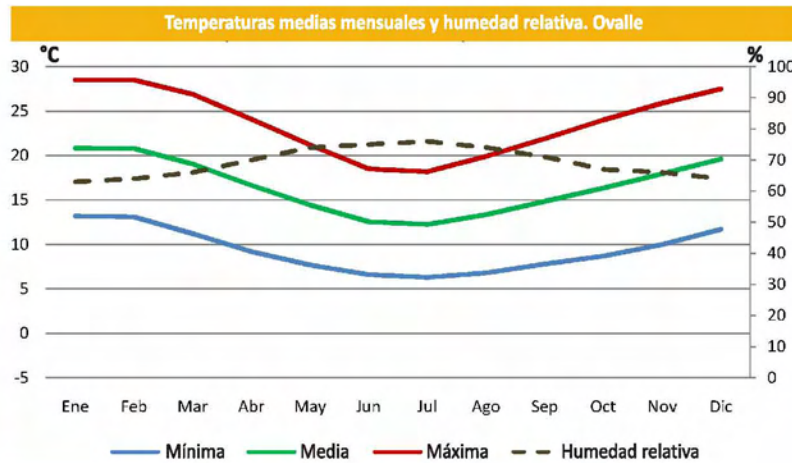


Figura 2.4.22
Temperatura y humedad relativa. Ovalle.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 20% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.
- Refrescamiento nocturno en combinación con inercia térmica.

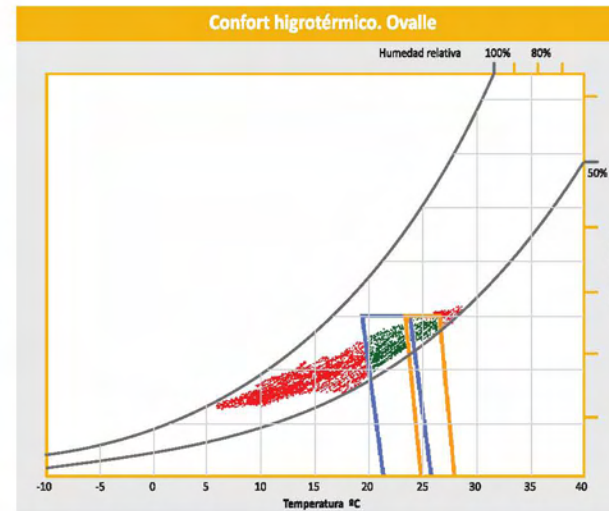


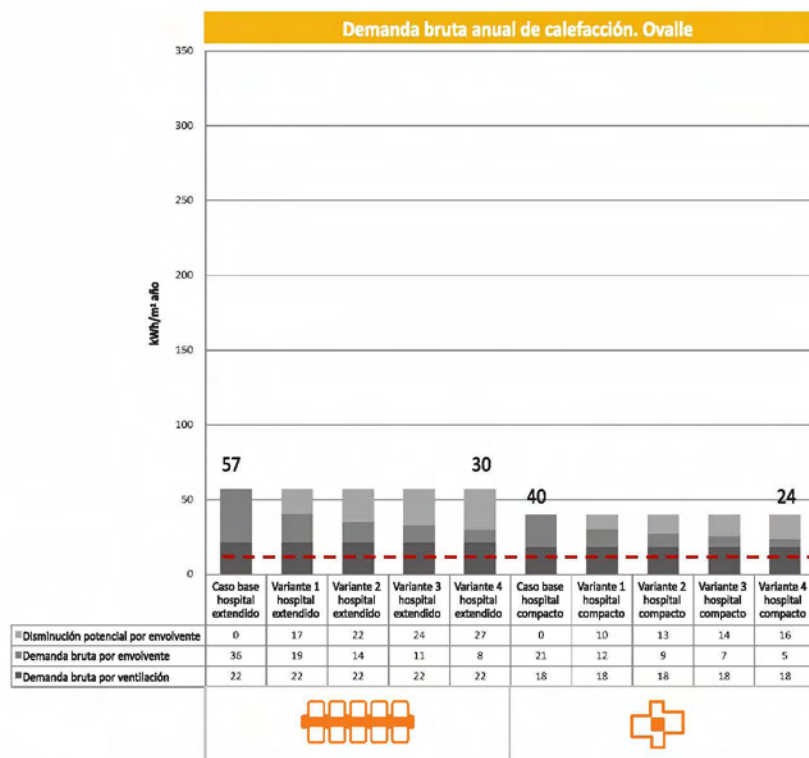
Figura 2.4.23
Confort higrotérmico. Ovalle.

⁶ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net); Bustamante W. (2009)

2.4.3.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo presentado en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud en Ovalle. En el caso base del establecimiento de salud extendido, los valores de demanda anual son de 36kWh/m²a por la envolvente, 22kWh/m²a por ventilación, y un total de 57kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda de calefacción llegando a 30kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 24kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son bajas y las de enfriamiento son medias, de 29kWh/m²a y 46kWh/m²a respectivamente. Al igual que la zona climática norte litoral, el objetivo debe ser disminuir la demanda de enfriamiento, y evitar aumentar, sino disminuir al mínimo, la demanda de calefacción. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

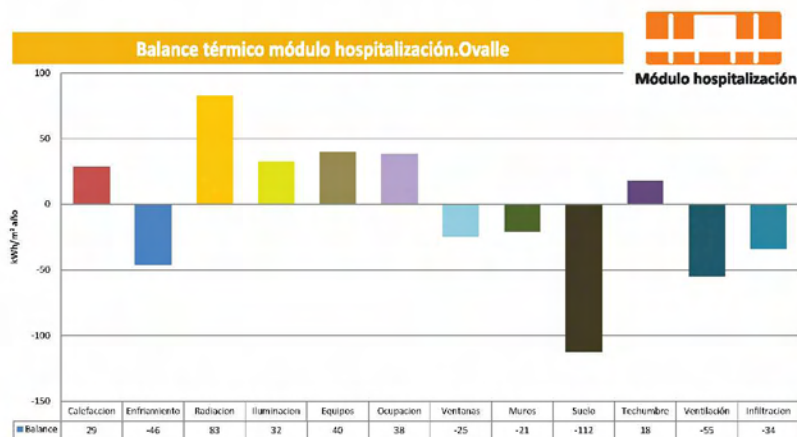
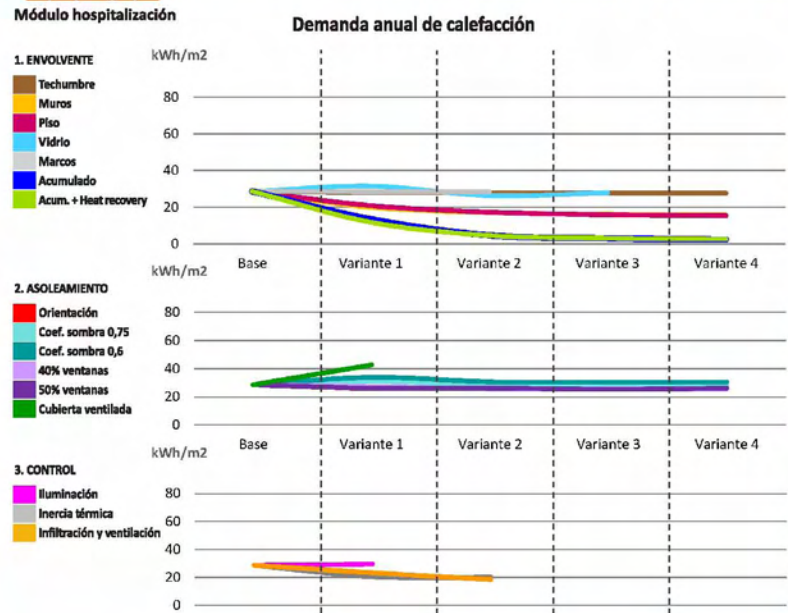


Figura 2.4.25
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Ovalle.

Figura 2.4.24
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Ovalle.

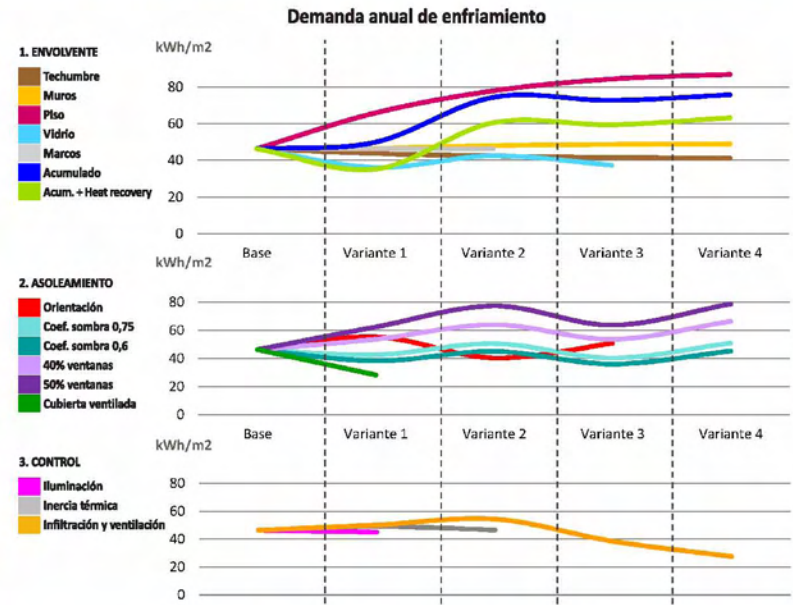
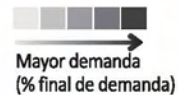
Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Ovalle



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	98,20	T.120	97,27	T.160	96,76	T.200	96,57
Muro	Mu.B	100	Mu.20	69,68	Mu.50	60,08	Mu.80	56,55	Mu.100	55,23
Piso	P.B	100	P.20	73,00	P.50	60,49	P.80	55,52	P.100	53,76
Vidrio	V.B	100	V.3,6	110,41	V.2,8	92,32	V.1,8	97,61		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,65	Ma.PVC	99,61				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	47,30	Ac.2	16,47	Ac.3	10,56	Ac.4	8,60
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	41,34	HR.2	16,06	HR.3	10,78	HR.4	9,29
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	91,68	O.180	98,05	O.270	98,34		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	108,17	F1.90	98,83	F1.180	98,05	F1.270	98,33
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	118,57	F2.90	107,42	F2.180	106,43	F2.270	107,11
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	95,18	V4.90	90,21	V4.180	89,83	V4.270	90,18
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	91,54	V5.90	91,89	V5.180	88,60	V5.270	91,44
Cubierta ventilada	C.B	100	CV	149,60						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	102,98						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	71,03	In.Ae	69,68				
Infiltración y ventilación	if.B	100	if.0,3	81,27	if.0,1	64,38	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 29kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	94,58	T.120	91,46	T.160	89,79	T.200	88,80
Muro	Mu.B	100	Mu.20	100,62	Mu.50	103,82	Mu.80	105,25	Mu.100	105,81
Piso	P.B	100	P.20	142,17	P.50	168,32	P.80	182,22	P.100	187,67
Vidrio	V.B	100	V.3,6	78,02	V.2,8	91,75	V.1,8	80,50		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,15	Ma.PVC	100,17				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	107,61	Ac.2	160,60	Ac.3	157,00	Ac.4	163,51
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	75,78	HR.2	130,70	HR.3	128,28	HR.4	136,48
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	119,51	O.180	87,11	O.270	109,89		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	91,99	F1.90	109,12	F1.180	87,11	F1.270	109,93
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	82,74	F2.90	97,27	F2.180	77,97	F2.270	97,80
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	115,95	V4.90	138,31	V4.180	115,95	V4.270	143,49
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	134,77	V5.90	166,93	V5.180	137,58	V5.270	169,93
Cubierta ventilada	C.B	100	CV	61,14						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	97,14						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	105,71	In.Ae	100,62				
Infiltración y ventilación	if.B	100	if.0,3	108,13	if.0,1	117,20	if.1	82,72	if.2	59,14

Caso base 100%= 46kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.26
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Ovalle.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes

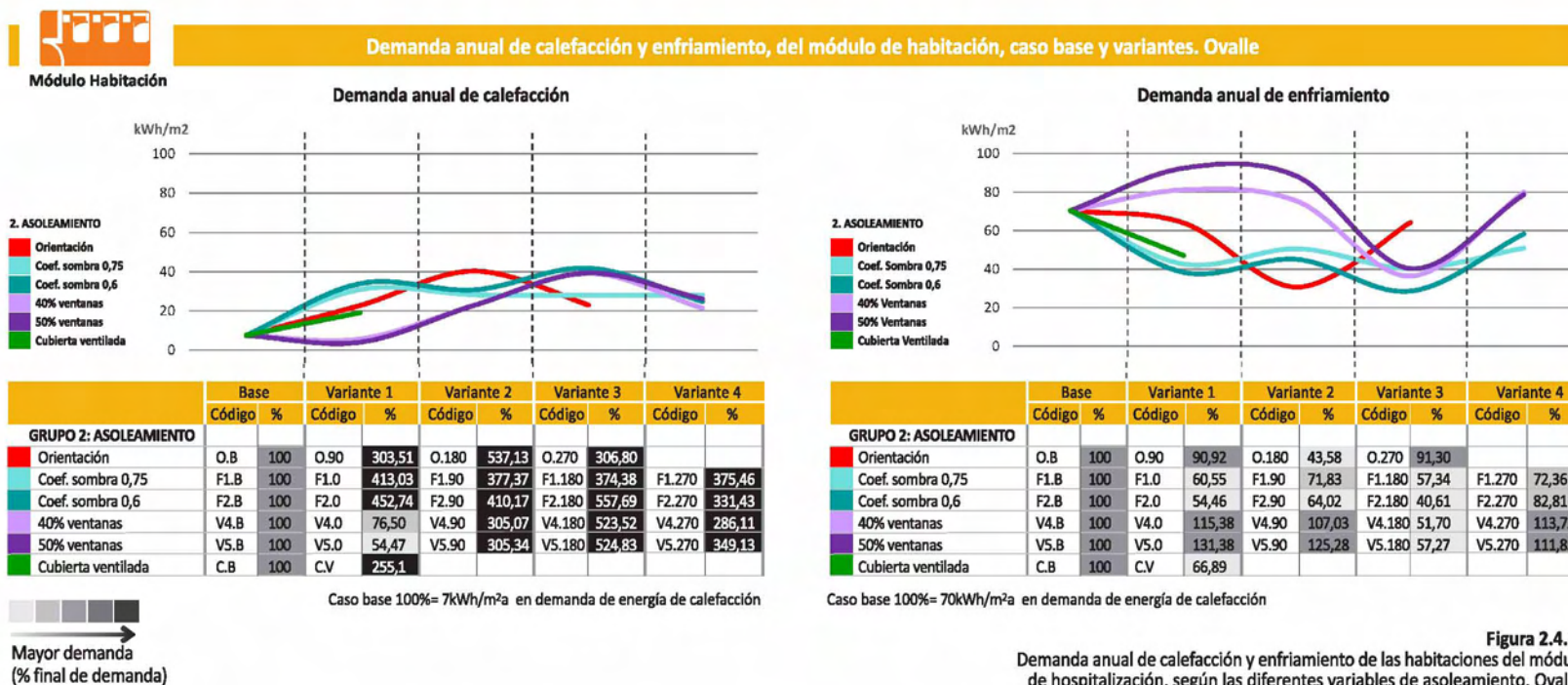


Figura 2.4.27

Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Ovalle.

2.4.3.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En esta zona se detectan demandas de calefacción bajas y las medidas de eficiencia en la envolvente pueden equilibrar las pérdidas de un establecimiento de salud extendido frente a uno compacto.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa que en general existe un mayor potencial de reducción de calefacción que de enfriamiento. Las estrategias de aislar muros y piso permiten cada una reducir la demanda de calefacción en torno a un 40%. Sin embargo, aislar el piso genera un aumento en la demanda de enfriamiento, pudiéndose descartar como estrategia, no obstante su aplicación debe evaluarse caso a caso. Lo anterior debe acompañarse con aislar la cubierta y utilizar DVH claro en ventanas, lo cual permite disminuir tanto la demanda de calefacción como la de enfriamiento; en este último caso, bajando la demanda en torno a un 80%.

ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

Dado el objetivo de reducción de demanda mencionado anteriormente, habrá que buscar estrategias que reducen la demanda de enfriamiento. Considerando que junto con las altas temperaturas exteriores durante los períodos cálidos que son abordadas con una menor transmitancia térmica de cubierta y ventanas, las estrategias de control de la radiación solar directa y la reducción de cargas internas son muy relevantes. Se observa así que, dentro de la categoría de asoleamiento, las estrategias que más reducen la demanda de enfriamiento son la cubierta ventilada y el coeficiente de sombra de 0,65; reduciendo la demanda a un 60 y 80% respectivamente. Este último debe alcanzarse mediante protecciones solares que generen dicho nivel de sombra durante los períodos cálidos, pero no durante el invierno, pues el aprovechamiento de la radiación en invierno es deseable. Otra estrategia posible de utilizar es orientar el edificio al sur, combinado con vidrios de ventana de baja transmitancia térmica.

Junto con lo anterior, a nivel de estrategias de control se observa como pertinente que la aislación de muros se haga por el exterior, y reducir

las cargas internas, por ejemplo, a través de sistemas de control de iluminación y aumentando la altura interior de los recintos.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración. Una reducción de 0,5RAH puede reducir la demanda de calefacción en un 35%, a la vez que un manejo de la ventilación para generar refrescamiento pasivo durante períodos cálidos permiten reducir la demanda de enfriamiento en un 40%.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las mayores horas de discomfort se producen durante los meses de verano debido a un aumento de la temperatura. En ese sentido, las estrategias que aumentan el confort durante estos meses son aquellos que disminuyen las ganancias por radiación solar directa, y el refrescamiento pasivo. Junto con lo anterior, es relevante el efecto de la temperatura superficial del piso. Si bien la estrategia de aislar el piso aumenta la demanda de enfriamiento, es muy eficaz para aumentar la sensación de confort.

2

ZONAS CLIMATICAS

Central litoral (CL)

2.4.4 Zona central litoral

21



2.4.4
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Centro
 Litoral

2

2.4.4.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona central litoral			
Partido general arquitectónico			
Recomendación		Observaciones	
Partido general			
Forma	Extendido o Compacto	La mayor demanda energética en calefacción del partido general extendido puede bajar a los niveles de un establecimiento de salud compacto, aplicando medidas de eficiencia de la envolvente.	
Módulo de hospitalización			
Recomendación		Observaciones	
Envolvente			
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,48W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.	
Aislación muros	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,45W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.	
Aislación piso contra terreno	Espesor: 20mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,72W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier.	
Aislación vidrios	Doble vidriado hermético (DVH) Transmitancia térmica: U menor o igual a $2,8W/m^2K$		
Ubicación aislación	Ideal aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos, indicadas en la sección 2.6.2.	
Marcos	Marco hermético contacto continuo simple o doble	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las ganancias innecesarias de calor por transmisión en épocas de calor y evitan el riesgo de condensación superficial en períodos fríos. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales debe garantizarse una ventilación idealmente activa, para evitar riesgos de condensación superficial.	
Porcentaje ventanas	30%	Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. Un mayor tamaño de ventana requiere la incorporación de protección solar temporal en media estación y verano y mayor aislación térmica de ventanas en orientación sur.	

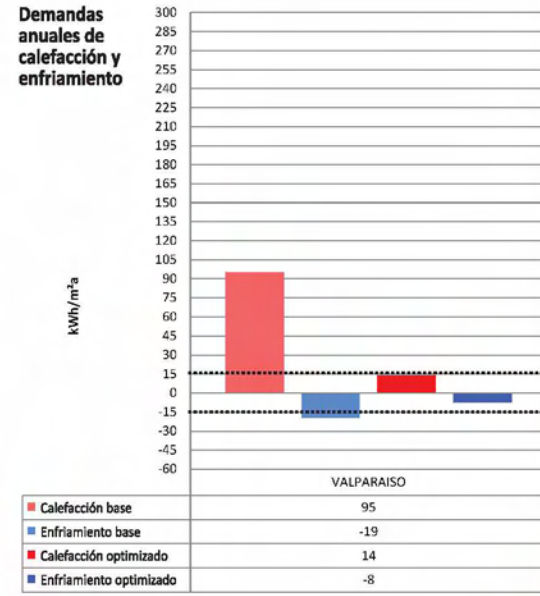
Figura 2.4.28 Recomendaciones de diseño, Zona central litoral.

2.4.4.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona central litoral

Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
	Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte	Habitaciones este y oeste requieren protección solar en períodos cálidos. La orientación sur es un foco de pérdidas de calor en invierno y debe evitarse, o bien en caso de orientar al sur se debe aumentar la aislación térmica del doble vidriado hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 80%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 80% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta ventilada	Sí	La cubierta ventilada permite una mayor disipación de calor, disminuyendo la temperatura del cielo interior de recintos en contacto directo con el complejo de techumbre.
	Control y ventilación		
	Iluminación	Sí	Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y disminuir el sobrecalentamiento del edificio, además de contribuir a reducir el consumo eléctrico.
	Infiltración	Ideal: 0,3RAH Máximo 0,5RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí	En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción. La incorporación de una unidad recuperadora de calor de la ventilación hace necesario una evaluación previa que considere gastos adicionales por energía eléctrica en ventiladores frente a los ahorros en demanda de calefacción posibles.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5RAH verano	Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Central litoral (C1)

Demandas anuales de calefacción y enfriamiento



Horas de discomfort

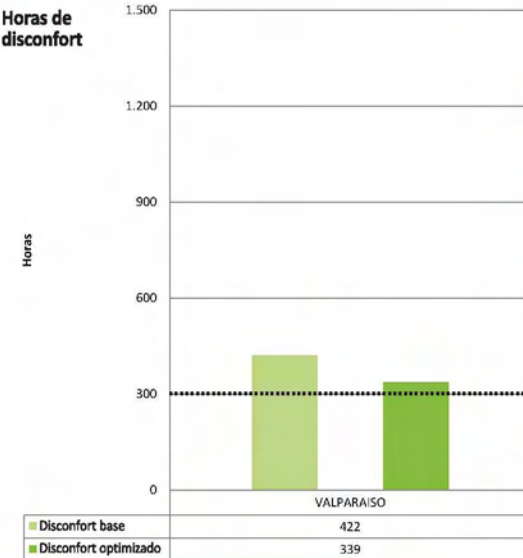


Figura 2.4.28.a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Valparaíso.

2.4.4.2 Clima y confort - Valparaíso

Clima ⁷

- Temperaturas promedio moderadas a lo largo de todo el año.
- Temperatura promedio máxima en verano bajo la máxima de confort.
- Baja oscilación diaria de temperaturas media mensual. Cerca de 7°C en verano y sólo 5°C en invierno.
- Alta nubosidad durante todo el año. En verano, alta probabilidad de nubosidad matinal que disipa a mediodía.
- Alta radiación solar en verano y moderada en invierno. Promedios de radiación solar horizontal total entre 1,7kWh/m²día (julio) y 6,1kWh/m²día (enero).
- Alta humedad ambiental durante todo el año. Promedios mensuales entre 78 (enero) y 84% (julio).
- Precipitaciones moderadas concentradas en meses de invierno. Varían entre 300mm anuales en el norte hasta cerca de 800mm anuales en el sur. Máxima de 24 horas oscila entre 80mm aproximadamente en el norte, y supera los 120mm en el sur de la zona.
- Vientos débiles de predominancia SW. Vientos intensos combinados con lluvia.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 993 al año.

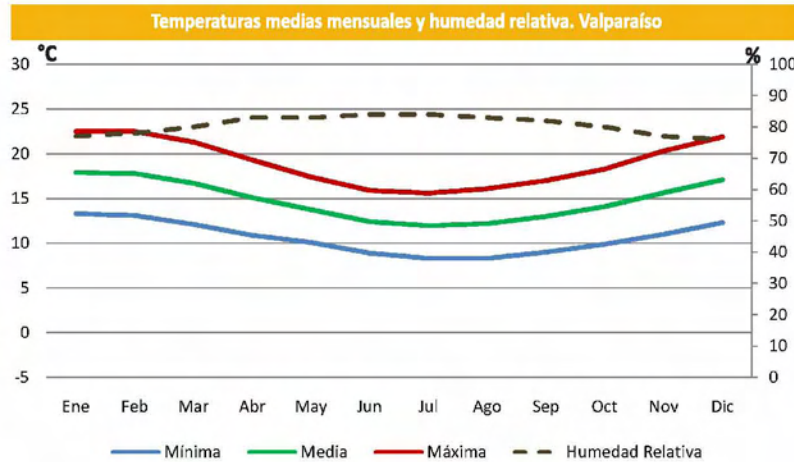


Figura 2.4.29
Temperatura y humedad relativa, Valparaíso.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 14% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Refrescamiento nocturno.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

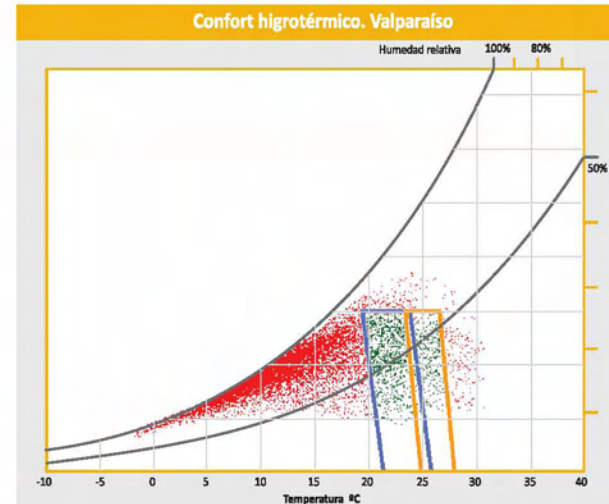


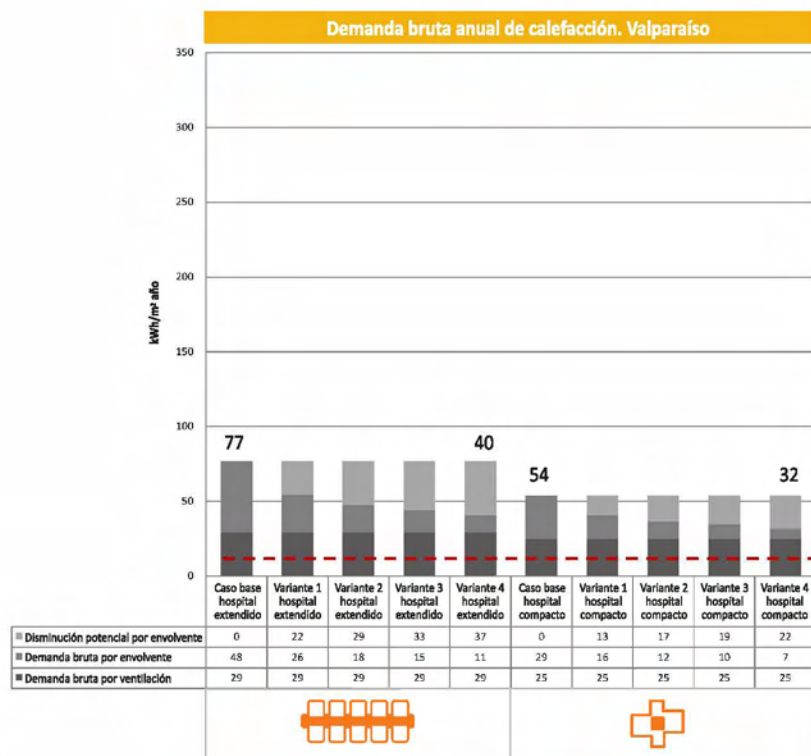
Figura 2.4.30
Confort Higrotérmico, Valparaíso.

⁷ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.4.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción en Valparaíso para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de demanda anual de 48kWh/m²a por la envolvente, 29kWh/m²a por ventilación, y un total de 77kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción llegando a 40kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 32kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son altas y las de enfriamiento son bajas, de 95 y 19kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir la demanda de calefacción, y evitar aumentar la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos y ocupación, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación, ventanas y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

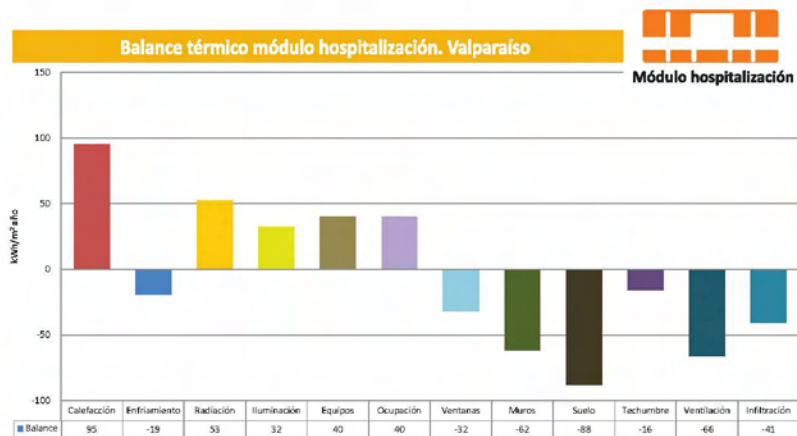
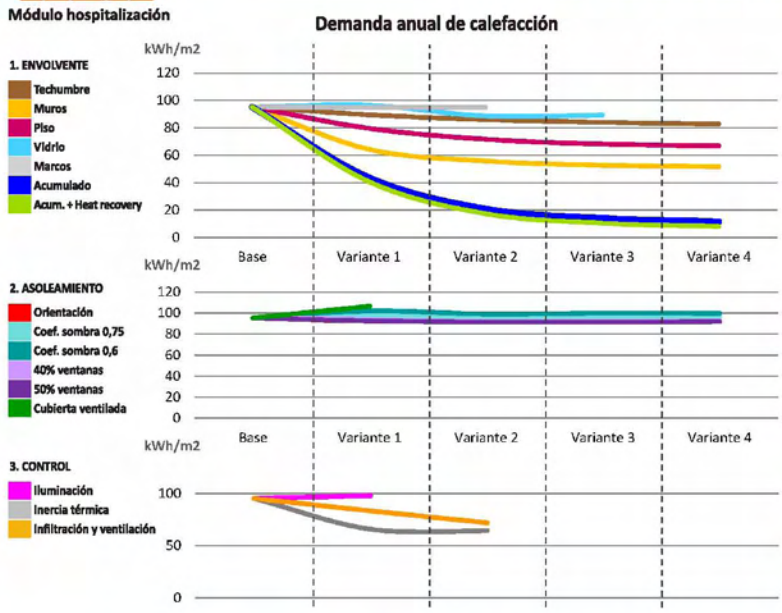


Figura 2.4.32
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Valparaíso.

Figura 2.4.31
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Valparaíso.

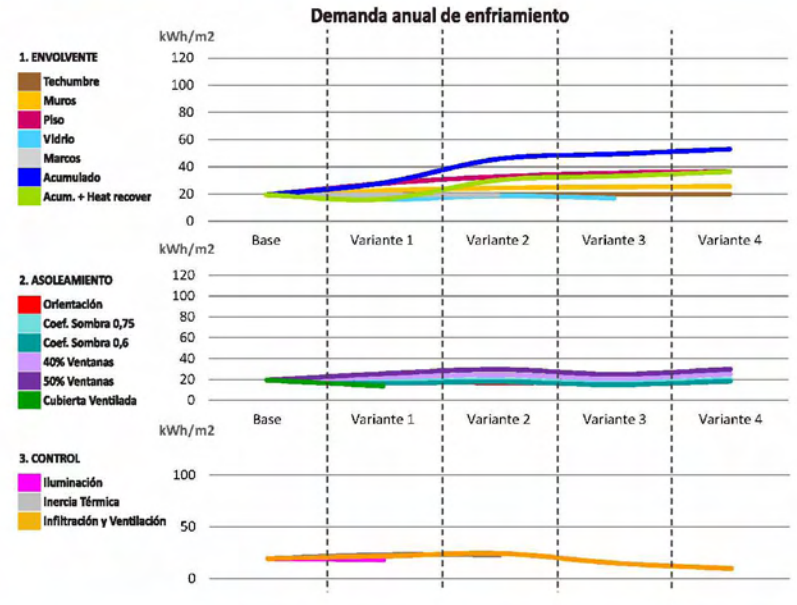
Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes, Valparaíso



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	102,98	T.120	105,29	T.160	106,71	T.200	107,68
Muro	Mu.B	100	Mu.20	63,30	Mu.50	53,55	Mu.80	50,01	Mu.100	48,72
Piso	P.B	100	P.20	69,50	P.50	57,28	P.80	52,80	P.100	51,22
Vidrio	V.B	100	V.3,6	111,74	V.2,8	93,15	V.1,8	99,01		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,70	Ma.PVC	99,67				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	39,81	Ac.2	14,44	Ac.3	9,43	Ac.4	7,87
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	32,16	HR.2	15,67	HR.3	12,05	HR.4	11,45
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	102,44	O.180	97,81	O.270	108,54		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	109,55	F1.90	109,89	F1.180	97,81	F1.270	108,58
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	121,55	F2.90	119,11	F2.180	107,80	F2.270	117,27
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	93,63	V4.90	101,01	V4.180	86,28	V4.270	102,11
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	88,34	V5.90	105,73	V5.180	84,06	V5.270	106,33
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	179,96						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	103,74						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	67,57	In.Ae	63,30				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	81,68	If.0,1	65,59	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 95kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	97,37	T.120	95,74	T.160	94,80	T.200	94,26
Muro	Mu.B	100	Mu.20	106,74	Mu.50	110,31	Mu.80	111,81	Mu.100	112,39
Piso	P.B	100	P.20	131,76	P.50	154,83	P.80	167,66	P.100	172,81
Vidrio	V.B	100	V.3,6	87,43	V.2,8	96,79	V.1,8	89,80		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,12	Ma.PVC	100,14				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	117,11	Ac.2	167,27	Ac.3	169,05	Ac.4	176,44
Acumulado + Heat Recover	HR.B	100	HR.1	73,79	HR.2	126,81	HR.3	130,41	HR.4	140,36
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	108,39	O.180	92,13	O.270	100,50		
Coef. Sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	94,81	F1.90	100,69	F1.180	92,10	F1.270	100,44
Coef. Sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	88,83	F2.90	92,37	F2.180	85,71	F2.270	92,14
40% Ventanas	V4.B	100	V4.0	109,91	V4.90	119,95	V4.180	109,56	V4.270	122,86
50% Ventanas	V5.B	100	V5.0	122,27	V5.90	140,35	V5.180	124,58	V5.270	140,30
Cubierta Ventilada	C.B	100	C.V	72,72						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	97,67						
Inercia Térmica	In.B	100	In.Ai	109,56	In.Ae	106,74				
Infiltración y Ventilación	If.B	100	If.0,3	107,55	If.0,1	116,04	If.1	83,61	If.2	59,21

Caso base 100%= 19kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

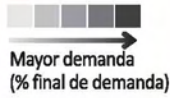


Figura 2.4.33 Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Valparaíso.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO EN LA ARQUITECTURA

2

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes

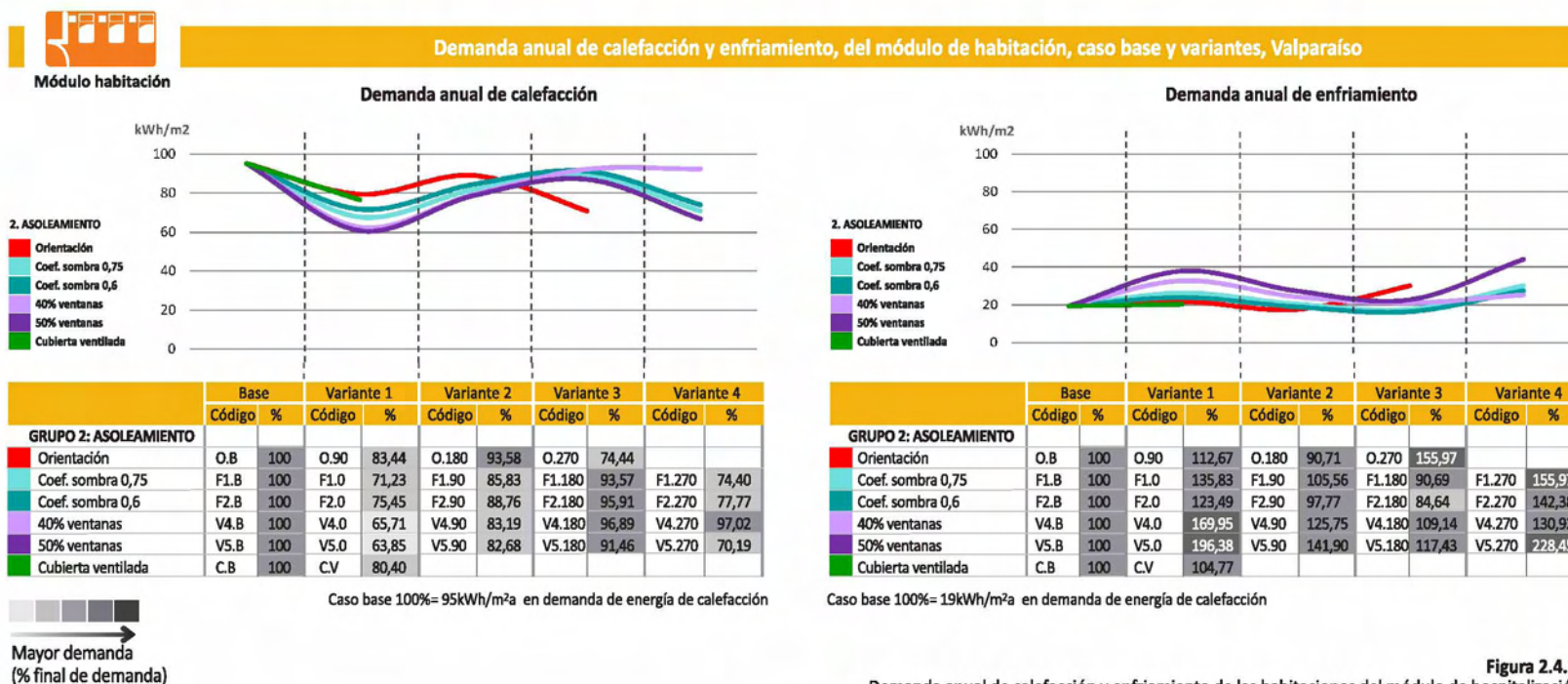


Figura 2.4.34

Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Valparaíso.

2.4.4.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En la zona centro litoral se hace necesario un acondicionamiento térmico de la envolvente que considere un grado de aislación de la envolvente a evaluar para reducir las demandas de energía en calefacción.

Las altas pérdidas de calor por ventilación hacen conveniente incorporar un sistema de control de la ventilación.

En relación a la forma, las diferencias energéticas de un partido general extendido frente a uno compacto se pueden equiparar con medidas de eficiencia en la envolvente.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un buen potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el objetivo inicial. La estrategia de aislar bien muros y ligeramente los pisos reduce la demanda de calefacción sin aumentar drásticamente la demanda de enfriamiento. Lo anterior debe acompañarse con aislar bien la cubierta y utilizar DVH claro en ventanas, ya que esta estrategia reduce ambas demandas.

Respecto al asoleamiento, parece válido plantear una orientación sur del edificio para disminuir la demanda de enfriamiento, sin afectar mayormente la de calefacción, pero es más recomendable orientar el edificio al norte, este u oeste utilizando, cuando corresponda,

protecciones solares que generen sombra sobre las ventanas sólo durante los periodos cálidos. Es muy importante tener cubierta ventilada para disminuir la demanda de enfriamiento. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto negativo importante en la demanda de enfriamiento en verano, por lo que no sería recomendable.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración, que puede disminuir ambas demandas. En ese sentido, la estrategia de marcos de ventanas es relevante, no tanto

por las pérdidas por transmitancia, sino más bien por una mayor hermeticidad de la envolvente, y aislar los muros por el exterior para aprovechar la inercia térmica de éstos, sobre todo durante los períodos cálidos del año.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de envolvente usadas para reducir la demanda de calefacción, uso de recuperador de calor, y control de la ventilación usada para reducir la demanda de enfriamiento, disminuyen efectivamente las horas de discomfort.

ZONAS CLIMATICAS

Central Interior (CI)



Fotografía: Lorena González

2.4.5 Zona central interior

22

2.4.5
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Centro
 Interior

2




2.4.5.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona central interior				
		Partido general arquitectónico		
		Recomendación	Observaciones	
	Partido general			
	Forma	De preferencia compacto	El partido general compacto presenta una demanda energética en calefacción bastante menor al extendido. Aplicar un partido general extendido requiere un mayor grado de aislación de la envolvente.	
 Central Interior (CI)	Módulo de hospitalización			
			Recomendación	Observaciones
	Envolvente			
	Aislación cubierta	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,48W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.	
	Aislación muros	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,45W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.	
	Aislación piso contra terreno	Espesor mínimo: 20mm Transmitancia térmica: U máximo $0,72W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier.	
	Aislación vidrios	Doble vidriado hermético (DVH) Transmitancia térmica: U menor o igual a $2,8W/m^2K$		
	Ubicación aislación	Aislación al exterior Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos indicadas en la sección 2.6.2.		
	Marcos	Marco hermético contacto continuo simple o doble Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las ganancias innecesarias de calor por transmisión en épocas de calor y evitan el riesgo de condensación superficial en periodos fríos. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales debe garantizarse una ventilación idealmente activa, para evitar riesgos de condensación superficial.		
Porcentaje ventanas	30% Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. Un mayor tamaño de ventanas requiere la incorporación de protección solar temporal en media estación y verano y mayor aislación térmica de ventanas con orientación sur.			

Figura 2.4.35 Recomendaciones de diseño eficiente, zona central interior.

2.4.5.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona central interior

Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
Asoleamiento			
	Orientación	Habitaciones con orientación norte	Habitaciones este y oeste requieren protección solar. La orientación sur es un foco de pérdidas de calor en invierno y debe evitarse, o bien en caso de orientar la habitación al sur se debe aumentar la aislación térmica del doble vidriado hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 80%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 80% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta ventilada	Sí	
Control y ventilación			
	Iluminación	Sí	Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y disminuir el sobrecalentamiento del edificio, además de disminuir el consumo eléctrico.
	Infiltración	Ideal: 0,3RAH Máximo: 0,5RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí	En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción. La incorporación de una unidad recuperadora de calor de la ventilación hace necesario una evaluación previa que considere gastos adicionales por energía eléctrica en ventiladores frente a los ahorros en demanda de calefacción posibles.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5RAH verano	Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Central interior (ca)

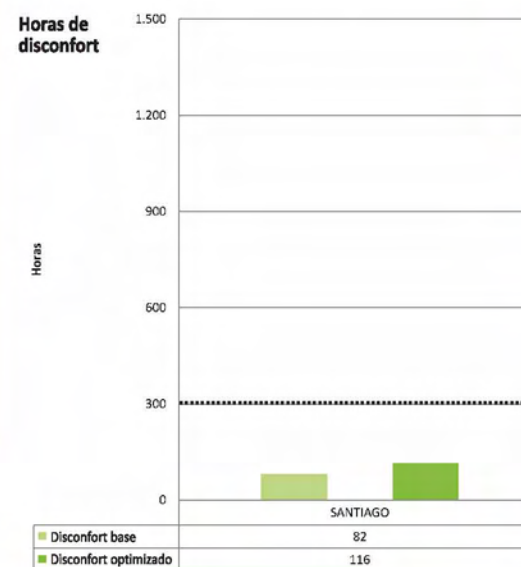
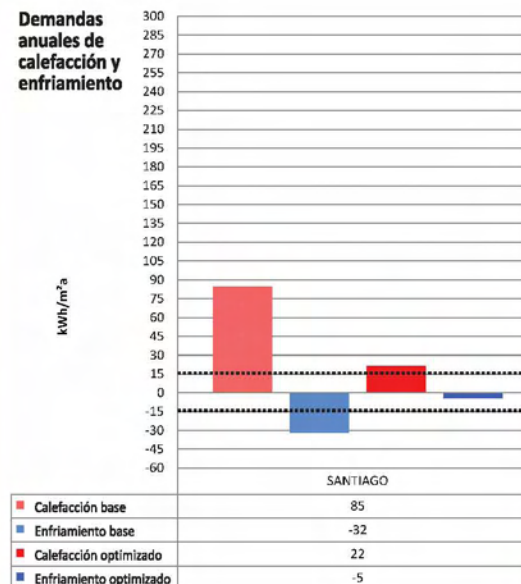


Figura 2.4.35.a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Santiago.

ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

2.4.5.2 Clima y confort - Santiago

Clima ⁸

- Alta oscilación diaria de temperaturas. En verano existen diferencias de temperatura entre el día y la noche mayores a 17°C prácticamente en toda la zona. En invierno esta oscilación disminuye a aproximadamente 11°C en Santiago hasta menos de 7°C en Chillán.
- Alta radiación solar en verano y baja en invierno. Promedios de radiación solar horizontal total entre 1,4 día (julio) y 6,9kWh/m²día (enero).
- Humedad relativa baja en verano y tiende a subir en invierno. Promedios mensuales entre aproximadamente 50 (enero) y 84% (julio).
- Precipitaciones moderadas en el norte de la zona. Crecen significativamente hacia el sur. Promedios anuales desde 260mm (Pudahuel) hasta más de 1000mm en Chillán. Hacia el sur aumentan las precipitaciones en otoño y primavera, las que bajan en el norte. Máximas de 24 horas desde aproximadamente 75mm en el norte hasta más de 150mm en el sur de la zona.
- Vientos moderados de predominancia SW. Hacia el norte (Santiago) predomina calma en verano.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 1.560 al año.

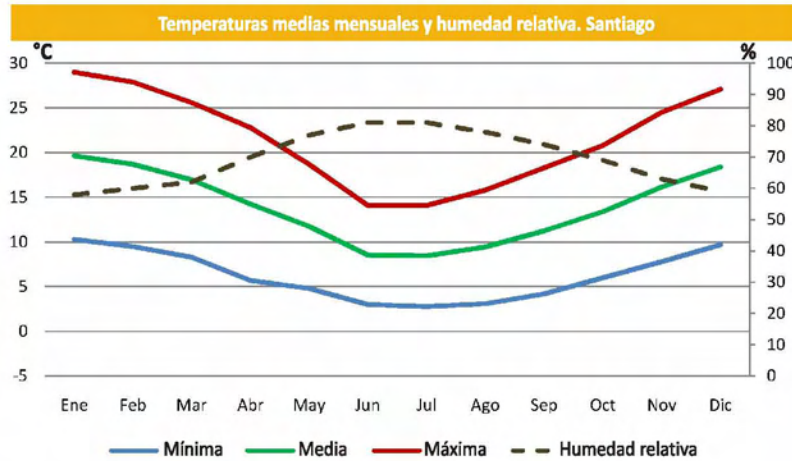


Figura 2.4.36
Temperatura y humedad relativa. Santiago.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 15% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Uso de inercia térmica para entrega de calor en la noche.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Refrescamiento nocturno en combinación con inercia térmica.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.
- Enfriamiento evaporativo.

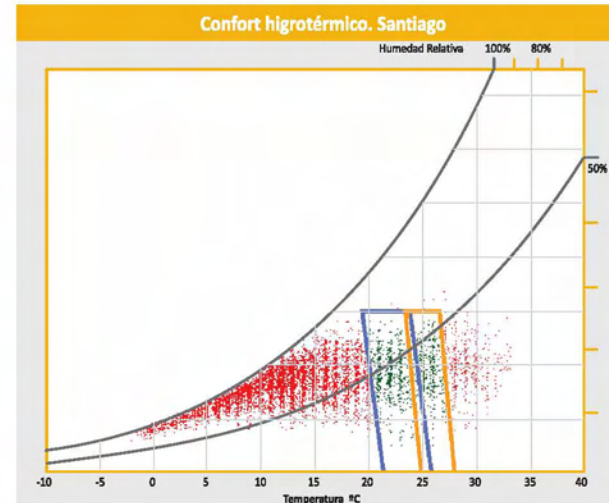


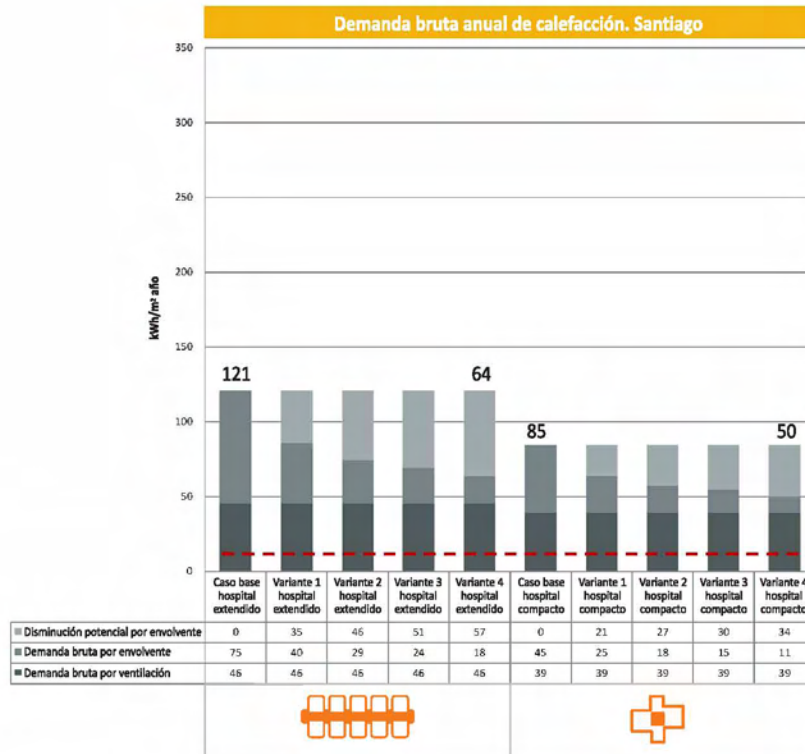
Figura 2.4.37
Confort higrotérmico. Santiago.

⁸ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.5.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, en Santiago. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de demanda anual de 75kWh/m²a por la envolvente, 46kWh/m²a por ventilación, y un total de 121kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda de calefacción llegando a 64kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 50kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son altas y las de enfriamiento son bajas, de 85 y 32kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir principalmente la demanda de calefacción, y en segundo lugar, disminuir la demanda de enfriamiento. Lo anterior plantea mayores desafíos al momento de seleccionar demandas y sobre todo al momento de gestionar durante la operación los sistemas del edificio. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

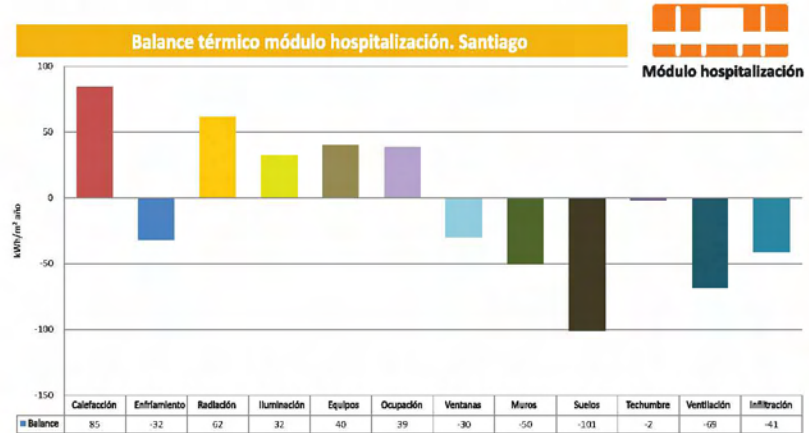


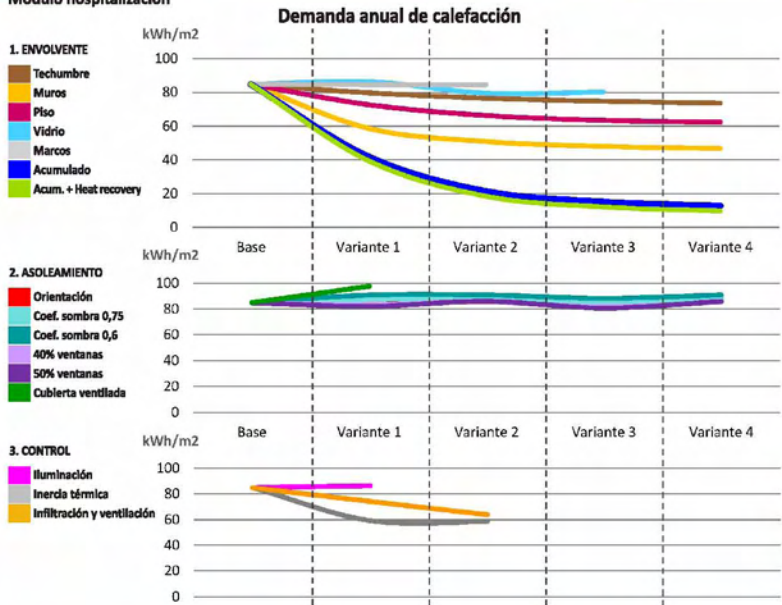
Figura 2.4.39 Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Santiago.

Figura 2.4.38 Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Santiago.

Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

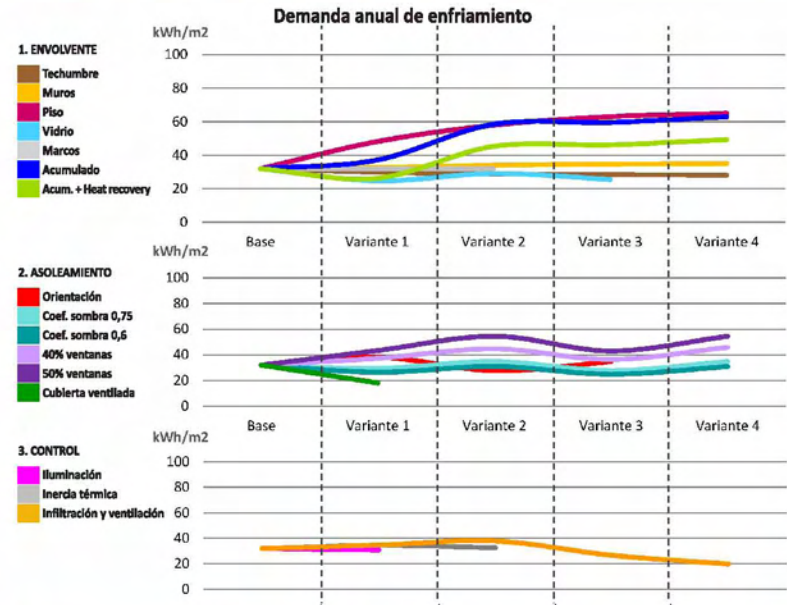
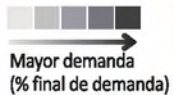
Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Santiago

Módulo hospitalización



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	94,11	T.120	90,36	T.160	88,22	T.200	86,91
Muro	Mu.B	100	Mu.20	69,23	Mu.50	59,96	Mu.80	56,50	Mu.100	55,21
Piso	P.B	100	P.20	85,80	P.50	78,23	P.80	74,82	P.100	73,55
Vidrio	V.B	100	V.3,6	101,82	V.2,8	93,80	V.1,8	94,70		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,76	Ma.PVC	99,74				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	49,49	Ac.2	25,19	Ac.3	17,75	Ac.4	14,94
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	46,67	HR.2	21,79	HR.3	14,27	HR.4	11,51
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	101,19	O.180	100,40	O.270	103,78		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	103,15	F1.90	103,84	F1.180	100,40	F1.270	103,78
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	107,00	F2.90	107,08	F2.180	104,10	F2.270	107,08
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	98,33	V4.90	100,86	V4.180	96,18	V4.270	100,84
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	96,69	V5.90	101,30	V5.180	95,14	V5.270	101,15
Cubierta ventilada	C.B	100	CV	115,06						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	101,79						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	69,89	In.Ae	69,23				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	87,46	If.0,1	75,32	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 85kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	93,75	T.120	90,54	T.160	88,88	T.200	88,04
Muro	Mu.B	100	Mu.20	101,93	Mu.50	106,39	Mu.80	108,55	Mu.100	109,46
Piso	P.B	100	P.20	150,52	P.50	181,22	P.80	197,08	P.100	203,27
Vidrio	V.B	100	V.3,6	77,23	V.2,8	91,02	V.1,8	79,66		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,14	Ma.PVC	100,17				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	116,21	Ac.2	182,83	Ac.3	186,25	Ac.4	196,76
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	82,03	HR.2	141,70	HR.3	144,56	HR.4	154,32
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	119,39	O.180	86,91	O.270	108,66		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	91,96	F1.90	108,76	F1.180	86,90	F1.270	108,71
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	82,57	F2.90	96,67	F2.180	77,71	F2.270	96,29
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	116,66	V4.90	139,72	V4.180	113,67	V4.270	143,39
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	135,56	V5.90	170,42	V5.180	134,46	V5.270	170,23
Cubierta ventilada	C.B	100	CV	56,77						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	96,61						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	107,87	In.Ae	101,93				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	108,46	If.0,1	118,30	If.1	83,22	If.2	61,94

Caso base 100%= 32kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.40
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Santiago.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes



Módulo habitación

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de habitación, caso base y variantes. Santiago

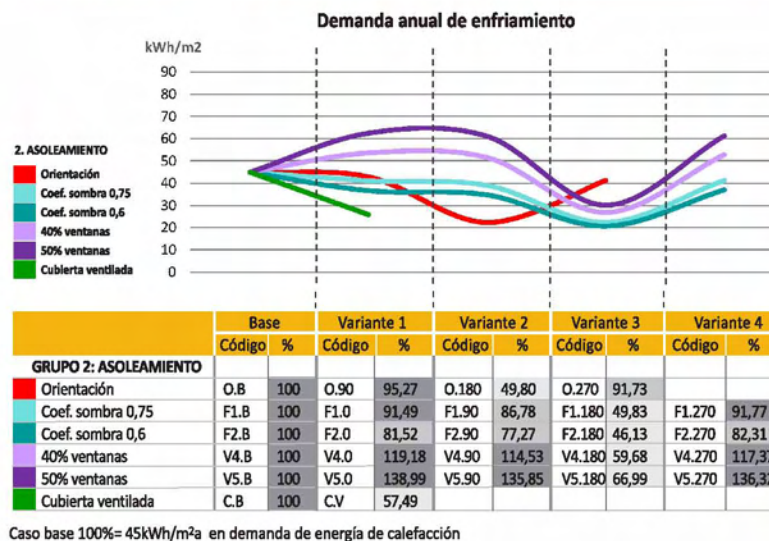
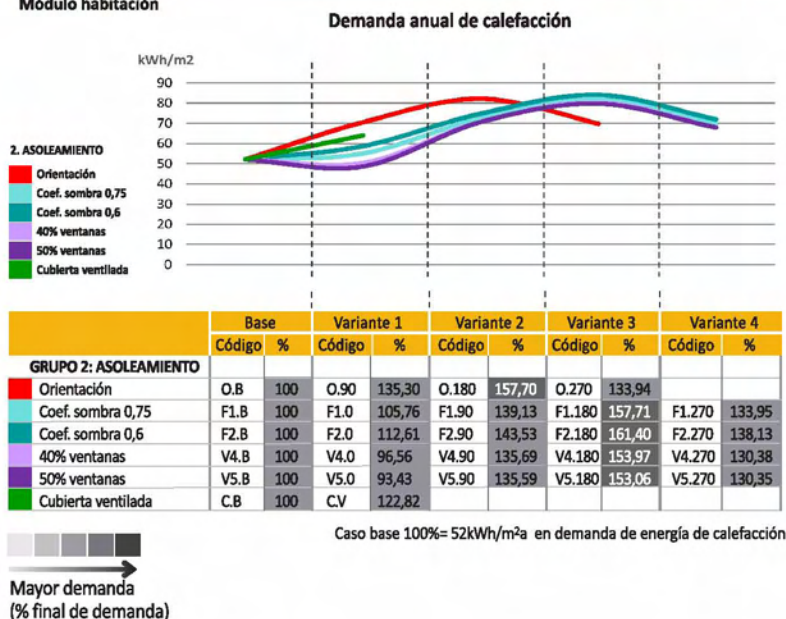


Figura 2.4.41
Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Santiago.

2.4.5.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En la zona centro litoral se hace necesario un acondicionamiento térmico de la envolvente que considere un grado de aislación de la envolvente a evaluar para reducir las demandas de energía en calefacción.

Las altas pérdidas de calor por ventilación hacen conveniente incorporar un sistema de control de la ventilación con la posibilidad de recuperar el calor extraído en épocas frías. El recuperador de calor debe evaluarse mediante un análisis de costo beneficio que considere el ahorro energético y el consumo eléctrico de la ventilación.

En relación a la forma, las diferencias energéticas de un partido general extendido frente a uno compacto se pueden equiparar con medidas de eficiencia en la envolvente.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Las estrategias de aislar muros y piso permiten reducir considerablemente la demanda de calefacción. Sin embargo, aislar el piso genera un aumento en la demanda de enfriamiento, pudiéndose descartar como estrategia, no obstante, su aplicación debe evaluarse caso a caso. Lo anterior debe acompañarse con aislar bien la cubierta, utilizar DVH claro en ventanas, e introducir un sistema de recuperación de calor en la ventilación mecánica. Estas tres últimas estrategias permiten reducir, tanto la demanda de calefacción como de enfriamiento.

Se observa que dentro de la categoría de asoleamiento, las estrategias que más reducen la demanda de enfriamiento son la cubierta ventilada y el coeficiente de sombra de 0,65. Este último debe alcanzarse mediante

protecciones solares que generen dicho nivel de sombra durante los periodos cálidos pero no durante el invierno, pues el aprovechamiento de la radiación en invierno es deseable.

Cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración. Una reducción de 0,5RAH puede reducir la demanda de calefacción en un 25%, a la vez que un manejo de la ventilación durante periodos cálidos permiten reducir la demanda de enfriamiento en un 40% por refrescamiento pasivo.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias más efectivas para aumentar el confort, sin aumentar significativamente las demandas de calefacción y enfriamiento, se centran en el manejo de la ventilación, aprovechando el refrescamiento pasivo durante los periodos cálidos, y utilizando un sistema de recuperación de calor durante el invierno.

ZONAS CLIMATICAS

Sur litoral (SL)

2.4.6 Zona sur litoral

23



2.4.6
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Sur
 Litoral

2

2.4.6.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur litoral		
Partido general arquitectónico		
	Recomendación	Observaciones
Partido general		
Forma	De preferencia compacto	El partido general compacto presenta una demanda energética en calefacción bastante menor al extendido. Aplicar un partido general extendido requiere un mayor grado de aislación de la envolvente.
Módulo de hospitalización		
Recomendación		
Observaciones		
Envolvente		
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,48W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.
Aislación muros	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U=0,45W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.
Aislación piso contra terreno	Espesor mínimo: 20 mm Transmitancia térmica: U máximo $0,72W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 20 mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier.
Aislación vidrios	Doble vidriado hermético (DVH) transmitancia térmica: U menor o igual a $2,8W/m^2K$	
Ubicación aislación	Aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos indicadas en la sección 2.6.2.
Marcos	Marco hermético contacto continuo simple o doble	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las pérdidas de calor en épocas de frío. En el caso de utilizar marcos de aluminio tradicionales, debe garantizarse una ventilación idealmente activa, para evitar riesgos de condensación superficial.
Porcentaje ventanas	30%	Corresponde a la superficie de ventanas en relación a la superficie de paramentos exteriores de la habitación. Un mayor tamaño de ventanas requiere la incorporación de protección solar temporal en media estación y verano y mayor aislación térmica de ventanas con orientación sur.

Figura 2.4.42 Recomendaciones de diseño, zona sur litoral.

2.4.6.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur litoral

Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
	Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte	Habitaciones este y oeste requieren protección solar en períodos de calor. La orientación sur es un foco de pérdidas de calor en invierno y debe evitarse, o bien en caso de orientar habitación al sur se debe aumentar la aislación térmica del doble vidrio hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 50%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 50% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta ventilada	Sí	La cubierta ventilada permite una mayor disipación de calor, disminuyendo la temperatura del cielo interior de recintos en contacto directo con la cubierta.
	Control y ventilación		
	Iluminación	Sí	Se recomienda instalar un control de iluminación con el objetivo de disminuir las ganancias internas y disminuir el sobrecalentamiento del edificio, además de disminuir el consumo eléctrico.
	Infiltración	Ideal: 0,3RAH Máximo 0,5RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí	En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción. Su incorporación hace necesario una evaluación previa que considere gastos adicionales por energía eléctrica en ventiladores de las unidades recuperadoras de calor frente a los ahorros posibles.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5RAH verano	Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Sur Litoral (SL)

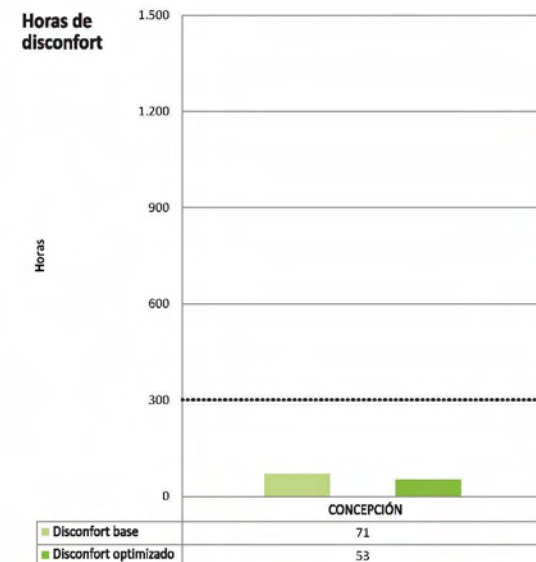
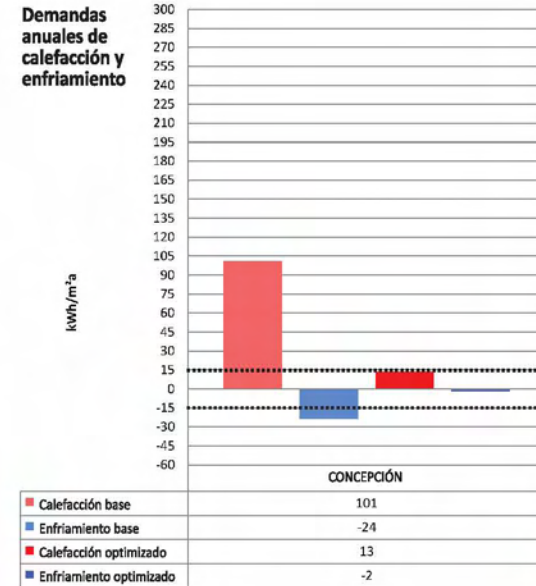


Figura 2.4.42a Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Concepción.

2.4.6.2 Clima y confort - Concepción

Clima ⁹

- Zona de temperaturas templadas (verano) a frías (invierno). Baja oscilación diaria de temperaturas en invierno (menor a 8°C promedio). Crece en verano (aproximadamente 12°C en Concepción y 10°C en Puerto Montt).
- Alta radiación solar en verano hacia el norte de la zona (Concepción, Talcahuano), la que decrece hacia el sur. Baja radiación en invierno en toda la zona.
- Alta humedad ambiental en verano y muy alta en invierno. Promedios mensuales entre 75(enero) y 87% (julio).
- Zona lluviosa, con precipitaciones normales sobre 1000mm anuales. Máxima diaria por sobre 100mm en toda la zona.
- Vientos moderados de predominancia SW en Concepción y N en Puerto Montt. Aquí se combina viento norte con precipitaciones. Promedio anual de 6,7m/s (Concepción) y 4,6m/s (Puerto Montt).

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 1.707 al año.

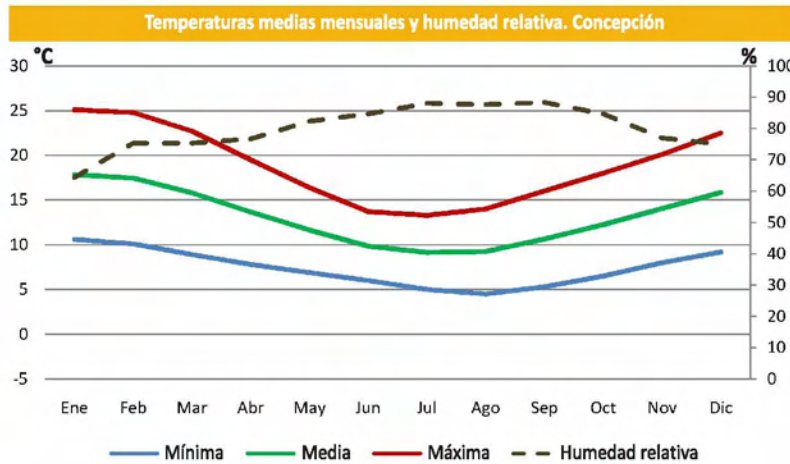


Figura 2.4.43
Temperatura y humedad relativa. Concepción.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 8% de las horas anuales de forma natural.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Protección del viento.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Refrescamiento nocturno.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

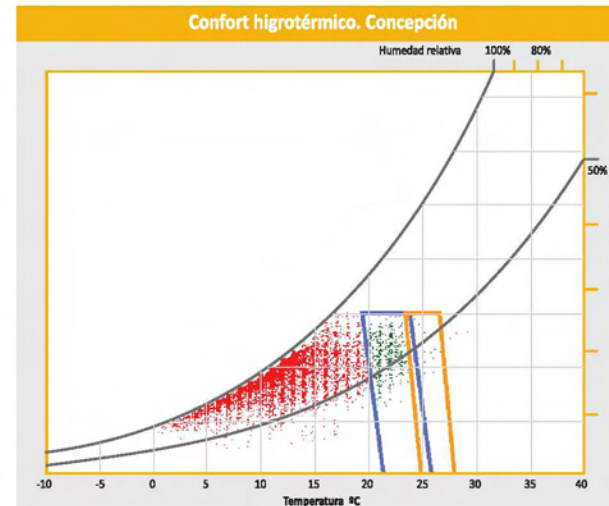


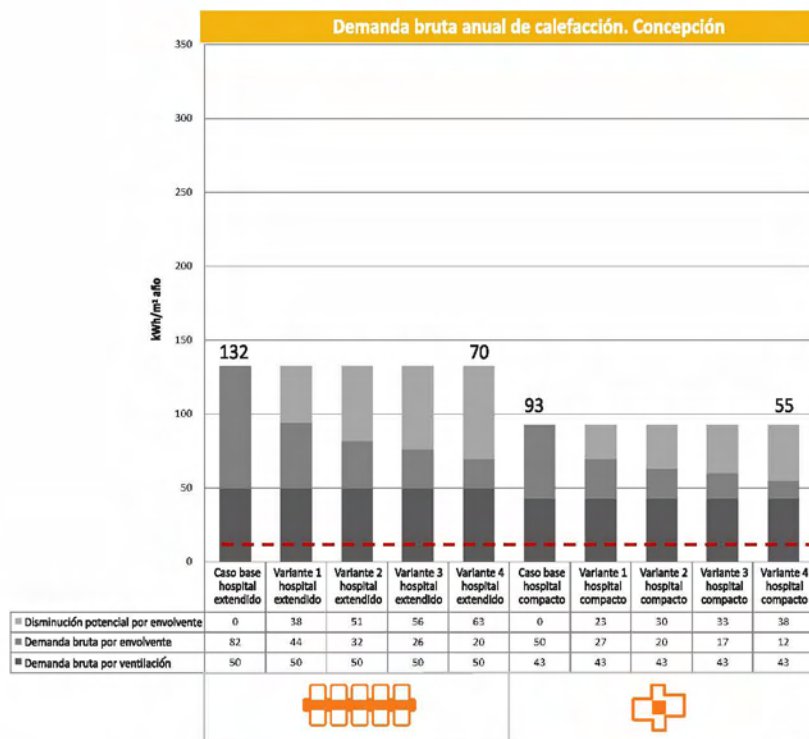
Figura 2.4.44
Confort higrotérmico. Concepción.

⁹ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.6.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4., se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, en Concepción. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de demanda anual de 82kWh/m²a por la envolvente, 50kWh/m²a por ventilación, y un total de 132kWh/m²a. Implementando en la envolvente las estrategias de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción, llegando a 70kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 55kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son altas y las de enfriamiento son bajas, de 101 y 24kWh/m²a respectivamente. Similar a lo que ocurre en la I, aunque con mayores demandas, el objetivo debe ser disminuir la demanda de calefacción, y evitar aumentar la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación, ventanas y por el piso.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

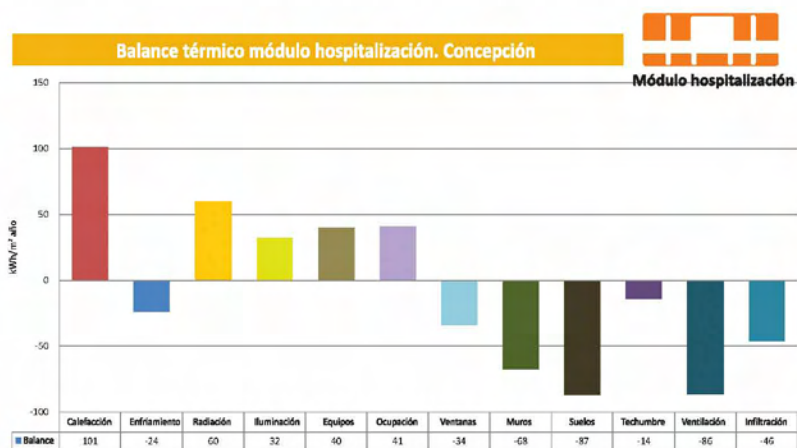
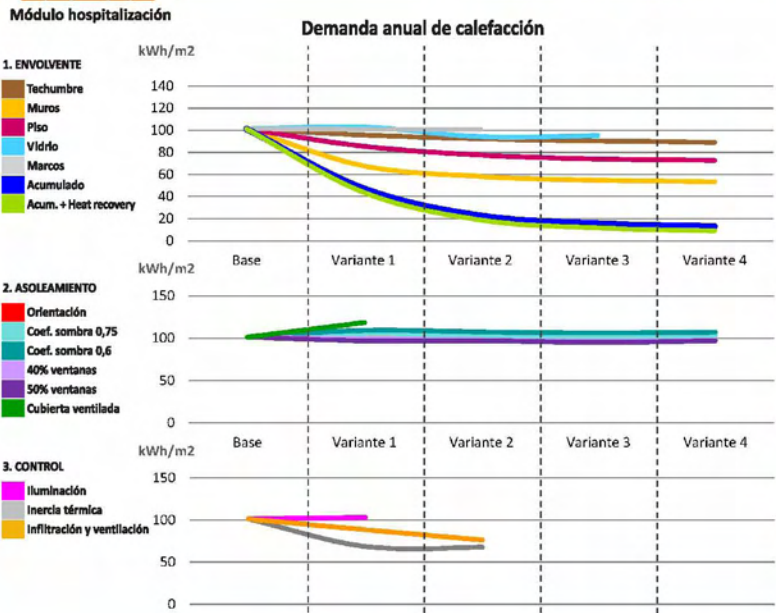


Figura 2.4.46 Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Concepción.

Figura 2.4.45 Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Concepción.

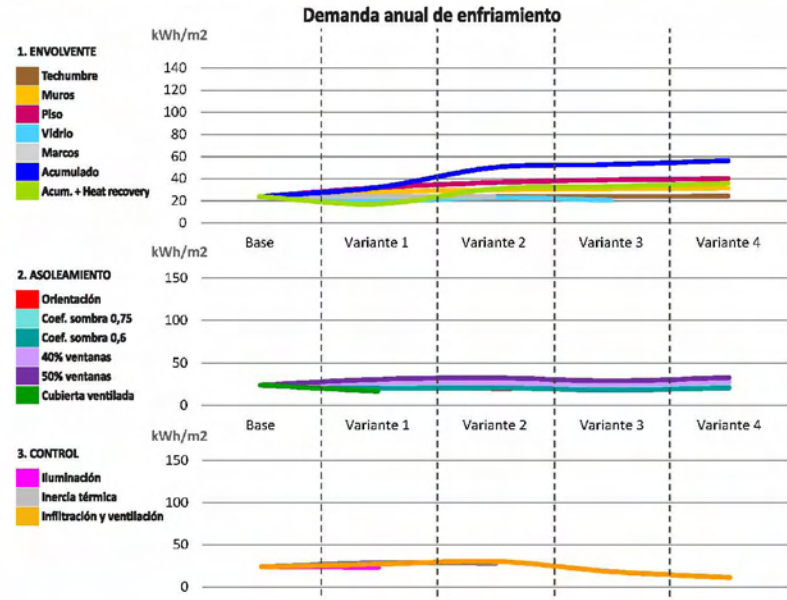
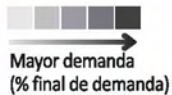
Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Concepción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	94,59	T.120	91,19	T.160	89,29	T.200	88,13
Muro	Mu.B	100	Mu.20	67,01	Mu.50	57,51	Mu.80	54,06	Mu.100	52,78
Piso	P.B	100	P.20	84,50	P.50	76,62	P.80	73,12	P.100	71,82
Vidrio	V.B	100	V.3,6	101,60	V.2,8	93,16	V.1,8	94,03		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,77	Ma.PVC	99,74				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	46,91	Ac.2	22,57	Ac.3	15,59	Ac.4	12,99
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	43,39	HR.2	18,61	HR.3	11,56	HR.4	9,01
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	98,64	O.180	100,73	O.270	101,74		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	103,65	F1.90	101,99	F1.180	100,73	F1.270	101,74
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	107,98	F2.90	106,07	F2.180	104,99	F2.270	105,83
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	97,96	V4.90	97,10	V4.180	95,42	V4.270	96,93
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	95,71	V5.90	95,85	V5.180	93,58	V5.270	95,78
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	116,94						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	101,91						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	67,88	In.Ae	67,01				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	87,42	If.0,1	75,40	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 101kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	100,52	T.120	101,02	T.160	101,36	T.200	101,70
Muro	Mu.B	100	Mu.20	116,92	Mu.50	125,81	Mu.80	129,77	Mu.100	131,28
Piso	P.B	100	P.20	133,61	P.50	152,85	P.80	163,00	P.100	167,07
Vidrio	V.B	100	V.3,6	82,39	V.2,8	96,27	V.1,8	86,22		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,17	Ma.PVC	100,21				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	134,23	Ac.2	209,85	Ac.3	221,28	Ac.4	235,49
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	72,30	HR.2	128,81	HR.3	138,04	HR.4	150,60
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	101,46	O.180	83,27	O.270	94,56		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	92,81	F1.90	94,52	F1.180	83,27	F1.270	94,56
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	84,40	F2.90	86,45	F2.180	75,99	F2.270	85,99
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	113,30	V4.90	112,92	V4.180	104,49	V4.270	117,54
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	128,31	V5.90	135,34	V5.180	121,04	V5.270	136,89
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	69,47						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	96,91						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	120,77	In.Ae	116,92				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	112,33	If.0,1	126,72	If.1	75,78	If.2	46,42

Caso base 100%= 24kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.47
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Concepción.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes

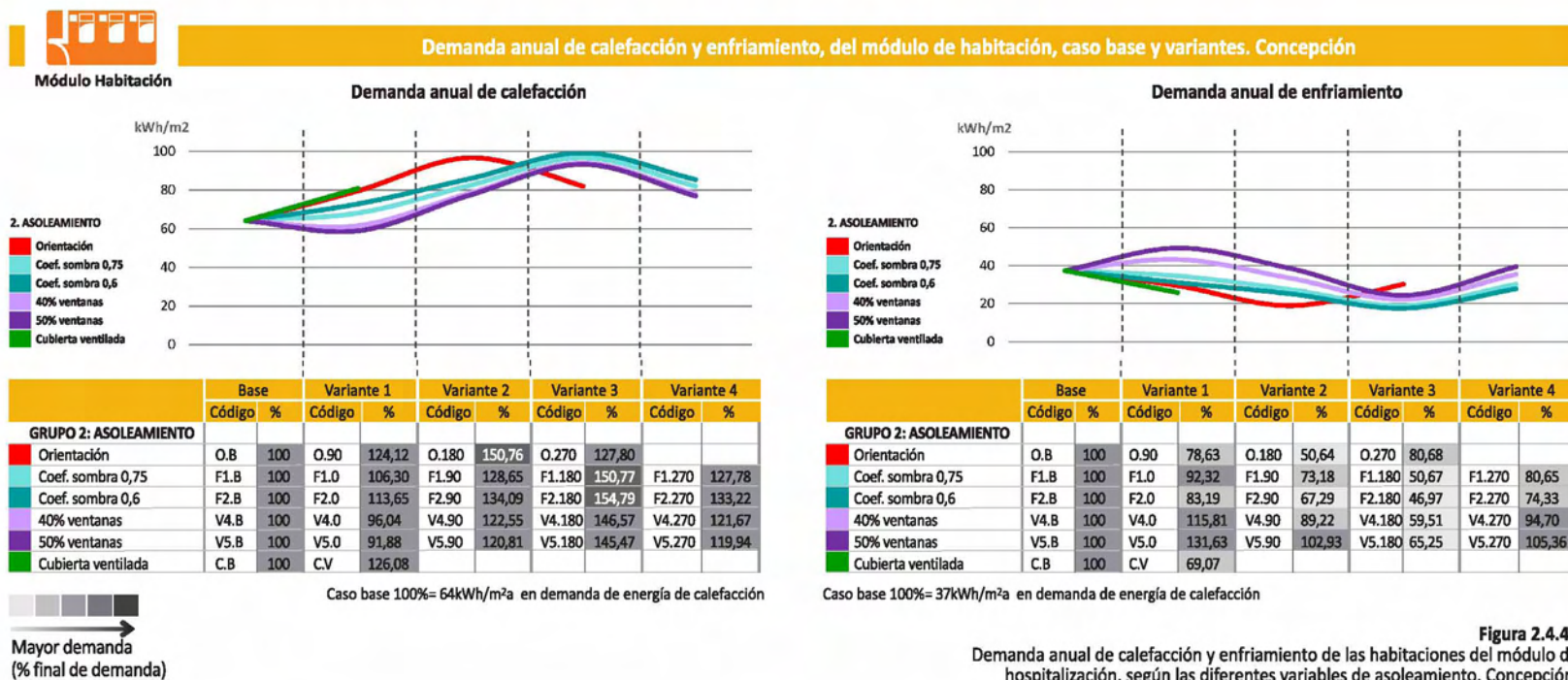


Figura 2.4.48

Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Concepción.

2.4.6.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En la zona sur litoral se hace necesario un acondicionamiento térmico de la envolvente que considere un grado de aislación de la envolvente a evaluar para reducir las demandas de energía en calefacción.

Las altas pérdidas de calor por ventilación hacen conveniente incorporar un sistema de control de la ventilación con la posibilidad de recuperar el calor extraído en épocas frías. El recuperador de calor debe evaluarse mediante un análisis de costo-beneficio que considere el ahorro energético y el consumo eléctrico de la ventilación.

En relación a la forma, es conveniente trabajar con hospitales en modelo compacto, que minimicen en forma importante las pérdidas frente a un hospital extendido.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un buen potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el objetivo inicial. La estrategia de aislar bien muros y cubierta, y aislar ligeramente los pisos, reduce la demanda de calefacción sin aumentar drásticamente la demanda de enfriamiento. Lo anterior debe acompañarse con utilizar DVH claro en ventanas, ya que esta estrategia reduce ambas demandas.

Respecto al asoleamiento, parece válido plantear una orientación sur del edificio para disminuir la demanda de enfriamiento sin afectar mayormente la de calefacción, pero es más recomendable utilizar protecciones solares que generen sombra sobre las ventanas sólo

durante los periodos cálidos. Es muy importante tener cubierta ventilada para disminuir la demanda de enfriamiento. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto negativo importante en la demanda de enfriamiento en verano, por lo que no sería recomendable.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de ventilación e infiltración, que puede disminuir ambas demandas. En ese sentido, la estrategia de marcos de ventanas es relevante, no tanto

por las pérdidas por transmitancia, sino más bien por una mayor hermeticidad de la envolvente, y aislar los muros por el exterior para aprovechar la inercia térmica de éstos, sobre durante los periodos cálidos del año.

Finalmente, desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de envolvente usada para reducir la demanda de calefacción, uso de recuperador de calor, y control de la ventilación usada para reducir la demanda de enfriamiento, reducen efectivamente las horas de discomfort.

ZONAS CLIMATICAS

Sur interior (SI)

Fotografía: Gabriele Stange

2.4.7 Zona sur interior



24

2.4.7
 Recomendaciones
 de diseño
 arquitectónico
 para Zona Sur
 Interior

2

2.4.7.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur Interior		
Partido general arquitectónico		
	Recomendación	Observaciones
Partido general		
Forma	Compacto	El partido general compacto presenta un ahorro energético importante frente a un partido general extendido. Aplicar un partido general extendido requiere un mayor grado de aislación de la envolvente.
Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
Envolvente		
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 120mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,33W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 120mm de espesor y densidad $15kg/m^3$.
Aislación muros	Espesor mínimo: 80mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,45W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 80mm de espesor y densidad $15kg/m^3$, aplicado en muro de hormigón armado.
Aislación piso contra terreno	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica: U máximo $0,46W/m^2K$	Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad $30kg/m^3$, aplicado en piso a base de radier.
Aislación vidrios	Doble Vidriado Hermético (DVH) Transmitancia térmica: U menor o igual a $2,8W/m^2K$	
Ubicación aislación	Aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Si se opta por aislar interiormente se deben considerar las medidas necesarias para disminuir los puentes térmicos indicadas en la sección 2.6.2.
Marcos	Marco Hermético Contacto continuo simple o doble	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las pérdidas de calor en épocas de frío.
Porcentaje ventanas	30%	Tamaños mayores de ventana contribuyen levemente a una disminución de la demanda de calefacción, y la decisión de aumentarlas se puede justificar por aporte lumínico. En ese caso, se requiere protección solar temporal en verano.

Figura 2.4.49 Recomendaciones de diseño eficiente, zona sur interior.

2.4.7.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur interior			
Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
	Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte y oriente	Habitaciones este y oeste requieren protección solar en verano. En invierno estas orientaciones deben aumentar su aislación térmica en ventanas. La orientación sur es un foco de pérdidas de calor en invierno y debe evitarse, o bien, en caso de orientar la habitación al sur, se debe aumentar la aislación térmica del doble vidriado hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 50%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 50% de la parte visible de la ventana
	Cubierta ventilada	No se recomienda	La cubierta ventilada tiene un efecto negativo en invierno, aumentando la demanda de calefacción de la habitación.
	Control y ventilación		
	Iluminación	Sí	Contribuye principalmente al ahorro energético en electricidad.
	Infiltración	Máximo: 0,3RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí	En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción. Su incorporación hace necesario una evaluación previa que considere gastos adicionales por energía eléctrica en ventiladores de las unidades recuperadoras de calor frente a los ahorros posibles.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 3,5RAH verano	Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Sur Interior (SI)

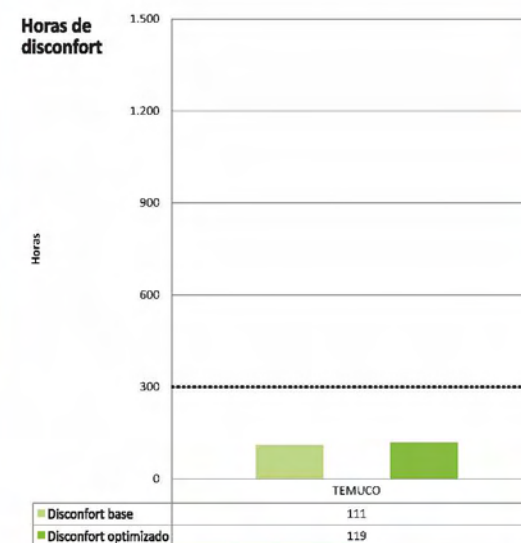
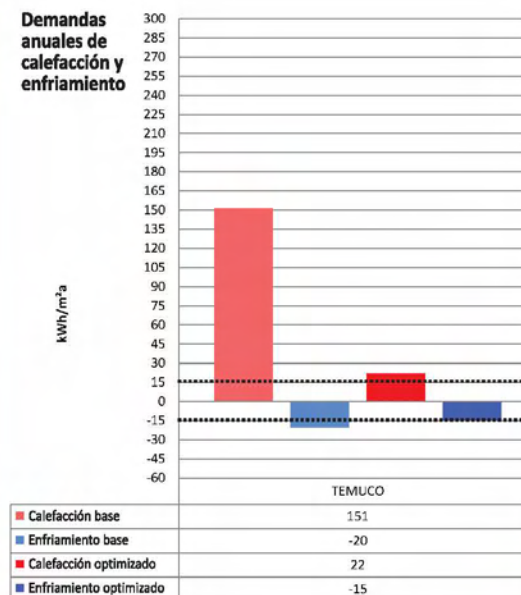


Figura 2.4.49a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Temuco.

ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

2.4.7.2 Clima y confort - Temuco

Clima ¹⁰

- Zona de temperaturas templadas (verano) a frías (invierno).
- Baja oscilación diaria de temperaturas en invierno (menor a 8°C promedio). Mayor en verano (14,8°C promedio).
- Alta radiación solar en verano y baja en invierno. Promedios de radiación solar horizontal total entre 1,4 (julio) y 6,9kWh/m²día (enero).
- Alta humedad ambiental en verano y muy alta en invierno. Promedios mensuales entre 74 (enero) y 88% (julio).
- Precipitaciones altas sobre 1000mm promedio anual. Máxima diaria sobre 130mm en Temuco y Osorno.
- Vientos moderados de predominancia W. En Temuco y Osorno predomina la calma.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 3.071 al año.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 7% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Uso de inercia térmica para acumulación de calor.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Refrescamiento nocturno.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

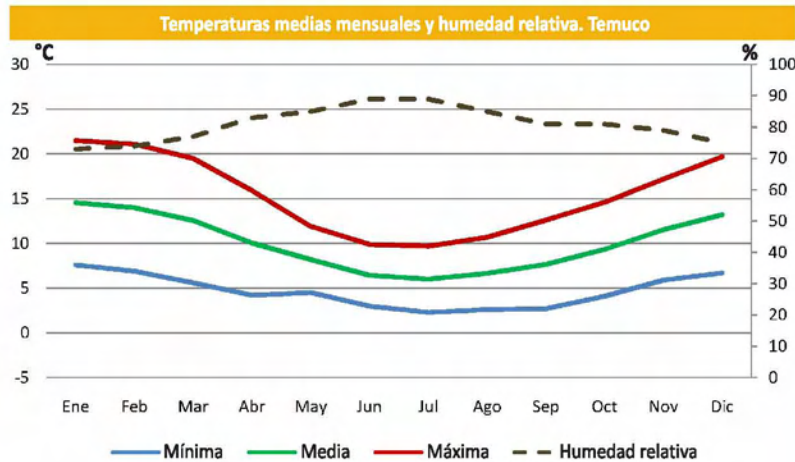


Figura 2.4.50
Temperatura y humedad relativa. Temuco.

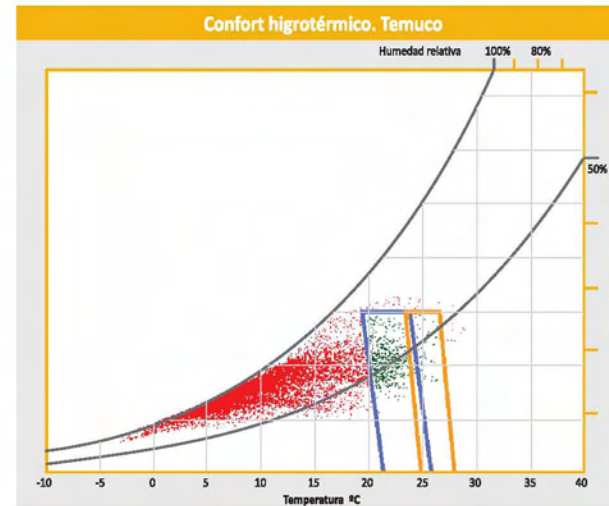


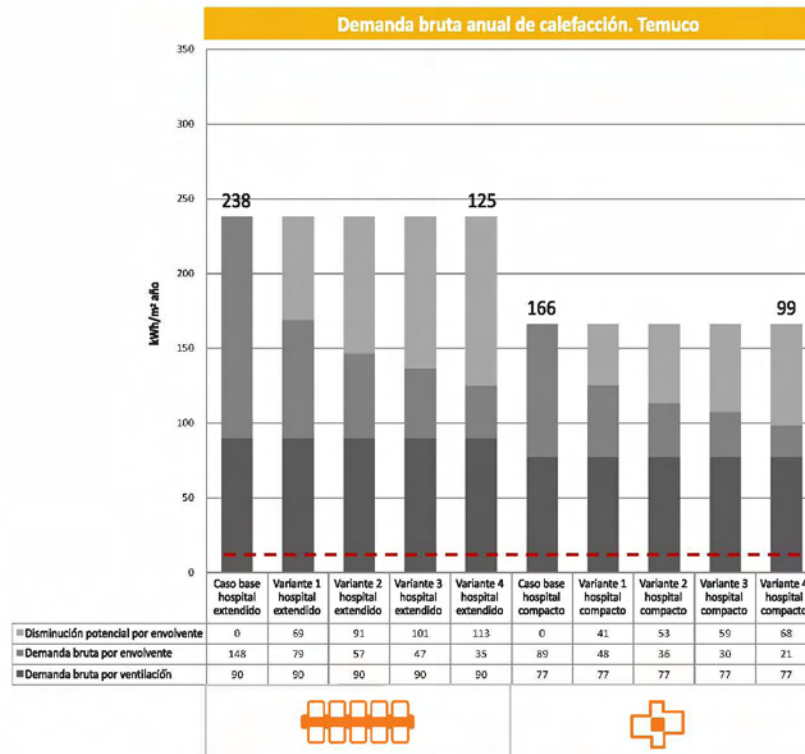
Figura 2.4.51
Confort higrotérmico. Temuco.

¹⁰ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.7.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, en Temuco. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de demanda anual de 148kWh/m²a por la envolvente, 90kWh/m²a por ventilación, y un total de 238kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción, llegando a 125kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 99kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son muy altas y las de enfriamiento son bajas, de 151 y 20kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir drásticamente la demanda de calefacción, y evitar aumentar la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por ocupación, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación y por ventanas.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

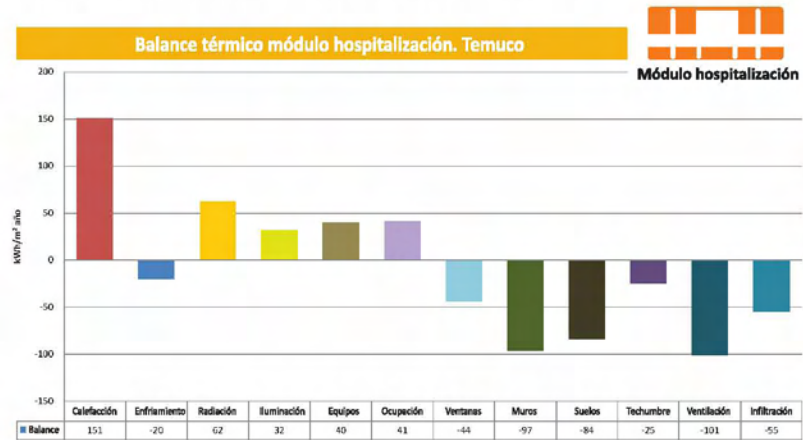
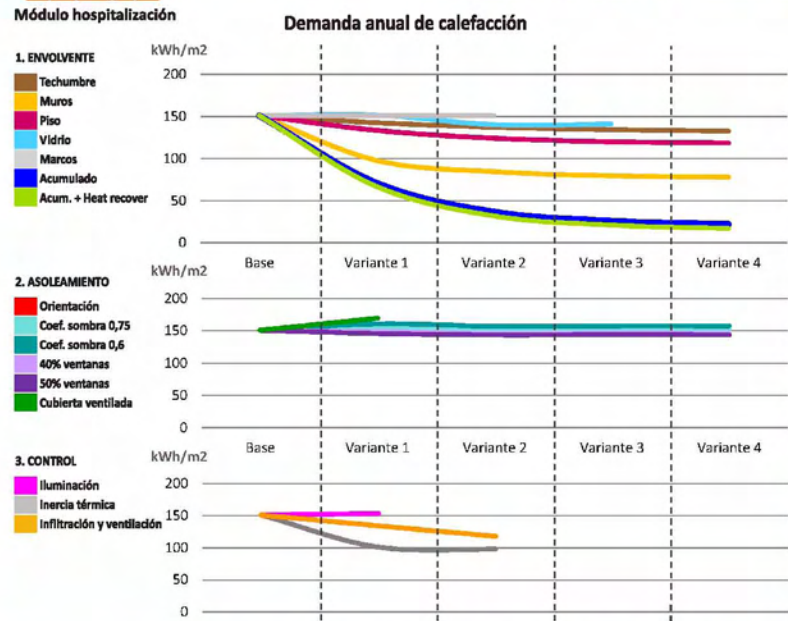


Figura 2.4.53
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Temuco.

Figura 2.4.52
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Temuco.

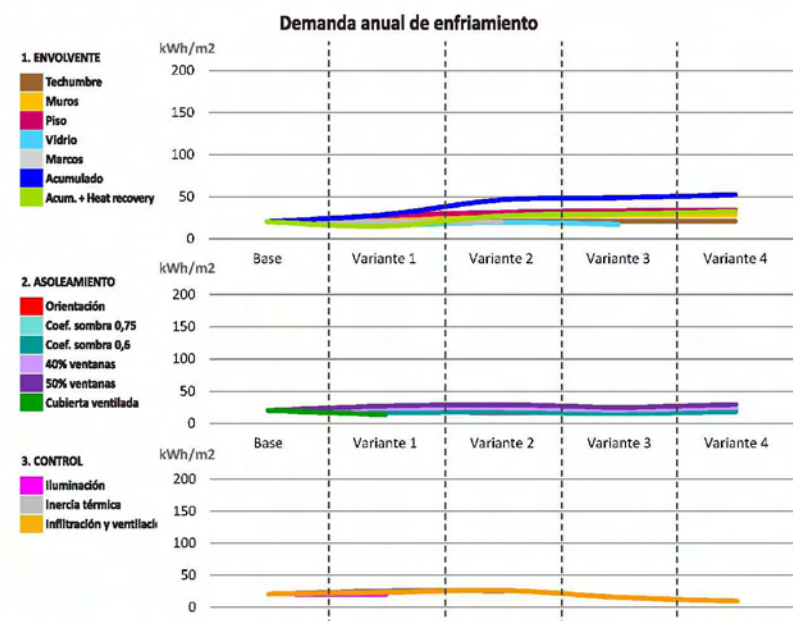
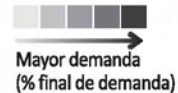
Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Temuco



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	94,40	T.120	90,91	T.160	88,95	T.200	87,75
Muro	Mu.B	100	Mu.20	64,80	Mu.50	55,97	Mu.80	52,77	Mu.100	51,60
Piso	P.B	100	P.20	88,39	P.50	82,19	P.80	79,45	P.100	78,42
Vidrio	V.B	100	V.3,6	100,32	V.2,8	92,84	V.1,8	93,26		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,77	Ma.PVC	99,75				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	47,05	Ac.2	24,31	Ac.3	17,18	Ac.4	14,60
Acumulado+Heat Recovery	HR.B	100	HR.1	44,29	HR.2	21,14	HR.3	13,94	HR.4	11,27
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	97,72	O.180	101,05	O.270	100,95		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	102,98	F1.90	100,60	F1.180	101,05	F1.270	100,95
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	106,54	F2.90	104,11	F2.180	104,53	F2.270	104,53
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	98,41	V4.90	96,37	V4.180	96,80	V4.270	96,47
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	96,58	V5.90	95,04	V5.180	95,34	V5.270	95,12
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	112,34						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	101,46						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	66,76	In.Ae	64,80				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	88,77	If.0,1	77,89	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 151kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

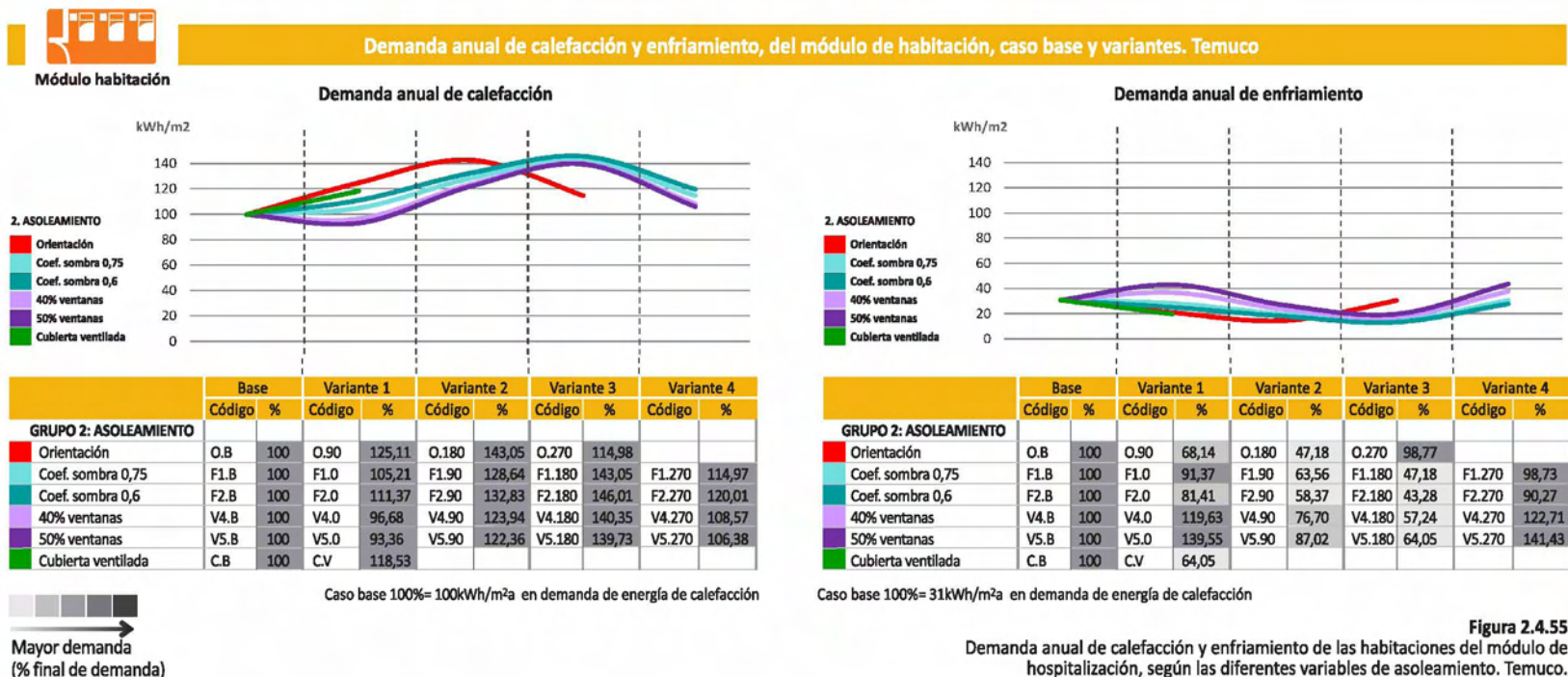


	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	100,94	T.120	101,87	T.160	102,51	T.200	103,00
Muro	Mu.B	100	Mu.20	123,95	Mu.50	134,61	Mu.80	139,34	Mu.100	141,23
Piso	P.B	100	P.20	135,40	P.50	155,05	P.80	165,19	P.100	169,18
Vidrio	V.B	100	V.3,6	80,99	V.2,8	95,77	V.1,8	84,98		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,20	Ma.PVC	100,20				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	141,60	Ac.2	228,03	Ac.3	240,73	Ac.4	258,10
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	73,74	HR.2	134,87	HR.3	145,95	HR.4	159,99
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	104,43	O.180	81,93	O.270	100,39		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	92,52	F1.90	96,95	F1.180	81,88	F1.270	100,34
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	83,80	F2.90	88,58	F2.180	74,40	F2.270	91,38
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	115,71	V4.90	119,55	V4.180	105,37	V4.270	124,72
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	133,83	V5.90	144,90	V5.180	124,67	V5.270	146,58
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	67,45						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	96,85						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	125,75	In.Ae	123,95				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	113,20	If.0,1	128,90	If.1	74,74	If.2	45,59

Caso base 100%= 20kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.54
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Temuco.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes



2.4.7.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En la zona sur interior se hace necesario un acondicionamiento térmico de la envolvente que considere un grado de aislación de la envolvente a evaluar para reducir las demandas de energía en calefacción.

Las altas pérdidas de calor por ventilación hacen conveniente incorporar un sistema de control de la ventilación con la posibilidad de recuperar el calor extraído en épocas frías. El recuperador de calor debe evaluarse mediante un análisis de costo-beneficio que considere el ahorro energético y el consumo eléctrico de la ventilación.

La forma juega un rol clave como punto de partida en las estrategias de ahorro de energía. Es conveniente, por lo tanto, trabajar con establecimientos de salud en modelo compacto que minimicen en forma importante las pérdidas energéticas frente a uno extendido.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un gran potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el

objetivo inicial. La estrategia de aislar bien muros, el piso y la cubierta reduce la demanda de calefacción a un 20%. Lo anterior aumenta la demanda de enfriamiento durante los períodos cálidos del año, lo que debe ser compensado con un diseño de protección que genere sombra sobre las ventanas durante dichos períodos, y con un manejo de la ventilación para generar refrescamiento pasivo. Utilizar DVH claro en ventanas ayuda a disminuir ambas demandas, y se deben aislar los muros por el exterior para aprovechar la inercia térmica de éstos.

Respecto al asoleamiento, la radiación solar directa debe ser aprovechada durante los períodos fríos del año para calefaccionar en forma pasiva. Si bien la cubierta ventilada permite disminuir la demanda de enfriamiento, parece recomendable no tener cubierta ventilada para no aumentar la demanda de calefacción. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar

la radiación solar en invierno tiene un efecto en la reducción de la demanda de calefacción, pero debe ser implementado con conjunto con el uso de vidrios y marcos de ventana de baja transmitancia, y con el ya mencionado uso de protecciones solares diseñadas para generar sombra en períodos cálidos.

Por último, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de infiltración y de la ventilación. En ese sentido, la hermeticidad de la envolvente y un sistema de recuperación de calor son muy importantes en esta zona climática.

Desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de aislación de envolvente y control de la ventilación mediante recuperación de calor en períodos fríos, son estrategias muy efectivas para aumentar las horas de confort.

2

ZONAS CLIMATICAS

Sur extremo (SE)

2.4.8 Zona sur extremo

25



2.4.8

 Recomendaciones

 de diseño

 arquitectónico

 para Zona Sur

 Extremo

2

2.4.8.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur extremo		
Partido general arquitectónico		
	Recomendación	Observaciones
Partido general		
Forma	Compacto	El partido general compacto presenta un ahorro energético importante frente a un partido general extendido.
Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
Envolvente		
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 200mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	Calculado en base a poliestireno expandido de 200mm de espesor y densidad 15 kg/m^3 .
Aislación muros	Espesor mínimo: 100mm Transmitancia térmica máx.: $U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$	Calculado en base a poliestireno expandido de 100mm de espesor y densidad 15 kg/m^3 , aplicado en muro de hormigón armado.
Aislación piso contra terreno	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica: $U \text{ máx. } 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$	Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad 30 kg/m^3 , aplicado en piso a base de radier.
Aislación vidrios	Doble vidriado hermético (DVH) Transmitancia térmica: U menor o igual a $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Por sensación de confort térmico y para mayor ahorro energético, se debe utilizar idealmente vidriados con transmitancia térmica U cercana a $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Ubicación aislación	Aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Dada las bajas temperaturas predominantes en esta zona climática, se debe evitar aislar térmicamente por el interior de los recintos, eliminando de forma efectiva los puentes térmicos.
Marcos	Marco hermético contacto continuo doble	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las pérdidas de calor.
Porcentaje ventanas	30%	Tamaños mayores de ventana contribuyen levemente a una disminución de la demanda de calefacción, y la decisión de aumentarlas se puede justificar por aporte lumínico. En ese caso se requiere protección solar temporal en verano y aumentar aislación térmica del doble vidriado hermético.

Figura 2.4.56 Recomendaciones de diseño, zona sur extremo.

2.4.8.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona sur extremo

Módulo de hospitalización		
	Recomendación	Observaciones
Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte y oeste Las ventanas con orientaciones este y sur aumentan excesivamente las pérdidas de calor del edificio, de modo que se deben evitar. En caso necesario, una orientación diferente debe ser compensada con un mayor nivel de aislación del doble vidriado hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 50% Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 50% de la parte visible de la ventana. Su inclusión tiene por objeto lograr confort lumínico frente a luz directa principalmente en ventanas oriente, poniente y sur.
	Cubierta ventilada	Ideal: 0,3RAH Máximo 0,5RAH La cubierta ventilada tiene un efecto negativo en invierno, aumentando la demanda de energía en calefacción de la habitación.
Control y ventilación		
	Iluminación	Sí En esta zona climática, las ganancias internas por iluminación son beneficiosas, luego un sistema de control de iluminación artificial tiene mayor relevancia por ahorro de energía en electricidad.
	Infiltración	Ideal: menor a 0,1RAH Máximo: 0,5RAH Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción mediante una unidad de heat recovery.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 2,5RAH verano Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Sur extremo (S1)

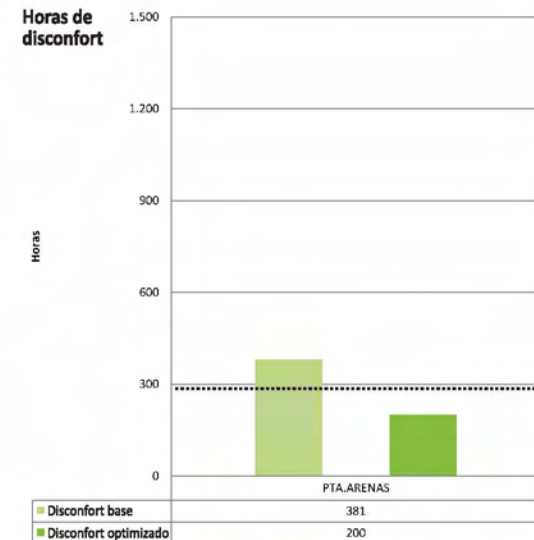
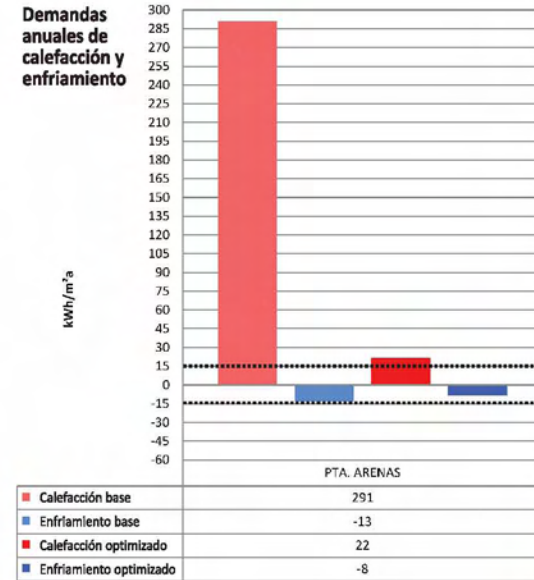


Figura 2.4.56a Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. Punta Arenas.

2.4.8.2 Clima y confort - Punta Arenas

Clima ¹¹

- Extensa zona con amplias variaciones en el clima.
- Hacia el sur de la zona, la temperatura promedio mensual es baja en verano y muy baja en invierno.
- Temperaturas aumentan hacia el norte de la zona (Isla de Chiloé).
- Baja oscilación diaria de temperaturas en invierno y verano.
- Moderada radiación solar en verano y muy baja en invierno. Promedios de radiación solar horizontal total entre 0,5 y 5,5kWh/m²día.
- Promedios de humedad relativa mensual en Punta Arenas entre 69 (enero) y 84% (julio). Promedios mayores hacia el norte.
- Precipitaciones moderadas en Punta Arenas. Máxima de 24 horas de 98mm, anual de 375,7mm. Muy superiores hacia el norte. Máxima de 24 horas de 140mm en Coyhaique, 171 en Puerto Aysén y 110mm en Castro. Precipitación anual de 2.647,1 y de 1.205,9mm en Puerto Aysén y Coyhaique respectivamente.
- Vientos intensos durante todo el año (de predominancia W) con promedio anual de 8,2m/s en Punta Arenas. Calma predomina de abril a agosto en Puerto Aysén.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 4.243 al año.

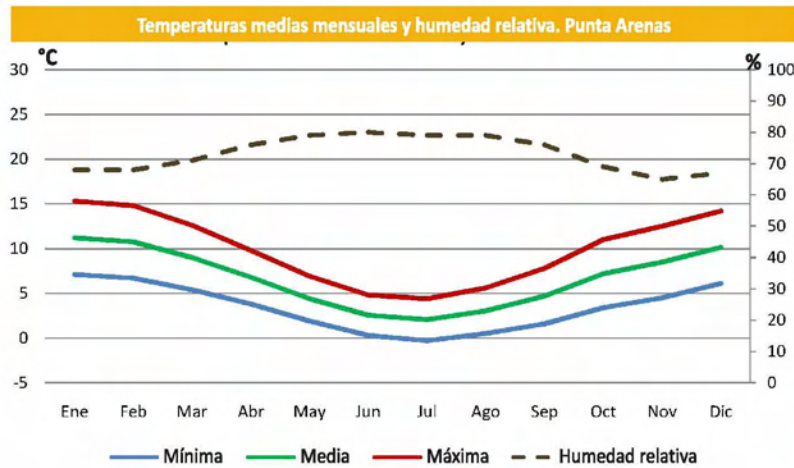


Figura 2.4.57
 Temperatura y humedad
 relativa. Punta Arenas.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 0% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Protección del viento.
- Incorporación de un sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Protección solar temporal en verano

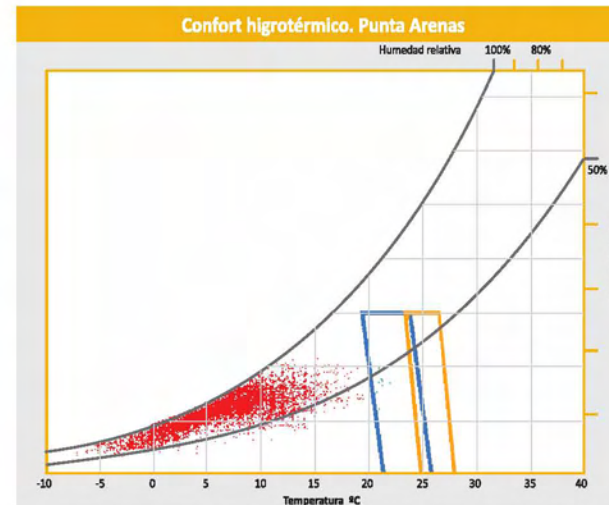


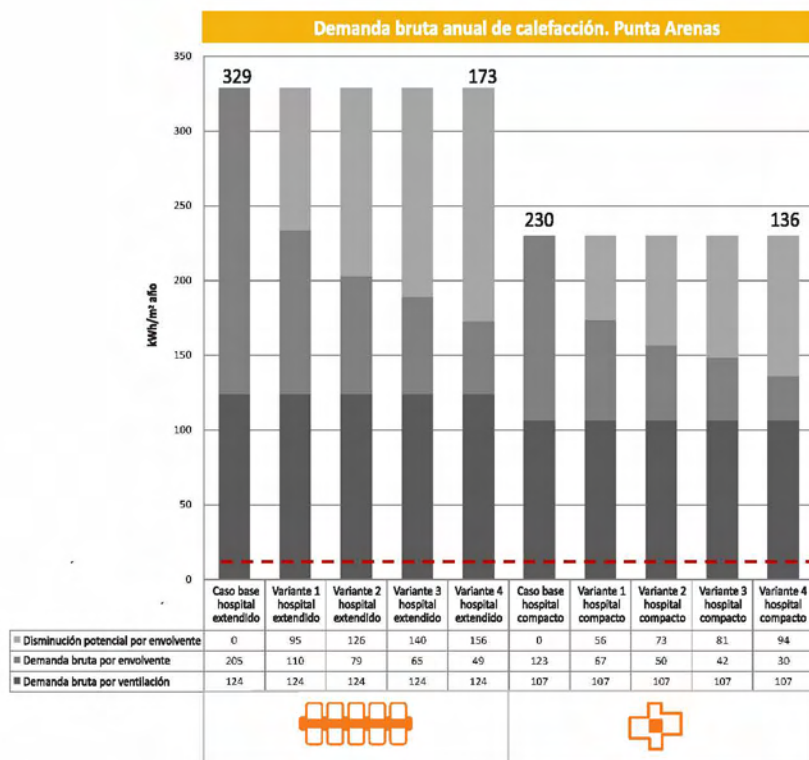
Figura 2.4.58
 Confort higrotérmico. Punta Arenas.

¹¹ Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.8.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo exhibido en la sección 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud, extendido y compacto, en Temuco. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de demanda anual de 205kWh/m²a por la envolvente, 124kWh/m²a por ventilación, y un total de 329kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción, llegando a 173kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 136kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son muy altas y las de enfriamiento son muy bajas, de 290kWh/m²a y 13kWh/m²a respectivamente. El objetivo debe ser entonces disminuir drásticamente la demanda de calefacción, y evitar aumentar en exceso la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos, mientras que las mayores pérdidas son por ventilación y por ventanas.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

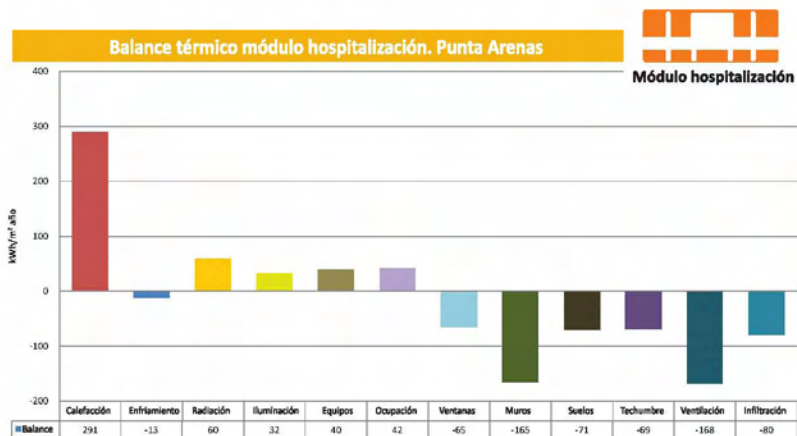


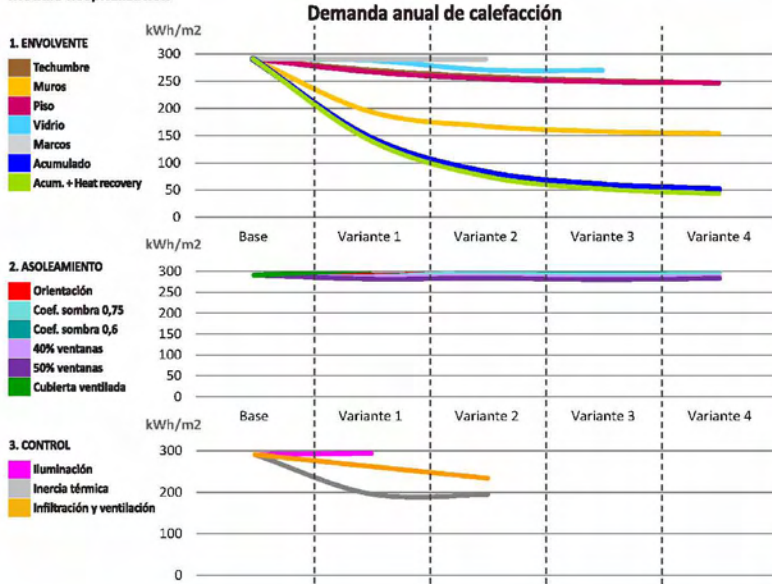
Figura 2.4.60
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. Punta Arenas.

Figura 2.4.59
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. Punta Arenas.

Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

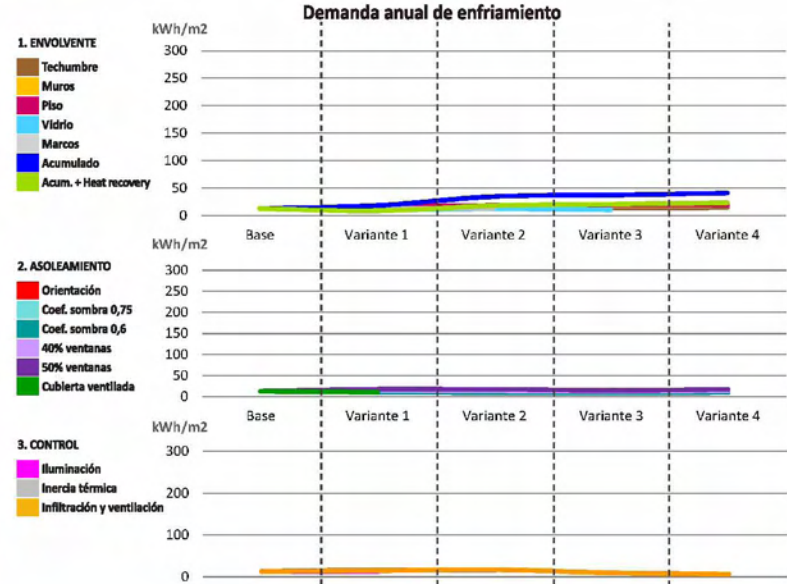
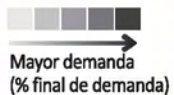
Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Punta Arenas

Módulo hospitalización



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	93,12	T.120	88,79	T.160	86,38	T.200	84,87
Muro	Mu.B	100	Mu.20	66,89	Mu.50	57,55	Mu.80	54,21	Mu.100	52,99
Piso	P.B	100	P.20	91,85	P.50	87,51	P.80	85,53	P.100	84,78
Vidrio	V.B	100	V.3,6	99,06	V.2,8	93,11	V.1,8	92,82		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,79	Ma.PVC	99,77				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	50,49	Ac.2	28,51	Ac.3	20,60	Ac.4	17,70
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	48,84	HR.2	25,89	HR.3	17,97	HR.4	14,97
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	100,06	O.180	101,44	O.270	102,36		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	98,90	F1.90	102,25	F1.180	101,44	F1.270	102,36
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	105,03	F2.90	104,83	F2.180	104,11	F2.270	104,93
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	98,57	V4.90	99,06	V4.180	97,82	V4.270	98,85
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	96,94	V5.90	97,49	V5.180	96,36	V5.270	97,37
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	104,36						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	101,08						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	67,25	In.Ae	66,89				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	90,11	If.0,1	80,33	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A

Caso base 100%= 291kWh/m²a en demanda de energía de calefacción



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	106,44	T.120	111,15	T.160	113,98	T.200	115,87
Muro	Mu.B	100	Mu.20	125,06	Mu.50	141,08	Mu.80	148,70	Mu.100	151,61
Piso	P.B	100	P.20	130,32	P.50	144,70	P.80	151,92	P.100	154,75
Vidrio	V.B	100	V.3,6	80,44	V.2,8	96,47	V.1,8	83,90		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,16	Ma.PVC	100,24				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	144,07	Ac.2	272,80	Ac.3	294,01	Ac.4	323,51
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	68,19	HR.2	141,10	HR.3	163,08	HR.4	182,33
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	95,13	O.180	75,96	O.270	89,24		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	90,89	F1.90	86,10	F1.180	75,81	F1.270	89,24
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	81,15	F2.90	76,83	F2.180	68,03	F2.270	80,20
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	119,32	V4.90	112,96	V4.180	103,22	V4.270	116,34
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	142,18	V5.90	136,45	V5.180	121,45	V5.270	134,80
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	83,50						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	97,41						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	130,40	In.Ae	125,06				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	114,93	If.0,1	132,05	If.1	75,73	If.2	50,75

Caso base 100%= 13kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.61
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. Punta Arenas.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes

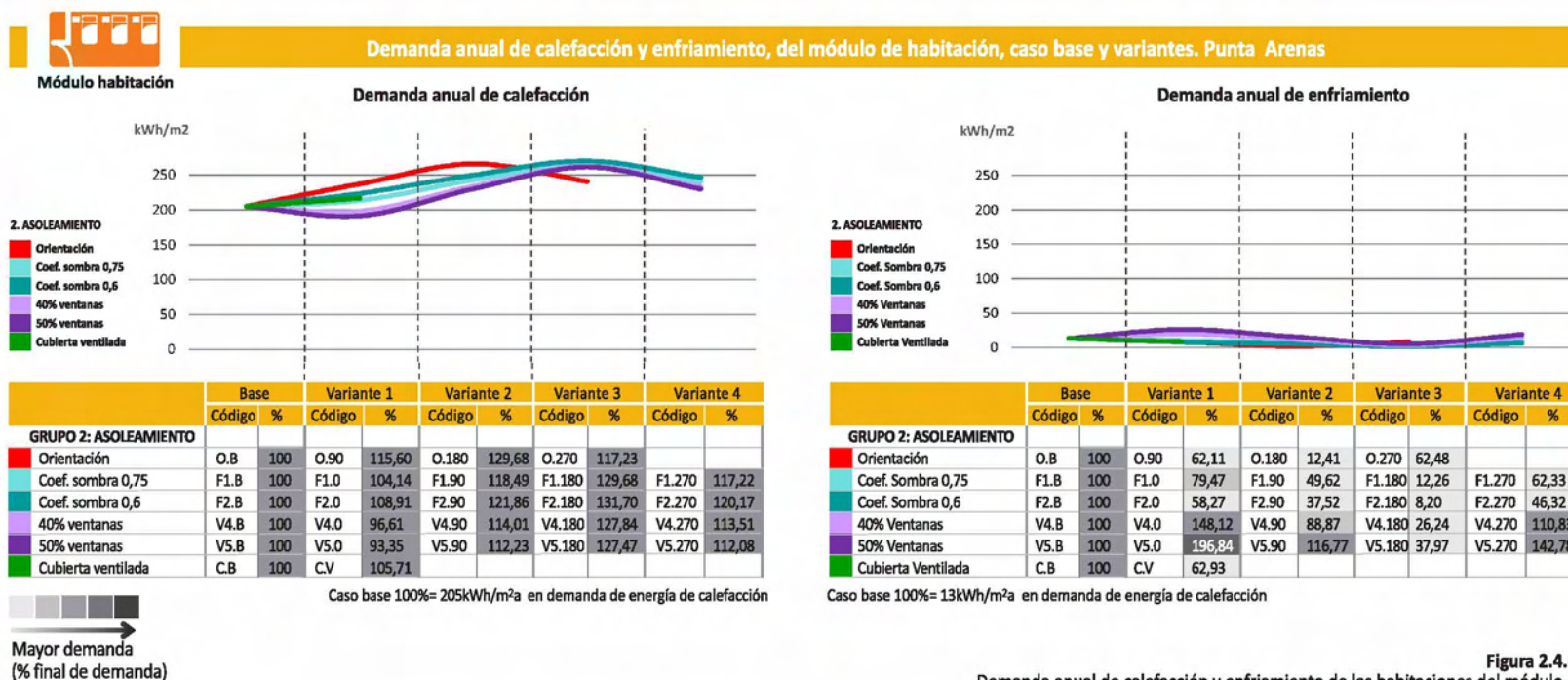


Figura 2.4.62
Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. Punta Arenas.

2.4.8.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En esta zona climática las demandas energéticas en calefacción de un partido general extendido son muy altas frente a un partido general compacto, motivo por el cual la compacidad debe ser la primera estrategia de diseño a considerar a la hora de planificar un establecimiento de salud.

Así también, la envolvente requiere un alto grado de aislación térmica para reducir aún más las demandas de energía en calefacción.

Las altas pérdidas de calor por renovación de aire hacen conveniente evaluar la incorporación de un sistema de control activo de la ventilación con la posibilidad de recuperar el calor del aire de extracción.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

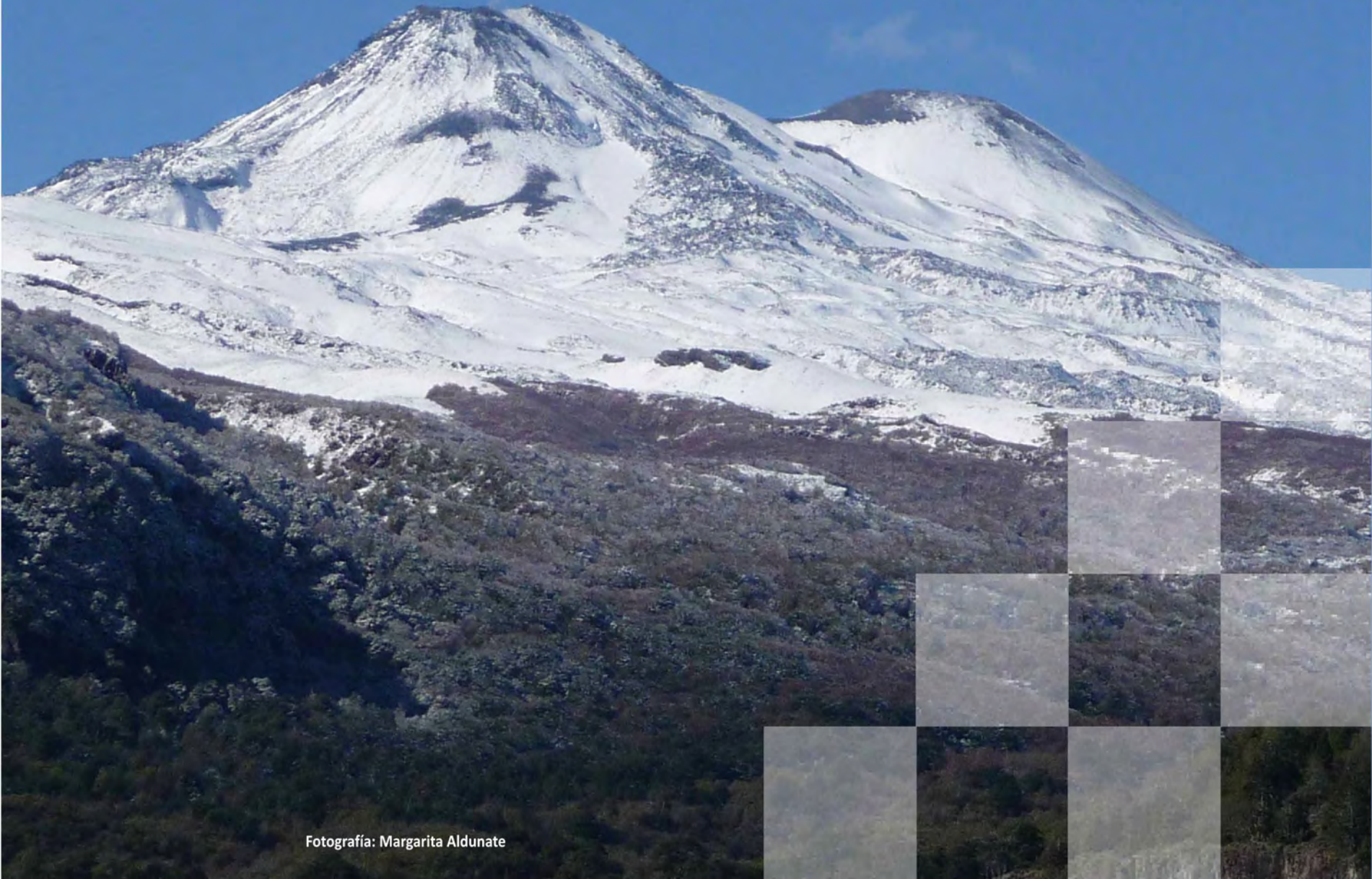
Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un gran potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el objetivo inicial. La estrategia en esta zona climática debe ser aislar al máximo los muros, el piso y la cubierta, lo que sumado al uso de DVH de alta eficiencia reduce la demanda de calefacción a un 18%. Si a lo anterior agregamos un sistema de recuperación de calor, la reducción llega a un 15%, reduciendo la demanda anual desde 291 hasta 43kWh/m²a. Este nivel de aislación de la envolvente térmica puede causar un sobrecalentamiento en períodos cálidos del año. Para evitarlo, se debe considerar un sistema que permita controlar la ventilación y refrescar en forma pasiva durante dichos períodos del año.

Respecto al asoleamiento, la radiación solar directa debe ser aprovechada durante los períodos fríos del año para calefaccionar en forma pasiva. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto en la reducción de la demanda de calefacción, pero debe ser implementado en conjunto con el uso de vidrios y marcos de ventana de baja transmitancia, y con el mencionado uso de protecciones solares diseñadas para generar sombra en períodos cálidos.

Al igual que la zona climática sur interior, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de infiltración y de la ventilación. En ese sentido, la hermeticidad de la envolvente es crítica en esta zona climática.

Por último, desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de alta aislación de la envolvente, la hermeticidad de la envolvente, y el uso de recuperación de calor en períodos fríos, son las estrategias más efectivas para aumentar las horas de confort.

ZONAS CLIMATICAS



Andina (An)

2.4.9 Zona andina

26

2.4.9

 Recomendaciones

 de diseño



 arquitectónico

 para Zona Andina

2

2.4.9.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona andina			
Partido general arquitectónico			
Recomendación		Observaciones	
Partido general			
Forma	Compacto	El partido general compacto presenta un ahorro energético importante frente a un partido general extendido. Aplicar un partido general extendido requiere un mayor grado de aislación de la envolvente.	
Módulo de hospitalización			
Recomendación		Observaciones	
Envolvente			
Aislación cubierta	Espesor mínimo: 200mm Transmitancia térmica máx.: U= 0,2W/m ² K	Calculado en base a poliestireno expandido de 200mm de espesor y densidad 15kg/m ³ .	
Aislación muros	Espesor mínimo: 100mm Transmitancia térmica máx.: U=0,37W/m ² K	Calculado en base a poliestireno expandido de 100mm de espesor y densidad 15kg/m ³ , aplicado en muro de hormigón armado.	
Aislación piso contra terreno	Espesor mínimo: 50mm Transmitancia térmica: U máx. 0,46 W/m ² K	Calculado en base a poliestireno expandido de 50mm de espesor y densidad 30kg/m ³ , aplicado en piso a base de radier.	
Aislación vidrios	Doble Vidriado Hermético (DVH) Transmitancia térmica: U menor o igual a 2,8 W/m ² K	Por sensación de confort térmico y para mayor ahorro energético, se debe utilizar idealmente vidriados con transmitancia térmica U cercana a 1,8W/m ² K.	
Ubicación aislación	Aislación al exterior	Aislar por el exterior permite aprovechar la inercia térmica de la envolvente. Dada las bajas temperaturas predominantes en esta zona climática, se debe evitar aislar térmicamente por el interior de los recintos, eliminando de forma efectiva los puentes térmicos.	
Marcos	Marco hermético contacto continuo doble	Los marcos herméticos permiten disminuir los niveles de infiltración. Los marcos de PVC y de aluminio con rotura de puente térmico pueden disminuir las pérdidas de calor.	
Porcentaje ventanas	30%	Tamaños mayores de ventana contribuyen levemente a una disminución de la demanda de calefacción, y la decisión de aumentarlas se puede justificar por aporte lumínico. En ese caso se requiere protección solar temporal en verano.	

Figura 2.4.63 Recomendaciones de diseño eficiente, zona andina.

2.4.9.1 Recomendaciones de diseño eficiente - Zona andina			
Módulo de hospitalización			
	Recomendación	Observaciones	
	Asoleamiento		
	Orientación	Habitaciones con orientación norte, este y oeste	En el caso de una orientación sur se requiere un alto grado de aislación del doble vidrioado hermético.
	Protección solar en verano	Cercano al 50%	Protección solar temporal efectiva en verano frente a ventana puede cubrir como máximo un 50% de la parte visible de la ventana.
	Cubierta ventilada	No	La cubierta ventilada tiene un efecto negativo en invierno, aumentando la demanda de energía en calefacción de la habitación.
	Control y ventilación		
	Iluminación	Sí	En esta zona climática, las ganancias internas por iluminación son beneficiosas, luego un sistema de control de iluminación artificial tiene mayor relevancia por ahorro de energía en electricidad.
	Infiltración	Ideal: 0,1RAH Máximo 0,3RAH	Se recomienda no superar los niveles de infiltración indicados (equivalentes a renovación de aire hora o RAH) con el objetivo de disminuir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación.
	Heat recovery	Sí	En esta zona las pérdidas de calor por ventilación son relevantes por lo que se recomienda recuperar el calor disponible en el aire de extracción mediante una unidad de heat recovery.
	Ventilación + Free cooling	Máximo: 2,5RAH verano	Tasa de renovación de aire hora (RAH) máximo recomendable para free cooling, el cual incluye la tasa de RAH por ventilación mínima. El valor preciso debe ser revisado caso a caso.

Andina (An)

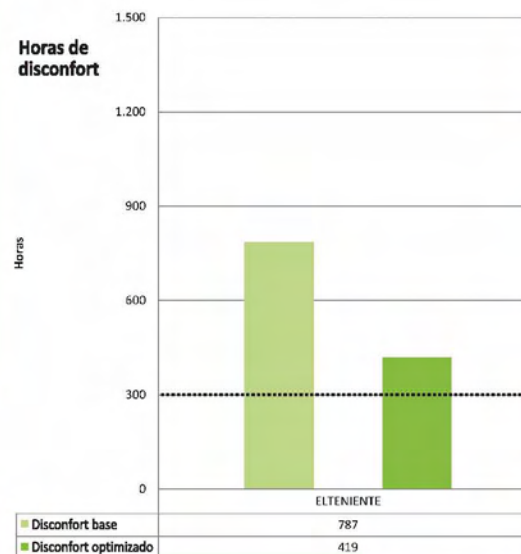
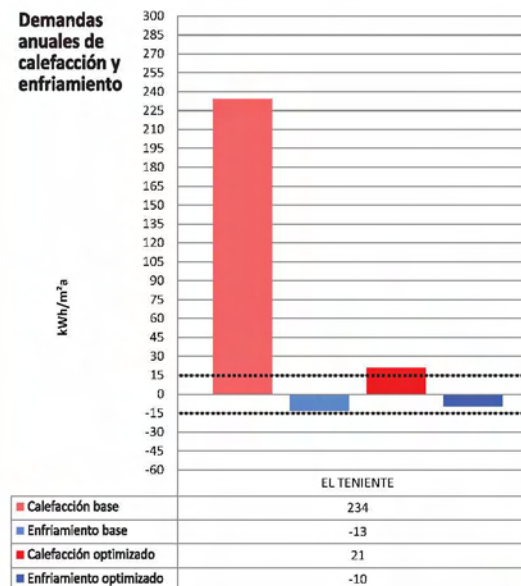


Figura 2.4.63a
Ejemplo de caso base y caso optimizado según aplicación de las recomendaciones de diseño eficiente. El Teniente.

ESTRATEGIAS DE
DISEÑO EN LA
ARQUITECTURA

2

2.4.9.2 Clima y confort - El Teniente

Clima ¹²

- Temperaturas medias templadas en verano y bajas en invierno.
- Oscilación diaria de temperaturas de 10,5°C en verano y 7,9°C en invierno. Sin embargo, las extremas diarias llegan a valores superiores a los 30°C en verano y mayores a 20°C en invierno.
- Alta radiación solar. Promedios de radiación solar horizontal total entre 3,5 (julio) y 8,5kWh/m²día (enero).
- Humedad ambiental moderada en verano; mayores en invierno. Promedios mensuales entre 53 (enero) y 68% (julio).
- Altas precipitaciones. Máxima diaria de 148,3mm, media anual de 785,1mm.
- Abundante nieve en invierno.
- Vientos intensos.

Los grados-día de calefacción calculados en base 18,3°C son de 2.923 al año.

Confort higrotérmico

Según el ábaco psicométrico, el rango de confort higrotérmico se alcanza en un 7% de las horas anuales de forma natural.

Estrategias generales para mantener el confort higrotérmico.

En época de frío:

- Aprovechamiento de las cargas internas.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno.
- Uso de inercia térmica para acumulación de calor.
- Protección del viento.
- Incorporación de sistema activo de calefacción.

En época de calor:

- Promover la ventilación natural.
- Evitar radiación solar directa en verano, mediante aleros y protecciones solares en ventanas.

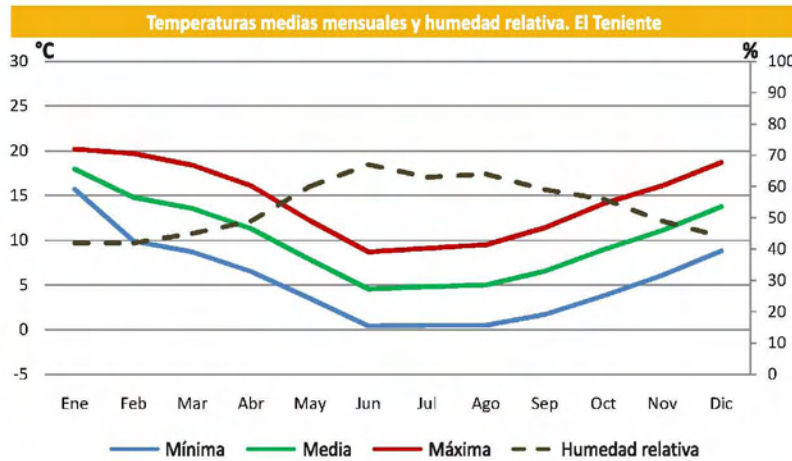


Figura 2.4.64
Temperatura y humedad relativa. El Teniente.

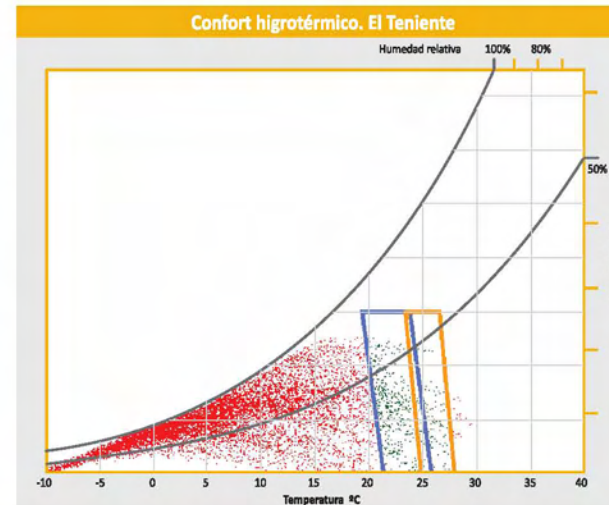


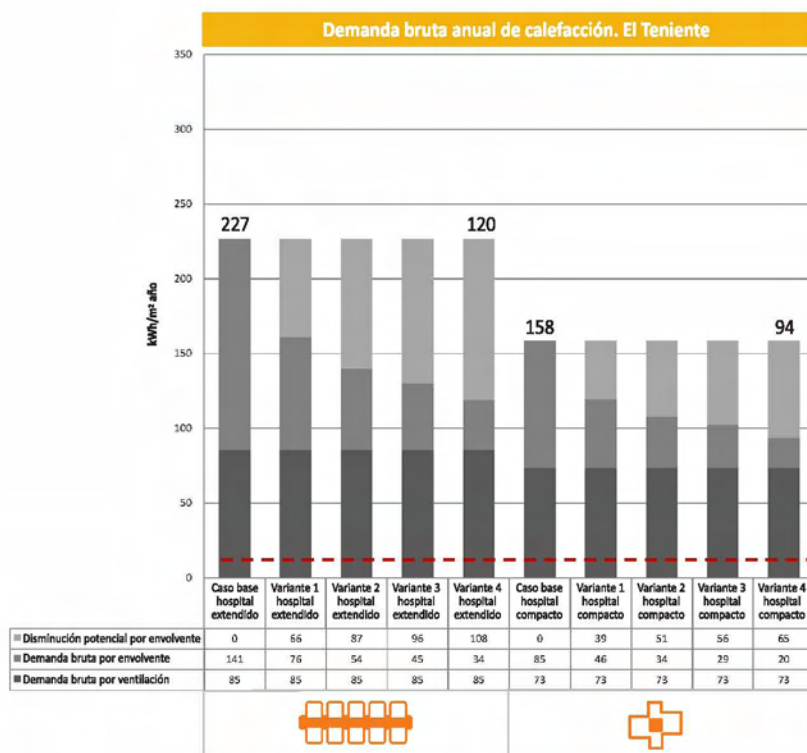
Figura 2.4.65
Confort higrotérmico. El Teniente.

¹² Fuentes: NCh1079-2008; Sarmiento P. (1995); Dirección Meteorológica (www.meteochile.net), Bustamante W. (2009)

2.4.9.3 Análisis de demanda energética

Demanda bruta anual de calefacción del partido general arquitectónico extendido y compacto

En relación a lo presentado en el punto 2.3.4, se presentan los resultados de demanda bruta de calefacción para ambos modelos de establecimientos de salud en El Teniente. Donde se observan en el caso base del establecimiento de salud extendido valores de 141kWh/m²a por la envolvente, 85kWh/m²a por ventilación, y un total de 227kWh/m²a. Implementando en la envolvente las variantes de optimización, se reduce la demanda bruta de calefacción, llegando a 119kWh/m²a en el establecimiento de salud extendido y a 94kWh/m²a en el compacto.



Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base

En función de los resultados de las simulaciones dinámicas, las demandas anuales de calefacción son muy altas y las de enfriamiento son muy bajas, de 234kWh/m²a y 13kWh/m²a respectivamente. Similar a lo que ocurre en la zona climática Sur Extremo, el objetivo debe ser disminuir drásticamente la demanda de calefacción, y evitar aumentar en exceso la demanda de enfriamiento. Las mayores ganancias son por radiación solar directa y por equipos y ocupación, mientras que las mayores pérdidas son por ventanas y ventilación.

Los análisis dinámicos que se presentan a continuación permiten visualizar comparativamente la influencia y sensibilidad de las distintas estrategias y sus variantes en los indicadores de eficiencia energética.

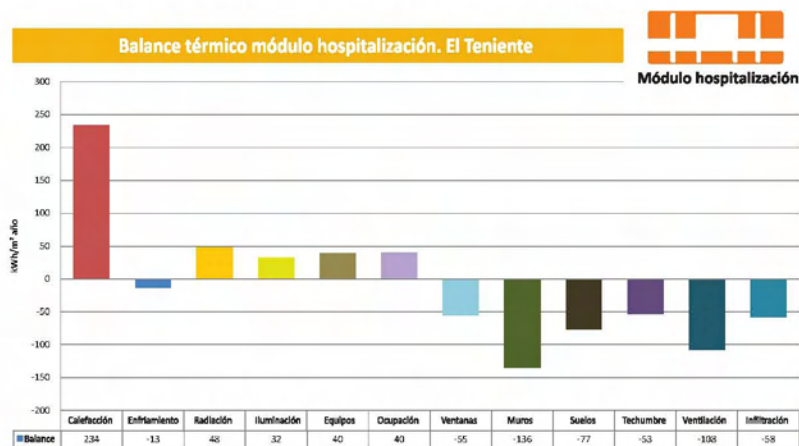
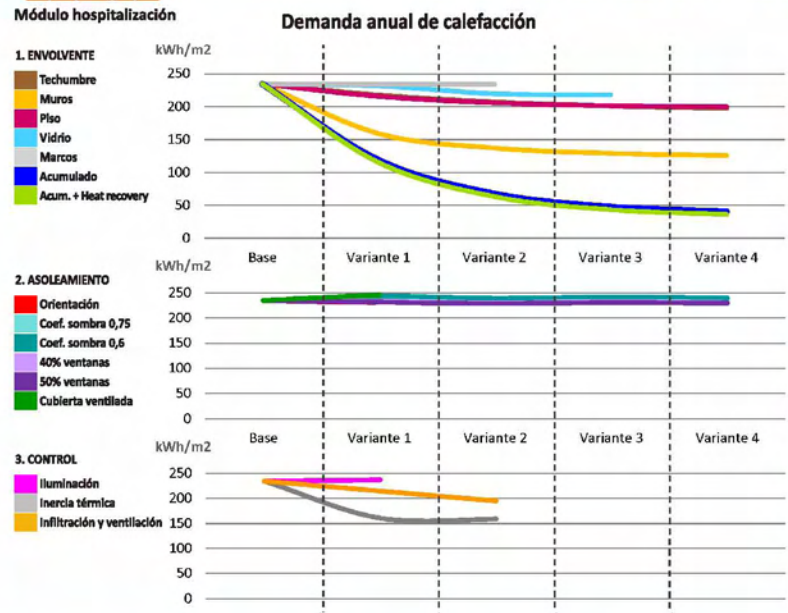


Figura 2.4.67
Balance térmico del módulo de hospitalización, caso base. El Teniente.

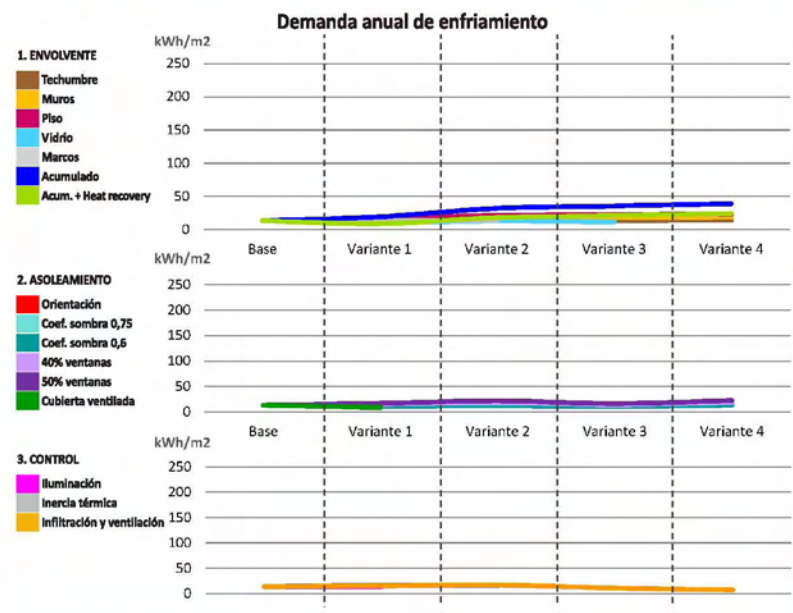
Figura 2.4.66
Demanda bruta anual de calefacción, caso base y variantes de envolvente, modelos de establecimiento de salud extendido y compacto. El Teniente.

Demandas energéticas del módulo de hospitalización, caso base y variantes

Demanda anual de calefacción y enfriamiento, del módulo de hospitalización, caso base y variantes. El Teniente



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	92,89	T.120	88,34	T.160	85,77	T.200	84,18
Muro	Mu.B	100	Mu.20	67,86	Mu.50	58,43	Mu.80	54,95	Mu.100	53,65
Piso	P.B	100	P.20	91,97	P.50	87,75	P.80	85,86	P.100	85,14
Vidrio	V.B	100	V.3,6	98,74	V.2,8	93,65	V.1,8	92,80		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	99,80	Ma.PVC	99,79				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	50,78	Ac.2	28,87	Ac.3	20,38	Ac.4	17,32
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	49,21	HR.2	27,04	HR.3	18,53	HR.4	15,45
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	98,36	O.180	101,05	O.270	100,12		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	101,59	F1.90	99,91	F1.180	101,04	F1.270	100,10
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	103,54	F2.90	101,83	F2.180	102,95	F2.270	102,04
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	99,44	V4.90	97,95	V4.180	98,99	V4.270	98,14
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	98,59	V5.90	97,58	V5.180	98,36	V5.270	97,89
Cubierta Ventilada	C.B	100	C.V	104,84						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	101,10						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	68,54	In.Ae	67,86				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	91,50	If.0,1	83,09	Ve.1	N/A	Ve.2	N/A



	Base		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
GRUPO 1: ENVOLVENTE										
Techumbre	T.B	100	T.80	101,49	T.120	102,90	T.160	103,95	T.200	104,69
Muro	Mu.B	100	Mu.20	121,97	Mu.50	133,80	Mu.80	139,24	Mu.100	141,47
Piso	P.B	100	P.20	134,33	P.50	156,14	P.80	167,61	P.100	172,38
Vidrio	V.B	100	V.3,6	83,77	V.2,8	96,35	V.1,8	88,31		
Marcos	Ma.B	100	Ma.Ma	100,15	Ma.PVC	100,15				
Acumulado	Ac.B	100	Ac.1	144,23	Ac.2	238,99	Ac.3	265,50	Ac.4	290,70
Acumulado+Heat recovery	HR.B	100	HR.1	67,54	HR.2	134,76	HR.3	157,08	HR.4	178,89
GRUPO 2: ASOLEAMIENTO										
Orientación	O.B	100	O.90	116,68	O.180	87,19	O.270	111,39		
Coef. sombra 0,75	F1.B	100	F1.0	93,30	F1.90	107,97	F1.180	87,19	F1.270	111,47
Coef. sombra 0,6	F2.B	100	F2.0	85,55	F2.90	91,06	F2.180	80,04	F2.270	101,56
40% ventanas	V4.B	100	V4.0	111,99	V4.90	134,10	V4.180	107,22	V4.270	139,69
50% ventanas	V5.B	100	V5.0	127,77	V5.90	162,70	V5.180	124,27	V5.270	167,09
Cubierta ventilada	C.B	100	C.V	67,16						
GRUPO 3: CONTROL										
Iluminación	Il.B	100	Il.7	96,87						
Inercia térmica	In.B	100	In.Ai	125,17	In.Ae	121,97				
Infiltración y ventilación	If.B	100	If.0,3	111,02	If.0,1	124,05	If.1	78,33	If.2	51,60



Caso base 100%= 234kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Caso base 100%= 13kWh/m²a en demanda de energía de calefacción

Figura 2.4.68
Demanda anual de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización, caso base y variantes. El Teniente.

Demandas energéticas de las habitaciones del módulo de hospitalización, caso base y variantes

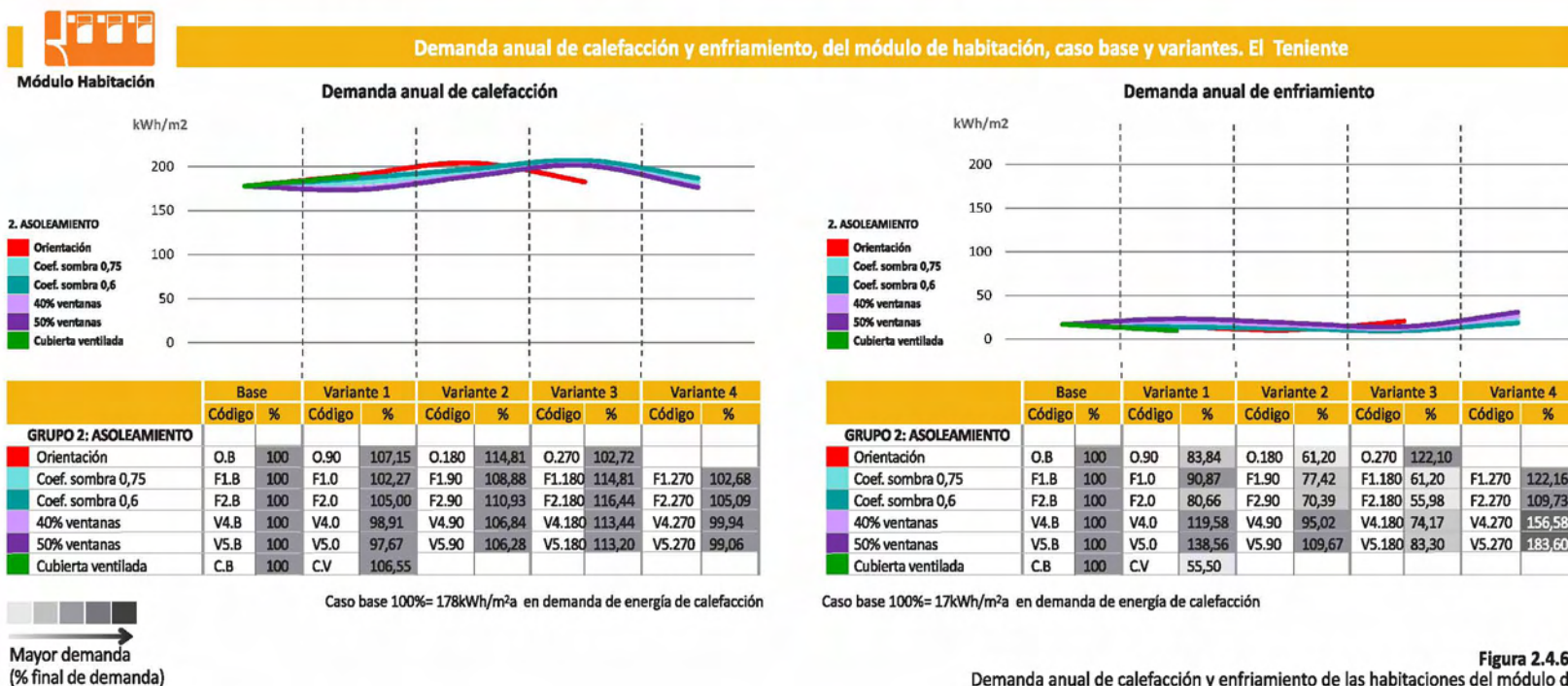


Figura 2.4.69
Demanda anual de calefacción y enfriamiento de las habitaciones del módulo de hospitalización, según las diferentes variables de asoleamiento. El Teniente.

2.4.9.4 Conclusiones

Conclusiones del partido general arquitectónico

En esta zona climática el partido general compacto presenta ahorros importantes en demanda de energía en calefacción frente a un establecimiento de salud extendido; por lo tanto, la forma compacta es una estrategia importante a la hora de planificar un centro asistencial.

Las altas pérdidas de calor por renovación de aire hacen conveniente incorporar un sistema de control de la ventilación con la posibilidad de recuperar el calor del aire de extracción. En ese escenario, el uso de un recuperador de calor debe evaluarse mediante un análisis de costo beneficio que considere el ahorro energético alcanzado y el consumo eléctrico de la ventilación.

Conclusiones del módulo de hospitalización y habitaciones

Respecto a las estrategias de envolvente, se observa un gran potencial de reducción de demanda de calefacción, lo que está alineado con el objetivo inicial. La estrategia en esta zona climática debe ser aislar al máximo los muros, el piso y la cubierta, lo que sumado al uso de DVH de alta eficiencia reduce la demanda de calefacción a un 17%. Si a lo anterior agregamos un sistema de recuperación de calor, la reducción llega a un 15%, reduciendo la demanda anual desde 234 a 36kWh/m². Este nivel de aislación de la envolvente térmica puede causar un sobrecalentamiento en períodos cálidos del año. Para evitarlo, se debe considerar un sistema que permita controlar la ventilación y refrescar en forma pasiva durante dichos períodos del año.

Respecto al asoleamiento, la radiación solar directa debe ser aprovechada durante los períodos fríos del año para calefaccionar en forma pasiva. Agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto en la reducción de la demanda de calefacción, pero debe ser implementado en conjunto con el uso de vidrios y marcos de ventana de baja transmitancia, y con el mencionado uso de protecciones solares diseñadas para generar sombra en períodos cálidos, sobre todo en sectores de alta radiación solar directa.

Por último, y al igual que la zona climática Sur Extremo, cabe destacar la sensibilidad de la estrategia de control de infiltración y de la ventilación. En ese sentido, la hermeticidad de la envolvente es crítica en esta zona climática.

Finalmente, desde el punto de vista de la habitabilidad, las estrategias de alta aislación de la envolvente, la hermeticidad de la envolvente, y el uso de recuperación de calor en períodos fríos, son las estrategias más efectivas para aumentar las horas de confort.

2.5 Conclusiones generales

La introducción de distintas estrategias de envolvente, asoleamiento y control, permite mejorar los indicadores de eficiencia energética, llegando en gran parte de los climas a niveles muy bajos de demanda de calefacción y enfriamiento.

Gran parte de las estrategias de eficiencia energética son transversales a las distintas zonas climáticas. Se trata, en general, de características constructivas de la envolvente, tales como cubiertas bien aisladas, muros aislados por el exterior, uso de doble vidrio hermético; de diseño, como la orientación; o de sistemas de apoyo, como una ventilación controlada.

Otras estrategias varían su aplicación de acuerdo al clima, como el espesor del aislamiento de cubierta y muros, protecciones solares, aislamiento bajo radier, hermeticidad del edificio, recuperación de calor, control de la iluminación artificial y aprovechamiento de la luz natural.

Resalta de aquellas estrategias generales que deben incorporarse al diseño de la envolvente de establecimientos hospitalarios, la necesidad de considerar la aislación térmica en muros y DVH en ventanas. A nivel de asoleamiento, en casi todas las zonas es importante considerar protecciones solares que protejan de los excesos de radiación en verano. Por último, es muy relevante considerar en todas las zonas climáticas un sistema de ventilación mecánica controlada. La implementación de este sistema permite utilizar tanto estrategias de recuperación de calor y frío, como estrategias de refrescamiento pasivo.

En la siguiente página se muestra la reducción que se puede lograr en las demandas de calefacción y enfriamiento de los recintos analizados, comparando la situación del caso base con los optimizados, en las 9 localidades consideradas. Como se observa, es posible lograr niveles de alta eficiencia en recintos de hospitalización, alcanzando la meta de demandas anuales cercanas a los 15kWh/m².

27

Demanda de
 Calefacción y
 Enfriamiento para
 Módulos de
 Hospitalización

Caso Base v/s
 Casos
 Optimizados (que
 cumplen con las
 recomendaciones
 de diseño por
 zona climática
 indicadas en 2.4

2

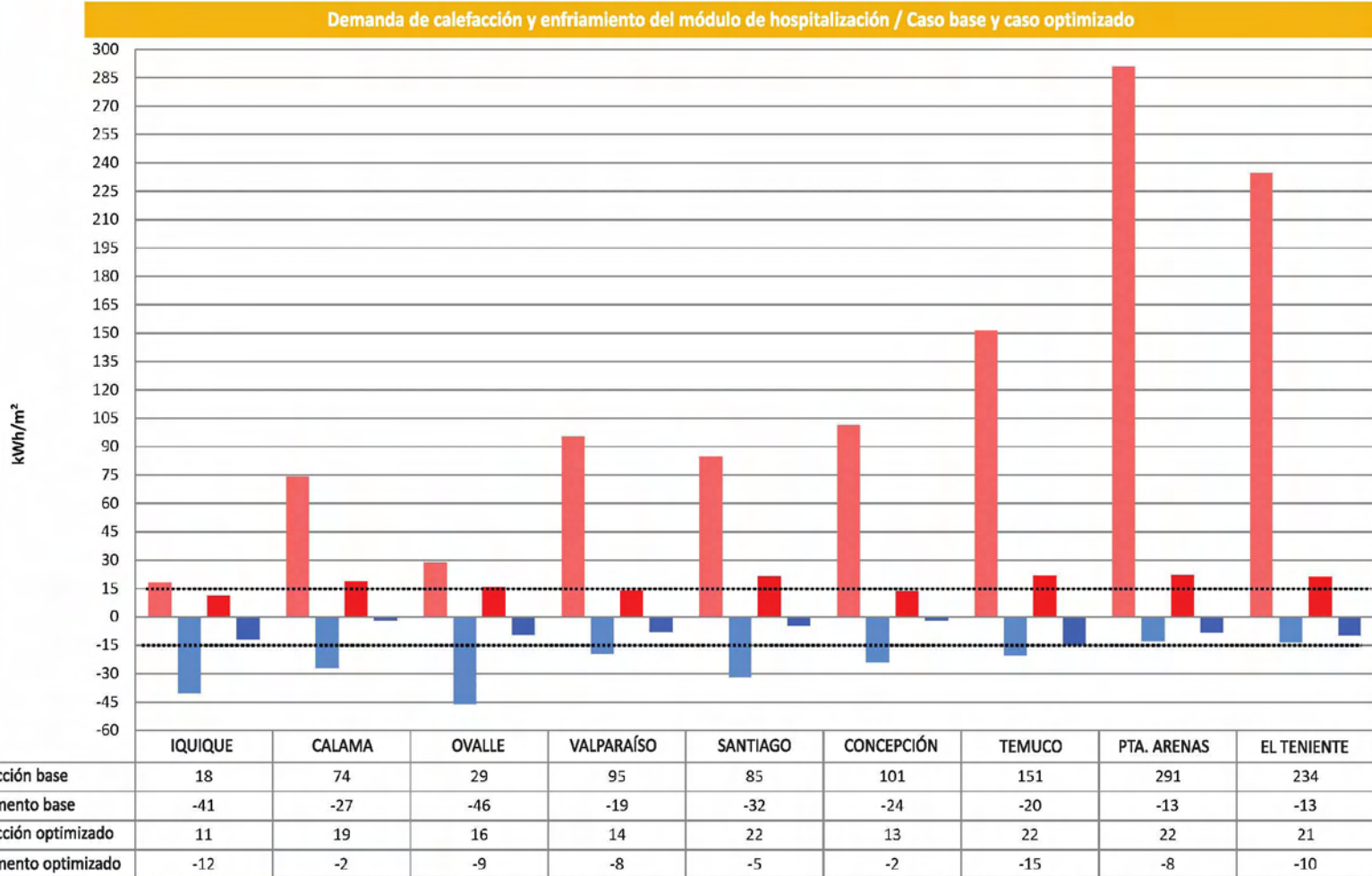


Figura 2.5.1
 Demanda de calefacción y enfriamiento del módulo de hospitalización
 para cada clima, caso base y caso optimizado.

Para la habitabilidad se han considerado, tanto los niveles de confort higrotérmico¹³ como de iluminación natural. En general, las medidas recomendadas para aumentar la eficiencia energética aumentan los niveles de confort y con ello la habitabilidad de los recintos. Sin embargo, estrategias con exigencias mayores a las necesarias o una combinación de estrategias, pueden repercutir en un disconfort innecesario.

Por lo anterior, es siempre importante ver el efecto de una estrategia, tanto en las demandas de calefacción y enfriamiento, como en los niveles de confort, comparando los tres aspectos antes de seleccionar la estrategia.

En la figura 2.5.3. se muestran las horas de disconfort anuales (para un máximo de 8.760 horas), comparando cada localidad en el caso base y el caso optimizado. De esta forma, podemos comparar por una parte el efecto de las estrategias de mejoras propuestas entre los casos base y casos optimizados de cada localidad considerada, y el efecto de mejoras de diseño pasivo con el uso de sistemas activos de climatización. Se incorpora además, salvo en Iquique y Ovalle, el efecto de combinar

mejoras de diseño pasivo con sistemas de recuperación de calor y refrescamiento pasivo. Lo anterior puede ser relevante para establecimientos pequeños localizados en zonas climáticas de mayor exigencia, pero con posibilidad de incorporar un sistema de climatización.

En cuanto la iluminación natural, se ha considerado como indicador el factor de luz diurna (DLF), considerando condiciones de cielo tipo CIE día nublado (10.000lux). La configuración de los recintos tipo de hospitalización presenta buenos niveles de DLF (sobre 2%) hasta 1.5mts de profundidad en sectores junto a ventanas, y buenos niveles promedio (sobre 1%). Sin embargo, se presenta problemas de distribución de iluminación en los sectores más mediterráneos de las habitaciones y pasillos con DLF bajo el 1% a partir de los 2 metros de profundidad. Lo anterior, no es aceptable debido a que se considera que los usuarios de los recintos tienen poca movilidad y deberían tener un DLF sobre 1% en toda la superficie de las habitaciones.

En las medidas de implementación se presentan algunas alternativas para mejorar las condiciones de iluminación natural en forma pasiva.

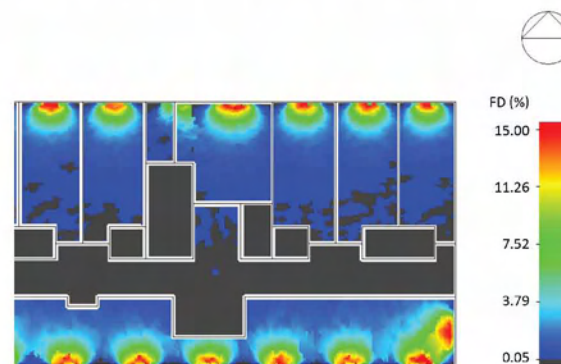


Figura 2.5.2
 Esquema de iluminación natural en el
 módulo de hospitalización.
 Fuente: *Elaboración propia en base a
 software DesignBuilder*

¹³ Las características que definen el confort higrotérmico se definen en la sección 2.2.3

28

Comparativo horas de disconfort para Módulos de Hospitalización

Caso Base v/s Casos Optimizados (que cumplen con las recomendaciones de diseño por zona climática indicadas en 2.4

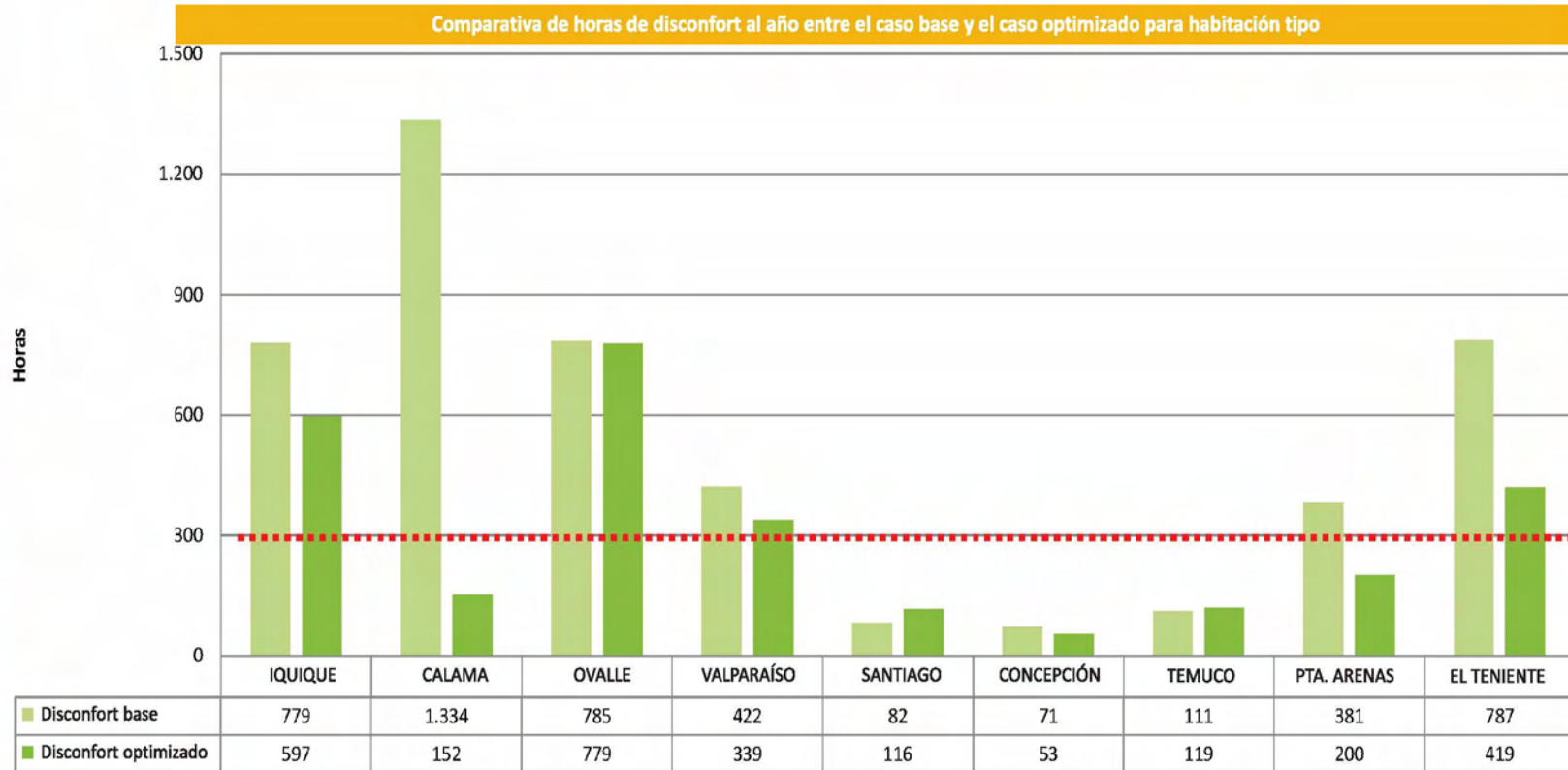


Figura 2.5.3
Comparativa de horas de disconfort del módulo de hospitalización, entre el caso base y optimizado para habitación tipo.

En la figura 2.5.1 se presentan las horas anuales de disconfort del caso base y optimizado para las habitaciones del modulo de hospitalización. El rango referencial de 300 horas de disconfort ha sido definido según los requerimientos de modelamiento del estándar ASHRAE 90.1-2007 . En los casos de Santiago y Temuco se observan leves aumentos en las

horas de disconfort respecto del caso base, sin embargo se mantienen con niveles adecuados según la norma considerada. En los modelamientos se ha privilegiado la reducción de las demandas de energía en calefacción, lo que ha significado un leve aumento de las horas de sobrecalentamiento en períodos de calor.

2.6 Medidas de implementación de la eficiencia energética

A continuación, se describe cada una de las estrategias propuestas, explicando cómo deben incorporarse en el diseño de recintos de hospitalización en establecimientos de salud.

2.6.1 Orientación

El comportamiento de cada elemento de envoltente es influido por la radiación solar que recibe, incidiendo en su temperatura superficial y la transmitancia térmica de muros y cubierta. En el caso de los vidriados, la orientación es más crítica debido a la gran influencia de la radiación solar en el comportamiento global de los recintos a los cuales sirven.

Las simulaciones realizadas comprueban el supuesto que orientar los espacios habitables al norte es lo más recomendable para todos los climas, si consideramos el efecto anual en la eficiencia energética y la habitabilidad.

Sin embargo, en un proyecto la orientación de los espacios no depende sólo de consideraciones de carácter energético o habitabilidad. Otras orientaciones son factibles, en la medida en que se utilicen estrategias que compensen los potenciales aumentos en la demanda y el discomfort.

En climas más cálidos y de alta radiación, donde es relevante disminuir la demanda de enfriamiento (NL, ND, NVT, CI, CL), no es recomendable orientaciones oriente y poniente, sobre todo esta última. Una estrategia para compensar estas orientaciones es la incorporación de protecciones solares o características del vidriado que aseguren al menos un coeficiente de sombra de 0,25 sobre la ventana durante los períodos cálidos del año. Por otra parte, la orientación sur permite disminuir la demanda

de enfriamiento, pero debe compensarse el aumento en la demanda de calefacción con el uso de acristalamiento de baja transmitancia térmica.

- 21 diciembre, 12:00hrs
- 21 septiembre y 21 marzo, 12:00hrs
- 21 junio, 12:00hrs

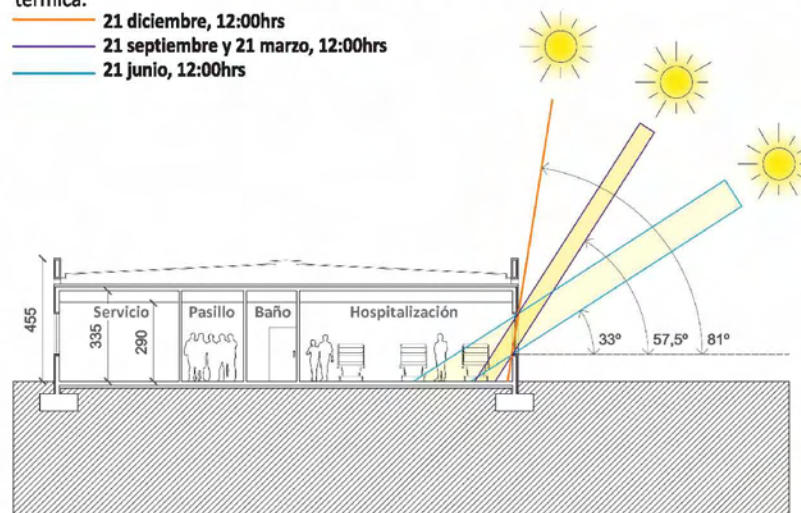


Figura 2.6.1
Asoleamiento en habitación de hospitalización para diferentes épocas del año en Santiago.

En climas fríos, con orientaciones distintas a la norte, las ventanas disminuyen el aporte anual por radiación solar directa y, con ello, terminan por aumentar la demanda de calefacción. Lo anterior puede compensarse utilizando aislación de envoltente con bajos niveles de transmitancia térmica, incluido las ventanas. Esta estrategia puede combinarse con un mayor porcentaje de acristalamiento, que distribuido en forma horizontal, aprovechen mejor la radiación solar directa. En las

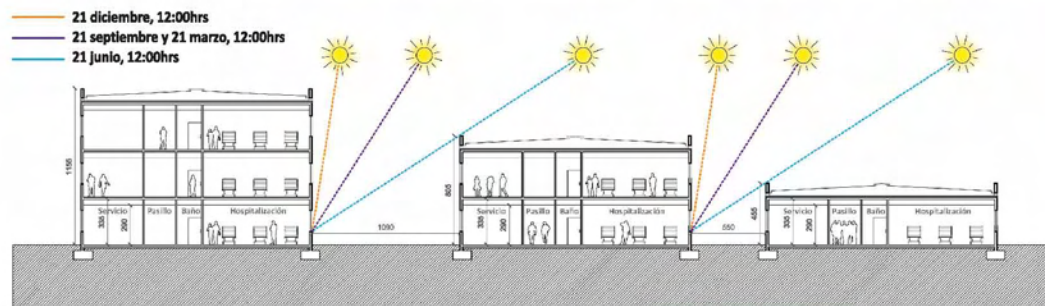


Figura 2.6.2
Distanciamiento ideal para garantizar asoleamiento en fachada norte de sector hospitalización en Santiago.

29

Orientación:

Hacia el norte es lo más recomendable para zonas de hospitalización

Para orientaciones poniente en zonas climáticas norte y centro, es importante incorporar protecciones solares de al menos 0.25 de factor de sombra

zonas climáticas como SE y An, pueden incorporarse lucernarios de baja transmitancia térmica y protecciones solares para los períodos cálidos.

La orientación norte tiene la ventaja de garantizar asoleamiento en invierno y menor radiación solar en el recinto en verano (ver figura 2.6.1). Así también, la orientación norte permite la formación de patios relativamente angostos entre volúmenes, que aseguren asoleamiento de los recintos en invierno (ver figura 2.6.2). Para ello, se requiere la utilización de una carta solar de la localidad en estudio y determinar los ángulos de altitud solar que sean de interés.

Para entender cómo puede ser el asoleamiento del sector hospitalización en otras orientaciones, se ha representado en la figura 2.6.3 y 2.6.4 la penetración del sol directo en planta en dos habitaciones para el solsticio de invierno y verano en Santiago. Estas figuras evidencian la horizontalidad del sol en las fachadas este y oeste, sobre todo en verano, donde pueden producir sobrecalentamientos no deseados en las habitaciones. Así también, es factible detectar sol directo en los recintos sur en las primeras horas del día y en las últimas horas de la tarde.

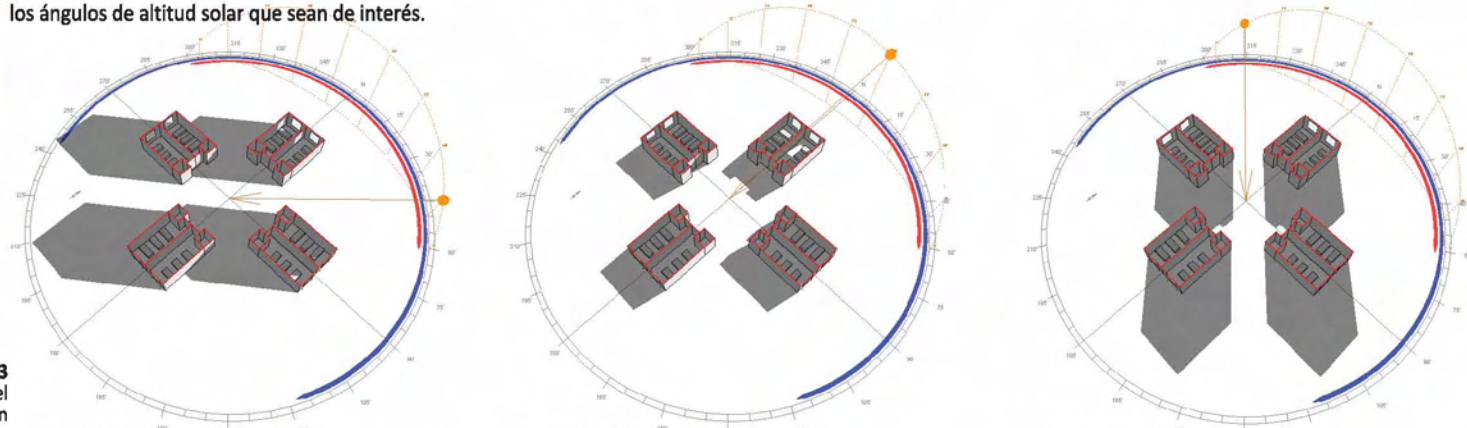


Figura 2.6.3
 Asoleamiento del módulo hospitalización durante el solsticio de invierno en Santiago en base a software Ecotect

21 junio, 09:00hrs

21 junio, 12:00hrs

21 junio, 15:00hrs

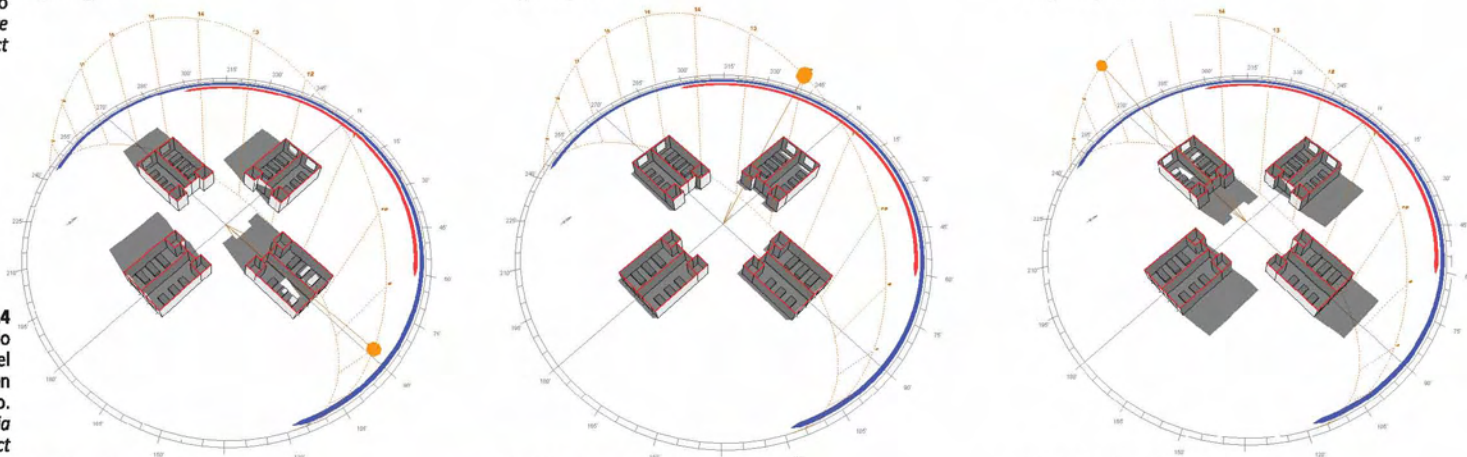


Figura 2.6.4
 Asoleamiento del módulo hospitalización durante el solsticio de verano en Santiago. Fuente: Elaboración propia en base a software Ecotect

21 diciembre, 08:00hrs

21 diciembre, 12:00hrs

21 diciembre, 15:00hrs

Resumen de recomendación de orientación para los 9 climas

Clima	Norte	Sur	Este	Oeste
NL	Ideal	Aceptable.	Evitar. Requiere protección solar	Evitar. Requiere protección solar.
ND	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Aceptable. Requiere protección solar.	Aceptable. Requiere protección solar.
NVT	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar.	Requiere protección solar.
CL	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar temporal.	Requiere protección solar temporal.
CI	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar temporal.	Requiere protección solar temporal.
SL	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar temporal.	Requiere protección solar temporal.
SI	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Aceptable. Requiere protección solar temporal.	Requiere protección solar temporal.
SE	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar temporal.	Aceptable. Requiere protección solar temporal.
AN	Ideal	Evitar. Debe aumentar aislación del vidriado.	Requiere protección solar temporal.	Requiere protección solar temporal.

Tabla 2.6.1
Resumen de recomendación de orientación para los 9 climas.

Finalmente, en la Tabla 2.6.1 se entregan recomendaciones para asoleamiento de hospitalización según orientación por zona climática, a partir de los modelamientos térmicos efectuados en la sección 2.4 de la presente guía.

Tabla 2.6.2
Recomendación de aislación de envolvente en hospitalización según zona climática.

2.6.2 Aislación de los elementos de la envolvente y puentes térmicos

La disminución de las demandas de energía es en general proporcional a la disminución de la transmitancia térmica de los elementos de la envolvente. Esta disminución no es lineal, los primeros aumentos de espesor de material aislante generan grandes disminuciones de demanda, pero luego la reducción se torna marginal.

En el caso de las cubiertas, en general el efecto del aislamiento es más significativo que para muros y pisos en contacto con el suelo natural. Por ello siempre es recomendable el uso de material aislante en cubierta, que asegure una transmitancia térmica U igual o inferior a lo exigido en la reglamentación térmica, según tabla 2.6.2. Los espesores recomendados son en base a poliestireno expandido de densidades variables (15Kg/m³ en muros y cubiertas, 30Kg/m³ contra terreno).

A partir de la zona climática NVT hasta la zona SE, espesores de material aislante que permitan alcanzar niveles de transmitancia térmica aún menores han demostrado disminuir las demandas de calefacción y/o enfriamiento en hasta en un 15% para cada zona climática (partiendo de un caso base que ya posee un U de cubierta de 0,72W/m²K).

El caso de los muros es un ejemplo donde la incorporación de material aislante genera grandes mejoras iniciales, enfocadas principalmente en

Resumen de recomendación de aislación mínima en la envolvente para los 9 climas

Clima	Techo	Muro	Piso
NL	Mínimo 50mm	Mínimo 20mm	20mm
ND	Mínimo 80mm	Mínimo 50mm	20mm
NVT	Mínimo 50mm	Mínimo 20mm	20mm
CL	Mínimo 80mm	Mínimo 80mm	Mínimo 20mm
CI	Mínimo 80mm	Mínimo 80mm	Mínimo 20mm
SL	Mínimo 80mm	Mínimo 80mm	Mínimo 20mm
SI	Mínimo 120mm	Mínimo 80mm	Mínimo 50mm
SE	Mínimo 200mm	Mínimo 100mm	Mínimo 50mm
AN	Mínimo 200mm	Mínimo 100mm	Mínimo 50mm

30

La envolvente térmica:

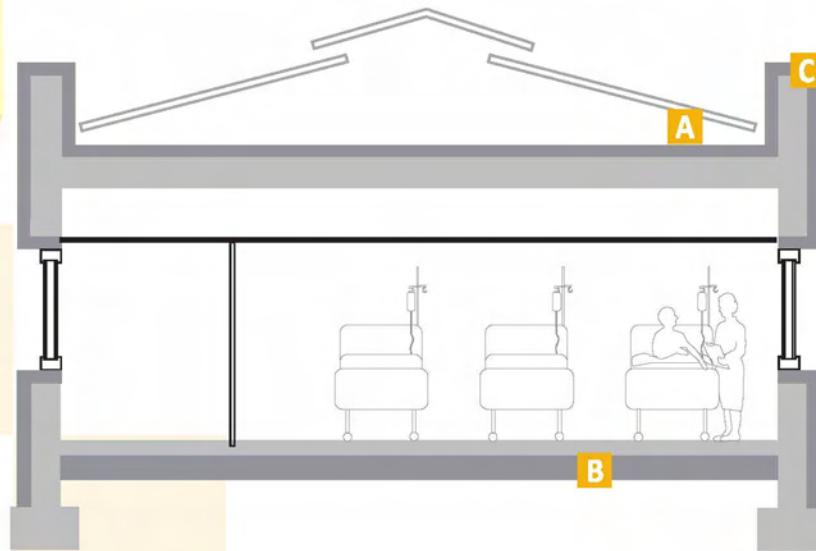
- Continua y por fuera, de modo de aprovechar la inercia térmica del edificio.
- Para cada zona climática se recomienda un espesor mínimo (tabla 2.6.2).

la disminución de las pérdidas de calor. Es por ello muy recomendable aislar muros, sobre todo en climas con altas demandas de calefacción como ND, NVT y CI, y climas fríos como SI, SE y An, aislando por el exterior del paramento para aprovechar la inercia térmica de este último.

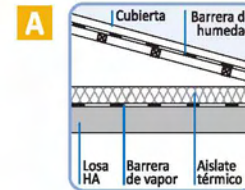
En el caso de los pisos en contacto con el terreno, en general es útil para disminuir los puentes térmicos y reducir con ello la sensación de desconfort producto de la temperatura radiante del piso. Sin embargo,

puede disminuir la capacidad de disipar calor en períodos de sobrecalentamiento. Por lo anterior, es recomendable aislar pisos con espesores pequeños de material aislante, salvo en climas fríos como SI, SE y An.

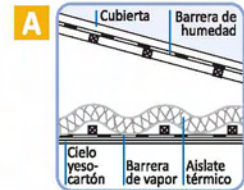
En pisos ventilados se recomienda adosar aislación térmica bajo la losa. En el caso de edificios con sistemas de aislación sísmica, es complejo mantener la envolvente térmica continua y puede obligar a aislar sobre la losa de piso.



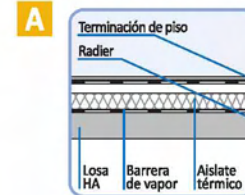
Techumbre con antetecho y losa



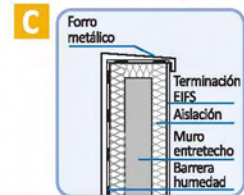
Techumbre con antetecho y cielo yeso-cartón



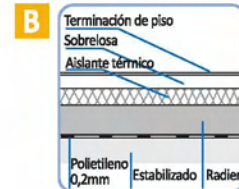
Techumbre con losa



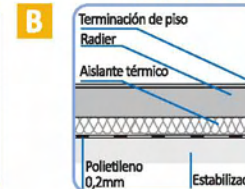
Antetecho aislado con revestimiento tipo EIFS



Piso con radier y aislante en cara interior



Piso con radier y aislante en cara exterior



Antetecho aislado con revestimiento tipo Siding



Figura 2.6.5
Ejemplos de aplicación de aislación térmica en la envolvente de un módulo de hospitalización.

En cuanto a los puentes térmicos, se entienden como la parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno.

La colocación de material aislante por el exterior de los muros, cubiertas y los tramos de piso en contacto con el terreno más cercano al exterior, es una excelente estrategia para reducir los puentes térmicos; sobre todo cuando se utiliza un sistema de envolvente en base a materiales de alta transmitancia térmica como el hormigón armado.

Por lo tanto, la colocación de material aislante continuo en toda la envolvente es muy importante en zonas climáticas con demandas anuales de calefacción sobre los 50kWh/m². Se recomienda que esta sea una estrategia que siempre se implemente en estos tipos de clima

cuando se trate de establecimientos de salud de mediana y pequeña escala, o en sectores de éstos, que no posean un sistema de ventilación y climatización activo que controle la humedad del aire. En efecto, un recinto saturado de humedad en época de frío, producto de una ventilación pasiva deficiente, puede ocasionar condensación superficial y formación de hongos precisamente en aquellos lugares más fríos de la envolvente, es decir, en los puentes térmicos.

En la figura 2.6.5 se ejemplifica la aislación térmica continua por el exterior como una solución ideal para reducir los puentes térmicos de un edificio. Cuando el edificio debe aislarse necesariamente por el interior, se deben reducir los puentes térmicos, procurando una prolongación de la aislación térmica como se señala en la misma figura 2.6.6.

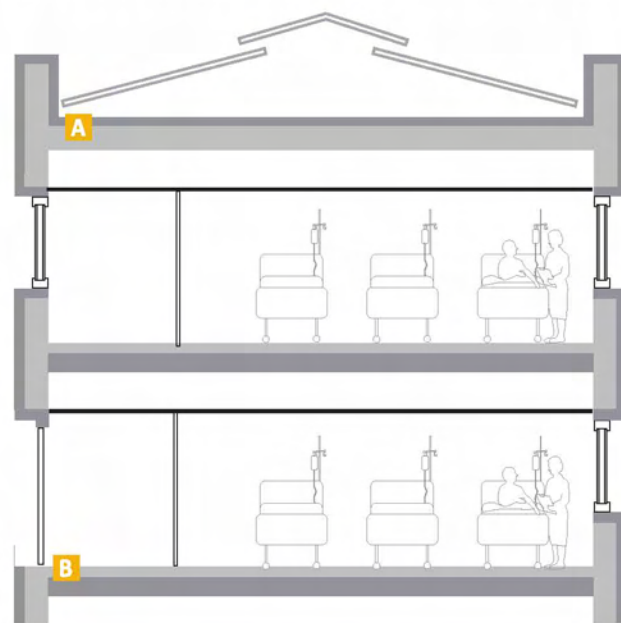
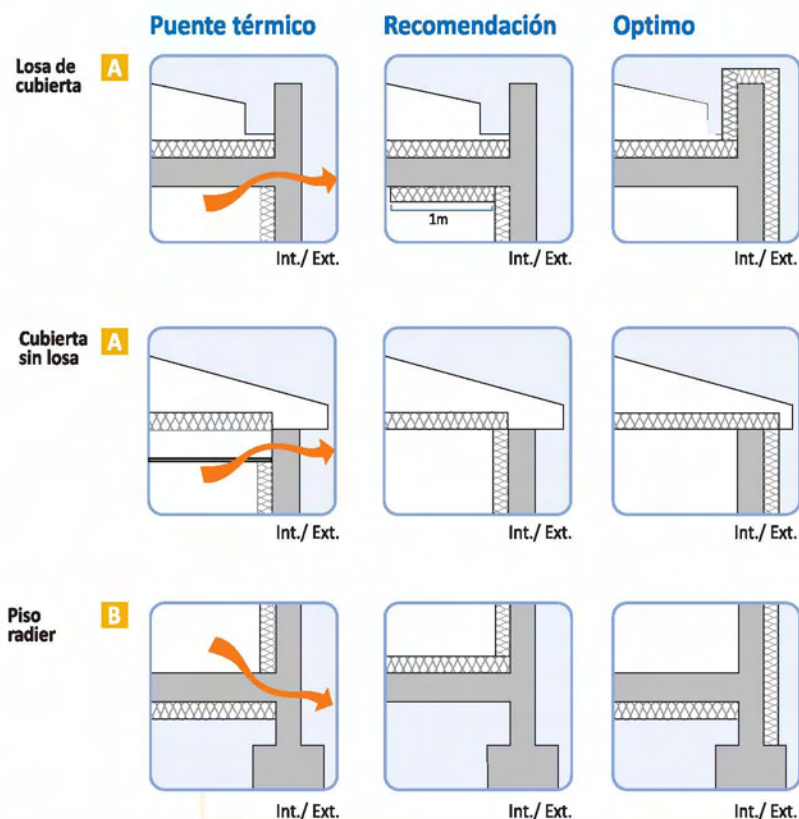


Figura 2.6.6
Estrategias para reducir puentes térmicos en la envolvente de un edificio aislado en su cara exterior y aislado en su cara interior



2.6.3 Inercia térmica

Los elementos de la envolvente con inercia externa se comportan como retardadores de la ganancia exterior. Los elementos de la envolvente internos actúan a su vez como acumuladores de las cargas internas, con lo que reducen y retardan las pérdidas de calor hacia el exterior.

Dada las condiciones de seguridad contra incendio de los elementos estructurales de los establecimientos de salud, los muros exteriores por lo general son de hormigón armado. Como se señaló anteriormente, es recomendable la colocación del material aislante en la cara exterior

de los muros exteriores para aprovechar la inercia de éstos. Lo anterior se justifica también por el nivel de cargas internas propias de estos establecimientos; la inercia térmica permite retardar el efecto de las ganancias internas sobre la temperatura interior, permitiendo regular naturalmente el sobrecalentamiento en los períodos cálidos y mantener una mayor temperatura interior durante los períodos fríos del año.

Así, la inercia térmica como estrategia es recomendable cada vez que se aisle la envolvente por el exterior.

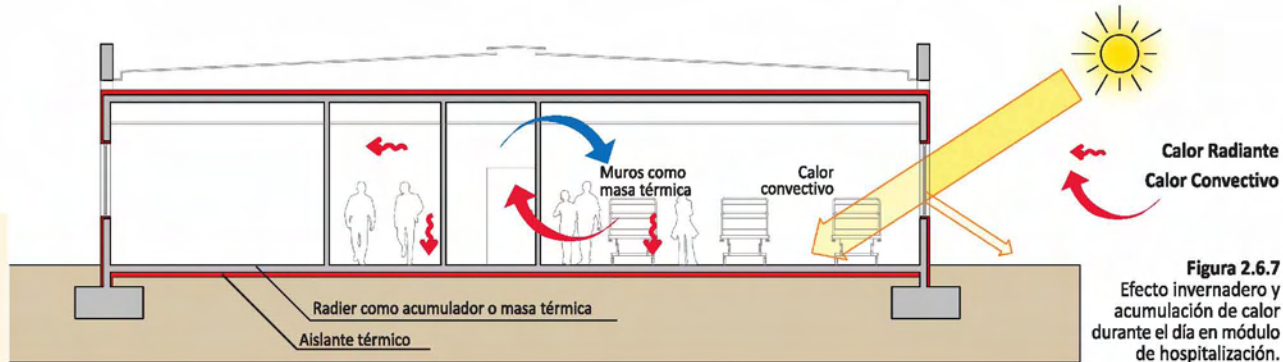


Figura 2.6.7
 Efecto invernadero y acumulación de calor durante el día en módulo de hospitalización.

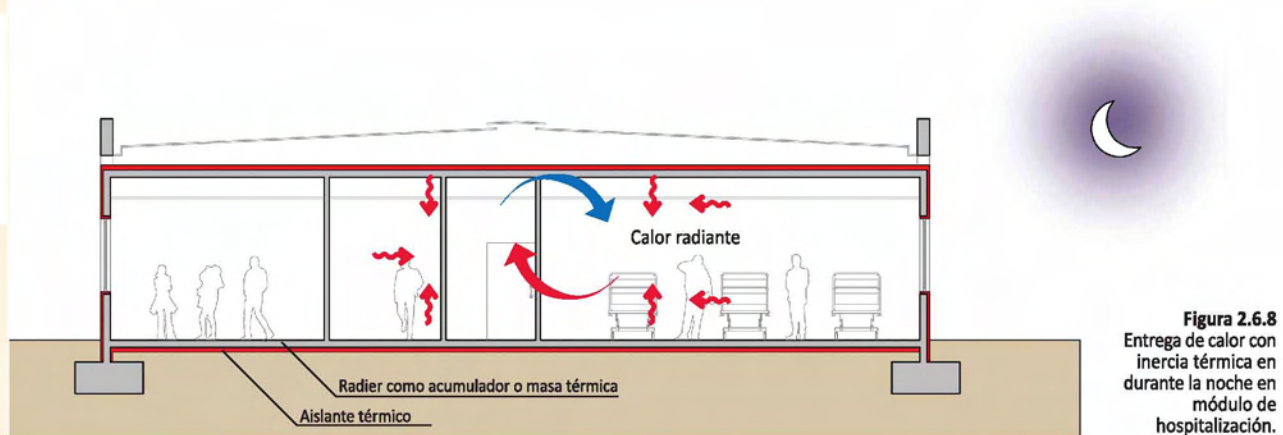


Figura 2.6.8
 Entrega de calor con inercia térmica en durante la noche en módulo de hospitalización.

2.6.4 Tipo de acristalamiento, marcos, y tamaño de ventanas

Tipo de vidriado

Según los resultados de los análisis de distintos tipos de vidriado para las diferentes zonas climáticas, el uso de doble vidriado hermético (DVH), permite reducir la transferencia de calor como de radiación solar en prácticamente todos los climas, reduciendo así tanto la demanda de calefacción como de enfriamiento. Por lo anterior, se recomienda incorporar en todas las zonas climáticas el uso de DVH.

Consideraciones por zona climática deben ser el factor solar y coeficiente de sombra de los cristales (ver tabla 2.6.3). En general, se recomienda tener un coeficiente de sombra durante los períodos cálidos en todas las zonas, lo que puede lograrse, ya sea por protecciones solares como por características del vidriado. En este último caso, se debe considerar que en general los establecimientos asistenciales requieren cristales sin tinte para mantener el color de luz natural.

Marcos

En cuanto a los marcos, se observa en los análisis que el efecto de los marcos en las demandas es marginal. En este sentido, las mejoras en marcos de ventanas tienen mayor valor cuando contribuyen a la hermeticidad de la envolvente y disminuyen los puentes térmicos. Por lo anterior, se recomienda utilizar marcos herméticos de contacto continuo, sobre todo en zonas climáticas como SI, SE y AN.

Tabla 2.6.3
Tipos de vidriado recomendados para recinto de hospitalización.

Tipos de vidriado recomendados para recinto de hospitalización.						
Código	Tipo de vidrio	Transmitancia térmica	Factor solar G	Coefficiente de sombra	Transmisión de luz visible	Recomendación
		U=W/m ² K	SHGC	SHC	%	
VS	Vidrio simple	5,7	0,8	0,94	87	Sólo en caso necesario en zona NL y NVT. En zonas CL y CI el recinto debe poseer ventilación controlada para reducir condensación. La protección solar fija o móvil debe manejar el control de la radiación solar a coeficientes de sombra menores que se quiera lograr
DVH	Doble vidriado hermético	2,8	0,7	0,81	78	Idealmente aplicable a todas las zonas climáticas.
DVH Low-e	Doble vidriado hermético low emission	1,8	0,54	0,62	60	Necesario en zonas climáticas SE y AN. También aplicar en orientación sur para zonas CI, CL, SL y SI.

Tamaño de ventanas

El tamaño de las ventanas puede influir directamente en el nivel de ganancias y pérdidas de calor del recinto, además de generar niveles de iluminación natural adecuados, deficientes o excesivos. Los recintos de hospitalización tipo analizados presentan un porcentaje de acristalamiento de fachada del 30%. Mayores porcentajes demostraron no generar mejoras significativas de las demandas en la mayoría de las zonas climáticas, salvo en las zonas SE y AN. En estas zonas, agrandar el tamaño de ventanas para aprovechar la radiación solar en invierno tiene un efecto en la reducción de la demanda de calefacción, pero debe ser implementado en conjunto con el uso de vidrios y marcos de ventana de baja transmitancia, más el uso de protecciones solares diseñadas para generar sombra en períodos cálidos. A continuación, en tabla 2.6.4, se resumen las recomendaciones para el tamaño de ventanas en hospitalización.

Tabla 2.6.4
Recomendaciones para el tamaño de ventanas en hospitalización.

Recomendaciones para el tamaño de ventanas en hospitalización				
Porcentaje de vano en relación al muro	Aplicabilidad	Ventajas	Desventajas	Recomendaciones
30%	Ideal	Fácil control de la radiación solar incidente.	Menor visión al exterior.	
40%	Factible	Aporte solar en períodos fríos. Mayor aporte lumínico.	En zonas AN y SE aumentan las pérdidas de calor	Incorporar termopanel con valor U menor o equivalente a 1,9W/m ² K. Incorporar protección solar en períodos cálidos.
50%	Factible	Aporte solar en períodos fríos. Mayor aporte lumínico.	En zonas AN y SE aumentan las pérdidas de calor.	Incorporar termopanel con valor U menor o equivalente a 1,9W/m ² K. Incorporar protección solar en períodos cálidos.

31

Ventanas:

- Se recomienda idealmente DVH para todos los climas, y DVH Low-E para SE y AN
- Idealmente, mantener un 30% de porcentaje de ventana en función de la superficie de muro

2

Iluminación

Dada la profundidad de los recintos de hospitalización, el tamaño de las ventanas no soluciona el problema de una mala distribución de la iluminación natural al interior de los recintos (ver figura 2.6.9).

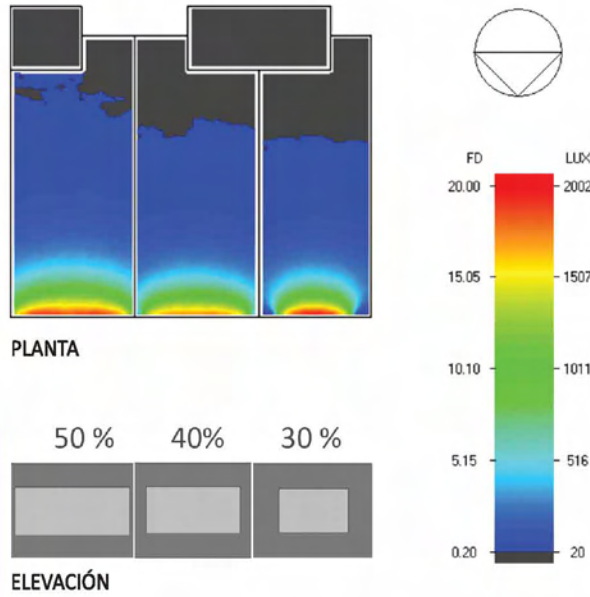


Figura 2.6.9
 Factor luz día y Nivel lumínico en recinto de hospitalización para diferentes tamaños de ventana respecto al muro exterior. Día con cielo cubierto = 10.000 Lux. *Elaborado en base a software DesignBuilder*

Una estrategia para mejorar el nivel de iluminación natural en un recinto de hospitalización puede ser el uso de una lucarna en el lado opuesto de la ventana (ver figura 2.6.10).

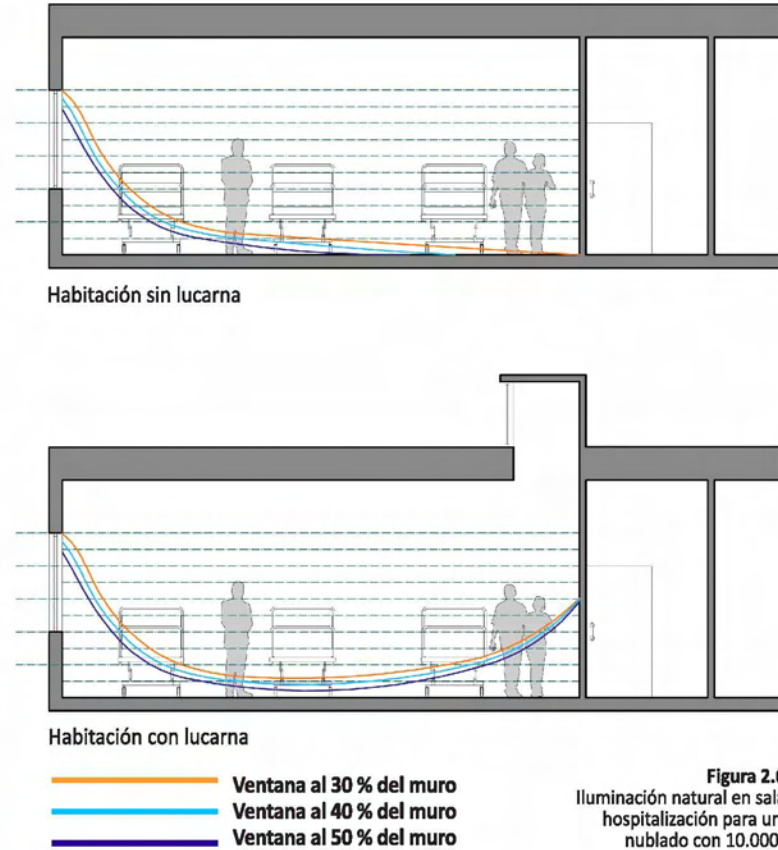


Figura 2.6.10
 Iluminación natural en sala de hospitalización para un día nublado con 10.000 Lux

Otra forma de elevar el nivel de iluminación natural al fondo de una sala de hospitalización es la utilización de una protección solar como se muestra en figura 2.6.11.

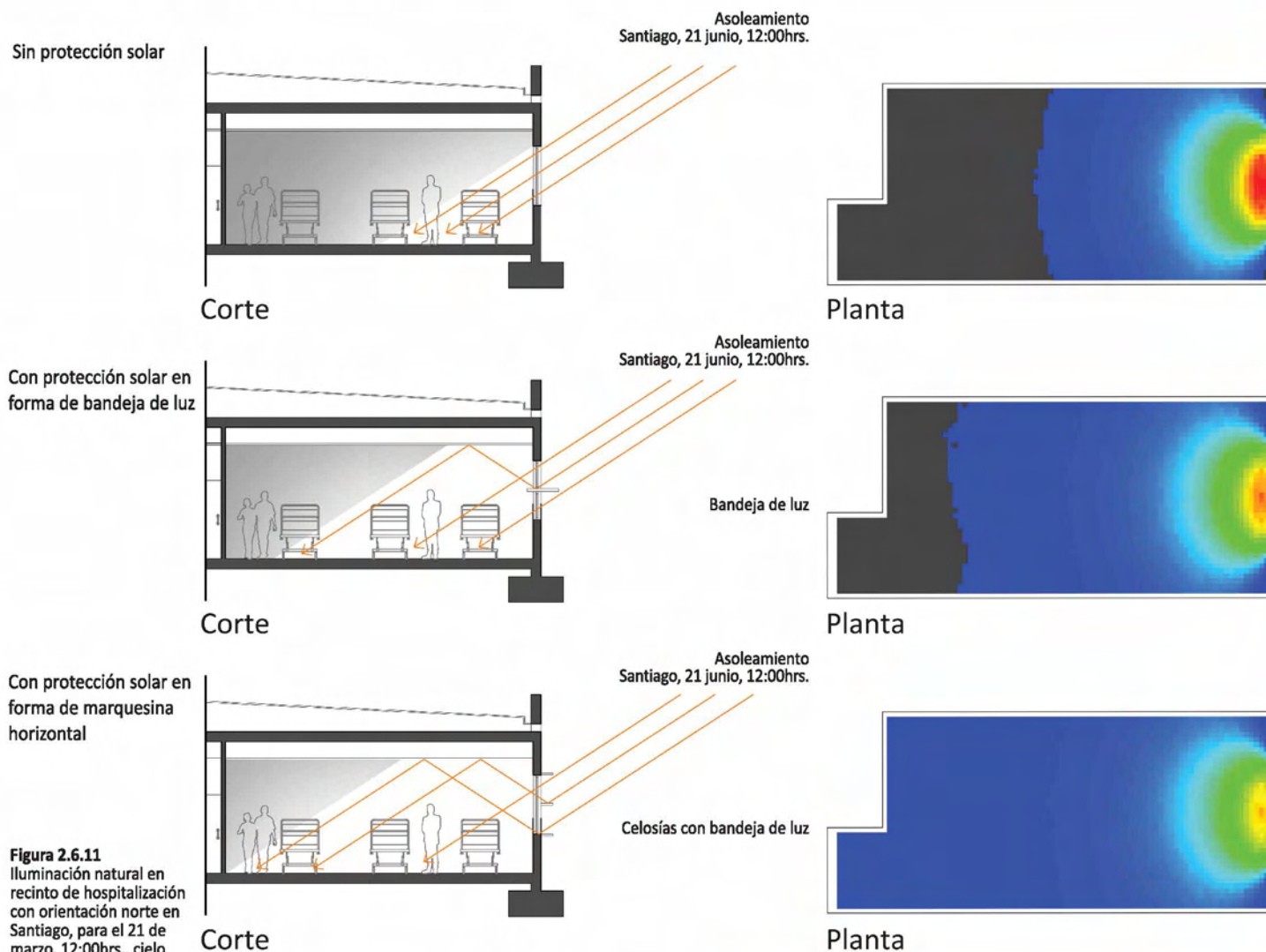


Figura 2.6.11
 Iluminación natural en recinto de hospitalización con orientación norte en Santiago, para el 21 de marzo, 12:00hrs., cielo despejado, 100.000 Lux.

32

Uso de celosías con bandejas de luz pueden proteger de la radiación directa y a su vez, mejorar la distribución natural

2

Protección solar

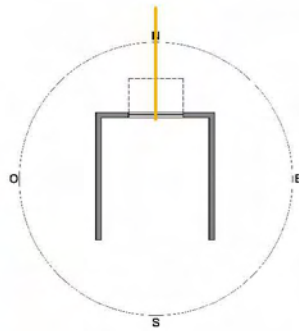
Las protecciones solares deben diseñarse para generar sombra sobre las ventanas durante los períodos cálidos del año. Si la orientación de los recintos es la óptima, es decir, colocando los acristalamientos de las habitaciones hacia el norte, las protecciones solares consistirán en aleros con un tamaño adecuado dependiendo de la zona climática (ver figura 2.6.14).

Para orientaciones oriente y poniente, se deben considerar protecciones solares verticales y en un ángulo tal que generen sombra durante los períodos cálidos del año, sobre todo en climas de NL a SI, pero que

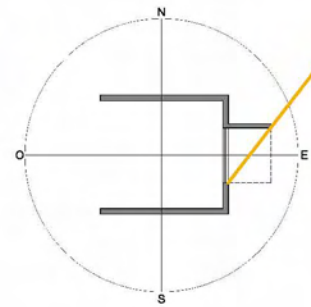
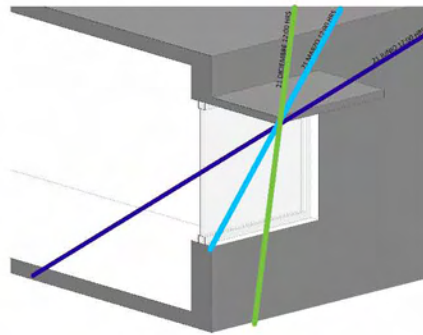
permitan el ingreso de radiación solar directa en períodos fríos, sobre todo en los climas SI, SE y An.

Para orientaciones sur, se deben diseñar protecciones laterales que generen sombra sobre las ventanas sobre todo durante las tardes de los períodos cálidos del año, en climas de NL a SI.

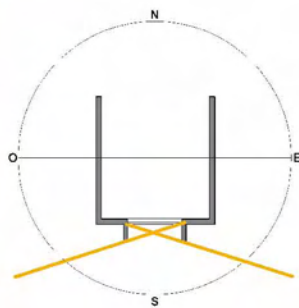
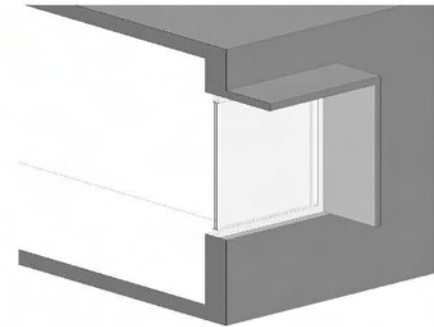
En caso que el diseño no contemple protecciones solares por motivos propios del proyecto, debe seleccionarse un acristalamiento que asegure un coeficiente de sombra igual o menor al indicado en la tabla 2.6.3.



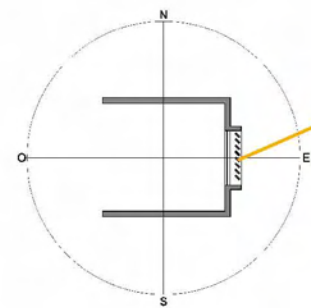
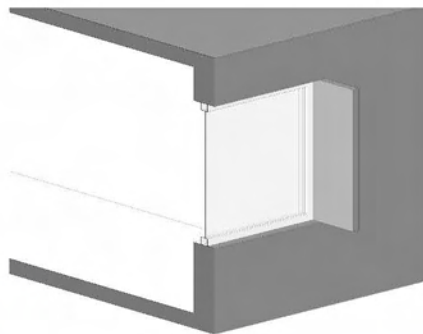
Planta
 21 marzo 12:00hrs. en Santiago.



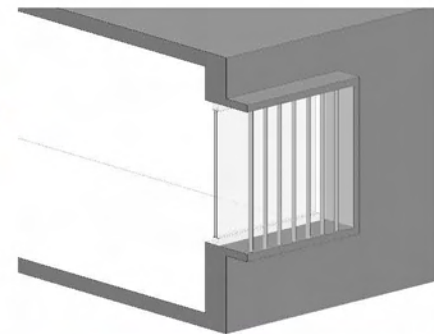
Planta
 21 septiembre, 11:00hrs. en Santiago.



Planta
 21 diciembre, 7:00 y 18:00hrs. en Santiago.



Planta
 21 septiembre, 9:00hrs. en Santiago.



- 21 diciembre 12:00hrs.
- 21 marzo 12:00hrs.
- 21 junio 12:00hrs.

Figura 2.6.14
 Protección solar en ventana, sector hospitalización en Santiago.

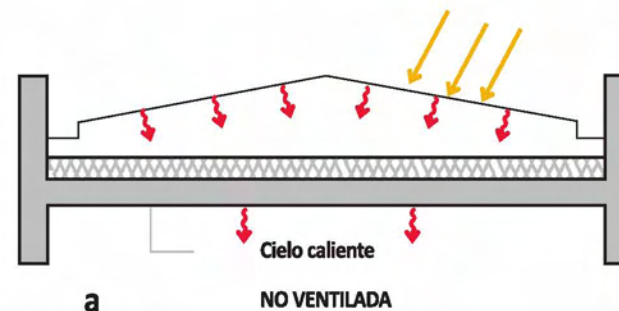
2.6.5 Temperatura sol-aire

Este fenómeno se manifiesta en el sobrecalentamiento de la superficie expuesta al sol, con el consiguiente aumento de la temperatura superficial interior del cielo del recinto, si se trata de una cubierta (ver figuras 2.6.15 a y 2.6.16 a). Para contrarrestar este sobrecalentamiento es necesario desarrollar cubiertas frías que frenen en el paso del sol, ya sea a través de una techumbre ventilada, techumbre sombreada o a través de un techo verde.

Techumbre ventilada

Consiste en una techumbre cuya cubierta actúa como un verdadero elemento de sombra sobre el material aislante térmico del cielo del recinto. Para ello se requiere el uso de una entrada de aire exterior en la parte baja de la cubierta y una salida de aire caliente en la parte alta (ver figura 2.6.15 b y c).

Las simulaciones realizadas demostraron la necesidad de utilizar una techumbre ventilada en las zonas climáticas norte y centro del país. En las zonas sur y andina es recomendable no ventilar la techumbre, dado que predominan las condiciones de invierno y su efecto de calor contribuye a disminuir la demanda de calefacción del edificio.



33

Techumbre ventilada se recomienda para zonas climáticas norte y central

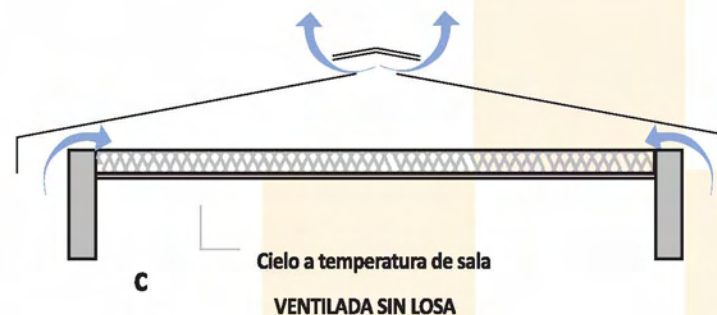
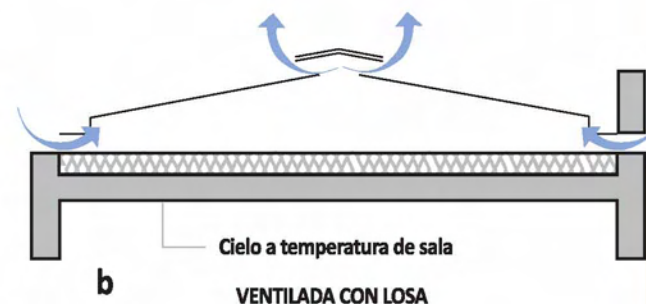


Figura 2.6.15
Techumbre con
entretecho no ventilado
y entretecho ventilado.

2

Techumbre sombreada

Se recomienda principalmente para las losas de cubierta transitables, donde no existe un entretecho. Para ello se debe adicionar a la cubierta un elemento de sombra que reciba la radiación solar y la refleje o bien la absorba, disipando el calor al ambiente exterior. Una forma de materializar esta solución es la incorporación de un emparrillado de madera como lo muestra la figura 2.6.16b.

Techo verde

Consiste en el uso de una cubierta vegetal para absorber la radiación solar incidente. La vegetación necesaria actúa como sombrilla sobre la cubierta mediante la absorción de la radiación solar para fotosíntesis. A su vez, la capa de tierra y su humedad contribuyen a atenuar el efecto térmico de altas temperaturas exteriores sobre el cielo del recinto (ver figura 2.6.16c).

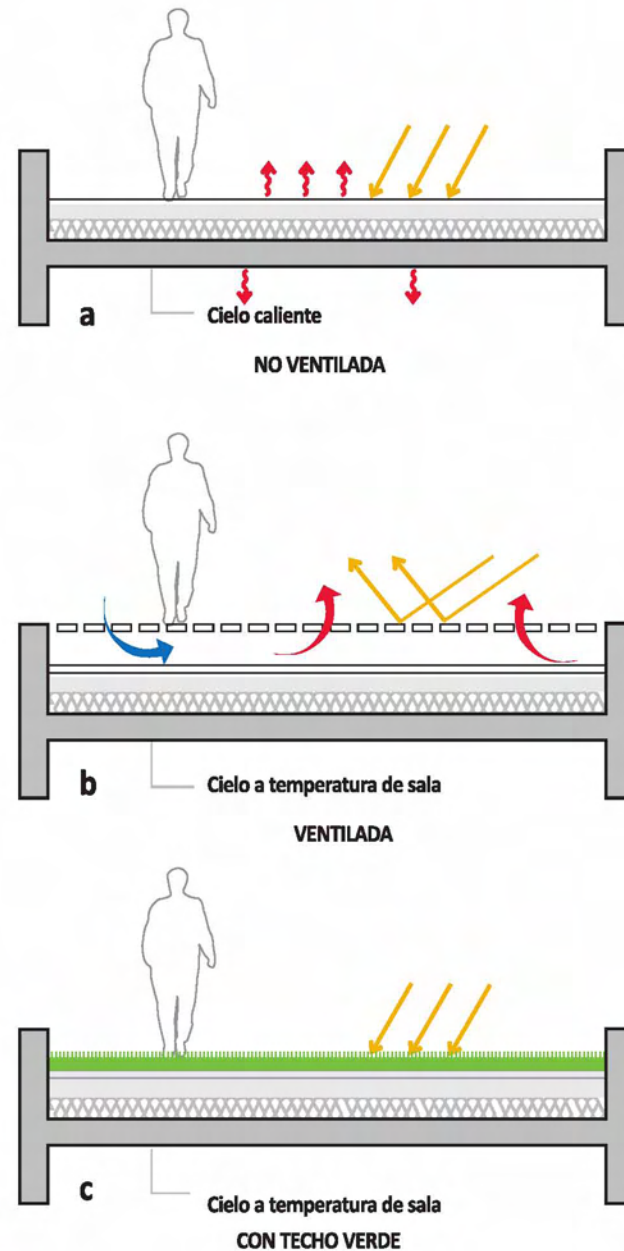


Figura 2.6.16
 Techumbre transitable
 sin entretecho con
 cubierta ventilada y no
 ventilada.

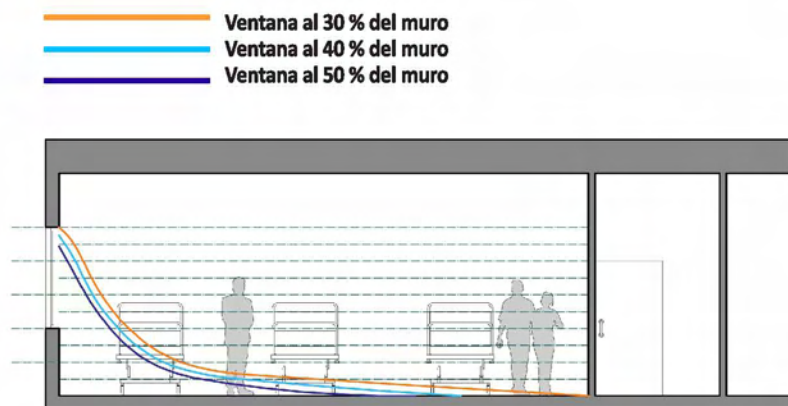


Figura 2.6.17
 Iluminación natural en sala de hospitalización para un día nublado con 10.000 Lux en Santiago.

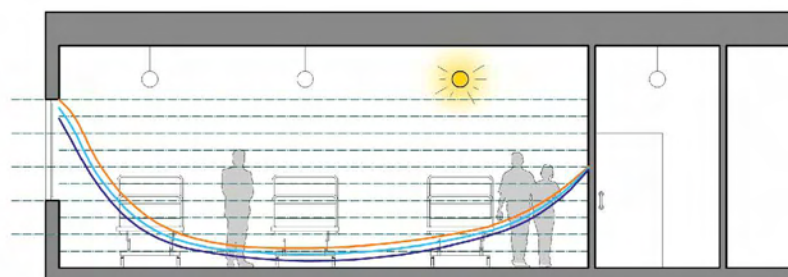


Figura 2.6.18
 Iluminación natural en sala de hospitalización para un día nublado con 10.000 Lux, apoyada mediante iluminación artificial en puntos necesarios, en Santiago.

2.6.6 Control de la iluminación artificial

En condiciones de invierno las cargas de iluminación contribuyen positivamente con aporte de calor; no obstante, en términos de eficiencia energética pueden significar un aporte no deseado al sobrecalentamiento del recinto y un aumento innecesario en los consumos eléctricos. Es así como las simulaciones realizadas demuestran la necesidad de contar con un control de iluminación para reducir cargas de enfriamiento en la mayoría de las zonas climáticas. En las zonas extremas andina y sur extremo puede ser prescindible un control de iluminación para reducir cargas internas, sin embargo, es recomendable un sistema de control para reducir consumos eléctricos.

Tipo de luminaria

Se debe privilegiar el tipo de luminaria con bajo consumo energético pero con alta prestación lumínica. En la sección 3.2.1, Iluminación artificial, se entregan recomendaciones para el tipo de luminaria a utilizar.

Sistemas de control

Los sistemas de control permiten reducir el tiempo de encendido de las luminarias y, por lo tanto, reducen las ganancias de calor internas y los consumos eléctricos. Una forma básica de control de iluminación se logra considerando el sistema de encendido, según el aporte de luz natural de la ventana. De esta forma, las luminarias cercanas a la ventana se encenderán menos horas durante el día (ver figuras 2.6.17 y 2.6.18).

Otras formas de control son los sensores de presencia, fotosensores y control horario que se explican en la sección 3.2.1, Iluminación artificial.

34



Es importante contemplar sistemas de control de la iluminación artificial de modo de integrar a la iluminación natural (ver 3.2.1)

Uso de recuperadores de calor o "heat recovery" recomendado para todos los climas, salvo NVT y NL (ver 3.2 y tabla 3.2.9)

2

2.6.7 Control de la ventilación y la infiltración

Los intercambios de aire con el exterior pueden producir tanto ganancias como pérdidas de calor en los recintos, siendo por lo tanto un factor importante en el ahorro de energía para calefacción y refrigeración del edificio. En ese contexto, se pueden recomendar tres estrategias de acondicionamiento para hospitales: free cooling, recuperador de calor aire-aire y control de infiltraciones.

Free cooling

Es una medida para reducir el consumo energético en refrigeración y consiste en introducir al edificio aire exterior de ventilación fresco directamente, sin necesidad de enfriarlo previamente. Las simulaciones demostraron que es recomendable en el día no exceder la tasa de renovación de 3,5RAH para contar con free cooling en las horas que las temperaturas lo permitan. En las zonas andina y sur extremo es aconsejable no sobrepasar una tasa de 2,5RAH, de manera de reducir las pérdidas de calor y por lo tanto para reducir la demanda de calefacción. En el capítulo 3, sistemas activos, se señalan los sistemas activos que permiten este control. En términos pasivos, para recintos asistenciales que no cuenten con sistemas activos, se debe controlar la apertura y cierre de las ventanas en forma manual para producir ventilación cruzada en épocas de calor y ventilación mínima en invierno para reducir cargas de calefacción.

Recuperador de calor aire-aire

Consiste en una unidad manejadora de aire que tiene un dispositivo para rescatar el calor del aire saliente y entregarlo al aire entrante de manera de bajar las cargas en calefacción. Las simulaciones demostraron la importancia de una unidad recuperadora de calor aire-aire en todas las zonas climáticas, salvo en la zona norte litoral y valles transversales, donde su efecto es mínimo. En la sección 3.2.3, calefacción, enfriamiento y ventilación, se indica la aplicación de una unidad recuperadora de calor aire-aire en combinación con sistemas de ventilación.

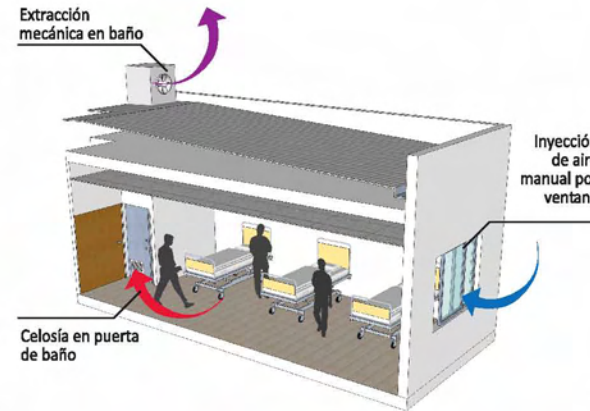


Figura 2.6.19
Ventilación mixta para
recinto de hospitalización

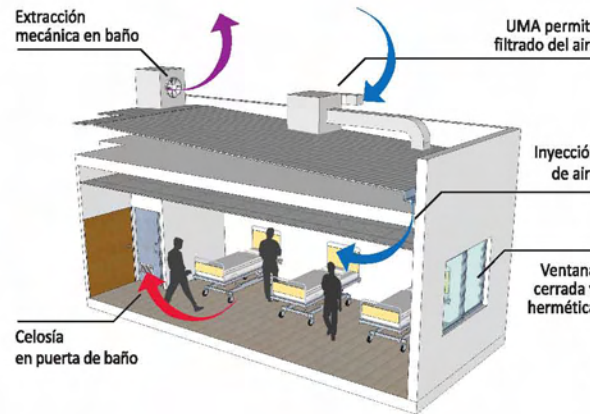


Figura 2.6.20
Ventilación controlada en
modo época de frío para
recinto hospitalización

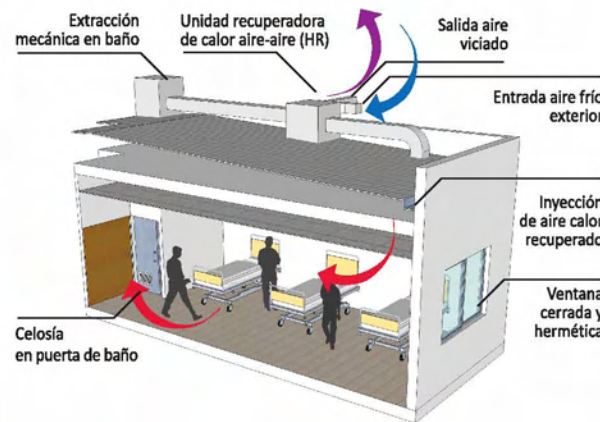


Figura 2.6.21
Ventilación controlada
con recuperador de calor
en modo época de frío,
para recinto
hospitalización.

Control de infiltraciones

Las infiltraciones corresponden a las fugas o entradas de aire no deseadas al edificio, como producto de la calidad constructiva de la envolvente, cavidades para ductos de instalaciones y tipos de cierre de ventanas y puertas con el exterior.

En términos de calefacción, las simulaciones demostraron que se debe lograr una envolvente hermética que permita alcanzar una tasa de RAH por infiltración no mayor a 0,3 para todas las zonas climáticas, excepto en las zonas andina y sur extremo, donde se debe ser aún más exigente y alcanzar una tasa de RAH igual o inferior a 0,1.

Las estrategias para lograr una hermeticidad en la envolvente de los edificios son (ver figura 2.6.22):

- Uso de sistemas constructivos de muros, pisos y techumbre continuos como el hormigón armado.
- Uso de sellos en las uniones de placas de terminación cuando se trata de sistemas constructivos en tabiquería seca.
- Uso de sellos en los marcos de las ventanas.
- Uso de ventanas y puertas con cierre hermético y doble contacto.
- Uso de sellos en los marcos de ventanas.

Para comprobar la hermeticidad se puede someter el edificio a un test de presión, o blower door test. Este es un test en el que un ventilador otorga aire al edificio, a una presión determinada, para luego medir las tasas de renovación de aire resultantes por infiltración. El sistema permite además realizar la búsqueda de fugas, ya sea con ayuda de humo, sensores de movimiento de aire y cámaras termográficas.

Estrategias de ventilación e infiltración para control de calefacción y enfriamiento

Código	Estrategia	Recomendaciones	
		Enfriamiento	Calefacción
VP	Ventilación pasiva	No recomendable Puede producir corrientes de aire indeseables Puede producir sobre enfriamiento	No recomendable en general, por descontrol en las tasas de renovación de aire hora (RAH), lo que produce un aumento en las demandas de energía en calefacción. En caso necesario podría utilizarse en zonas NL, NVT, CL y CI.
VC	Ventilación controlada	Requisito para combinar con free cooling	Ideal
FC	Free cooling	Ideal *No debe sobrepasar tasas de 2,5 a 3,5RAH (ventilación incluida) *Se debe aplicar sólo durante horas convenientes	No aplica
VC + HR	VC + recuperador de calor	No aplica	Ideal en zonas SE y AN. Se debe evaluar estudio de costo/beneficio en zonas CL, CI, SL y SI. No aplica en las demás zonas.
Cinf	Control de infiltraciones	No aplica	Ideal en zonas con alta demanda de frío y sistemas de ventilación controlada. *Tasa menor o equivalente a 0,1RAH en SE y AN. *Tasa menor o equivalente a 0,3 (hasta 0,5) en otras zonas.

* La pertinencia de su aplicación debe ser revisada caso a caso.

Tabla 2.6.5
Estrategias de ventilación e infiltración para control de calefacción y enfriamiento.

35

Medidas de diseño para reducir riesgos de infiltración por envolvente

2

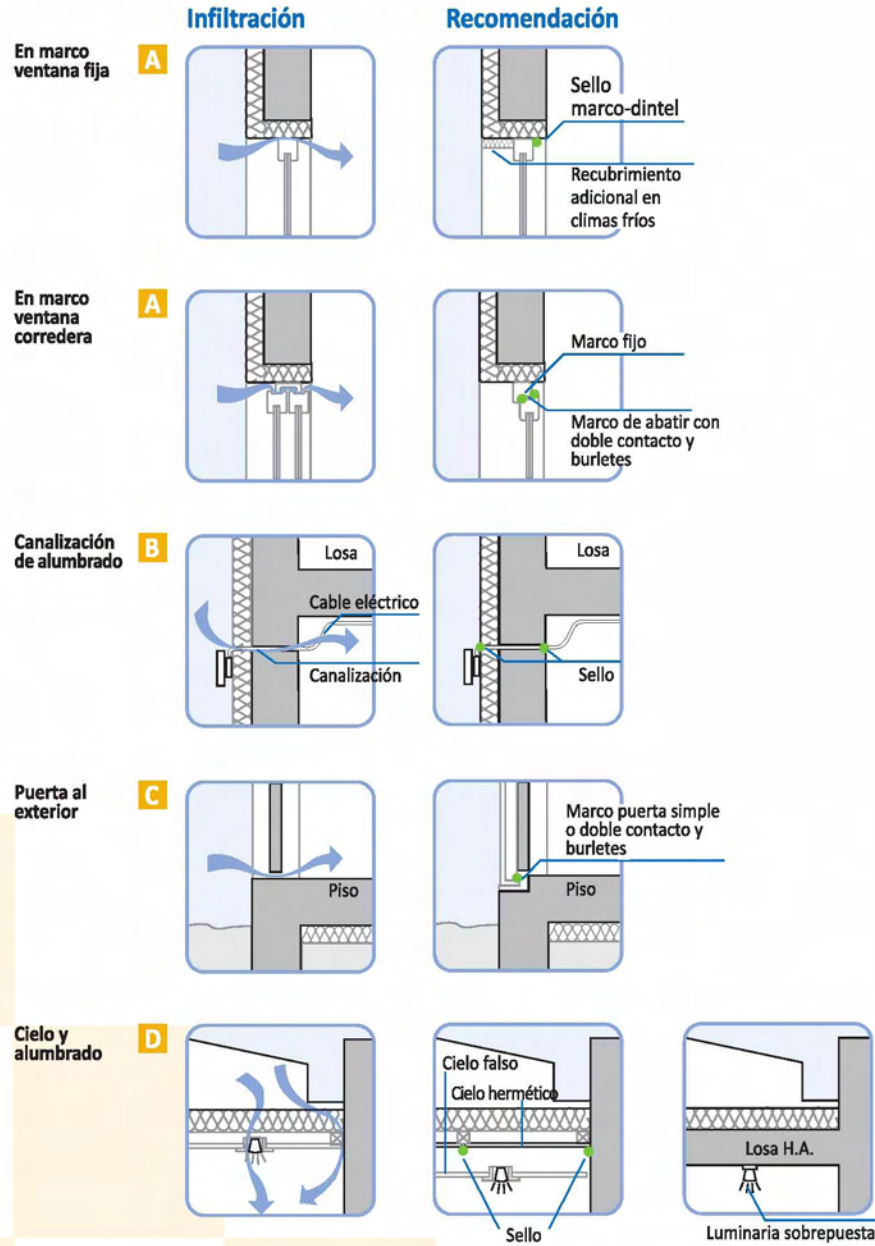
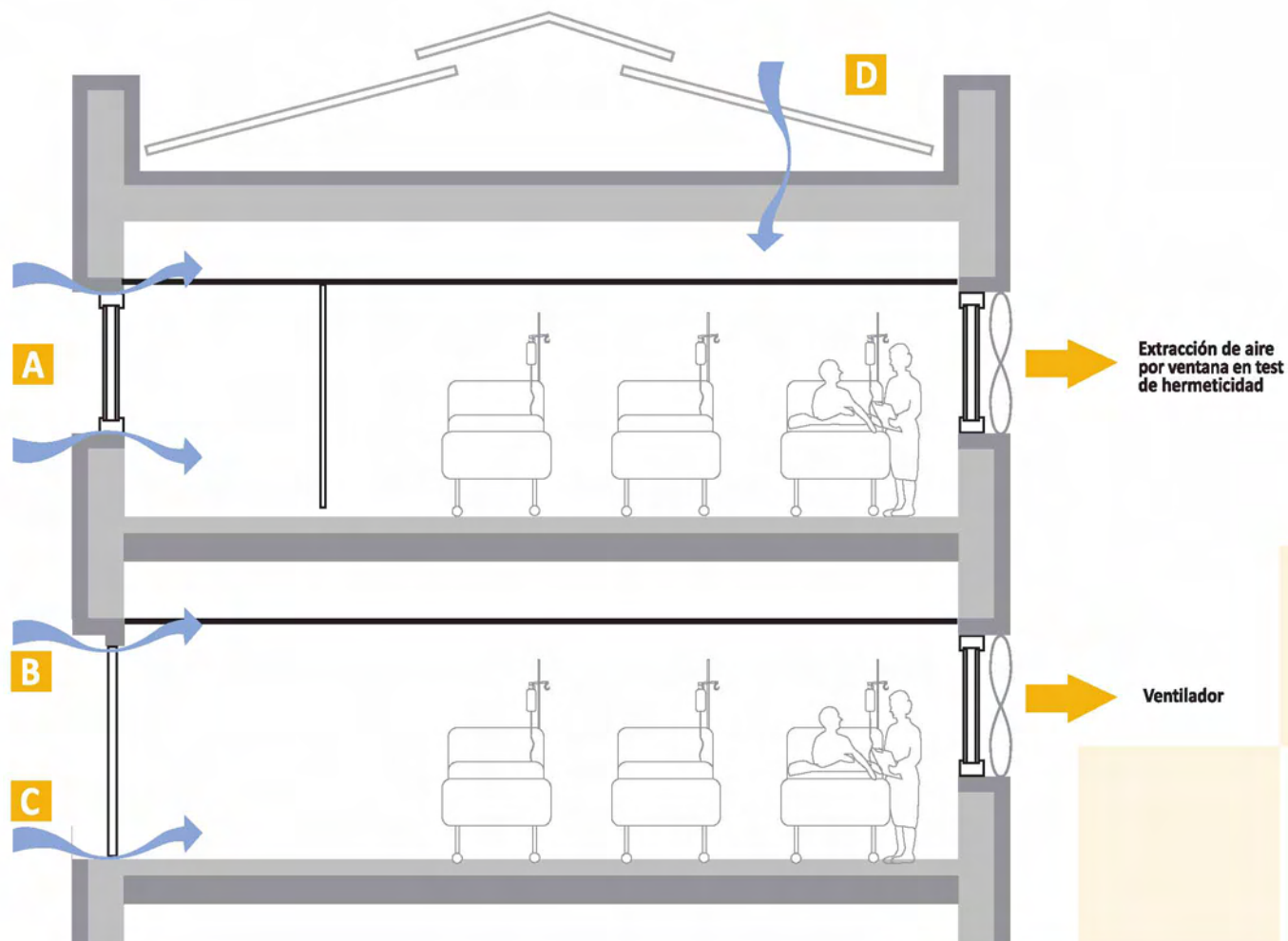


Figura 2.6.22
 Detección de infiltraciones y soluciones constructivas para evitarlas.



Continuación
Figura 2.6.22
Detección de infiltraciones y soluciones
constructivas para evitarlas.

SISTEMAS ACTIVOS

3

AChEE

Agencia Chilena de
Eficiencia Energética



3

Sistemas activos

- 3.1 Introducción
- 3.2 Estrategias
- 3.3 Resumen de recomendaciones

Los establecimientos de salud son sistemas muy complejos, que se caracterizan por ser edificios con variados tipos de uso, perfiles de ocupación diferentes y consumos elevados en climatización, iluminación y energía eléctrica, debido a la necesidad de garantizar un funcionamiento continuo a lo largo del día. Estudios sectoriales desglosan los promedios de consumos energéticos según los siguientes datos basados en porcentaje de costo.

Distribución de consumos por tipo de sistema.	
Climatización (ACS + calefacción + enfriamiento)	40 - 60%
Iluminación	20 - 30%
Otros (cocina + lavandería + elevadores)	10 - 15%

Tabla 3.1.1
 Distribución de
 consumos por tipo de
 sistema.
 Fuente: Fenercom, 2010

Vista esta distribución, es evidente la importancia de estudiar los sistemas activos de los establecimientos de salud de forma optimizada, siguiendo una estrategia de selección de soluciones altamente eficientes en toda la demanda existente (climatización, iluminación, otros), caso por caso.

En este capítulo se contempla la descripción y análisis cualitativo de los diferentes sistemas activos que se implementan en establecimientos de salud con respecto a la iluminación artificial, los sistemas sanitarios, así como las estrategias de ahorro en consumo de agua, calefacción, enfriamiento y ventilación. Finalmente, se analizan estrategias de gestión y control de los diferentes sistemas en particular y como un todo.

En el apartado de los sistemas de climatización se evalúan los diferentes sistemas de generación energética en base, no sólo a la propia generación, sino a su acoplamiento con los sistemas de distribución y difusión, analizando también la posible integración de energías renovables a los sistemas activos, de modo de avanzar más allá con sistemas innovadores y que serán en un futuro cercano integrantes comunes de nuestros edificios.

Para cada alternativa tecnológica, donde es posible, se indican valores de rendimiento a modo de referencia, así como una evaluación técnica que permita visualizar las diferentes ventajas y desventajas de cada sistema.

Para finalizar el capítulo, se presenta un resumen con las diferentes tecnologías analizadas, con sus respectivas ventajas y desventajas, así como una serie de recomendaciones a nivel de estrategias a considerar para las diferentes zonas climáticas de Chile.

3.1.1 Sistemas energéticos en establecimientos de salud

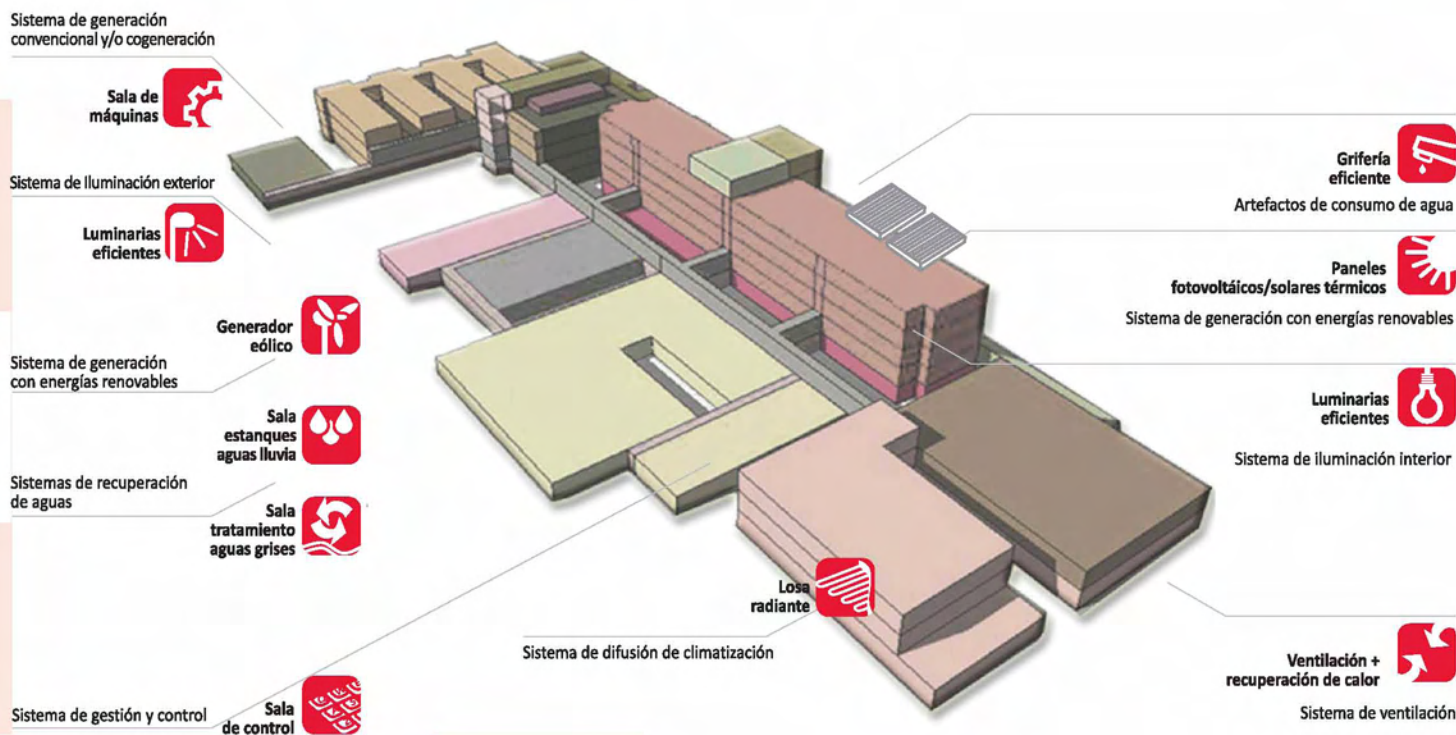
En un establecimiento de salud podemos distinguir una serie de sistemas que permiten satisfacer las diferentes demandas energéticas requeridas por este tipo de edificio. Estos sistemas pueden incluir tecnologías convencionales, así como de eficiencia energética y de energías renovables. La siguiente lista resume estos diferentes sistemas a encontrar en establecimientos de salud, los que se aprecian esquematizados en la Figura 3.1.1.

- Sistema de iluminación artificial interior y exterior.
- Artefactos de consumo de agua (grifería, inodoros, urinarios, etc.).

- Sistema de recuperación de agua (aguas lluvia, aguas grises).
- Sistema de difusión de climatización (por aire, por agua, etc.).
- Sistema de ventilación + recuperación de calor.
- Sistema de generación convencional y/o cogeneración.
- Sistema de generación con energías renovables.
- Sistema de gestión y control.

Cada uno de estos sistemas se explica con mayor detalle en los siguientes subcapítulos.

Figura 3.1.1
Resumen de sistemas energéticos en un
establecimiento de salud *Fuente: elaboración propia
en base a bibliografía consultada*



3.1.2 Resumen de condiciones de confort y alternativas tecnológicas de acondicionamiento ambiental

En los capítulos anteriores se ahondó en las características arquitectónicas que debieran cumplir los establecimientos de salud, de tal forma de contribuir en forma pasiva a reducir el consumo de energía requerido para alcanzar los diferentes niveles de acondicionamiento ambiental para cada uno de los recintos que los componen. No obstante, aunque este planteamiento es primordial dentro de un diseño eficiente de los establecimientos de salud, siempre existirá la necesidad de acompañar

estos edificios con sistemas activos que permitan alcanzar los grados de confort y acondicionamiento necesarios en cualquier momento y frente a cualquier necesidad.

La tabla 3.1.2 resume las diferentes condiciones de confort mínimas a considerar que deberán alcanzarse en los diferentes recintos de un establecimiento de salud.

Resumen indicadores de confort recomendados para diferentes establecimientos de salud				
Tipo de recinto	Iluminación (lux)	Rango confort térmico [°C]	Humedad relativa [%]	Renovación aire hora [RAH]
Hospitalización	300	21 - 24	40 - 60	6
Laboratorios/Farmacia	300	21 - 26	40 - 60	6 - 12
Salas de espera	300	19 - 23	40 - 60	6
Salas de tratamiento	300 - 500	21 - 26	40 - 60	6
Dermatología	500	20 - 24	40 - 60	2
UCI	300	20 - 24	40 - 60	6
Pabellones quirúrgicos	500 - 1000	18 - 26	40 - 60	15 - 20
Urgencias	300	20 - 24	40 - 60	6 - 12
Salas pre y post operatorio	300	21 - 26	40 - 60	6
Oficinas/Zonas administrativas	500	20 - 25	40 - 60	2
Area vestuario y aseo	150	20 - 26	40 - 60	2
Servicios higiénicos	150 - 200	20 - 24	40 - 60	6
Pasillos	150 - 200	19 - 25	40 - 60	2

Tabla 3.1.2
Resumen de indicadores de confort recomendados para diferentes recintos de salud.

Conociendo estos requerimientos mínimos de acondicionamiento para cada uno de los recintos de un establecimiento de salud, se revisan entonces en este capítulo, diferentes alternativas tecnológicas que permitan alcanzar estos requerimientos con un énfasis en sistemas eficientes e innovadores que permitan ofrecer al lector una mirada nueva ante el diseño de estos sistemas.

No es la intención de esta guía detallar todos los sistemas factibles de implementar, ni tampoco hacer un análisis profundo de cada sistema,

porque requeriría quizás de una guía específica para cada uno de ellos. Por el contrario, la intención es revisar diferentes alternativas disponibles actualmente, enfatizando soluciones que favorezcan la utilización de energías renovables o que permitan generar ahorros importantes en el consumo de energía frente a sistemas más convencionales. La tabla 3.1.3 resume las diferentes alternativas tecnológicas que se analizan en este capítulo de la guía.

Alternativas tecnológicas	
Campo	Tecnologías analizadas
Iluminación artificial	<p>Luminarias: Fluorescencia lineal (ahorro, larga vida, mayor flujo lumínico, reproducción mejorada), fluorescencia compacta no integrada (larga vida, reproducción mejorada), descarga exterior (halogenuros metálico cerámico, sodio alta presión), descarga interior (halogenuros metálico cerámico), halógenas (dicroica de ahorro), LEDs.</p> <p>Equipos: Balastos electrónicos, transformador electrónico.</p>
Uso del agua	<p>Grifería: Aireadores y eyectores para grifería, llaves monomando tradicionales, cartuchos ecológicos de apertura, llaves de volante tradicional, llaves termostáticas, llaves electrónicas de activación por infrarrojos, llaves electrónicas táctiles programables, llaves temporizadas, llaves de ducha, eyectores giratorios orientables para llaves de lavaplatos.</p> <p>Fluxómetros: Fluxómetros para inodoros.</p> <p>Duchas: Duchas hidro-eficientes y de hidromasaje por turbulencia, duchas especiales.</p> <p>Descarga inodoros: Tanques o cisternas con pulsador interrumpible, tanques o cisternas con tirador, tanques o cisternas con doble pulsador.</p> <p>Recup. de aguas: Aguas lluvias y de aguas grises.</p>
Calefacción/enfriamiento/ventilación - Sistemas de distribución	fan-coils + aire primario, suelo/techo radiante + aire primario, losa activada térmicamente, vigas frías inductivas + aire primario, todo aire, todo aire por mezcla, todo aire por desplazamiento, todo aire con VRV, sistema tipo volumen variable de aire (VAV).
Estrategias de ahorro en ventilación	Recuperación de calor en las UMAs + free cooling, enfriamiento evaporativo.
Calefacción/enfriamiento/ventilación - Sistemas de generación	Sistema tradicional con enfriadora de compresión y caldera de gas, bombas de calor, sistema tradicional con recuperación de calor.
Calefacción/enfriamiento/ventilación - Sistemas de generación con energías renovables	Bomba de calor geotérmica, caldera de biomasa + absorción, solar térmica para ACS, solar térmica + rueda desecante, solar térmica de concentración (Fresnel) + máquina de absorción de doble efecto, solar fotovoltaica.
Cogeneración	Cogeneración, trigeneración.
Gestión y control	Sistemas de gestión técnica centralizada (BMS).

Tabla 3.1.3
 Resumen de alternativas tecnológicas.
 Fuente: elaboración propia

3.2.1 Iluminación artificial

Los principales desafíos que se plantean en el estudio de la iluminación natural y artificial de un edificio son:

- El confort visual de sus usuarios y la disponibilidad de iluminación natural.
- El consumo energético y el consecuente gasto económico debido al sistema de iluminación artificial.

Los factores más importantes a la hora de escoger el sistema de iluminación se relacionan con varios aspectos:

- Costos (luminaria, recambios, mantenimiento, costos indirectos por interrumpir la actividad a la hora de cambiar las luminarias, costos energéticos, vida útil).
- Seguridad (sobrecalentamiento, cortocircuitos, interrupción de servicio, sobrecargas, resistencia a impactos).
- Requisitos de calidad lumínica (flujo luminoso, índice de reproducción cromática, temperatura de color, depreciación en el tiempo).
- Flexibilidad e integración de modelos diferentes.
- Confort visual.
- Calor residual generado.

Para un diseño eficiente del sistema de iluminación artificial del edificio, se debe tener en cuenta diferentes aspectos que influyen en los consumos globales del sistema. Las principales medidas de ahorro asociadas a esto, y que se explican con mayor detalle en este capítulo, son:

- Instalación de luminaria eficiente y apta a las necesidades del lugar.
- Sectorización del sistema de iluminación allí donde se prevé diferencia en el uso del espacio o en la disponibilidad de luz natural.
- Uso de equipos y transformadores eficientes para las luminarias.
- Uso de sistemas de control de la iluminación.
- Uso de sistemas de ahorro por apagado parcial (doble circuito).
- Uso de reactancias de doble nivel.
- Uso de estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera.

Alternativas tecnológicas

En los sistemas de iluminación se debe dar la misma importancia a la elección de las luminarias y de los equipos asociados. A la hora de diseñar el sistema se deben considerar con mucha atención las necesidades de iluminación para cada destinación de uso, y asociar el sistema que sea capaz de cumplir estos requerimientos de la forma más eficiente. En las tablas siguientes, se describen las alternativas tecnológicas existentes en el mercado para luminarias y equipos, marcando para cada una de éstas las soluciones comunes y las soluciones más recomendables, junto a sus características y ventajas principales.

En los últimos años se está observando una larga difusión de la tecnología LED, en sustitución de las principales tecnologías aquí descritas. Las luminarias LED se caracterizan por ¹:

- Reducción del consumo energético en comparación con las luminarias fluorescentes.
- Espectro luminoso optimizado, lo que permite alto confort lumínico.
- Alta eficacia luminosa (la más alta en el mercado, hasta 165lm/W)
- Larga vida útil (hasta 45.000-50.000 horas).
- No contiene mercurio como los tubos fluorescentes (menor riesgo para el medio ambiente).

Es por estas características que hoy la industria considera a los LEDs como la tecnología del futuro en relación a la iluminación eficiente. Sin embargo, es importante considerar que los altos niveles de eficacia lumínica aún no son alcanzados por la mayoría de los fabricantes, además aún se observan precios altos que dificultan su mayor utilización. Es por estos motivos que los consultores de iluminación deberán evaluar su utilización para cada proyecto en particular.

Un sistema de iluminación se caracteriza por sus tres principales elementos: la lámpara o fuente de luz, los equipos auxiliares y las luminarias.

La tabla 3.2.1 resume las diferentes alternativas tecnológicas disponibles en cuanto a lámparas o fuentes de luz. En la primera columna de esta tabla se indica la solución común, en la segunda, la tipología recomendada y en la tercera, sus características principales, revisando ventajas y desventajas de ellas.

1 Fuente: Cree, 2012

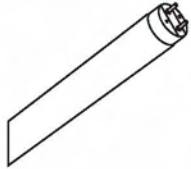
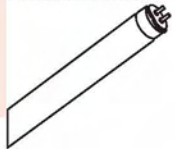


Iluminación artificial - Lámparas		
Solución	Tipología recomendada	Características y ventajas principales
Fluorescencia lineal		
T8 26 mm diámetro 	T8 Ahorro	Ahorro mínimo de un 10% de energía frente a las fluorescentes T8 comunes. Funcionamiento con balastos electromagnéticos y electrónicos. Mayor flujo luminoso que las T8 comunes. Cuando son acompañadas de balastos electromagnéticos, proporcionan un parpadeo que aunque no puede distinguirse visualmente puede causar dolores de cabeza. Además no pueden atenuarse.
	T8 Larga vida	Aplicación en lugares con necesidad de iluminación artificial continua. Ahorros en costos de reposición, mantenimiento y alteraciones de la dinámica de trabajo. Funcionamiento con balastos electromagnéticos como electrónicos. Los encendidos y apagados constantes disminuyen la vida útil de estas lámparas. Generan corrientes armónicas que pueden generar contaminación armónica en la red de distribución.
	T8 Mayor flujo lumínico	Mayor confort lumínico.
	T8 Reproducción mejorada	Mayor confort lumínico.
T5 16mm diámetro 	T5 Larga vida	El tamaño facilita el uso de luminarias compactas. Excelente mantenimiento del flujo luminoso. Buena reproducción cromática. Aplicaciones para alumbrado de alta calidad. De mayor eficacia luminosa que las T8. Generan corrientes armónicas que pueden generar contaminación armónica en la red de distribución.
	T5 Reproducción mejorada	Índice de reproducción cromática superior a 90. Aplicación en áreas del establecimiento de salud donde se requiere alto índice de reproducción del color. De mayor eficacia energética que los T8. Sólo funcionan con balastos electrónicos.
Fluorescencia compacta no integrada		
2 y 4 patillas 	Larga vida	Intercambiables con las T8. Funcionamiento con balastos electromagnéticos como electrónicos. Generan corrientes armónicas que pueden generar contaminación armónica en la red de distribución.
	4 patillas	
	Larga vida	Menor costo de mantención que las alternativas incandescentes.
	Reproducción mejorada	Confort lumínico.

Tabla 3.2.1
 diferentes alternativas tecnológicas disponibles de lámparas
 Fuente: Fenercom, 2010

Continuación
Tabla 3.2.1
 diferentes alternativas
 tecnológicas disponibles
 de lámparas
 Fuente: Fenercom, 2010

Solución	Tipología recomendada	Características y ventajas principales
Descarga exterior		
Vapor de mercurio 	Halogenuros metálico cerámico 	Ideales para aplicación en áreas extensas como es el caso de exteriores de establecimientos de salud, ya que poseen flujos luminosos elevados. Mayor eficacia luminosa que las de vapor de mercurio. Mayor reproducción cromática que las de vapor de mercurio. Mayor vida útil en comparación con las de vapor de mercurio y los halogenuros metálicos convencionales.
	Sodio alta presión 	Poseen mejor reproducción cromática que las de baja presión. Poseen una mayor eficacia lumínica que las de vapor de mercurio, aunque su vida útil es similar. Eficaces para exterior, pero de menor reproducción cromática que los halogenuros metálico cerámicos. Pueden resultar útiles en aplicaciones para áreas de estacionamientos exteriores.
Descarga interior		
Halogenuros metálicos de cuarzo	Halogenuros metálico cerámico 	Útiles para grandes espacios o patios interiores donde se requiera de alta luminosidad y alta reproducción cromática. Ahorros superiores al 20% en comparación con los halogenuros metálico de cuarzo. Mejor reproducción cromática. Mayor vida útil.
Halógenas		
Dicroica estándar 	Dicroica de ahorro 	Ahorros de hasta un 40% de energía respecto a las dicroicas estándar. Mayor vida útil (hasta 2,5 veces superior). Menor emisión de calor.
Incandescencia v/s Fluorescencia compacta integrada		
Incandescencia 	Fluorescente compacta 	Ahorros hasta de un 75% de energía respecto a lámparas incandescentes. Mayor vida útil (hasta 15 veces superior).
LED's		
		Reducción del consumo energético en comparación con las luminarias fluorescentes. Espectro luminoso optimizado, lo que permite alto confort lumínico. Alta eficacia energética (la más alta en el mercado, hasta 165lm/W). Larga vida útil (hasta 45000-50000 horas). No contiene mercurio como los tubos fluorescentes (menor riesgo para el medio ambiente).

A diferencia de las lámparas incandescentes que funcionan en forma estable al conectarlas directamente a la red eléctrica, la gran mayoría de las otras fuentes de luz requieren de un equipamiento auxiliar para iniciar su funcionamiento o para mantener una intensidad acotada. Este equipamiento es determinante en las prestaciones de servicio de la lámpara. Los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores, condensadores y transformadores.

El balasto es quizás el elemento más importante ya que es el que proporciona energía a la lámpara y, por lo tanto, el que influye de mayor

forma en la eficiencia energética del sistema de iluminación. En el último tiempo, el balasto electrónico ha aparecido como un elemento fundamental para la mejora de los sistemas fluorescentes, reduciendo el efecto estroboscópico, eliminando los ruidos, reduciendo el calor disipado, aumentando la vida útil y mejorando la eficiencia energética de las lámparas.

La tabla 3.2.2 resume las características de estos equipamientos auxiliares.

Iluminación artificial - Equipamiento auxiliar		
Solución común	Tipología recomendada	Ventajas de la recomendación
Balastos electromagnéticos	Balastos electrónicos	Ahorros mínimos de un 22% de energía hasta un 57% en función del tipo de fluorescente. Hasta un 50% más de vida útil en las lámparas. Menor generación de calor residual. Mayor confort visual (no parpadeos y efecto estroboscópico). Mayor seguridad. Simplicidad de instalación. Existen balastos regulables (dimmer) para mayor control de la iluminación.
Transformador electromagnético	Transformador electrónico	Ahorros mínimos de un 12% de energía hasta un 27% en función del tipo de fluorescente. Más seguros en casos de cortocircuitos, sobrecargas y altas temperaturas. Nivel de luz constante en casos de bajo voltaje o sobre voltaje.

Tabla 3.2.2
 Equipamiento asociado
 a luminarias
 Fuente: Fenercom, 2010

Resumen de las características principales de las alternativas tecnológicas para iluminación artificial	
Tecnología	Eficacia y vida útil
Fluorescencia lineal	60-100 lm/W Vida útil media 12000-75000h en función de tipo y ciclo de encendido/apagado
Fluorescencia compacta no integrada	57-88 lm/W Vida útil media 7000-32000h en función de tipo y ciclo de encendido/apagado
Descarga exterior	80-150 lm/W Vida útil media 18000-36000h
Descarga interior	80-100 lm/W Vida útil media 9000-16000h
Halógenas	Vida útil media 2000-5000h
Incandescencia	8-20 lm/W Vida útil media 1000h
LEDs	Hasta 165 lm/W Vida útil media 20000-50000h

* Se recomienda verificar estos números a través de ensayos de laboratorios

Tabla 3.2.3
 Resumen de las características principales de las alternativas tecnológicas para iluminación artificial.
 Fuente: Escan, 2009; Cree, 2012; IDAE y CEI 2001

40

Lámparas recomendadas por tipo de recinto y tipo de luz

Tipos de aplicación

Aunque la selección depende del tipo del edificio y de aspectos económicos y de necesidad, en general en la mayoría de los establecimientos de salud hoy se instalan luminarias con tecnología fluorescente, por las ventajas de calidad, prestaciones, vida útil y precio que se han remarcado.

Más allá de esto, la tabla 3.2.4 resume los requerimientos de iluminación para los diferentes recintos de un establecimiento de salud, y al mismo tiempo ofrece una primera aproximación de recomendación de tipo de lámparas a aplicar para cada recinto. En particular, se resumen lámparas recomendadas (R) u opcionales (O).

Tabla 3.2.4
Ejemplo de recomendación de lámparas para establecimientos de salud.

Recomendaciones para lámparas							
Tipo de recinto	Recomendación	Fluorescencia lineal tipo T5	Fluorescencia compacta	Descarga exterior	Descarga interior	Halógenos	LED
Habitaciones	Luz cálida	R	O				O
Laboratorios/Farmacia	Luz fría	R			O		O
Salas de espera	Luz cálida	R	O				O
Salas de tratamiento	Alta reproducción cromática	R			O		O
Dermatología	Alta reproducción cromática	R			O		O
UCI	Alta reproducción cromática	R			O		O
Pabellones quirúrgicos	Alta reproducción cromática	R			R		O
Salas pre y post operatorio	Alta reproducción cromática	R					O
Oficinas/Zonas administrativas	Luz neutra	R	O				O
Area vestuario y aseo	Luz neutra	R	O				O
Servicios higiénicos	Luz neutra	R	O				O
Pasillos	Luz neutra	R	O				O
Espacios exteriores	Alto flujo luminoso			R			O
Estacionamientos	Luz cálida			R			O
Patios interiores	Luz cálida				R		O

R: Recomendado
O: Opcional

Gestión y control

Las técnicas existentes de control de alumbrado son:

- Detección de movimiento (interruptores de proximidad o PIR's Passive Infrared).
- Regulación en función de la luz diurna (fotosensores, interruptores crepusculares, interruptores horarios astronómicos).
- Iluminancia constante.
- Control horario y por fechas.
- Registro de horas de utilización.

El objetivo común de estas técnicas de control es la optimización de los tiempos de encendido y de apagado de las luminarias, con la consecuente optimización de los consumos.

En el caso de establecimientos de salud en general, es oportuno analizar las necesidades específicas de cada zona para verificar la necesidad de instalar un sistema de control y para escoger el más adecuado.

41

Necesidades de iluminación por recinto de establecimiento de salud

Necesidades de iluminación en establecimientos de salud	
Recinto	Necesidades
Atención abierta: Boxes de atención, salas de espera, pasillos, baños públicos, caja escala	Nivel de iluminación recomendado: - Boxes: 300 lux. - Otros: 150 - 200 lux. Iluminación relacionada a la presencia de personas. Iluminación confortable a la vista y no específica para trabajo.
Administración: Oficinas.	Nivel de iluminación recomendado: 500 lux. Iluminación específica para trabajo de oficina, en frente de computadores, control de la luminosidad y de efectos de deslumbramiento.
Unidad de cuidados intensivos, pabellones quirúrgicos, urgencia: Recintos adultos y pediatría, pasillos.	Nivel de iluminación recomendado: - Pabellones quirúrgicos, urgencia: 500 - 1000 lux. - UCIs: 300 lux. - Pasillos: 150 - 200 lux. Iluminación específica para el tipo de cuidado, en particular en recintos quirúrgicos. Luminarias especiales para actividades específicas.
Hospitalización: baños públicos, baños dormitorios, caja escala, dormitorios pacientes, salas de espera, pasillos.	Nivel de iluminación recomendado: - Dormitorios: 300 lux. - Otros: 150 - 200 lux. Iluminación relacionada a la presencia de personas. Iluminación confortable a la vista y al descanso.
Exteriores	Los niveles de iluminación deberán ser contemplados por el proyectista según requerimientos de seguridad y/o arquitectónicos. Iluminación relacionada a la presencia de personas y específica para espacios abiertos. Temas de estética. Resistencia a impactos y a factores atmosféricos.
Zonas de servicios (lavandería, mantenimiento, farmacia)	Nivel de iluminación recomendado: - Farmacia: 500 lux. - Laboratorios: 300 lux. - Otros: 150 - 200 lux. Iluminación relacionada a la presencia de personas. Iluminación confortable a la vista y no específica para trabajo.

Tabla 3.2.5
Necesidades de iluminación en establecimientos de salud.

3

A nivel de los controles, los fotosensores pueden operar bajo algoritmos de circuito abierto, circuito cerrado o circuito dual, siendo este diseño un tema crítico. A pesar que es preferible la utilización de un circuito cerrado para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, si el incremento de precio es significativo, nos podemos quedar con un algoritmo de circuito abierto.

Otras medidas de ahorro:

- Sistemas de ahorro por apagado parcial (doble circuito): consiste en apagar parte de las luminarias durante un período determinado. El ahorro es instantáneo y es directamente proporcional al número de luminarias apagadas.

Los aspectos negativos de esta solución son la pérdida de uniformidad lumínica y la disparidad en la vida de las luminarias.
- Reactancias de doble nivel de potencia: permiten reducir la intensidad que circula por las luminarias, por ejemplo en la noche, consiguiendo ahorros de hasta el 40%.
- Estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera:

Tiempo de retorno de inversiones			
Año	Inversiones caso base	Inversiones y ahorros energéticos caso óptimo	Flujo de caja caso base
0	-250.389,79	-468.408,00	-218.018,21
1		14.120,00	-203.898,21
2		14.684,80	-189.213,41
3		15.272,19	-173.941,22
4	- 78.279,09	15.883,08	- 79.779,05
5		16.518,40	- 63.260,65
6		17.179,14	- 46.081,51
7	- 85.537,68	17.866,30	57.322,48
8		18.580,96	75.903,43
9		19.324,19	95.227,63
10	- 93.469,33	20.097,16	208.794,12
11		20.901,05	229.695,17
12		21.737,09	251.432,26
13	- 93.469,33	22.606,57	367.508,17

Tabla 3.2.6
Ejemplo de cálculo del tiempo de retorno de las inversiones en un caso base sin eficiencia energética y optimizado para el hospital de Ovalle. Precios en US\$

solventan los problemas producidos por la inestabilidad de la red. En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión de todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional; en las horas de régimen normal estabilizan la tensión de alimentación de la línea.

Análisis económico

A la hora de estudiar la optimización del sistema de iluminación en un edificio, el análisis de los costos tiene que contemplar no solamente la inversión en tecnología (luminarias, balastos, sensores y equipos de gestión y control), sino que también los ahorros de los consumos eléctricos y los ahorros en climatización (normalmente una optimización lumínica causa un aumento de los consumos de calefacción y un ahorro de los consumos de enfriamiento).

Para el cálculo del tiempo de retorno de la inversión de las soluciones que se analizarán, se aconseja considerar el flujo de caja para un tiempo de 10-15 años, teniendo en cuenta la vida útil de los equipos y los costos de renovación y mantenimiento, para tener una visión clara de la viabilidad de la inversión.

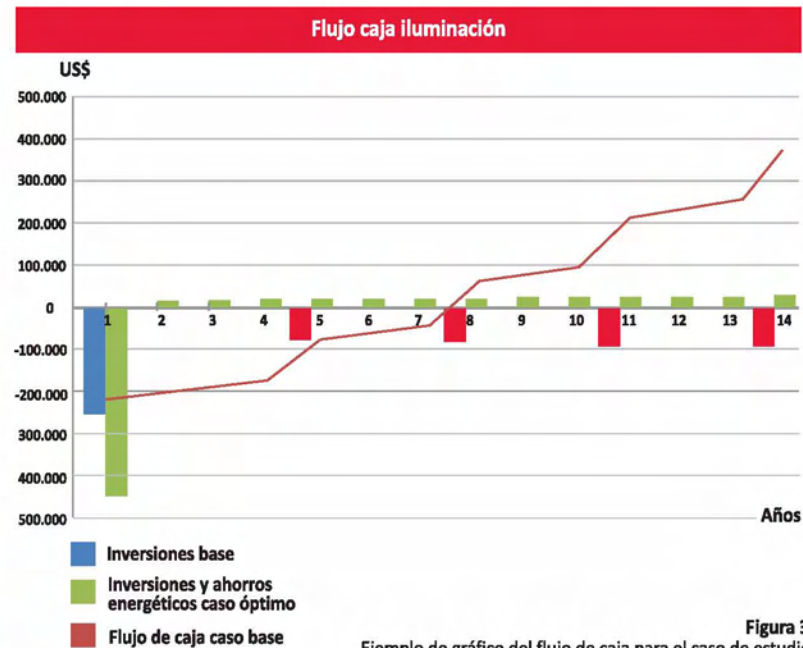


Figura 3.2.1
Ejemplo de gráfico del flujo de caja para el caso de estudio del hospital de Ovalle. Valores en US\$

Herramientas para el análisis dinámico del consumo eléctrico por iluminación

El comportamiento lumínico y energético derivado de un edificio se puede simular mediante las llamadas herramientas de análisis dinámico de iluminación. Estas simulaciones responden a las siguientes necesidades:

- Analizar el comportamiento lumínico de las zonas por sectores, en función de cómo se distribuyen los usuarios en su interior, de la geometría de la zona, de la distribución, orientación y dimensión de las ventanas, de la presencia de patios interiores, de la profundidad de la zona, etc.
- Analizar cómo el comportamiento de los usuarios afecta al consumo energético.
- Considerar luminarias de diferente nivel de eficiencia lumínica.
- Verificar la necesidad de instalar protecciones solares en las ventanas.

Entre las herramientas existentes en el mercado es recomendable, por ejemplo, el software DAYSIM (Dynamic Daylight Simulation), que se basa en el motor de cálculo RADIANCE (desarrollado en el Lawrence Berkeley National Laboratory de Estados Unidos) y ha sido programado como una interfaz gráfica amigable, en base a los trabajos de destacados equipos de investigación en el mundo.

3.2.2 Eficiencia en el uso del agua

En los establecimientos de salud, el consumo del agua es muy variado en función de los diferentes tipos de uso y de las dimensiones del edificio. En particular, los tipos de uso más habituales son:

- Uso sanitario (agua caliente sanitaria y agua fría de consumo humano).
- Servicio de alimentación.
- Lavanderías.
- Riego de zonas verdes.
- Torres de enfriamiento/climatización.
- Máquinas técnicas.
- Limpieza.
- Piscinas terapéuticas.
- Otros usos.

Debido a esta diversificación de uso, se considera importante seguir cuatro estrategias paralelas para la optimización del consumo de agua:

1. Reducción del consumo.
2. Mejora de las prácticas de uso cotidiano.
3. Uso de tecnologías y equipos eficientes.
4. Estrategias de reutilización, reciclaje y reaprovechamiento de agua.

La estrategia de optimización de los consumos de agua busca disminuir el agua requerida para cada proceso, los residuos y, en consecuencia, el impacto ambiental del edificio. Además de los consumos de agua, busca reducir los consumos de energía derivados de su uso y, en consecuencia, reducir los costos económicos. La perspectiva incluye también cumplir la legislación medioambiental y/o adelantarse a las disposiciones legales futuras, y facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental (ISO 14.001, EMAS, entre otros).

En la siguiente figura, se muestra de forma orientativa la distribución de los consumos de agua en un establecimiento de salud, aunque hay que tener presente que éstos son estrictamente dependientes del tipo de edificio y servicios ofrecidos y de sus dimensiones.

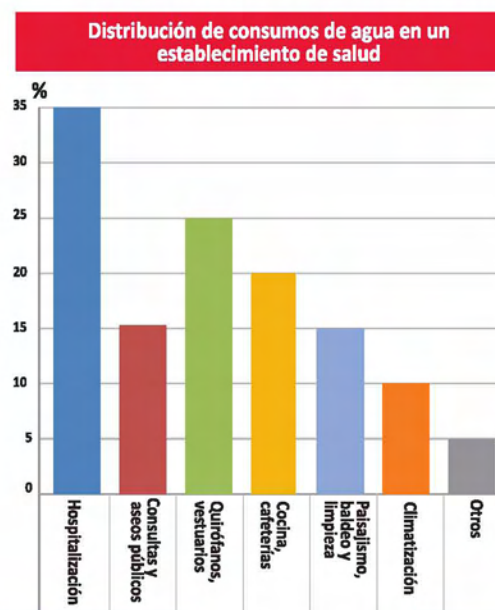


Figura 3.2.2
Distribución de consumos de agua en un establecimiento de salud. Valores en %
Fuente: Fenercom, 2010

42

Distribución de consumo de agua en establecimientos de salud

3

43

Tecnologías de eficiencia para consumo de agua:

- Aireadores
- Llaves
- Descarga
- Duchas
- Tanques
- Urinarios

Siempre a nivel orientativo, se puede considerar que en promedio los establecimientos de salud cuentan con un volumen de demanda de hasta 90-110 litros/día/cama (*Fuente: Fenercom, 2010*).



Acciones recomendadas para un uso eficiente del agua:

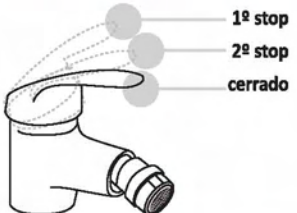
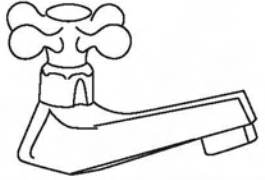
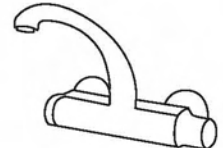
- Realización de un plan de gestión y uso eficiente del agua a la hora de diseñar el edificio.
- Formación del personal sobre temas de uso eficiente del agua, consumos y costos.
- Estudio de hidroeficiencia en fase de diseño.
- Instalación de medidores (idealmente electrónicos) que permitan la segregación y el control de consumos y fugas.
- Adecuación de los diámetros de los medidores a las necesidades reales y sin márgenes de seguridad excesivos, que son causa de encarecimiento en las facturas.
- Uso de aireadores, reductores y economizadores de agua en griferías.
- Instalación de griferías termostáticas.
- Instalación de sistemas de riego eficientes y programables para las zonas verdes.

- Reutilización y/o reciclaje de aguas grises, por ejemplo, para el sistema de riego.
- Aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación y/o de condensación o uso de sistemas de osmosis inversa para su reciclado.
- Selección de electrodomésticos hidroeficientes.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo para la detección de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc.
- Instalación de un sistema de programación y control de las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS en función de la demanda esperada.
- Campañas de sensibilización ambiental dentro del centro.
- Instalación de equipos y medidas economizadoras de agua.

De acuerdo a la experiencia, se considera que las medidas de ahorro más eficaces en los consumos de agua son las actuaciones sobre equipos sanitarios y en el riego de zonas verdes/paisajismo, por lo que se debe prestar especial énfasis a estas áreas.

Tabla 3.2. 7
Resumen de tecnologías.


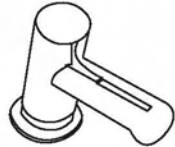
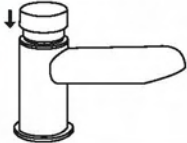
Resumen de tecnologías para el uso eficiente del agua				
Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Aireadores y eyectores para grifos Uso: filtros para grifos (lavamanos, bidets, lavaplatos, etc.)</p> 	<p>Corresponden a accesorios que se instalan en las llaves y generan un chorro de agua mezclado con aire mediante efecto venturi, generando un ahorro del recurso.</p>	<p>Ahorro de consumo de agua, mayor eficacia con los jabones, anticalcáreos y antibloqueo, adaptables a grifería existente, mayor confort debido a turbulencias, aparenta salir más agua de la que realmente sale.</p>	<p>No presenta desventajas.</p>	<p>Mínimo de 50% del consumo de agua con respecto a equipos tradicionales (rompeaguas), y dependiendo de la presión, hasta un 70%.</p>
<p>Llaves monomando tradicionales</p> 	<p>Corresponden a llaves donde se mezcla el agua caliente con el agua fría, controlando la mezcla con un mando individual.</p>	<p>Comodidad en el uso y mejor regulación de temperatura del agua.</p>	<p>Si el mando o palanca está posicionado al centro, se consume un 50% de agua fría y un 50% de agua caliente, aunque a esta última no le da tiempo a salir, debido a los tiempos medios de uso muy bajos.</p>	<p>No permiten generar ahorros de agua, por el contrario, utilizan en forma descontrolada el agua caliente, consumiendo energía.</p>

Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Cartuchos ecológicos de apertura en frío para llaves monomando</p> 	<p>Sistema que obliga a la llave a abrirse en agua fría, así como en uno o más tiempos de apertura.</p>	<p>Reduce los consumos de agua de las llaves monomando tradicionales y deriva los consumos de agua caliente no premeditada a consumos de agua fría.</p>	<p>No presenta desventajas.</p>	<p>Ahorros generales superiores al 10% de la energía media total que suele utilizar un lavamanos normal, ahorro del 5% en agua.</p>
<p>Llave tradicional</p> 	<p>Llave más tradicional donde existe una para agua fría y otra para agua caliente.</p>	<p>La sustitución de la montura clásica por una cerámica permite la apertura y el cierre del agua en un solo cuarto de vuelta, permitiendo un ahorro hasta de un 10% del consumo previo. También se pueden implementar los aireadores (ahorro sobre el 50% en consumo de agua).</p>	<p>Cierres inadecuados por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre.</p>	<p>Se pueden alcanzar ahorros de un 10% con el uso de monturas cerámicas en este tipo de griferías.</p>
<p>Llaves termostáticas Uso: sobre todo en duchas y tinas. Recomendados especialmente en centros donde se corra el riesgo de que el usuario pudiera quemarse por un uso inconsciente del equipo.</p> 	<p>Mezclan automáticamente el agua fría y caliente para lograr la temperatura seleccionada por el usuario.</p>	<p>Son los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético; altísimo confort y calidad, función economizadora de energía; se pueden implementar equipos economizadores de agua.</p>	<p>Inversión inicial alta: son los equipos más costosos después de los de activación automática por infrarrojos.</p>	<p>Los ahorros dependerán de la temperatura seleccionada por el usuario y por los accesorios que lleven (aireadores, etc).</p>

Continuación
Tabla 3.2. 7
Resumen de tecnologías.

SISTEMAS
ACTIVOS

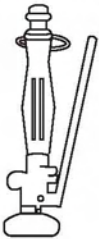

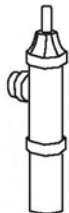

3

Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Llaves electrónicas de activación por infrarrojos</p> <p>Uso: aseos de discapacitados, sitios de alto tránsito (lavamanos). Se pueden utilizar para lavamanos, lavaplatos, duchas fijas, tanto normales como con equipos termostáticos. Existen versiones para inodoros y urinarios.</p> 	<p>Ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumpiéndolo según esté o no presente el usuario. Incorporan unas servo-válvulas controladas vía Wi-Fi y un cabezal detector de infrarrojos, para detectar la presencia de un obstáculo ante el chorro. Las baterías garantizan más de 20.000 maniobras (unos 2 años a 25 actuaciones/día).</p>	<p>Son los equipos que mejor aprovechan los suministros, ya que los ajustan a las necesidades del usuario y evitan el mínimo despilfarro; capaces por sí solos de realizar el tratamiento de prevención y lucha contra la legionella.</p>	<p>Inversiones hasta 10 veces más costosas que un equipo tradicional. Cuando se utilizan dos aguas, el costo del suministro de agua caliente hace que se amortice mucho más rápido que sólo con agua fría. El costo varía en función del fabricante, de la calidad y de lo sencillo o sofisticado que sea el modelo.</p>	<p>Ahorro superior al 65-70% en consumo de agua, en comparación a una llave tradicional. En caso de los lavamanos, más del 70, y hasta el 80%, si incorporan aireadores a su salida.</p>
<p>Llaves electrónicas táctiles programables</p> <p>Uso: zonas de alto tránsito y utilización.</p> 	<p>Para activar el suministro de agua se toca en la cabeza de la llave con una ligera presión al tacto, y lo mismo se hace para interrumpir el suministro. Si no se interrumpe manualmente, se cierra según el tiempo programado.</p>	<p>Incorpora las ventajas de la grifería electrónica pero operada a voluntad por el usuario; incluyen programación y temporización; alta robustez y durabilidad; disponible con una o dos aguas; características de antivandalismo.</p>	<p>Pueden generar incomodidades en algunos usuarios, sobre todo si el tiempo programado es muy corto. Por el contrario, si el tiempo es muy largo, pueden generar consumos de agua mayores a los necesarios. Sin embargo, tienen la ventaja que pueden reprogramarse fácilmente.</p>	<p>Ahorro superior al 60% en consumo de agua, en comparación a una llave tradicional.</p>
<p>Llaves temporizadas</p> <p>Uso: equipos y zonas de gran uso (urinarios, lavamanos, duchas).</p> 	<p>Activación a través de mano, pie o rodilla y tiempos de activación programados.</p>	<p>Bajo costo, ahorro en consumos de agua, durabilidad elevada, posibilidad de implementar aireadores. Existen adaptadores para grifería existente.</p>	<p>En muchos casos es imposible bajar el tiempo de cierre, a no ser que se cambie el eje del rubí; a veces los fabricantes ponen tiempos demasiado largos, lo que no permite un gran ahorro.</p>	<p>Permiten minimizar los consumos entre un 20 y 40%, en comparación a una llave tradicional.</p>


Continuación

Tabla 3.2. 7

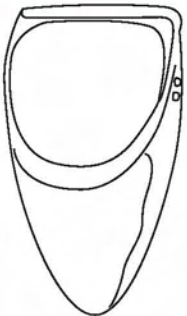
 Resumen de tecnologías.

Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Llaves de ducha Uso: cocinas, torres de prelavado de la vajilla, limpieza de alimentos.</p> 	<p>Llaves de alto consumo (16-30 l/min). Normalmente causan un alto consumo, porque el usuario fija la salida de agua de la pistola o regadera y hace otras actividades en paralelo.</p>	<p>Eliminar las anillas de retención de las griferías obliga al empleado a tener pulsado el gatillo o palanca para que salga agua, y permite ahorros de más del 40% de los consumos de agua. Otra opción es sustituir el cabezal por uno regulable en caudal y ecológico, que permite un consumo de 8-16 l/min.</p> <p>Bajos costos de mejora.</p>	<p>Sin las recomendaciones indicadas, generan un alto consumo de agua (16-30 l/min).</p>	<p>Se puede alcanzar más de un 40% de ahorro de agua si se contemplan las recomendaciones indicadas en ventajas.</p>
<p>Eyectores giratorios orientables para llaves de lavaplatos. Uso: cocinas.</p> 	<p>Opción de dirigir el chorro de la llave a cualquier parte del lavaplatos, opción chorro o lluvia.</p>	<p>Mejora del confort sin sacrificar la calidad del servicio.</p>	<p>No todos estos eyectores poseen características de ahorro de agua.</p>	<p>Ahorro de más del 40% del agua y energía que se consume habitualmente.</p>
<p>Descargas Descargas para inodoros.</p>  <p>Uso: inodoros, vertederos, tazas turcas.</p>	<p>Mismo principio de funcionamiento que las llaves temporizadas.</p>	<p>El uso de ecopistones de descarga, permiten una descarga más intensa pero de menos tiempo, llegando a economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual, sin perder la eficacia del arrastre.</p>	<p>Se debe cuidar que el tiempo de programación sea el adecuado para evitar problemas sanitarios y de olores.</p>	<p>Se puede alcanzar un 35% de ahorro de agua.</p>
<p>Duchas hidroeeficientes y de hidromasaje por turbulencia</p> 	<p>Existen 3 tipos de mango de ducha de este tipo: Los que incorporan un limitador de caudal. Los que aceleran el agua y realizan múltiples chorros más finos y a mayor presión. Los que suministran agua a nivel de hidromasaje por turbulencias.</p>	<p>Posibilidad de acoplar con temporizadores para sitios públicos.</p>	<p>Pueden generar problemas de presión de agua que incomode a algunos usuarios o complique el accionamiento de calefontos pequeños.</p>	<p>Ahorros entre 30-60% sobre los equipos tradicionales.</p>

Continuación
Tabla 3.2. 7
Resumen de tecnologías. Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía consultada

Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Duchas especiales</p> 	<p>Duchas de pistola para la limpieza de restos en los inodoros.</p> <p>Duchas de alta presión para limpieza de inodoros.</p> <p>Duchas con interruptor.</p>	<p>Se necesita menos agua para limpiar respecto a los sistemas de limpieza tradicionales.</p>	<p>Pueden ocasionar un gasto adicional que no necesariamente se justifique.</p>	<p>Ahorros variables en función de cómo se desarrolla la limpieza de los baños.</p>
<p>Descarga inodoros (WC) Tanques o cisternas con pulsador interruptible.</p>	<p>El botón de accionamiento sirve para accionar e interrumpir la descarga.</p>	<p>Permiten ahorrar agua en caso de uso de estanques muy grandes.</p>	<p>Su buen uso dependerá de la educación de las personas. Pueden generar condiciones no higiénicas si no se utilizan.</p>	<p>Ahorros de consumo de agua hasta el 30%.</p>
<p>Tanques o cisternas con tirador</p>	<p>El mecanismo del tirador se puede interrumpir para ahorrar agua.</p>	<p>Permiten generar grandes ahorros de agua si son programados adecuadamente y más aún si son utilizados en forma adecuada.</p>	<p>Su buen uso dependerá de la educación de las personas. Pueden generar condiciones no higiénicas si no se utilizan.</p>	<p>Ahorros de consumo de agua hasta el 60%.</p>
<p>Tanques o cisternas con doble pulsador</p>	<p>Hay dos botones, uno con descarga de 9 litros y otros de 3 litros (dependiendo del fabricante).</p>	<p>Es la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros.</p>	<p>A veces los fabricantes no diferencian los botones y no se puede entender cuál es el de descarga completa y cuál el de descarga parcial; hay que poner tanques estudiados para sitios públicos, tienen vida superior a los para uso doméstico.</p>	<p>Ahorros hasta el 50-60%.</p>

Continuación
 Tabla 3.2. 7
 Resumen de tecnologías.

Tecnología	Principio	Ventajas	Desventajas	Ahorro
<p>Urinaríos Urinaríos sin agua.</p> 	<p>Son inodoros que no requieren de agua para su limpieza y, por lo tanto, el agua no tiene que ser bombeada hacia o desde el urinario. Poseen detergentes microbiológicos que mantienen la limpieza y eliminan los olores.</p>	<p>Permiten un ahorro total de agua, manteniendo las unidades sin olores desagradables. No requieren de válvulas de descarga ni tuberías, por lo que se ofrece un ahorro económico que debe ser considerado.</p>	<p>De mayor costo de inversión que urinaríos tradicionales. Muchas veces generan poca confianza en su eficacia para el control de olores.</p>	<p>Ahorros de un promedio de 150 mil litros de agua al año por urinario.</p>

Continuación
Tabla 3.2. 7
Resumen de tecnologías.

Sistemas de recuperación de aguas lluvia y aguas grises

Entre las estrategias de uso eficiente del agua, también se puede considerar el diseño de un sistema de recuperación de aguas lluvia y de aguas grises en el edificio. En ambos casos se trata de fuentes de agua descentralizadas, que no dependen de la red de distribución, son gratuitas y necesitan un tratamiento mínimo. Sin embargo, se trata de recursos irregulares y por esto necesitan conectarse con el sistema tradicional de distribución de aguas.

Estos dos sistemas se pueden utilizar para todas las funciones presentes en el establecimiento de salud que no necesiten de agua potable, como, por ejemplo, el agua de riego, para las cisternas de los inodoros y los depósitos de agua para el sistema antincendios. En el caso de la recuperación de aguas lluvia normalmente se utiliza la cubierta del edificio como superficie de captación, el que tiene la gran ventaja de no necesitar un sistema de canales, ya que utiliza el mismo sistema ya estudiado para la evacuación del agua en la cubierta.

Las aguas grises son las que provienen de las duchas, lavadoras, grifería, etc. Para el sistema de recuperación de estas aguas hay que prever una segunda red de tuberías independientes hacia el sistema de tratamiento y depósito.

En ambos casos se necesita prever un sistema de decantación y filtración de las aguas y un depósito de acumulación de las mismas. Para impedir que se puedan mezclar las aguas provenientes de los diferentes orígenes, normalmente se prevén depósitos separados para aguas grises y de lluvia. Los depósitos cuentan con una conexión con la red pública de distribución de aguas y necesitan de revisión periódica para garantizar las mínimas condiciones sanitarias. A partir del depósito, el agua tratada se bombea hacia los diferentes usos a través de una red propia.

Actualmente, no existe una normativa que regule este tipo de sistemas en Chile, por lo que el diseñador deberá presentar un proyecto a la subsecretaría regional de salud de modo que ésta autorice la ejecución del proyecto en particular. Al no existir regulación vigente, no se promueve ni tampoco se prohíbe el uso de estas tecnologías.

44

Plan de gestión para el uso eficiente del agua

Plan de gestión y uso eficiente del agua

Se propone el siguiente índice para el Plan de gestión y uso eficiente del agua, el cual se extrajo de la Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales, realizada por Fenercom (2010). Este índice es a nivel orientativo y plantea los mínimos a considerar en un buen plan de gestión del agua.

1. Descripción general del establecimiento

- Antecedentes y datos del edificio.
- Distribución de la demanda por usos.
- Estudio de dotaciones por unidad de consumo y día.
- Compromiso de la dirección.

2. Descripción de redes y zonas consumidoras de agua

- Acometidas y redes de distribución.
- Uso sanitario.
- Zonas verdes.
- Piscinas.
- Limpieza.
- Instalaciones contra incendios.
- Otros consumos de agua.

3. Recuperación de aguas lluvia

4. Vertidos

5. Normativa general

6. Descripción de la organización

- Estructura, responsabilidades y organigrama.

7. Planificación

- Puntos de control de la demanda.
- Red de saneamiento.
- Programación.

8. Implementación y funcionamiento

- Estructura y responsabilidades.
- Formación, sensibilización y compromiso profesional en el uso responsable del agua. Comunicación.
- Gestión del proceso y evaluación de proveedores.
- Control operacional y plan de emergencia.
- Control de la documentación.

9. Comprobación y acción correctiva.

- Control, gestión y seguimiento de los recursos y vertidos.
- No conformidades y acciones correctivas y preventivas.
- Registros, auditorías y revisiones.

10. Cuadro de inversiones y cronograma de actuaciones.

11. Anexos, planos y certificados.

3

3.2.3 Calefacción, enfriamiento y ventilación

La eficiencia del sistema de climatización, y consecuentemente el ahorro de energía que se puede conseguir en un establecimiento de salud, está directamente relacionado con los siguientes elementos:

- Calidad de los cerramientos del edificio.
- El sistema de distribución de frío y calor.
- El tipo de unidad productora de frío y calor.
- El sistema de gestión de la climatización.

La selección de cualquier tipo de sistema de generación no debe tomarse de manera aislada, sino que debe contemplarse su acoplamiento a los diferentes elementos de difusión.

En el presente capítulo, se abarcan tanto los sistemas de distribución de frío y calor, como las unidades productoras de frío y calor, así como el sistema de gestión de la climatización.

A continuación se muestra el diagrama de procesos de cómo debiera realizarse este análisis:



Figura 3.2.3
 Diagrama de procesos de análisis para la selección de sistemas energéticos.

3.2.3.1 Alternativas tecnológicas

Los sistemas de climatización pueden clasificarse de diferentes formas, pero quizás la clasificación comúnmente más utilizada sea de acuerdo al fluido caloportador que poseen para distribuir el calor a los diferentes recintos. En este sentido, encontramos los siguientes sistemas que se resumen en la tabla 3.2.8:

45

Tecnologías de eficiencia para consumo de agua:

- Aireadores
- Llaves
- Devcarga
- Duchas
- Tanques
- Urinarios

3

Tabla 3.2.8
 Sistemas de climatización
 Fuente: Recknagel et al, 2000; Moisan, e.d.

Sistemas de climatización			
Sistema	Descripción general	Características	Posibles elementos de difusión
Todo agua	Sistemas donde a nivel centralizado se enfría o calienta agua, para luego ser transportada hasta los diferentes recintos, acoplándose ahí a las diferentes alternativas de difusión de aire.	Son sistemas incompletos ya que requieren de algún otro sistema para efectuar la ventilación necesaria de los recintos. Sin embargo, permiten alcanzar grandes eficiencias con un buen diseño y acoplarse correctamente a diferentes energías renovables.	Radiadores, fan-coils, piso/cielo radiantes, vigas frías.
Agua - Aire	Sistemas donde existen UMAs encargadas específicamente del trabajo de ventilación, mientras además se cuenta con circulación de agua a los equipos terminales o difusores encargados de acondicionar adecuadamente los recintos.	Por lo general, son el tipo ideal de sistemas para establecimientos de salud ya que permiten alcanzar grandes eficiencias con un buen diseño y acoplarse correctamente a diferentes energías renovables, además de mantener una ventilación adecuada que resguarde la salubridad requerida por este tipo de edificios.	Radiadores, fan-coils, piso/cielo radiantes, vigas frías.
Todo aire	Sistemas donde sólo el aire es el encargado de transportar el calor hacia o desde los diferentes recintos, mientras realiza al mismo tiempo la ventilación requerida. En estos sistemas, el aire se acondiciona directamente o bien mediante agua fría/caliente desde un equipo centralizado hasta las diferentes UMAs.	Por lo general, son sistemas que permiten alcanzar todo tipo de requerimientos de potencia, además de responder rápidamente a los requerimientos térmicos de los diferentes recintos, por lo tanto, pueden ser una alternativa segura para este tipo de edificios. Estos sistemas requieren de unidades manejadoras de aire (UMAs) y una buena cantidad de ductos y difusores, ya que el aire es un medio menos eficiente para el transporte del calor en comparación con el agua. Se deberá también tener especial cuidado en las recirculaciones de aire por motivos de salubridad. Finalmente, otro inconveniente es que pueden presentar problemas de ruido importantes.	Difusores de aire.
Con refrigerante	Sistemas similares en concepto a los de todo agua, pero donde el fluido caloportador es un refrigerante específicamente seleccionado para el transporte del calor. También requieren de un sistema de ventilación por separado.	Son sistemas altamente utilizados, cuyos últimos modelos, como los VRV, pueden alcanzar grandes eficiencias energéticas si son correctamente seleccionados y diseñados. Tienen el inconveniente que en muchas ocasiones son imposibles de acoplar con sistemas renovables de generación de energía, y además debe contemplarse cuidadosamente el tipo de refrigerante, ya que existen muchos que son conocidos por causar problemas a la capa de ozono, además de contribuir al cambio climático en caso de existir filtraciones.	Splits, multisplits, fan-coils con VRV.

Los sistemas activos más usuales a nivel internacional para establecimientos de salud se centran en los siguientes tipos:

- Sistema tipo fan-coils + aportación de aire climatizado.
- Sistema tipo piso/techo radiante + aportación de aire climatizado.
- Sistema tipo vigas frías inductivas + aportación de aire climatizado.
- Sistema tipo volumen de aire variable.
- Sistema tipo VRV + aportación de aire climatizado.

En este apartado, describimos brevemente cada uno de ellos, separando, para una mejor comprensión a nivel conceptual, los sistemas de distribución y los sistemas de generación de energía.

3.2.3.2. Sistemas de distribución

a) Sistemas con agua

- Fan-coils + Aire

El sistema de fan-coils está altamente extendido en la industria de la climatización y presenta un costo de mantenimiento reducido. La amplia gama de este producto permite una buena integración espacial de las soluciones en función de las limitaciones del proyecto arquitectónico.

Este sistema utiliza como unidad terminal un fan-coil que es un equipo formado por un ventilador (fan) y un serpentín (coil) por el que circula agua fría o caliente. Al igual que los inductores, hay fan-coils de baterías simples y dobles, agua caliente y fría.

Como principales inconvenientes, en comparación con sistemas de carácter inductivo o radiativo, cabe señalar que se requieren temperaturas del fluido más exigentes y, por lo tanto, repercute en un menor rendimiento de los sistemas de generación. Además, se debe contemplar el costo energético eléctrico asociado a los ventiladores.

El aire exterior se condiciona en una unidad manejadora de aire (UMA) y se transporta hacia los recintos, de manera independiente, a través de conductos de aire de ventilación o, si los fan-coils disponen de entrada de aire primario, directamente a cada uno de éstos.

El intercambio másico, no sólo térmico, permite al sistema de distribución por fan-coils una mayor rapidez de respuesta a los requerimientos de confort y una mayor capacidad de potencia suministrada respecto a los sistemas de inducción o radiativos, situándose en unos 120W/m².

Las condiciones nominales de operación de los fan-coils son 7-12°C en modalidad frío y 50-45°C en modalidad calor.

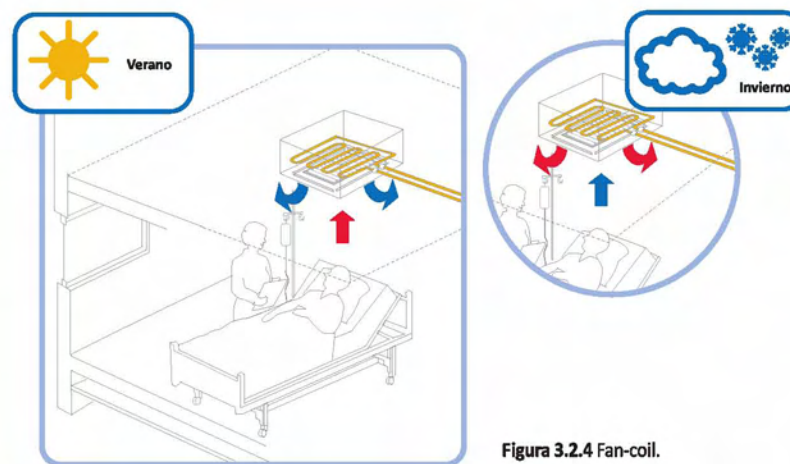


Figura 3.2.4 Fan-coil.

- Piso radiante / Cielo radiante + aire

La solución de piso radiante no ocupa espacio útil en planta, puesto que se integra en la losa entre las capas de la misma, permitiendo por su efecto radiativo y por la posición donde se instala, un mayor confort térmico a los ocupantes del espacio calefaccionado. Esta solución requiere una menor temperatura de impulsión del agua, con lo que permite un óptimo acoplamiento con los sistemas de generación geotérmicos, a la par que permite un aumento en la eficiencia de otros sistemas de generación.

Utilizando la combinación de distribución por agua y valiéndose del efecto radiativo para la climatización, la aportación de aire que se requiere por salubridad en la ventilación debe hacerse por separado, con los costos energéticos y económicos que implica. Este tipo de sistemas tiene una potencia de emisión relativamente inferior a otros (80W/m²) con lo que, por un lado, requiere un buen diseño para que toda la potencia emitida sea útil y, por otro lado, requiere ocasionalmente de equipos de apoyo, sobre todo para paliar la demanda de enfriamiento.

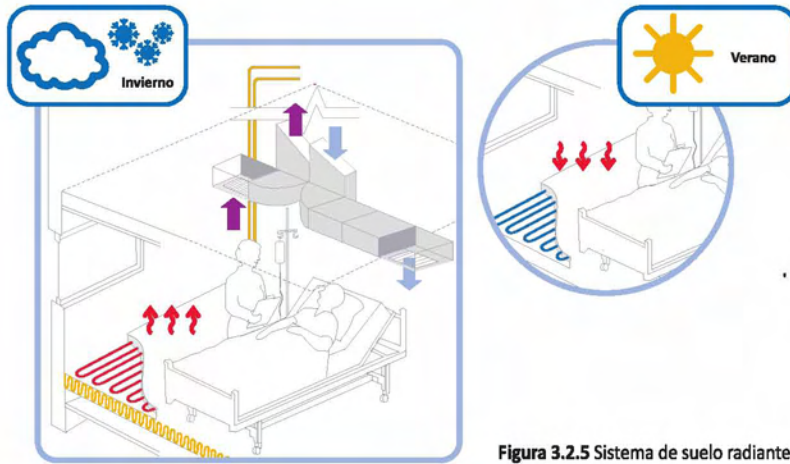


Figura 3.2.5 Sistema de suelo radiante.

Una variante del piso radiante es el cielo radiante o refrescante. Esta solución se concibe sobre todo para satisfacer las demandas de enfriamiento, garantizando las ventajas que también se obtienen con la solución de piso. Sin embargo, debido a la circulación del agua fría y su diferente ubicación en el espacio, presenta otros inconvenientes, como el riesgo de originar condensaciones en el techo ocasionadas por un dimensionado defectuoso y una potencia de frío limitada. La extracción de humedad es especialmente importante cuando el sistema trabaja en ciclo de frío, ya que la condición para que el sistema trabaje de forma adecuada es que la temperatura de las superficies radiantes esté por encima de la temperatura de rocío del aire interior.

Ambos sistemas aquí descritos presentan un bajo costo de mantenimiento.

Tradicionalmente, estos sistemas se han utilizado principalmente para instalaciones de calefacción, aunque cada vez son más las instalaciones de 'cielo-frío' existentes en el mundo.

Con este sistema, la sensación de confort es muy alta, incluso a temperaturas fuera de los márgenes tradicionales, ya que la temperatura operativa -la media entre la temperatura del aire y la radiante de las superficies- es influida positivamente por temperaturas de las superficies más cercanas a la temperatura operativa de confort.

El sistema tiene un consumo energético menor respecto a los otros el agua fría se suministra a una temperatura de 15 a 17°C en lugar de los 7°C de cualquier instalación estándar en régimen de verano, y de 36 a 38°C en lugar de los 50°C en régimen de invierno, por la gran superficie de intercambio con el interior. Esta diferencia de temperatura del agua, que no es necesario enfriar o calentar, representa un ahorro importante de energía en la producción de frío y calor.

Esto implica una selección consecuente del equipo productor de frío, el cual deberá estar diseñado para enfriar a 15 ó 17°C, algo difícil de encontrar en el mercado actual, ya que los principales fabricantes no diseñan las enfriadoras para estas condiciones. En cuanto a su funcionamiento en régimen de invierno, la baja temperatura máxima del sistema sugiere utilizar preferentemente calderas de condensación o de baja temperatura, cuyo rendimiento es muy superior al de las convencionales.

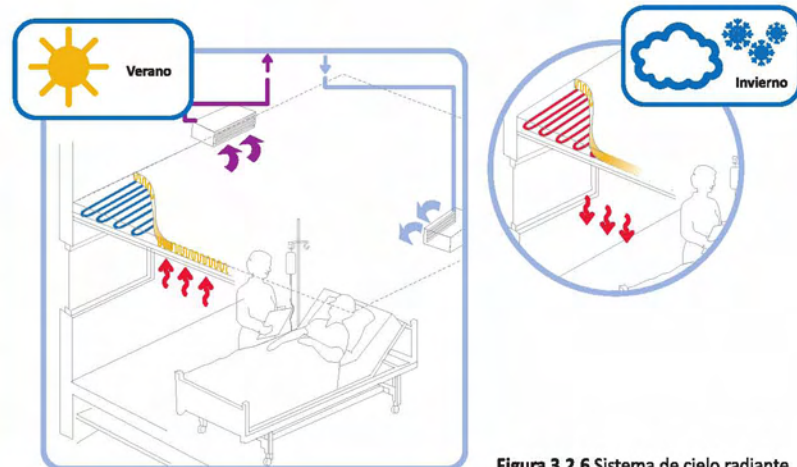


Figura 3.2.6 Sistema de cielo radiante.

- **Losa activada térmicamente (losa radiante)**

Este sistema se utiliza especialmente en edificios de oficinas, por lo que se considera una solución elegible únicamente en casos de establecimientos de salud de grandes dimensiones, con recintos de oficinas y de administración.

Este sistema emplea la inercia térmica del hormigón a través de la incorporación, en la propia estructura del edificio, de circuitos de tuberías que transportan agua destinada a la calefacción y el enfriamiento de las instalaciones. De este modo, los techos, suelos y las paredes contribuyen a enfriar el ambiente de forma perceptible, además de servir de complemento a la calefacción básica del edificio. Estas tuberías, utilizan el núcleo de hormigón de la masa del edificio para almacenar y liberar la carga térmica.

A diferencia del anterior, en este sistema toda la losa se activa térmicamente y, por lo tanto, su radiación se dirige tanto al piso superior como inferior y no en una sola dirección como los anteriores.

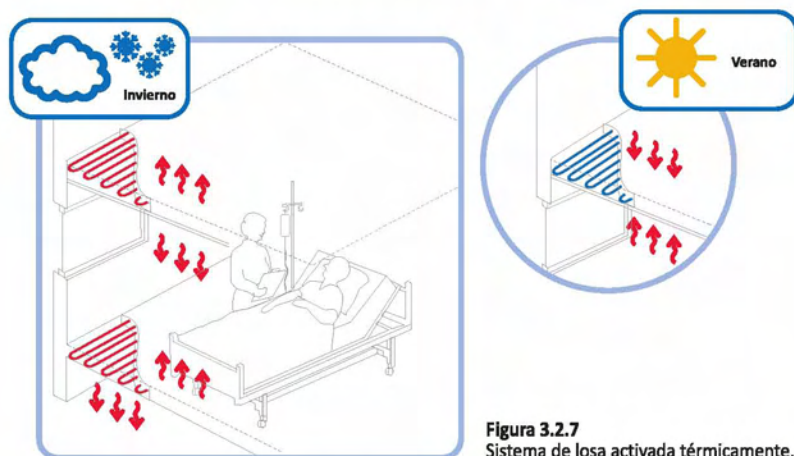


Figura 3.2.7
Sistema de losa activada térmicamente.

Este sistema debe estar acoplado a un sistema de ventilación y, por su parte, reduce al mínimo el uso de las tecnologías convencionales: debido a la menor exigencia en la temperatura del agua, se requiere un menor salto térmico en los equipos de generación, lo que permite una mejor eficiencia del equipo de igual forma que se explicó para el sistema anterior.

El confort térmico garantizado por este sistema es muy elevado, aunque tiene dificultades con la inercia para alcanzar las condiciones de confort y se debe resolver los riesgos de condensación a la hora de dimensionarlo.

Se trata de un sistema con bajas potencias de punta (80 W/m² en calor, 30-40W/m² en frío) y requiere una muy buena deshumidificación, por lo que tiene que ser acompañado de aire tratado para cubrir la demanda latente.

- **Viga fría**

El sistema de viga fría se coloca en el techo, como una viga estructural; no ocupa espacio útil en planta y presenta costos asociados de mantenimiento muy reducidos ya que no posee partes móviles. En las llamadas vigas frías activas, el aire de aportación por ventilación se suministra de manera conjunta, por lo que no es necesario añadir otro sistema.

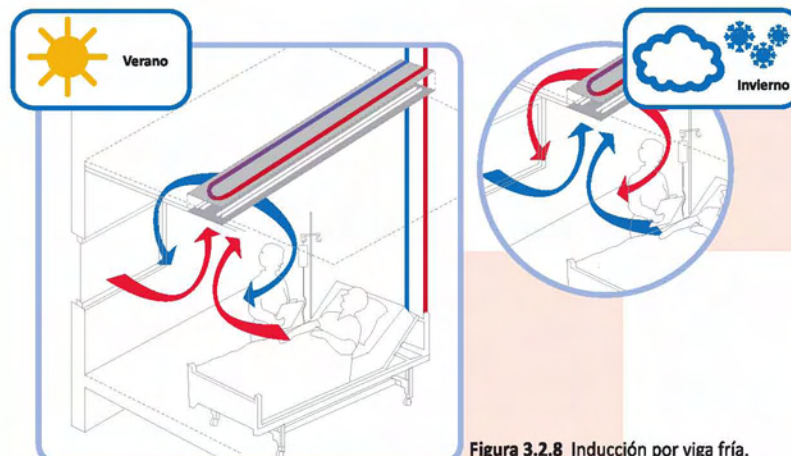


Figura 3.2.8 Inducción por viga fría.

Este sistema se diseña para cubrir la demanda de enfriamiento, por lo que, en primer lugar, es necesario remarcar que debe ir acompañado de un sistema de calefacción si estas demandas así lo requieren. Comparte buena parte de las ventajas e inconvenientes que también presenta un sistema tipo radiativo.

El funcionamiento de este sistema consiste en hacer una aportación de aire primario, el que es totalmente de renovación (todo exterior), a las unidades terminales (inductores), las cuales mezclan este aire primario con aire del recinto (aire secundario) que pasa a través de una batería de agua caliente o fría para darle la temperatura necesaria y suministrarlo en el recinto. Los inductores utilizan baterías de tubos con aletas. La alimentación de aire primario entra por un pequeño plenum y pasa a través de pequeños inyectores de aire a alta velocidad. Esto crea una baja presión y provoca el efecto de inducción, el que aspira el aire del recinto, forzando su paso a través de aberturas en la parte lateral del inductor. El aire aspirado por inducción se enfría/calienta al pasar a través de la batería de agua. El aire del recinto (aire secundario) y el aire primario se mezclan y salen a través de la rejilla de la parte superior de la unidad.

b) Climatización con aire y/o refrigerante

Otra de las opciones que existen para climatizar los espacios de los establecimientos de salud es la distribución de calor y frío por aire. A pesar de que el aire es un fluido con un calor específico mucho menor (4 veces) que el agua, y, por lo tanto, implicaría la necesidad de gastar más energía para moverlo, sin embargo, el hecho de tener necesariamente que aportar aire a los distintos espacios en cantidades significativas, hace que en algunos casos el aire sólo tenga que refrescarse o recalentarse un poco más.

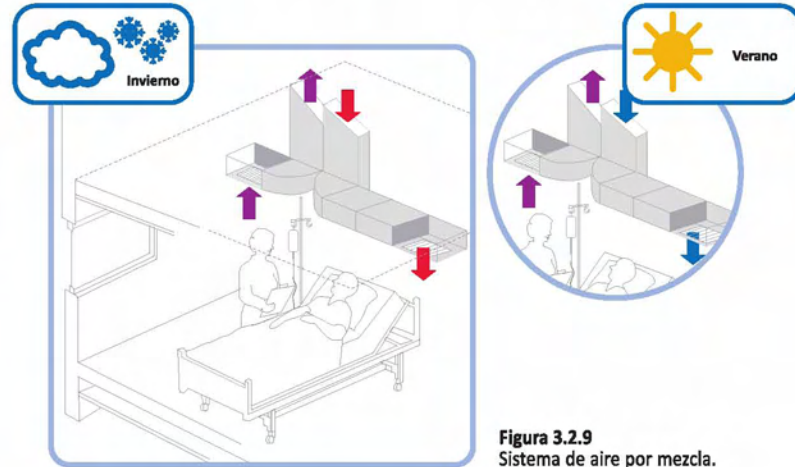
En este apartado se presentan las diferentes opciones de sistemas de aire.

- Climatización y ventilación sólo con aire por mezcla

Los sistemas que basan su funcionamiento en una distribución energética mediante el aire, que después será introducido en la zona, sin pasos intermedios de intercambio térmico en la difusión, permiten una respuesta más rápida que otros sistemas radiativos o inductivos, y una mayor potencia posible, que en este caso puede ser regulada en función del caudal. Estos sistemas permiten tratar de manera conjunta la ventilación y la climatización.

Por el contrario, requieren temperaturas más exigentes en la generación,

por lo que penalizan el rendimiento. A su vez, el mayor caudal implica un mayor consumo de los elementos que lo impulsan y requiere costos de mantenimiento más elevados que aseguren el correcto flujo.



- Todo aire por desplazamiento

La diferencia del sistema de desplazamiento respecto del sistema de mezcla, es que el aire se suministra de manera tal que el flujo circula por convección desplazando el aire anterior enfriado. Esto permite, además de las ventajas mencionadas anteriormente, como es el caso de una mayor potencia y rapidez de satisfacer condiciones de confort variables, una estratificación del aire que permite eliminar las cargas térmicas situadas a menor altura en la zona climatizada. La potencia se suministra mediante la variación de caudal, pero en este caso, a diferencia del anterior, la temperatura requerida es inferior puesto que el aire no llega a mezclarse.

Sin embargo, el hecho que el desplazamiento de aire sea por efecto natural dentro de la zona, requiere que la emisión se produzca desde cotas bajas y esto condiciona el espacio útil de la planta, en la medida en que tiene que formar parte de la concepción arquitectónica del espacio. Como en el sistema de mezcla, al ser la distribución por aire,

se requiere un mayor mantenimiento de los conductos, y los consumos eléctricos por la distribución son mayores que en sistemas radiativos o inductivos.

En régimen de calefacción, en algunos casos podría ser necesario un sistema de apoyo de agua caliente con radiadores para poder satisfacer todo el rango posible de demandas.

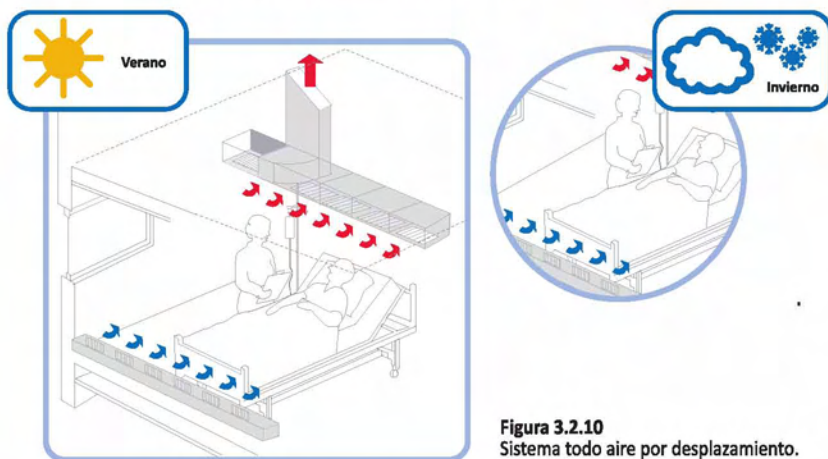


Figura 3.2.10
Sistema todo aire por desplazamiento.

Una distribución de este tipo, con emisiones desde cotas bajas, puede resultar en un posible riesgo para la salubridad del aire, ya que partículas sucias del suelo podrían levantarse y contaminarlo. Será necesario mantener la limpieza de los recintos y diseñar adecuadamente el sistema para evitar este inconveniente.

Por otra parte, al funcionar desplazando el aire hacia arriba permite mantener en forma continua aire renovado y, por lo tanto, de mayor salubridad. De todos modos, puede no ser aconsejable para algunos recintos que requieran una alta esterilización.

- Todo aire con VRV (volumen de refrigerante variable)

Los sistemas de volumen de refrigerante variable son sistemas ampliamente probados y su costo de mantenimiento es reducido. Alcanzan potencias de calor y frío de $120\text{W}/\text{m}^2$ y las condiciones nominales de operación son $7\text{-}12^\circ\text{C}$ en modalidad frío y $50\text{-}45^\circ\text{C}$ en modalidad calor. El aire primario se suministra de manera conjunta evitando los sistemas de ventilación adicionales.

Este sistema trabaja con fluidos refrigerantes que pueden comportar complicaciones derivadas del mantenimiento y que no permite su acoplamiento con sistemas de producción renovable de generación de energía térmica. Tan sólo sería posible cubrir el consumo de los ventiladores mediante energías alternativas que permitieran la producción de electricidad.

Siendo sistemas de expansión directa, evitan la necesidad de enviar aire o agua desde un sistema central en cada zona de un edificio. Simplifican el sistema reduciendo conductos y tuberías. Las unidades de producción térmica (unidades interiores) están normalmente localizadas dentro o muy cerca del recinto o espacio a acondicionar.

Los sistemas VRV son sistemas capaces de variar la cantidad de fluido refrigerante que se suministra a cada una de las unidades interiores de una instalación, con una única línea de líquido y una de gas para dar frío y calor.

Los principales componentes de un sistema VRV son los siguientes:

- Las unidades condensadoras.
- Separador de aceite a la descarga del compresor.
- Sistema de control para determinar la potencia frigorífica necesaria.
- Red de tuberías de refrigerante líquido.
- Red de tuberías de refrigerante gas.
- Unidad interior (pared, cassette, de tierra, de techo, climatizadores, etc.).

- VRV con recuperación de calor

El sistema VRV con recuperación de calor dispone de tres tubos de refrigerante y puede dar simultáneamente enfriamiento y calefacción a distintos locales o dependencias según la demanda.

- VRV con water loop

Este sistema corresponde a una variación del anterior, donde se reaprovecha el hecho de estar produciendo frío y calor simultáneamente para tener rendimientos muy elevados de los sistemas de climatización, utilizando para ello una bomba de calor individual por planta que disipa el calor en un "loop" o lazo de agua que se hace circular por el edificio. Es un esquema que solamente tiene sentido en el caso que existan importantes simultaneidades.

Los establecimientos de salud en general son de grandes dimensiones y debido a su complejidad de climatización, orientaciones, tecnologías arquitectónicas y destinaciones de uso, es muy probable encontrar simultaneidad de demandas de calefacción y enfriamiento a lo largo

del día, por lo que es apropiado tener en consideración este tipo de sistemas.

- Sistemas VAV (volumen de aire variable)

En los sistemas VAV la temperatura de impulsión de la enfriadora se mantiene constante, y la regulación de la temperatura de los recintos se hace variando el flujo de aire frío o caliente que se introduce en cada uno de ellos. En la red de conductos hay una serie de unidades encargadas de regular la cantidad de aire que se suministra a cada recinto (cajas de volumen de aire variable). Estas unidades disponen de una compuerta (damper), regulada por la señal del termostato ubicado en el recinto a climatizar. Se puede conseguir el mismo efecto actuando directamente sobre los difusores, integrando motores que permitan variar su posición y, por lo tanto, la cantidad de aire que dejan pasar.

Para gestionar las diferentes demandas, este sistema deberá poseer una gran cantidad de UMAs independizadas por zonas de similares demandas.

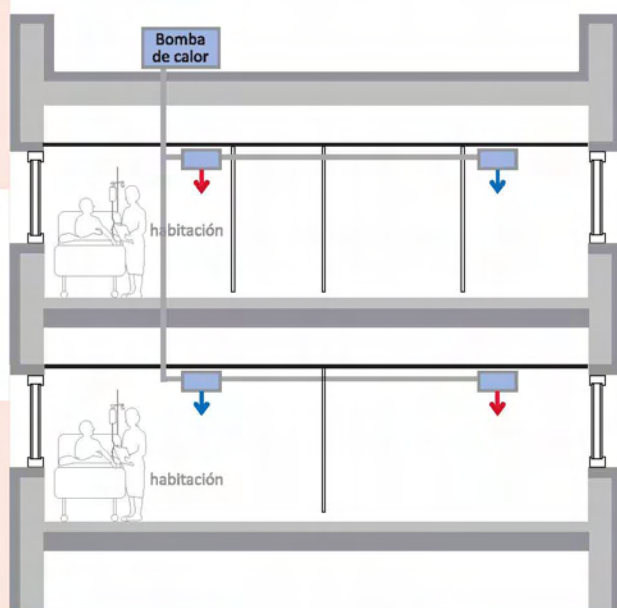


Figura 3.2.11
VRV con recuperación de calor.

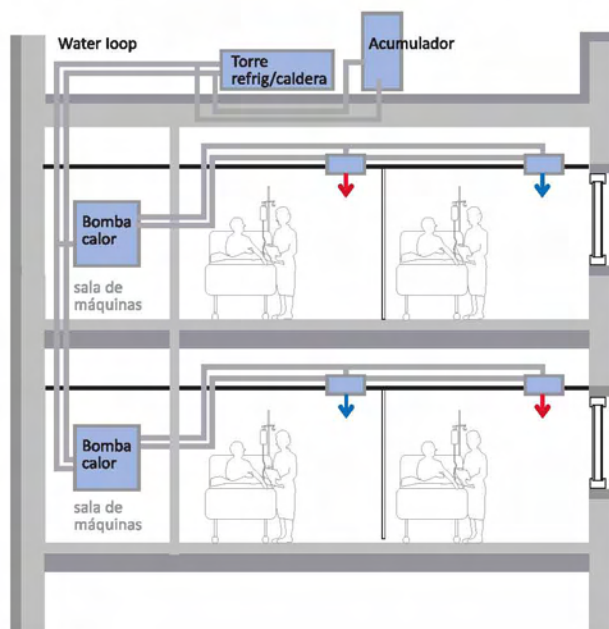


Figura 3.2.12
VRV con water loop.

El calentamiento se puede gestionar en forma centralizada después de cada UMA o independientemente en cada caja VAV (unidad terminal) en cada recinto. Estos serán, por lo tanto, sistemas unizona con postcalentamiento, como se aprecia en la figura 3.2.12.

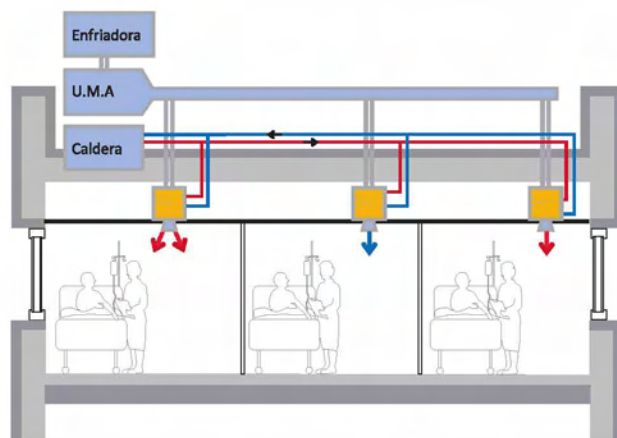


Figura 3.2.13
Esquema de sistema VAV.

El aire se enfría en una unidad central (UMA) hasta una temperatura de 15°C. Antes de ser impulsado a una zona, si se requiere, se puede calentar mediante una batería de calor colocada en la unidad terminal, y así suministrar diferentes temperaturas en las diferentes zonas. Este post calentamiento en las unidades terminales se puede hacer con baterías de agua caliente de tipo simple o inductores o con baterías de resistencias eléctricas.

En alguno de los casos, se puede optar por una variante respecto al caso anterior, que son los sistemas combinados, con volumen de aire variable en zonas interiores y volumen de aire constante en zonas periféricas.

La razón principal de la elección es que hay edificios en los que, dada la distribución de las diferentes salas o zonas, en las áreas interiores la carga de calefacción es prácticamente nula, ya que no hay intercambio de calor directamente con el exterior, mientras que las zonas periféricas necesitan aportación térmica durante todo el año. En este tipo de distribución, dadas las cargas internas elevadas, las zonas interiores suelen necesitar aporte de frío durante casi todo el año.

3.2.3.3 Sistemas de generación

En este apartado se describen varias soluciones de sistemas de generación que se aplican en establecimientos de salud, empezando por sistemas tradicionales y centrandó la atención en propuestas energéticamente eficientes y con uso de fuentes renovables. Los sistemas analizados son:

- Sistemas tradicionales: enfriadoras para cubrir la demanda de enfriamiento, calderas de gas para cubrir la demanda de calefacción, y bombas de calor para demandas de calor y frío.
- Sistema tradicional con aprovechamiento del calor (o frío) residual de la planta.
- Geotermia (con posibilidad de hibridación con un sistema solar térmico para la regeneración del terreno).
- Caldera de biomasa + Absorción (para generación de frío).
- Trigeneración (Cogeneración de electricidad y calor + Absorción para frío).
- Solar térmica + Rueda desecante.
- Sistema de generación solar de concentración con absorción de doble efecto y con acumulación de hielo nocturno y acumulación estacional de calor en el suelo.

Cabe señalar que los sistemas de generación en establecimientos de salud deben satisfacer tanto las demandas de calor y frío de cada recinto, como los requerimientos de agua caliente sanitaria altamente necesarios en este tipo de edificios. Los sistemas de generación aquí presentados podrán satisfacer uno u otro de estos requerimientos y será labor del diseñador térmico buscar la mejor integración de todos estos requerimientos en un diseño eficiente.

a) Sistemas tradicionales

Los sistemas tradicionales de calefacción y enfriamiento son las calderas de gas, las calderas de condensación, las enfriadoras (chillers) y las bombas de calor. Son sistemas que generalmente consumen combustibles fósiles para su funcionamiento como gas natural, gas licuado, petróleo diésel, o simplemente electricidad.

Las calderas de gas tienen rendimientos estacionales del 85-90%. Para un correcto análisis de los consumos es importante distinguir entre el rendimiento nominal, indicado por el fabricante en las fichas técnicas, y el rendimiento estacional de la caldera, que se refiere al funcionamiento de todo el año, bajo condiciones muchas veces diferentes de las condiciones nominales.

Las calderas de condensación tienen rendimientos superiores al 100%, debido al aprovechamiento del calor de condensación del agua de los humos. Se trata de calderas más costosas y, en general, se preferirá que vayan acopladas a sistemas con difusión a baja temperatura, como son los casos señalados de vigas frías, piso/cielo radiativo, entre otros, de modo que la temperatura de retorno a las calderas sea lo más baja posible y de este modo se maximice la condensación del agua de los humos.

Las enfriadoras de compresión o chillers son máquinas especialmente

diseñadas para la producción de frío, que tienen rendimientos en general altos definidos por su COP (coeficiente de performance) que por lo general ronda los 2 a 4. Las condiciones nominales de estas máquinas son de 7 a 12°C.

Las bombas de calor, o también denominadas sistemas de "aeroterminia", se pueden utilizar, tanto para producir frío, como para producir calor, tienen un diferencial de costo muy bajo respecto a las enfriadoras tradicionales y poseen un COP de 3 a 3,5.

Se debe considerar que en climas particularmente fríos las bombas de calor pueden perder significativamente su eficiencia. A nivel general, se considera que en Chile se puede tener problemas de este tipo para latitudes debajo de Santiago o en sectores cordilleranos más al norte.

Si a un sistema tradicional como los anteriormente señalados le añadimos sistemas con recuperación de calor, free cooling y enfriamiento evaporativo, va a existir una mejora importante sin un gasto económico excesivo. Será muy importante entonces que el diseñador contemple la factibilidad de implementar estas mejoras en su diseño final.

Los recuperadores pueden tener una eficiencia desde un 55% (recuperadores de placas) hasta un 90% (rueda entálpica).

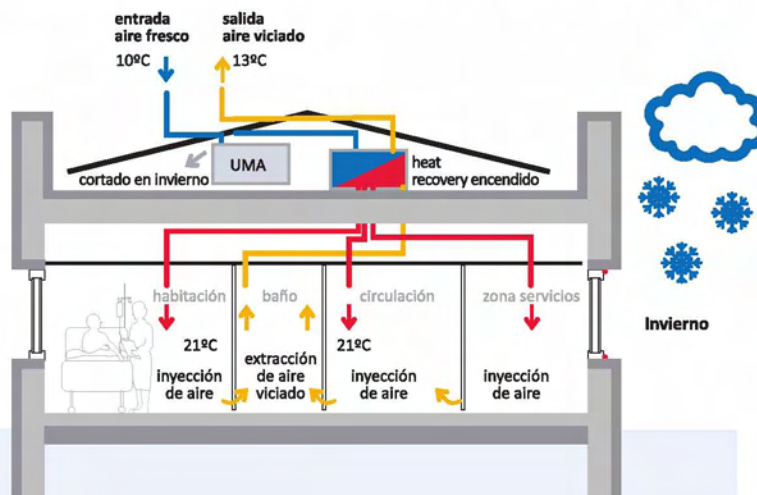


Figura 3.2.14
 Esquema de
 recuperación de calor.

b) Sistemas de generación con energías renovables

- Geotermia

Una bomba geotérmica es una bomba de calor que capta el calor del subsuelo (foco caliente) y lo disipa al interior del edificio (foco frío), elevando el calor de este último hasta la temperatura deseada para ACS, calefacción o incluso para el calentamiento de piscinas en otras aplicaciones. También se puede utilizar para enfriamiento realizando el ciclo inverso.

Este sistema consigue importantes mejoras en su eficiencia energética debido a que disipa o extrae calor de la tierra, la que posee temperaturas moderadas y estables durante todo el año.

El inconveniente de este sistema es que debe utilizarse sólo si las demandas de frío y calor son relativamente similares a lo largo de un año, en caso contrario, se calentará o enfriará paulatinamente el suelo, perdiendo rendimiento a lo largo de los años.

Por otra parte, será importante realizar una prospección de las características del suelo circundante al proyecto, a fin de diseñar adecuadamente el sistema.

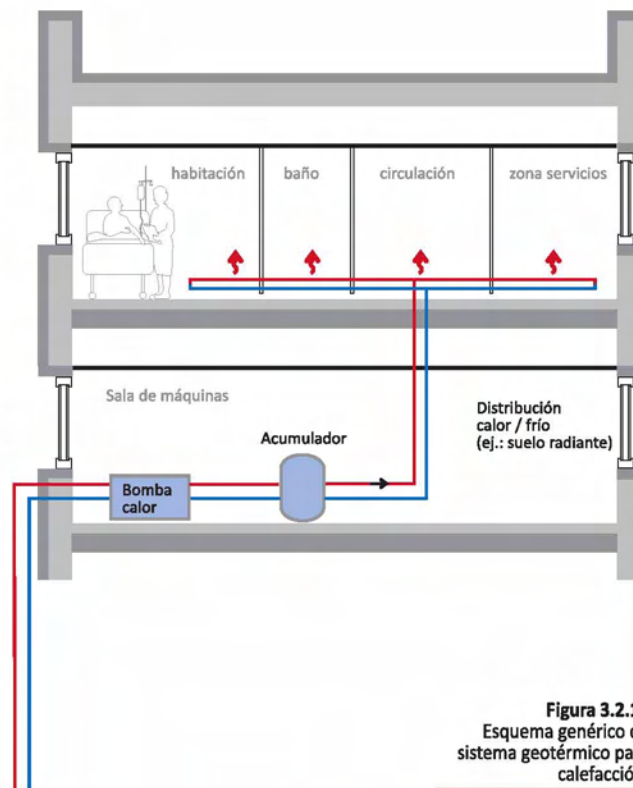


Figura 3.2.15
 Esquema genérico de
 sistema geotérmico para
 calefacción.

- **Caldera de biomasa + máquina de absorción**

Las máquinas de absorción son máquinas que utilizan calor como energía de entrada para producir frío para el entorno. Gracias a este tipo de máquinas es posible climatizar tanto con calor como frío utilizando sólo una caldera a biomasa, fuente abundante por ejemplo en el sur de Chile, además de ser renovable, y no emitir gases de efecto invernadero.

El esquema de biomasa + máquina de absorción es similar al que posteriormente se mencionará para trigeneración. En este caso se cambia el motor de cogeneración por una caldera de biomasa. A

diferencia del sistema de trigeneración, en este esquema no se genera electricidad, sino únicamente calor, el cual se acumula y se utiliza tanto para satisfacer las demandas de calor, frío, así como de ACS.

La figura 3.2.15 muestra un esquema de este sistema donde se aprecia la caldera de biomasa, su acumulación inmediata y su posterior ramificación para generación de frío. También podrá utilizarse en forma directa sin pasar por la máquina de absorción para calefactar o generar ACS, como se aprecia en la figura 3.2.16.

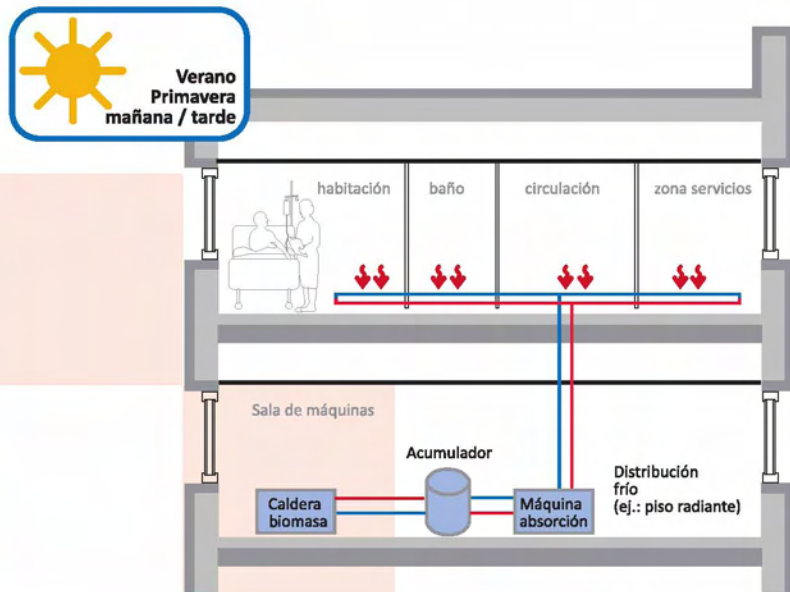


Figura 3.2.16
 Esquema de caldera de biomasa con máquina de absorción, modo verano.

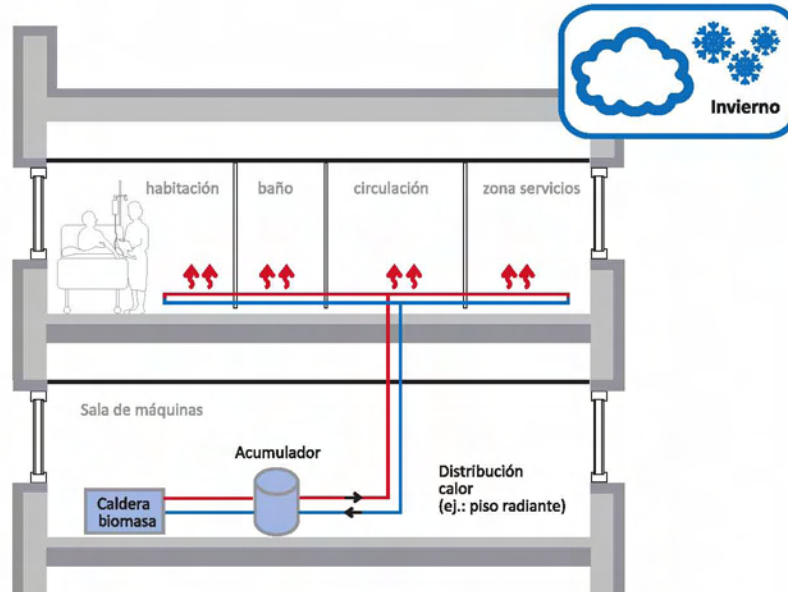


Figura 3.2.17
 Esquema de caldera de biomasa con máquina de absorción, modo invierno.

- Solar térmica para ACS

La energía solar térmica para ACS es una de las soluciones de sistemas con energías renovables que más se implementan en establecimientos de salud, debido al perfil de demanda constante, que coincide con el período de presencia de radiación solar, y a las grandes superficies de cubiertas disponibles. Si están bien dimensionados y hay disponibilidad de superficie no sombreada para la instalación de los colectores, se puede alcanzar ahorros considerables.

Un análisis de ahorros específicos requeriría un estudio detallado, debido a la cantidad de variables que afectan el rendimiento de este tipo de sistemas (radiación solar, disponibilidad de superficie, dimensión del edificio, demanda, condiciones ambientales, etc.).

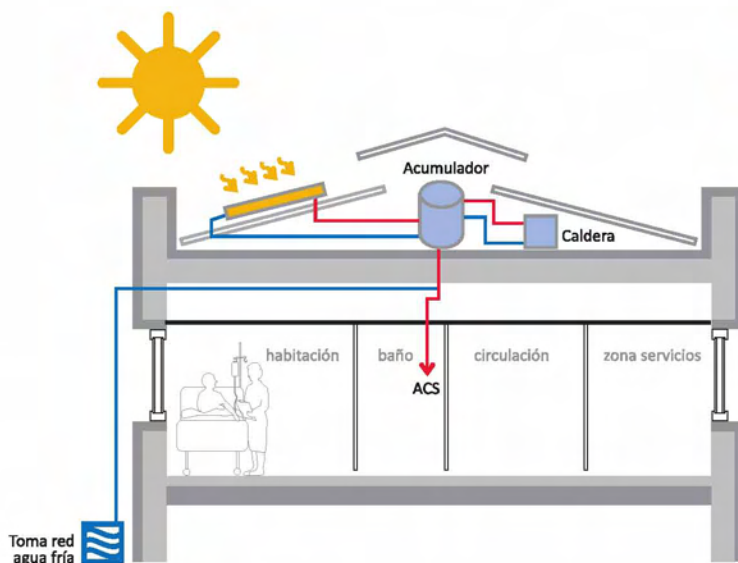


Figura 3.2.18
 Esquema de SST para ACS
 en establecimiento de
 salud.

- Solar térmica + rueda desecante

A continuación se muestra un sistema de generación de calor, frío y ACS mediante una tecnología solar térmica, con acumulación y equipos auxiliares de apoyo. Este sistema utiliza la energía solar para regenerar una rueda desecante que trata aire primario deshumectándolo y enfriándolo mediante enfriamiento evaporativo. De este modo, sólo con generación solar y el apoyo de una caldera, se puede generar frío para las diferentes dependencias de un establecimiento de salud, al mismo tiempo que calefacción y agua caliente sanitaria para el edificio.

Este tipo de sistemas es ideal para climas de baja humedad relativa, como es el caso de gran parte de las ciudades de Chile.

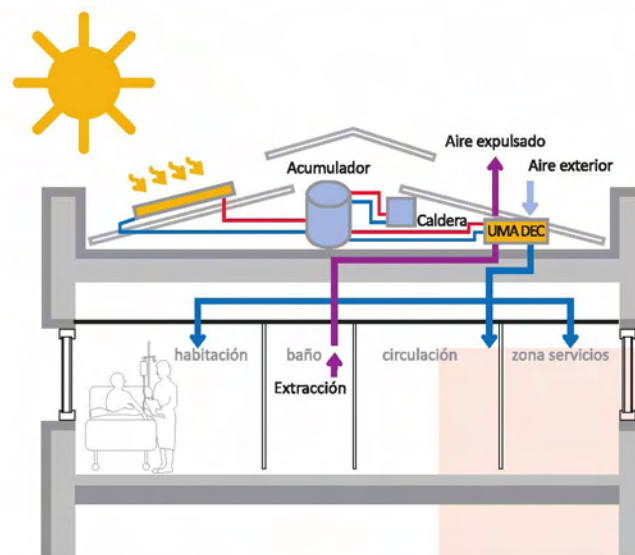


Figura 3.2.19
 Esquema SST + rueda
 desecante.

- Solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable (energía eléctrica voltaica) obtenida directamente de los rayos del sol gracias a las celdas o células fotovoltaicas.

Se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad para redes de distribución. La primera opción, que requiere de baterías de acumulación electroquímicas, es únicamente viable para espacios aislados lejanos a la red eléctrica.

Existe una nueva ley chilena denominada de Net-Billing, aprobada en 2012 pero en fase de desarrollo de su reglamento, el que se espera esté en condiciones de entrar en vigencia para mediados de 2013, lo que permitirá la generación de energía eléctrica y su inyección a la red, siempre y cuando no supere la energía eléctrica consumida por parte del usuario. Esta ley, aunque técnicamente está dirigida a instalaciones residenciales, sí podrá utilizarse para aplicaciones terciarias mientras la potencia de la instalación no supere los 100kW de potencia, sin embargo, los grandes consumos eléctricos de este tipo de edificios será preferible el autoconsumo de esta energía generada.

Hoy los precios de los paneles fotovoltaicos han bajado significativamente, por lo que, con los altos precios de electricidad de Chile, pueden ser sistemas rentables económicamente y con mayor seguridad en el futuro cercano.

- Esquema de generación solar de concentración con absorción de doble efecto y con acumulación de frío nocturno en hielo y acumulación estacional de calor en el suelo

En este apartado se presenta una propuesta de esquema poco usual y relativamente complejo, con el objetivo de mostrar las posibilidades de la integración de las tecnologías existentes.

Este sistema incluye cinco subsistemas:

- Sistema de enfriamiento con concentración solar: captadores lineales de Fresnel, y máquina de absorción de doble efecto con recuperación de calor de disipación.
- Sistema de enfriamiento ambiental nocturno con acumulación de hielo y enfriadora de alta eficiencia para los meses de verano.
- Sistema de tratamiento de aire con desecación solar y enfriamiento evaporativo: rueda desecante, colectores solares planos, caldera de gas, bomba de calor geotérmica y acumulación de aguas lluvia.
- Sistema de calefacción geotérmico con aprovechamiento estacional.
- Agua caliente sanitaria: calor residual de la máquina de absorción, campos solares térmicos, y caldera de gas.

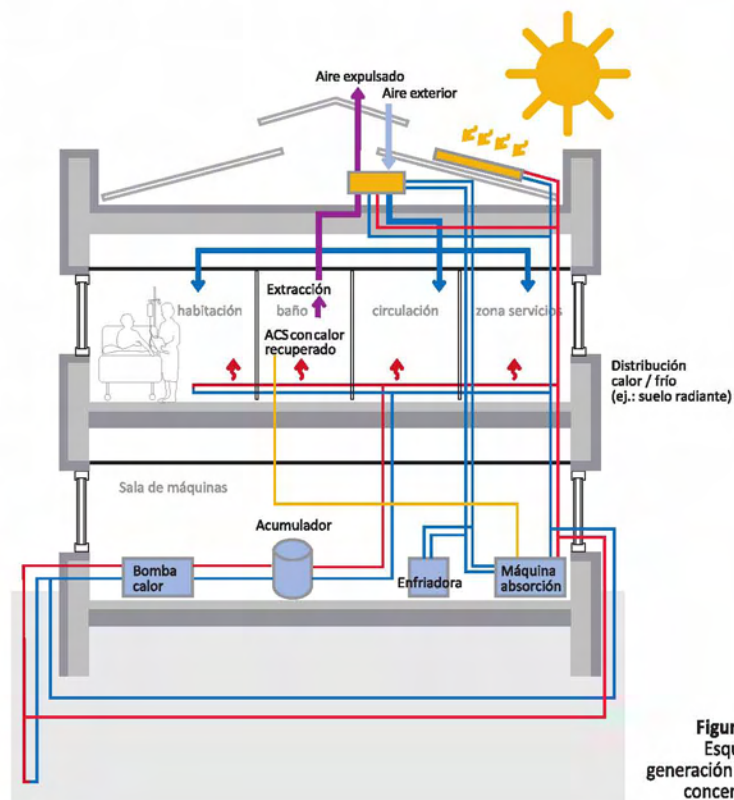


Figura 3.2.20
Esquema de generación solar de concentración.

c) Sistemas de cogeneración

- Cogeneración

El término cogeneración se utiliza para definir aquellos procesos en los que se produce simultáneamente energía eléctrica y energía calorífica a partir de un combustible diésel o gas. Se pueden utilizar también combustibles renovables (biodiésel, syngás⁽²⁾ y biogás).

La generación simultánea de electricidad y calor en las plantas de cogeneración permite un incomparable grado de aprovechamiento de la energía del combustible. Entonces, los combustibles que normalmente se utilizan son menos contaminantes que los utilizados en sistemas convencionales.

El encarecimiento actual de la energía eléctrica y la aparición de combustibles más económicos, como el gas natural, han incrementado el diferencial de costo entre estos dos tipos de energía, haciendo que la rentabilidad de este sistema sea muy atractiva.

El potencial de ahorro de energía primaria que ofrecen las plantas de cogeneración con motores de gas e incluso diesel es muy alto al compararlo con la generación separada de electricidad y calor, lo que se traduce en una importante reducción de los costos energéticos para el usuario.

Es interesante que pueda diseñarse el sistema para cubrir únicamente la demanda base. Las potencias disponibles en la actualidad oscilan entre los 5kW térmicos hasta unidades de varios MW.



Figura 3.2.21
 Esquema sistema de cogeneración.

² Syngás: gas de síntesis producto de la combustión incompleta de biomasa a alta temperatura. Este tipo de combustible aún no posee desarrollo en Chile y a nivel internacional se encuentra aún en etapa incipiente (a nivel comercial), sin embargo, se espera que pueda ser relevante en un futuro cercano.

- **Trigeneración**

Un sistema de trigeneración es una variante del anterior, donde se permite la producción simultánea de electricidad y calor por un lado mediante el motor de cogeneración y aprovechando el calor residual, se alimenta una enfriadora o máquina de absorción que permite cubrir la demanda de frío, en función de los requerimientos.

Es un sistema similar al mencionado de caldera de biomasa + máquina de absorción, pero que además permite la generación de electricidad para autoconsumo o para su inyección a la red eléctrica. Los sistemas de cogeneración y por defecto, de trigeneración, también están contemplados en la ley de Net-Billing aprobada recientemente y, por lo tanto, a futuro se permitirá inyectar a la red con este tipo de sistemas. Se deberá eso sí, considerar los límites de potencia que establezca la normativa final vigente.

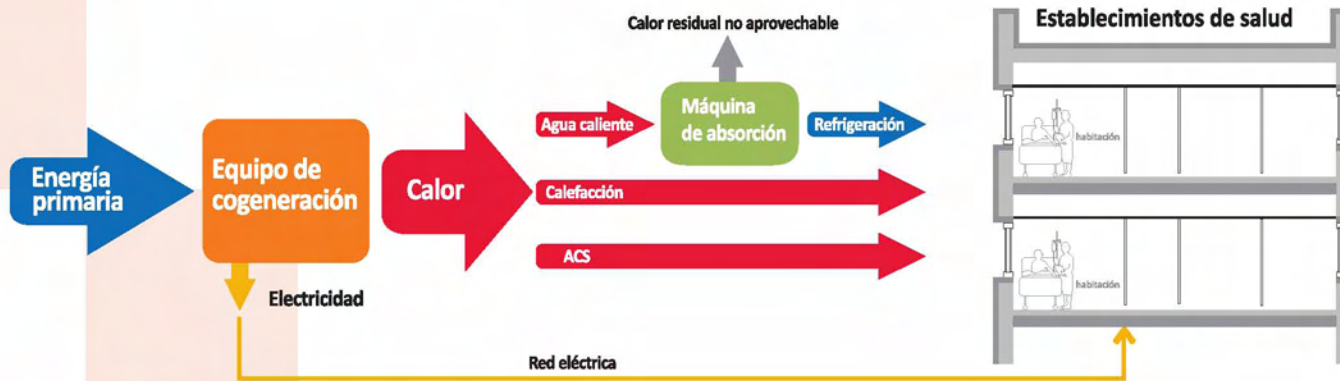


Figura 3.2.22
 Esquema conceptual
 de trigeneración.

3.2.3.4 Conclusiones sobre los sistemas descritos

Las características constructivas del establecimiento de salud y del proyecto de distribución final, determinarán la tipología de difusión que se quiere utilizar. En este caso, los consumos equilibrados y no excesivamente orientados al calor, pueden relegar los sistemas que requieren de apoyo de calor (como las vigas frías y la ventilación por desplazamiento) a un segundo plano. En función de la tipología de difusión que se defina, se analizarán aquellos sistemas de generación que mejor se adapten, atendiendo a los requisitos de exigencia de temperatura de las configuraciones posibles.

Los sistemas energéticos que proporcionan un confort térmico más elevado son los sistemas radiativos, inductivos y por desplazamiento.

La selección del sistema tiene que tener en consideración las condiciones mínimas de salubridad del aire específica para cada recinto del establecimiento de salud. En algunos casos, la solución más eficiente desde el punto de vista energético no es la mejor bajo el punto de vista de la calidad del aire. Esta última, en el caso de establecimientos de salud, es una prioridad respecto a la eficiencia del sistema

Rendimientos

Para el correcto análisis de los rendimientos de los sistemas, es importante entender que no sólo se puede considerar el rendimiento de los equipos individuales del sistema, sino que hay que considerar el sistema en forma integral. Los rendimientos de los equipos en las fichas técnicas

de los fabricantes se refieren a unas ciertas condiciones de operación; fuera de estas condiciones los rendimientos bajan, debido a que no trabajan en condiciones nominales.

Evidentemente se aconseja escoger sistemas integrados en los que los equipos funcionen la mayoría del tiempo en condiciones nominales, para que se alcance la máxima eficiencia del sistema.

Gestión y control

Un elemento fundamental para el funcionamiento eficiente de los sistemas que se proponen es el control de dichos sistemas y su sistema de gestión. Independientemente de las soluciones de sistemas que se escojan, se aconseja dotar los mismos de un sistema de control de tipo BMS (o BEMS), para gestionar de forma automática el funcionamiento del sistema, individualizar rápidamente eventuales problemáticas y monitorear constantemente el sistema.

Para una descripción detallada del sistema de gestión y control, se recomienda dirigirse a la sección específica 3.2.4.

46
**Tecnologías de
 distribución
 disponibles:**

- Fan Coils
- Piso radiante
- Cielo radiante
- Losa activada térmicamente
- Todo aire por mezcla

3

Resumen tecnologías		
Sistemas de distribución		
Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Fan coils		
<p>Potencias máximas frío/calor: la deseada, depende del dimensionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permiten mayores potencias de climatización y, por lo tanto, requiere menos sistemas de apoyo. - Permiten mayores posibilidades de segmentación que los sistemas radiativos e inductivos convencionales. - Poseen costos de mantenimiento reducido. - Presentan una rapidez de respuesta a los requerimientos de confort mayor que los sistemas radiativos e inductivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupan mayor espacio útil y, por lo tanto, se debe pensar en la integración arquitectónica de éstos. - Menor confort respecto a los sistemas radiativos e inductivos. - Requieren de temperaturas de fluido más altas, por lo tanto, se reduce la eficiencia en los sistemas de generación. - Poseen consumos eléctricos adicionales asociados a sus ventiladores.
Piso radiante		
<p>Pot. máx. calor: 80W/m² Pot. máx. frío: 30 - 40W/m²</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupación de espacio útil en planta nulo (entre las capas de la losa). - Menor exigencia en la temperatura del agua lo que implica un menor salto térmico en los equipos de generación y, por lo tanto, una muy alta eficiencia energética del sistema. - La instalación de válvulas de paso puede permitir una segmentación elevada de las zonas. - Confort térmico elevado. - Es totalmente silencioso. - Posee un nulo mantenimiento. - Ideal para acoplarse a sistemas renovables de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La potencia instalada es limitada y requiere una adecuada deshumectación, por lo que debe estar acompañado de aire tratado para cubrir la demanda latente. - No es recomendable para recintos con grandes demandas de enfriamiento, ya que el sistema perderá eficiencia al requerir de temperaturas de operación más elevadas. - Problemas con la inercia para alcanzar las condiciones de confort. - La materialidad del piso puede reducir la transferencia de calor y, por lo tanto, el rendimiento del sistema.
Cielo radiante		
<p>Pot. máx. calor: 50W/m² Pot. máx. frío: 50-80W/m² (con deshumectación o en lugares secos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupación de espacio útil en planta nulo (falso techo). - Si la potencia de enfriamiento es suficiente, el confort térmico es muy elevado debido a las características de la difusión radiativa. - Menor exigencia en la temperatura del agua lo que implica un menor salto térmico en equipos de generación y, por lo tanto, una muy alta eficiencia energética del sistema. - La instalación de válvulas de paso puede permitir una segmentación elevada de las zonas. La aportación del aire tendría que rehacerse. - Es totalmente silencioso. - Posee un nulo mantenimiento. - Ideal para acoplarse a sistemas renovables de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La potencia instalada es limitada y requiere una adecuada deshumectación, por lo que debe estar acompañado de aire tratado para cubrir la demanda latente. - No es recomendable para recintos con grandes demandas de calefacción, ya que el sistema perderá eficiencia al requerir de temperaturas de operación más elevadas. - El confort térmico es menor en modo calor. - Problemas con la inercia para alcanzar las condiciones de confort. - Posee riesgos de generar condensación en el cielo. - La materialidad del cielo puede reducir la transferencia de calor y, por lo tanto, el rendimiento del sistema.

Tabla 3.2.9
 Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación
 Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000.

Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Losa activada térmicamente		
Pot. máx. calor: 80W/m ² Pot. máx. frío: 30 - 40W/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupación de espacio útil en planta nulo (dentro de la losa). - Menor exigencia en la temperatura del agua lo que implica un menor salto térmico en equipos de generación y, por lo tanto, una muy alta eficiencia energética del sistema. - Confort térmico elevado. - Es totalmente silencioso. - Posee un nulo mantenimiento. - Ideal para acoplarse a sistemas renovables de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> - La potencia instalada es limitada y requiere una adecuada deshumectación, por lo que debe estar acompañado de aire tratado para cubrir la demanda latente. - Problemas con la inercia para alcanzar las condiciones de confort. - Posee riesgos de generar condensación en el cielo. - La materialidad de la losa puede reducir la transferencia de calor y, por lo tanto, el rendimiento del sistema. - Imposibilidad de sectorizar zonas (la losa actúa arriba y abajo).
Viga fría		
Pot. máx. calor : 45W/m ² Pot. máx. frío: 80W/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupación de espacio útil en planta nulo (paramentos verticales, falsos techos). - Confort térmico elevado. - La eficiencia energética en generación es menor que los sistemas radiantes pero muy superior a los sistemas de fan coils o todo aire. - Permiten integrar en el mismo sistema los requerimientos de ventilación. - Es totalmente silencioso. - Posee un muy bajo mantenimiento. - Ideal para acoplarse a sistemas renovables de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor costo para modelos de menor dimensión. - La potencia a instalar es limitada y requiere un sistema de apoyo, sobre todo en calor. - No es recomendable para recintos con grandes demandas de calefacción. - Posee riesgos de generar condensación.
Todo aire por mezcla		
	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de integrar. Se segmenta dejando registros en el conducto. - Respuesta más rápida que otros sistemas radiativos o inductivos. - Permite mayores potencias de diseño no requiriendo de sistemas de apoyo y además puede ser regulada en función del caudal. - Permite tratar de manera conjunta la ventilación y la climatización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hay que estudiar la integración en el espacio para maximizar el efecto del sistema. - Menor confort respecto a los sistemas radiativos e inductivos. - Requieren temperaturas más exigentes en la generación, por lo que penalizan el rendimiento energético del sistema. - Poseen altos consumos eléctricos asociados a la ventilación. - El mayor caudal implica un mayor consumo de los elementos que lo impulsan y requiere costos de mantenimiento más elevados que aseguren el correcto flujo. - Pueden presentar altos niveles de ruido.

Continuación

Tabla 3.2.9

Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación

Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000

SISTEMAS
ACTIVOS

3

Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Todo aire por desplazamiento		
Pot. máx. frío 100W/m ² Pot. máx. calor 80W/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Confort térmico elevado. - Temperaturas más próximas a la consigna - Permite mayores potencias en frío, pero en calor requiere de sistemas de apoyo - Respuesta más rápida que otros sistemas radiativos o inductivos - Permite tratar de manera conjunta la ventilación y la climatización 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy limitado a la estructura arquitectónica y la distribución interior si se quiere integrar en el espacio. - Hay que estudiar la integración en el espacio para maximizar el efecto del sistema. - Requieren temperaturas más medias de generación, por lo que poseen rendimientos energéticos intermedios. - Poseen consumos eléctricos asociados a la ventilación. - Altos costos de mantenimiento. - Puede generar problemas de salubridad por el levantamiento de partículas de polvo.
VRV		
Pot. máx. frío/calor: la deseada (depende del dimensionado).	<ul style="list-style-type: none"> - Buen confort térmico, aunque menor que en sistemas radiativos e inductivos. - Sistema muy conocido en el mercado. - Costos de mantenimiento reducidos. - Altas potencias de calor y frío. - Suministran de forma conjunta el aire primario, así que no necesitan sistemas de ventilación adicionales. - Menores dimensiones de conductos y tuberías. - Muchos tipos de unidades interiores. - Posibilidad de trabajo simultáneo en frío y calor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajan con fluidos refrigerantes que pueden generar problemas en caso de filtraciones - No se pueden acoplar con sistemas de producción renovable de generación de energía térmica - Si no existen demandas de calor y frío simultáneas, no presentan una ventaja competitiva muy considerable en relación a otros sistemas con agua
VAV		
Punta frío/calor: la deseada (depende de dimensionado).	<ul style="list-style-type: none"> - Se adaptan a las necesidades de cada zona. - Permiten un mejor confort térmico que otros sistemas todo aire. - Posibilidad de hacer sistemas combinados, con volumen de aire variable para unas zonas y volumen de aire constante para otras. - Respuesta más rápida que otros sistemas radiativos o inductivos. - Permite tratar de manera conjunta la ventilación y la climatización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor dimensión de los conductos respecto al sistema VRV. - Pueden presentar problemas importantes de ruido. - Hay que estudiar la integración en el espacio para maximizar el efecto del sistema. - Requieren temperaturas más exigentes en la generación, por lo que penalizan el rendimiento energético del sistema. - Poseen altos consumos eléctricos asociados a la ventilación. - Posee costos de mantenimiento más elevados que aseguren el correcto flujo.

Continuación
Tabla 3.2.9
 Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación
 Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000

Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Recuperación de calor		
(Ahorro sobre calor aire de un 40-50%)	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoran notablemente la eficiencia energética de los sistemas de climatización. - Simple de integrar a través de UMAs. Bajo costo. - Posibilidad de optar por sistemas muy económicos (placas), poco eficientes pero estancos, o sistemas menos económicos pero más eficientes. - Existencia de muchas soluciones disponibles en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de que los conductos de impulsión y de retorno sean conducidos al mismo punto (en algunos casos podría resultar en muchos conductos). - Alta ocupación espacial tanto de conductos como de máquinas. - Mal funcionamiento del sistema si existen ventanas practicables frecuentemente abiertas. - Requieren de mantenimiento adicional.
Enfriamiento evaporativo		
(Ahorro sobre frío aire de entre un 5 y un 18%).	<ul style="list-style-type: none"> - Simple de integrar a través de las UMAs. - Bajo costo y alta eficiencia en climas secos y medios secos, como es el caso de casi todo Chile. - Los sistemas indirectos no tienen riesgos asociados a nivel de legionella o proliferación de hongos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los sistemas de humidificación directa, si no están bien mantenidos, pueden presentar muchos problemas asociados con la legionella o proliferación de hongos, por lo tanto, requieren de una muy importante mantención periódica. - En humectación indirecta. - Requerimiento que los conductos de impulsión y de retorno sean conducidos al mismo punto (aumenta cantidad de ductos). - Alta ocupación espacial tanto de conductos como de máquinas. - Funcionan sólo en zonas con baja o media humedad ambiente.

Continuación
Tabla 3.2.9
 Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación
 Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000

47

Tecnologías de generación disponibles:

- Bomba de calor geotérmica
- Calderas biomasa
- SST para ACS
- SST para ACS + Rueda desecante
- SST de concentración
- Solar fotovoltaica

3

Sistemas de generación con energías renovables

Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Bomba de calor geotérmica		
<p>Óptimo cubriendo entre un 50 y un 70% de la demanda total de calor y frío, que implica una cobertura del 25% a nivel de potencia, aunque depende de lo inercial del edificio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En lugares con demandas equilibradas de frío y calor, con los precios actuales de la electricidad en Chile, es una alternativa muy viable. - Si existe disponibilidad de espacio exterior, implica una poca ocupación en sala de máquinas. - Podría llegarse, incluso, a instalarse sistemas en pilotajes activados. 	<ul style="list-style-type: none"> - El conocimiento del terreno es necesario para avanzar en un diseño concreto de instalación. - Requiere de realizar prospecciones al terreno, lo que puede aumentar el costo del proyecto. - Hoy el costo de los equipamientos y la instalación de estos sistemas puede ser un impedimento inicial importante. - Debe tener un diseño de ingeniería especializado. - Se deben evitar los riesgos de sobrecalear o sobreenfriar el terreno, lo que incidirá a futuro en un rendimiento inferior de la bomba de calor. - Requieren de un sistema adicional para los requerimientos de agua caliente sanitaria.
Caldera de biomasa		
	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas comerciales, con buena fiabilidad. - Precio del combustible muy bajo comparado con el resto de combustibles en Chile. - Acoplable a máquina de absorción para la realización de frío. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uno de los costos más importantes del combustible es el transporte, y si el suministro no es cercano, los costos son elevados. - Alta ocupación de espacio para acumular. - Pueden existir problemas de restricción de uso en zonas con alta contaminación en períodos de alerta ambiental.
Solar térmica para ACS		
<p>(Óptimo cubriendo alrededor de un 30-60% de la demanda de ACS).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología establecida y con rendimientos muy conocidos. - Permite alcanzar grandes ahorros de energía para el calentamiento del ACS. - Si se diseña para cubrir la base de ACS, el funcionamiento acostumbra a ser muy correcto. - Períodos de recuperación de la inversión, por lo general inferior a 5 años. - Pueden acoplarse con máquinas de absorción para generación de ACS, calor y frío simultáneo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aunque permite cubrir también parte de las demandas de calefacción, son sistemas un poco más complejos y requieren un diseño con sistemas de difusión a muy baja temperatura (piso radiante principalmente). - Poseen una ocupación importante de espacio en cubierta. - Requieren de un mantenimiento adecuado.
Solar térmica + Rueda desecante		
	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema que permite hacer calefacción, frío y ACS integrando la energía solar térmica. - Sistema fácil de integrar con manejadoras de aire. - Requieren de colectores solares térmicos, tecnología ya establecida en Chile. - Puede integrarse con colectores solares de aire, mucho más económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Únicamente aplicable en lugares intermedios a nivel de humedad (en lugares muy húmedos o muy secos no son convenientes). - La integración con la rueda desecante es compleja, es necesario un trabajo de ingeniería detallado. - Sistemas de mayor innovación, los que no existen mucho a nivel internacional, sin embargo, presentan buen funcionamiento.

Continuación
Tabla 3.2.9
Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación
Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000

Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Solar térmica de concentración (Fresnel) + Máquina de absorción de doble efecto	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema que permite hacer calefacción, frío y ACS, integrando con solar térmica, con muy buena eficiencia. - Sistema relativamente económico (los sistemas tipo fresnel son mucho más económicos que el resto de los sistemas de concentración solar). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sólo aplicable a latitudes altas, con radiaciones solares directas importantes. - Problemática de los sistemas próximos al mar (por salinidad en los concentradores). - Requieren de un importante mantenimiento. - Conllevan el uso de enfriamiento con torre húmeda, con posibles problemas de legionella.
Solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de generación de electricidad, compensando parte de la electricidad consumida. - Sistema simple de diseñar, instalar y fiable en su producción. - En los últimos años ha mostrado un costo en constante disminución. - Si el establecimiento de salud está a más de 1km de la red, conviene considerar la realización de un sistema autónomo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si se hace una instalación conectada a la red relativamente grande, una parte se exportará, con lo que (al día de hoy), se perderá. - La rentabilidad económica de estos sistemas aún es larga, pero se observa un potencial importante de la tecnología en el futuro cercano. - No sería conveniente (excepto en un lugar aislado) considerar la realización de una instalación autónoma (con baterías, reguladores e inversor).

Continuación
Tabla 3.2.9
 Resumen tecnologías de
 calefacción/enfriamiento/ventilación
 Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom,
 2010; Recknagel et al, 2000

48

Tecnologías de cogeneración disponibles:

- Cogeneración
- Trigeneración

3

Tecnologías de cogeneración		
Tecnología / Condiciones de operación	Ventajas	Desventajas
Cogeneración		
(Óptimo cubriendo entre un 20-40% de la demanda total de calor en establecimientos de salud).	<ul style="list-style-type: none"> - Genera calor y electricidad en forma simultánea. - Sistemas robustos si son bien diseñados y funcionan muchas horas por año. - Si existe alguna fuente de energía renovable líquida/gas próxima, puede cogenerarse con ella (biodiésel, biogás o syngás). 	<ul style="list-style-type: none"> - Como se trata de sistemas en constante operación, no permite reemplazar los generadores de emergencias, los que de todos modos se deberán contemplar en el proyecto. - La rentabilidad del sistema dependerá de los diferentes combustibles a utilizar. El proyectista deberá realizar un análisis comparativo de combustibles para determinar el que pueda permitir una mayor rentabilidad tanto económica como ambiental.
Trigeneración		
(Óptimo cubriendo entre un 20-40% de la demanda total calor y frío en establecimientos de salud).	<ul style="list-style-type: none"> - Genera calor, frío y electricidad en forma simultánea. - Sistemas robustos si son bien diseñados y funcionan muchas horas por año. Se puede diseñar un poco más grande (el generador) si también se requiere hacer frío. - Si existe alguna fuente de energía renovable líquida/gas próxima, puede cogenerarse con ella (biodiésel, biogás o syngás). 	<ul style="list-style-type: none"> - Como se trata de sistemas en constante operación no permite reemplazar los generadores de emergencias, los que de todos modos se deberán contemplar en el proyecto. - La rentabilidad del sistema dependerá de los diferentes combustibles a utilizar. El proyectista deberá realizar un análisis comparativo de combustibles para determinar el que pueda permitir una mayor rentabilidad tanto económica como ambiental. - Los sistemas de frío con absorción de simple efecto conllevan el uso de enfriamiento con torre húmeda, con posibles problemas de legionella.

Continuación
Tabla 3.2.9
 Resumen tecnologías de calefacción/enfriamiento/ventilación
 Fuente: ATECYR y IDEA, 2008; Fenercom, 2009; Fenercom, 2010; Recknagel et al, 2000

3.2.3.5 Propuesta metodológica para la selección del sistema de distribución de calor y frío

La parte de distribución de frío y calor tiene que evaluarse en base a criterios esencialmente cualitativos, tratados de manera valorativa, debido a que existen muchos criterios distintos que afectan el sistema de distribución de calor y frío: el confort, el consumo, la ocupación de espacio en arquitectura, shafts, la flexibilidad a la hora de gestionar los espacios, etc.

De esta forma, se considera una metodología eficaz la de elaborar una matriz con una valoración ponderada de cada uno de estos criterios, para poder decidir cuál de ellos es más adecuado en cada espacio del establecimiento.

Según la propuesta que presentamos en esta guía, a la hora de seleccionar los sistemas de distribución de calor y frío para el establecimiento de salud, la selección del mismo obedecerá a una suma de criterios que pueden ser, por sí mismos, booleanos o valorativos. En general, la consideración es que cada uno de ellos va a tener una valoración, del 1 al 4, con una ponderación correspondiente. La ponderación se realiza en función de la destinación de uso considerada, considerando los criterios más estrictos de la misma: por ejemplo, en las zonas de urgencia y en los pabellones, los criterios más estrictos serán los de humedad relativa, confort y cumplimiento de la demanda, así que estos criterios tendrán un valor superior a 1 y superior a los otros.

Ponderación valores	Urgencia+pabellón+parto
Capacidad	1,50
Calidad del aire	1,50
Confort	1,25
Control HR	1,50
Flexibilidad	0,50
Tasa techo/suelo	0,25
Shafts	0,50
Tasa central cubierta/suelo	0,50
Consumo de energía	1,00
Ecología	0,50
Costo	2,00

El resultado final representará, pues, para cada caso, el mejor sistema de distribución propuesto.

Finalmente, los criterios utilizados son los siguientes:

- Capacidad: la potencia de difusión disponible por parte de los elementos con respecto a las necesidades de proyecto.
- Calidad del aire.
- Confort.
- Control humedad relativa.
- Flexibilidad respecto a los cambios de uso de los espacios en el tiempo.
- Superficie necesaria:
 - Tasa techo/suelo: espacio necesario para ubicar los equipos de distribución en los espacios interiores.
 - Shafts: espacio requerido para los montantes de los sistemas de clima, muy variables dependiendo del sistema.
 - Tasa central cubierta/suelo: el espacio requerido por la maquinaria de tratamiento de aire/agua en cubierta del edificio, independientemente del sistema de generación elegido.
- Consumo de energía/costos operación.
- Ecología (materiales, fluidos).

Tabla 3.2.10
 Ejemplo ponderación y valores para zona urgencia
Fuente: Arquambiente y Aiguasol 2012.

49

Alternativa de evaluación para sistemas de distribución de calor y frío

Descripción del sistema	Capacidad	Calidad del aire	Confort	Control H.R.	Flexibilidad	Tasa techo/suelo	Shafts	Central tasa/cubierta suelo	Consumo de energía	Ecología	Costos	Media
Fan-coils 4 tubos	4	3	3	3	4	2	3	3	1	2,5	3	2,95
Caudal variable	3	3	2	3	3	1	2	2	1,5	2,5	3	2,59
Caudal de refrigerante variable	4	3	2	4	4	2	4	2	2	1	2	2,82

El resultado de la valoración de los criterios se puede visualizar en una matriz con los criterios en función del sistema, y el valor medio de los criterios. Con la ayuda de colores se podrá individualizar de forma más clara la positividad o la criticidad de cada solución analizada.

Después de la ponderación de todos estos valores, se incorpora el factor mantenimiento, que se pondera con los promedios de los valores anteriores, y se individualiza el sistema óptimo para el caso de análisis.

El análisis de estos parámetros se hará de forma separada para los distintos espacios analizados, viendo la idoneidad de utilizar cada uno de ellos para un espacio distinto.

La selección del sistema energético y de sus detalles de diseño, contemplará aspectos energéticos y económicos para que la inversión sea factible, que los rendimientos energéticos sean suficientes para reducir las emisiones de CO₂, y que tenga costos de operación óptimos.

Las variables a analizar que mostrarán la idoneidad del sistema óptimo serán:

- Costo de inversión.
- Costos de operación y mantenimiento.
- TIR (tasa interna de retorno).
- Consumo de energía primaria y emisiones de CO₂.

Figura 3.2.23
Ejemplo de matriz de evaluación de sistemas bajo criterios para zona urgencia.
Fuente: Arquiambiente y Aiguasol 2012.

Descripción del sistema	Media	Factor mantenimiento	Total
Fan-coils 4 tubos	2,95	1	1,98
Caudal variable	2,59	2	2,30
Caudal de refrigerante variable	2,82	1	1,91

Figura 3.2.24
Ejemplo de matriz final de selección del caso óptimo
Fuente: Arquiambiente y Aiguasol 2012.

Recomendación de sistemas de distribución por tipo de recinto

A la hora de hacer el análisis económico de viabilidad de las soluciones de sistemas activos propuestos, hay que considerar los siguientes parámetros económicos:

- Plazo de inversión: desde el punto de vista financiero, el período de análisis se delimita a un plazo de la inversión que coincide con el tiempo de vida útil de la máquina o, en caso de más equipos, del equipo dominante. En los años evaluados hay que tener en consideración si algunos de los equipos necesitan ser renovados.
- Precio de la electricidad: es un parámetro actualmente muy volátil, por lo tanto, hay que estimar su valor en el momento exacto en el cual se analiza el proyecto.
- Precio del GLP o gas natural: el precio del gas varía significativamente dependiendo de los consumos y, por lo tanto, hay que estimar su valor en función de las dimensiones y de los consumos del edificio. El precio puede variar también según la localización.
- Tasa de descuento: el valor de la tasa de descuento indica la preferencia por el dinero presente sobre el dinero futuro. El valor de la tasa de descuento depende de la inflación esperada y del tipo de interés del dinero en el mercado. La media de este valor se suele situar alrededor del 3%. En el caso que la inversión la realice un tercero, la tasa de descuento más usada para inversiones se encuentra alrededor del 6%, pues se tiene en cuenta el costo de oportunidad sobre la alternativa de otras inversiones, a la vez del riesgo de dicha inversión.
- Incremento porcentual internacional: para estudios con largo plazo de inversión, es oportuno considerar el incremento futuro del precio de la energía. Este valor no es fijo y está influenciado por muchas variables. Fuentes internacionales, como la Agencia Internacional de la Energía (IEA), prevén que en los próximos años tanto el gas natural como la electricidad sufrirán un incremento importante de precio.

Recomendaciones de sistemas de distribución para diferentes recintos de un establecimiento de salud							
Tipo de recinto	Fan -coil	Piso/cielo radiante	Viga fría	Todo aire por mezcla	Todo aire por desplazamiento	VRV	VAV
Habitaciones	R	R	R	O	O	R	R
Laboratorios/Farmacia	R	R	R	O		R	R
Salas de espera	R	R	R	O	O	R	R
Salas de tratamiento	R	R	R	O		R	R
UCI	R			R		R	R
Pabellones quirúrgicos	R			R		R	R
Salas pre y post operatorio	R	R	R	O		R	R
Oficinas/Zonas administrativas	R	R	R	O	R	R	R
Area vestuario y aseo	R	R	R	O	O	R	R
Servicios higiénicos	R	R	R	O	O	R	R
Pasillos	R	R	R	O	O	R	R

Tabla 3.2.11
Recomendación de sistemas para los diferentes recintos de un establecimiento de salud.

En el caso de Chile, analizando los datos de los últimos años, se podrían considerar a nivel orientativo los siguientes incrementos del costo de la energía. En el caso de la electricidad se ha visto un aumento muy considerable en los últimos años:

- En el caso de la electricidad:

Precio medio SIC	
Incremento medio 10 años	12%
Incremento medio 20 años	6%
Incremento medio 29 años	4%

- En el caso del GLP:

Cilindro 11 kg	Precio (pesos)
Precio GLP octubre 2001 La Serena	5.375
Precio GLP octubre 2011 La Serena	12.242
Incremento precio	9%

La proyección de estos costos a futuro es difícilmente justificable, ya que tanto el precio del gas como el de la electricidad son muy volátiles. Se aconseja, para un estudio económico completo, considerar tres escenarios, uno optimista respecto a los precios, uno con los incrementos actuales en el momento del análisis del proyecto y otro con unos incrementos muy altos.

Parámetros medioambientales

Para hacer un cálculo de la cantidad de emisiones de CO2 que potencialmente pueden llegar a ahorrarse, es necesario tener en cuenta los índices de emisión de cada uno de los combustibles a utilizar.

En el caso de la red eléctrica, en Chile existen principalmente dos sistemas eléctricos, dependiendo de las zonas, y estos son los valores oficializados (Icontec, 2010):

- SING (Sistema Interconectado del Norte Grande) = 0,51kgCO2/kWhe
- SIC (Sistema Interconectado Central) = 0,48kgCO2/kWhe

Para los otros sistemas de Aysén y de Magallanes, no se posee un factor de emisión oficializado como los anteriores, así que el consultor deberá tomar sus propias consideraciones para determinar su análisis medioambiental.

3.2.4 Sistemas de gestión y control

Debido a sus consumos energéticos elevados, constantes e ininterrumpidos, los establecimientos de salud son edificios que necesitan tener un Sistema de Gestión Técnica Centralizada o Building Management System (BMS). Sistemas de este tipo permiten centralizar y visualizar la información relevante de los consumos energéticos asociados a todas las instalaciones presentes en el edificio, compararla con valores de referencia y evaluar los comportamientos energéticos de forma personalizada para definir un plan de acción que permita establecer las medidas adecuadas para optimizar la gestión del edificio según sus necesidades en cada momento.

Un BMS incluye todos los equipos e instalaciones de hardware y software que sirven para configurar las instalaciones técnicas de un edificio.

Un Sistema de Gestión Técnica Centralizada se estructura en tres niveles jerárquicos:

- **Nivel de campo: elementos de medición (sensores, PLC) y mecanismos de acción de los equipos (actuadores, servomotores).** Estos elementos reciben las órdenes del nivel de automatización, al que están conectados con unos controladores mediante cableado independiente, vía bus de comunicación o en forma inalámbrica vía radiofrecuencia o Wifi.
- **Nivel de automatización:** Controladores que reciben las señales de los elementos de medición del nivel de campo, los procesan y generan las señales de salida para los elementos de actuación del nivel de campo. Comunican la información (se pueden registrar históricos) al Nivel de Gestión a través de un bus de comunicaciones.
- **Nivel de gestión:** incluye el software de control y adquisición de datos, que recoge, almacena y representa en forma gráfica en tiempo real. Este software se denomina SCADA (Supervisory Control and



Figura 3.2.25
Ejemplo esquema sistema BMS

Protocolos de sistemas de gestión energética	
Protocolo	Características
BACnet	Protocolo abierto no propietario para control y automatización de edificios.
LONWorks	Protocolo propietario para control a Nivel de Campo (sondas, actuadores, microcontroladores en red).
TCP/IP	Protocolo de comunicación entre ordenadores vía Internet.
Modbus	Protocolo para la integración de equipos individuales (variadores de frecuencia, analizadores de redes, etc.).
Mbus	Protocolo para la lectura de elementos de medición (contadores de energía).
OPC	Protocolo para intercomunicación e integración de sistemas en el Nivel de Gestión.
KONNEX	Estándar europeo que garantiza la compatibilidad de los sistemas electrónicos domóticos en edificios.
DALI	Estándar europeo para la comunicación de sistemas de control electrónico de iluminación.

Tabla 3.2.12 Protocolos de sistemas de gestión energética.

Data Acquisition) y es una interfaz a través de la que la instalación visualiza los parámetros, recibe avisos y alarmas de las incidencias y puede modificar los parámetros de regulación según las necesidades.

Hoy, la concepción más extendida es la de utilizar un computador de prestaciones estándar como puesto central a nivel de gestión. Los SCADA de gestión existentes en el mercado se han uniformado, aportando similares funcionalidades en información gráfica 2D y 3D, gráficos dinámicos que representan el estado de la instalación y gestión de alarmas en tiempo real, opciones de comunicación remota (envío de SMS, e-mail, etc.) y de telegestión a través de Internet.

Como mínimo un software SCADA debe permitir:

- Tener la posibilidad de crear paneles de alarma en caso de errores de funcionamiento de los equipos controlados. Además debe permitir crear un registro de incidencias.
- Generar datos históricos de todos los datos medidos y que puedan exportarse a hojas de cálculo para su análisis.

- Ejecutar programas que puedan modificar el control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas a la automatización, bajo ciertas condiciones.
- Tener la posibilidad de programación numérica, que permita realizar cálculos aritméticos sobre la CPU del computador.

En la actualidad, el medio físico por el que se transmite la información más utilizado es la red de área local (LAN) Ethernet para comunicación interna en los edificios y que además permite conexión a Internet, por lo tanto, permite la telegestión.

La última tecnología en controladores (nivel automatización) son potentes CPUs, con configuración modular para la combinación idónea de diferentes entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, incorporando además un servidor web en el propio equipo, el que permite realizar tareas de supervisión y gestión directamente, sin necesidad de disponer de un SCADA. Es decir, permite el acceso desde cualquier PC y en cualquier lugar con conexión directa o vía Internet, únicamente requiriendo la dirección IP y la identificación de usuario y contraseña.

Para la gestión coordinada de todas las instalaciones del establecimiento, es necesario permitir una integración de los subsistemas a partir del nivel de gestión. Elementos de diferentes fabricantes pueden comunicarse entre ellos siempre y cuando comuniquen con un mismo protocolo. En caso contrario, para que puedan comunicarse hará falta un elemento intermedio (Gateway) para intercambiar la información.

Se pueden realizar dos tipos de integración de subsistemas:

- Protocolo de comunicación abierto entre subsistemas, donde elementos de diferentes fabricantes pueden intercomunicar vía protocolos de comunicación dentro del mismo subsistema.
- Software de gestión abierto que permite la integración de múltiples subsistemas, cada uno de éstos con su propio protocolo de comunicación en un Bus diferente del resto.

En la tabla 3.2.12 se muestran los principales protocolos estándar que se utilizan actualmente:

50

Protocolos de sistemas de
Gestión de la Energía

3

Aplicaciones de control básico	Aplicaciones de control avanzado	Aplicaciones de control integrado
- Control zonificado. - Control estacional. - Control ocupacional. - Control de presencia. - Control calendario. - Control horario.	- Control lumínico. - Control por escenas. - Control pasillos. - Control de la calidad de aire. - Control cajas VAV. - Control térmico de ACS. - Control centrales de producción. - Limitación de demanda. - Control auto-adaptativo. - Control predictivo.	- Control eléctrico. - Control de equipamiento. - Control integrado de subsistemas. - Gestión avanzada de alarmas. - Control centralizado.

Tabla 3.2.13
Funcionalidades de un sistema BMS.

Los Sistemas de Gestión Técnica Centralizada tienen muchas funcionalidades programables para obtener el máximo rendimiento del edificio y optimizar los consumos energéticos; éstas se pueden clasificar en aplicaciones de control básicas, avanzadas e integradas.

Las aplicaciones de control básicas están relacionadas con los criterios de diseño y operación del establecimiento de salud; las aplicaciones avanzadas permiten actuar sobre los equipamientos en función de las condiciones variables interiores y/o exteriores; las aplicaciones integradas son las que tienen mayor potencialidad de optimización energética de los sistemas del edificio, permitiendo gestionar de forma coordinada e integrada diferentes equipos y subsistemas.

Costos

El costo de una instalación de gestión y control tiene una parte fija que incluye los equipos básicos necesarios para enviar, recibir y registrar datos, así como para el control remoto. Este costo es independiente del sistema y de su tamaño. Otra parte variable del costo, que necesita una evaluación caso por caso, depende del tipo de aplicaciones que se quiera instalar, del tamaño del establecimiento de salud, del tipo de controles a requerir, de los sistemas que se quiera controlar y de la complejidad del sistema de control que se quiera realizar.

Por lo tanto, resulta difícil cuantificar cuánto de este costo puede incidir sobre el costo global del edificio con sus sistemas.

Ventajas de los sistemas BMS

Las principales ventajas de este tipo de sistemas se pueden resumir en función de sus utilidades:

- **Supervisión remota de instalaciones:** permiten al administrador del establecimiento de salud conocer el estado de desempeño de las instalaciones con sus respectivos equipos en forma remota, lo que permite optimizar las tareas de control y mantenimiento, así como llevar estadísticas de fallas y reparaciones.
- **Control remoto de instalaciones:** mediante este tipo de sistemas se pueden activar o desactivar los diferentes equipos en forma remota (por ejemplo, activar interruptores de iluminación, iniciar o apagar los sistemas de clima de diferentes recintos, etc.), todo esto tanto de manera automática como manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- **Procesamiento de datos:** los datos adquiridos por los diversos sensores y PLC están disponibles para ser procesados, analizados, y comparados con registros previos, así como con otros puntos de referencia que se quieran definir.
- **Ahorros de energía:** al existir un control detallado del funcionamiento de las instalaciones, se pueden gestionar de mejor modo generando ahorros energéticos y de costos de operación.
- **Visualización gráfica dinámica:** estos sistemas son capaces de brindar imágenes en tiempo real del comportamiento de las diferentes instalaciones de un establecimiento de salud, dándole al administrador una visión rápida y total de todo el edificio.
- **Generación de reportes:** permiten generar informes con datos estadísticos en cualquier escala de tiempo requerido.
- **Representación de señales de alarma:** permiten alertar al administrador o encargado de mantenimiento frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras, y pueden ser programadas de acuerdo a cualquier necesidad.
- **Programación de eventos:** permiten la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

Propuesta metodológica para la gestión energética de establecimientos de salud

Para una metódica aproximación a la gestión energética se recomienda seguir los siguientes pasos iterativos:

- MEDIR y registrar los consumos energéticos por zonas mediante los instrumentos adecuados.
- INTERPRETAR los datos obtenidos con el know-how experto y profesional del gestor energético.
- CAMBIAR o modificar las condiciones del sistema de acuerdo con el plan energético específico de cada edificio.
- CONTROLAR los resultados obtenidos, compararlos con otros edificios similares y con valores de referencia (benchmarking) para extraer conclusiones.
- Posteriormente, volver a MEDIR, INTERPRETAR, CAMBIAR y CONTROLAR de forma iterativa. El seguimiento de la eficiencia energética de un edificio no es un trabajo puntual, sino que debe realizarse de forma regular y continuada. Actualmente existen módulos de software específicos para la gestión energética, integrables en los BMS con bases de datos compartidas, imprescindibles para la gestión energética de los edificios.

3.3 Resumen de recomendaciones

51

Resumen general de recomendaciones para sistemas activos eficientes

3.3.1 Iluminación artificial

Las principales medidas de ahorro para un diseño eficiente del sistema de iluminación artificial, respetando las condiciones de confort y normativas, son:

- Instalación de luminaria eficiente y apta a las necesidades del lugar.
- Sectorización del sistema de iluminación allí donde se prevé diferencia en el uso del espacio o en la disponibilidad de luz natural.
- Uso de equipos y transformadores eficientes para las luminarias.
- Uso de sistemas de control de la iluminación.
- Uso de sistemas de ahorro por apagado parcial (doble circuito).
- Uso de reactancias de doble nivel.
- Uso de estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera.

Con respecto a las técnicas de control de la iluminación, es importante escoger en función de las necesidades de confort del recinto específico y del tipo de ocupación. Se pueden seguir estos criterios:

- Detección de movimiento (interruptores de proximidad o PIR's Passive Infrared).
- Regulación en función de la luz diurna (fotosensores, interruptores crepusculares, interruptores horarios astronómicos).
- Iluminancia constante.
- Control horario y por fechas.
- Registro de horas de utilización.

Entre las tecnologías a escoger, se recomienda utilizar luminarias de alta eficiencia y de larga vida, sobre todo en recintos donde se prevé un uso continuo de la iluminación artificial. No hay que olvidar los requerimientos de cada recinto respecto a la calidad de la luz.

3.3.2 Eficiencia en el uso del agua

Consejos generales para el diseño eficiente

En fase de diseño:

- Realización de un plan de gestión y uso eficiente del agua.
- Estudio de hidroeficiencia en fase de diseño.
- Instalación de contadores que permitan la segregación y el control de consumos y fugas.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo para la detección de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc.
- Instalación de un sistema de programación y control de las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS.

En los puntos de consumo:

- Instalar equipos termostáticos y con temporizadores.
- Instalar medidas correctoras de consumo como aireadores, reductores y economizadores de agua en la grifería, duchas ecológicas, reductores volumétricos, etc.
- Selección de electrodomésticos hidroeficientes.

En el centro médico:

- Realizar campañas de sensibilización para los usuarios y actividades de educación ambiental para los empleados.
- Colocar autoadhesivos de sensibilización y uso correcto de equipos economizadores.
- Formar a los empleados en el correcto uso del agua.

En jardinería y paisajismo:

- Preferir el riego por goteo o las cintas de exudación al riesgo por aspersión o por manguera manual.
- Agrupar las especies según su demanda de agua.
- Elegir especies resistentes a la sequía.
- La xerojardinería posibilita altas reducciones de consumo.
- Formar al personal que cuida la jardinería.
- Reutilización de aguas lluvia y grises.

En la limpieza de las instalaciones:

- Preferir el uso de equipos presurizados de alta presión para realizar la limpieza en vez del uso de mangueras.

- Escoger máquinas de limpieza profesional que sean altamente eficientes (sistema Micro Scrub, Chem Dose, Energy Saver...)

Según experiencia, se considera que las medidas de ahorro más eficaces en los consumos de agua son las optimizaciones sobre equipos sanitarios y en el riego de zonas verdes/paisajismo.

3.3.3 Calefacción, enfriamiento y ventilación

La selección de cualquier tipo de sistema de generación no debe considerarse de manera aislada, sino que debe contemplar su acoplamiento a los diferentes elementos de difusión.

Los sistemas activos más usuales para los establecimientos de salud se centran en:

- Sistema tipo vigas frías inductivas + aportación de aire climatizado.
- Sistemas tipo techo radiante + aportación de aire climatizado.
- Sistema tipo volumen variable de aire.
- Sistema tipo fan-coils + aportación de aire climatizado.
- Sistema tipo VRV + aportación de aire climatizado.

Las soluciones de sistemas de generación que se suelen realizar en establecimientos de salud, incluyendo sistemas tradicionales, sistemas energéticamente eficientes y con uso de fuentes renovables, son:

- Sistemas tradicionales: enfriadora para cubrir la demanda de enfriamiento y caldera de gas para cubrir la demanda de calefacción, o calderas de calor para ambos requerimientos.
- Sistema tradicional con aprovechamiento del calor (o frío) residual de la planta.
- Geotermia (con posibilidad de hibridación con un sistema solar térmico para la regeneración del terreno).
- Caldera de biomasa + Absorción (para generación de frío).
- Trigeneración (Cogeneración de electricidad y calor + Absorción para frío).
- Solar térmica + Rueda desecante.
- Sistema de generación solar de concentración con absorción de doble efecto y con acumulación de hielo nocturno y acumulación estacional de calor en el suelo.

El proceso de elección de uno u otro de estos sistemas de generación depende de factores de demanda del establecimiento, de factores climáticos y de disponibilidad de fuentes (biomasa).

Los criterios para escoger el sistema de distribución adecuado son: la potencia de la solución tecnológica, la calidad del aire, el confort, el control de la humedad relativa, la flexibilidad de instalación, el espacio ocupado, aspectos ecológicos, el consumo de energía y finalmente los costos de operación y mantenimiento.

3.3.4 Estrategias de sistemas activos por zona climática

Debido a su conformación geográfica, Chile se caracteriza por grandes diferencias climáticas. Este aspecto, como se ha demostrado en el capítulo 2, es la causa de las diferencias en las demandas de climatización en un mismo edificio en función del lugar en el que se construye.

A nivel de sistemas, no existe una relación tan fuerte con la situación climática como para poder afirmar que un sistema u otro no se puedan instalar nunca en una zona u otra, o al contrario, que un cierto tipo de sistema sea perfecto para una cierta zona climática. El problema es más complejo y necesita un estudio detallado caso por caso.

Sin embargo, a nivel general, en la siguiente tabla se resumen los criterios que se pueden utilizar como base al momento de estudiar el problema de la elección de un sistema de climatización en un establecimiento de salud en Chile.

Estrategias de sistemas activos por zona climática

Características	Pautas
Norte	
<ul style="list-style-type: none"> - Alta demanda de frío especialmente en períodos punta. - Demanda de calor especialmente nocturno en valles interiores. - Mucha radiación solar. - Clima altamente seco. - Zona desértica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Debido a la falta de recursos de biomasa en el norte del país, es menos aconsejable el uso de sistemas con caldera de biomasa en esta zona, ya que su utilización requerirá de grandes costos de transporte del combustible con su respectivo impacto ambiental. - Muy buenas posibilidades para tecnologías que funcionan con energía solar (térmica y fotovoltaica), tanto para ACS, como climatización y/o generación eléctrica. - Sistemas aconsejables: sistemas solares de concentración + máquina de absorción de doble efecto, enfriamiento evaporativo, sistemas de frío solar, solar térmica, fotovoltaica, cogeneración, trigeneración. - Puede que no sea aconsejable instalar sistemas de distribución de baja potencia (piso radiante, cielo radiante, viga fría) en algunos recintos de los establecimientos de salud porque puede que no permitan satisfacer ciertas demandas de frío en especial en períodos punta. Se deberá evaluar caso a caso para asegurar que las potencias requeridas no sean superiores a las máximas que puede ofrecer cada tecnología.
Centro	
<ul style="list-style-type: none"> - Clima moderado. - Alta radiación solar. - Climas moderadamente secos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas aconsejables: geotermia, solar térmica, solar térmica con rueda desecante para climas de humedad intermedia, cogeneración, trigeneración. - Para demandas con potencia intermedia se pueden instalar sistemas de distribución de baja potencia (suelo radiante, techo radiante, viga fría).
Sur	
<ul style="list-style-type: none"> - Menor radiación solar, aunque aún bastante alta. - Alta demanda de calor especialmente en períodos punta. - Abundancia de recursos forestales (biomasa). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas menos aconsejables: solar de concentración para generación de frío. - El uso de geotermia podría tener mucho sentido en los casos en que la demanda de calor y frío a lo largo de un año sean relativamente similares. - Se aconseja la utilización de sistemas de generación en base a biomasa debido a la abundancia del recurso en el sector. Incluso se recomienda evaluar el uso de biogás para utilización en sistemas de cogeneración o trigeneración. - Los sistemas de recuperación de calor son altamente recomendados en esta zona climática. También se recomienda evaluar detalladamente las posibilidades de free-cooling y de night-cooling.

Tabla 3.3.1
 Estrategias de sistemas activos por zona climática.

Características	Pautas
Extremo sur	
<ul style="list-style-type: none"> - Alta demanda de calor en todo período. - Menor radiación solar. - Abundancia de recursos forestales (biomasa). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas aconsejables: biomasa, cogeneración + biomasa. - Puede que no sea aconsejable instalar sistemas de distribución de baja potencia (cielo radiante, viga fría) en algunos recintos de los establecimientos de salud, porque puede que no permitan satisfacer ciertas demandas de calor, en especial en períodos punta. Se deberá evaluar caso a caso para asegurar que las potencias requeridas no sean superiores a las máximas que puede ofrecer cada tecnología. - Los sistemas de generación solar serán menos rentables en esta zona en especial para climatización, sin embargo, los sistemas solares térmicos para ACS sí podrán ofrecer buenos resultados con niveles de rentabilidad más que aceptables.

Continuación

Tabla 3.3.1

Estrategias de sistemas activos por zona climática.

SISTEMAS
ACTIVOS

3



**PRESENTACIÓN DE
DOS ASESORÍAS
PILOTO DE AChEE**

4

AChEE

Agencia Chilena de
Eficiencia Energética



4

Presentación de dos asesorías piloto de la AChEE

- 4.1 Hospital de Ovalle, IV región.
- 4.2 Hospital de Pitrufoquén, IX región.

4.1 Hospital de Ovalle, IV Región

A continuación se presentan los resultados de las asesorías en diseño realizadas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, para los proyectos de arquitectura de dos establecimientos de salud piloto con requerimientos de eficiencia energética por parte del Ministerio de Salud de Chile.

Empresa consultora: Arquiambiente Ltda.
Año de ejecución consultoría: 2012.



Figura 4.1.1
 Vista superior del Hospital de Ovalle.
 Fuente: Anteproyecto de Arquitectura,
 Equipo de Arquitectura del Ministerio
 de Salud de Chile, IV Región.

4.1.1 Territorio y estrategias preliminares

Análisis climático

Se analizaron distintas fuentes de datos climáticos a nivel mensual y horario, con el objetivo de generar una base de datos apropiada para ser usada en los análisis de demanda energética, y para generar climogramas, entre ellos una carta psicrométrica corregida. Los datos climáticos de las fuentes consultadas son los siguientes:

- Mapa agroclimático de Chile - 1987 para los datos de temperatura y grados-día.
- Sistema Interactivo de apoyo al riego (SIAR) para los datos de humedad relativa.
- Mapa agroclimático de Chile - 1987 y NCh1079 - 2008 para la radiación solar, precipitaciones y nubosidad.
- Software Meteonorm para la dirección y velocidad del viento.

Algunos de los datos climáticos utilizados en los estudios son los siguientes:

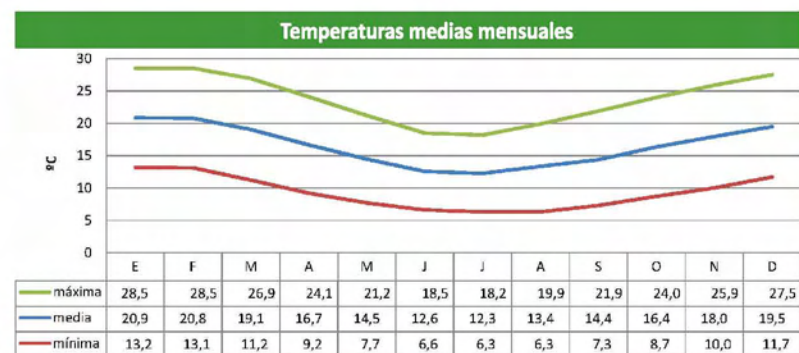


Figura 4.1.2
 Temperaturas medias para Ovalle.

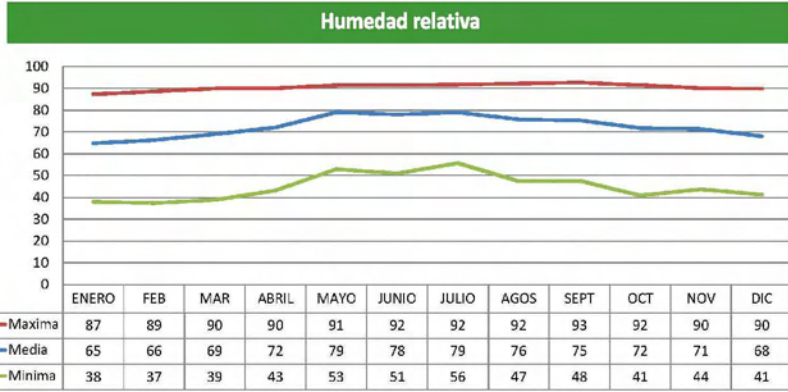


Figura 4.1.3
Humedad relativa, medias mensuales. Ovalle.

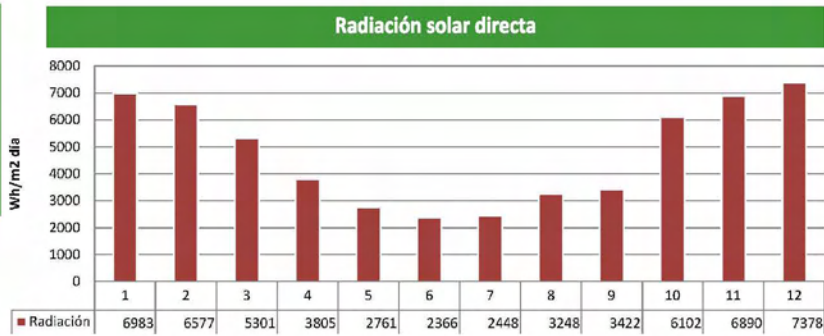


Figura 4.1.4
Radiación solar directa para Ovalle, medida en Wh/m² día.

Estrategias pasivas preliminares

Se describieron estrategias preliminares en función del análisis climático, diferenciadas por período. Las estrategias pasivas se dividieron en tres grupos: envolvente del edificio, asoleamiento y espacios exteriores.

Estrategias de envolvente:

- Disminución de las demandas de climatización y el consecuente ahorro en sistemas activos.
- Aumento de las horas de confort higrotérmico de los usuarios del edificio.
- Disminución de puentes térmicos y condensaciones.

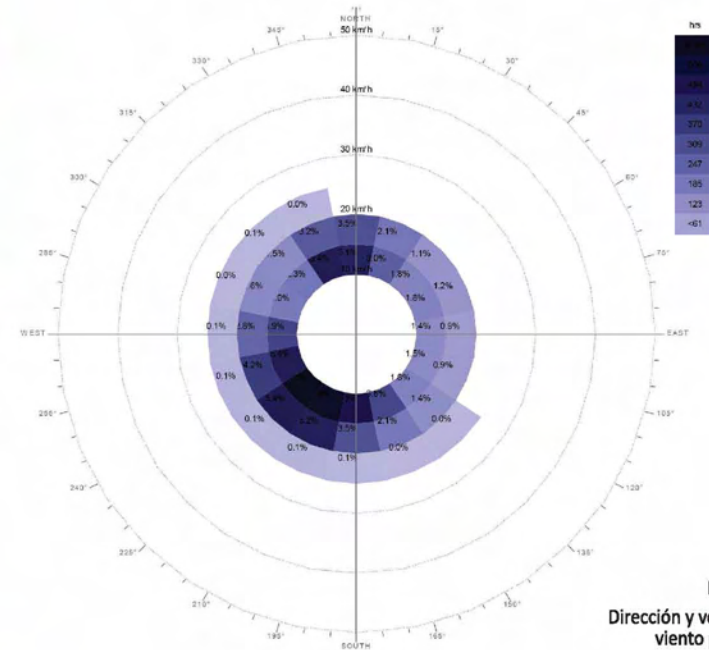


Figura 4.1.5
Dirección y velocidad del viento para Ovalle.

Estrategias de asoleamiento:

- Disminución de radiación solar directa.
- Mantener el confort visual.

Estrategias de espacios exteriores:

- Control de radiación solar directa.
- Protección de los vientos dominantes durante períodos fríos.
- Disminución de la temperatura sol-aire y del efecto isla de calor de espacios exteriores y de cubiertas.
- Mantener el confort visual.

Estrategias activas preliminares

Estrategias de iluminación artificial:

- Disminuir el consumo energético y el consecuente gasto económico debido al sistema de iluminación artificial.
- Aprovechar la iluminación natural disponible, y mantener el confort visual de los usuarios.

Estrategias de sistemas de ventilación y climatización:

- Integrar la optimización de la envolvente al diseño del sistema de ventilación y climatización.
- Evaluar la posibilidad de integrar sistemas de generación con energías renovables.
- Escoger el sistema de generación más adecuado para asegurar un alto grado de eficiencia energética.
- Escoger el sistema de generación de forma integrada con los sistemas de difusión.
- Evaluar la posibilidad de trabajar en régimen de free cooling o sistema de calentamiento o enfriamiento gratuito en las épocas intermedias (primavera y otoño).

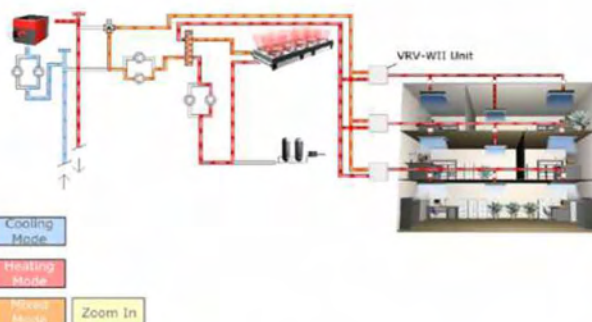


Figura 4.1.6
Diagrama de un sistema de climatización.

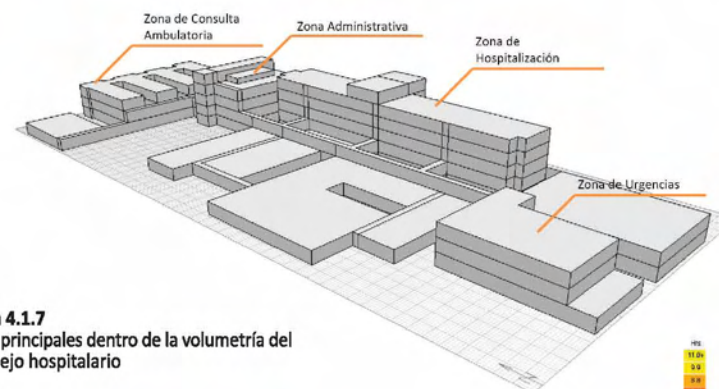


Figura 4.1.7
Zonas principales dentro de la volumetría del complejo hospitalario

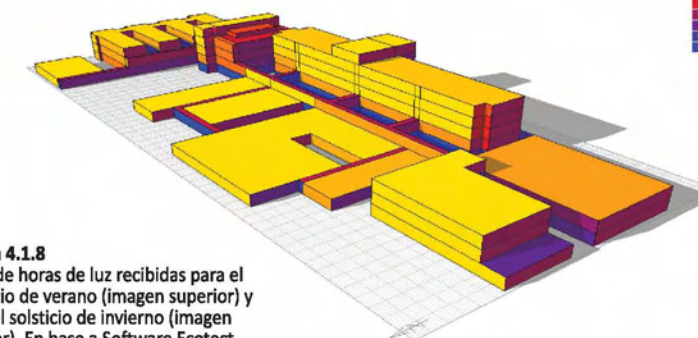
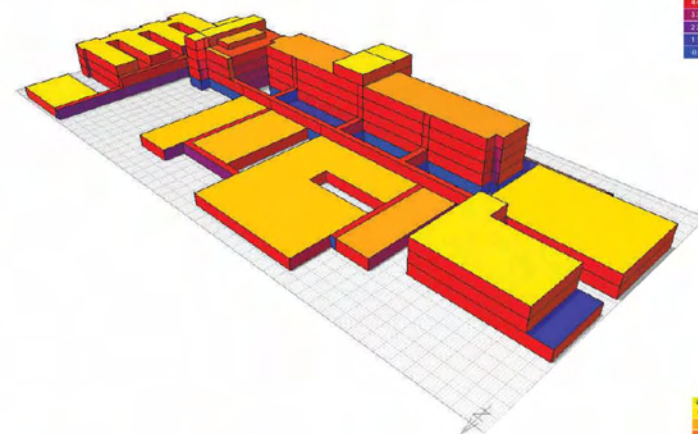


Figura 4.1.8
Total de horas de luz recibidas para el solsticio de verano (imagen superior) y para el solsticio de invierno (imagen inferior). En base a Software Ecotect.

Ganancias y pérdidas anuales por edificios (kWh)

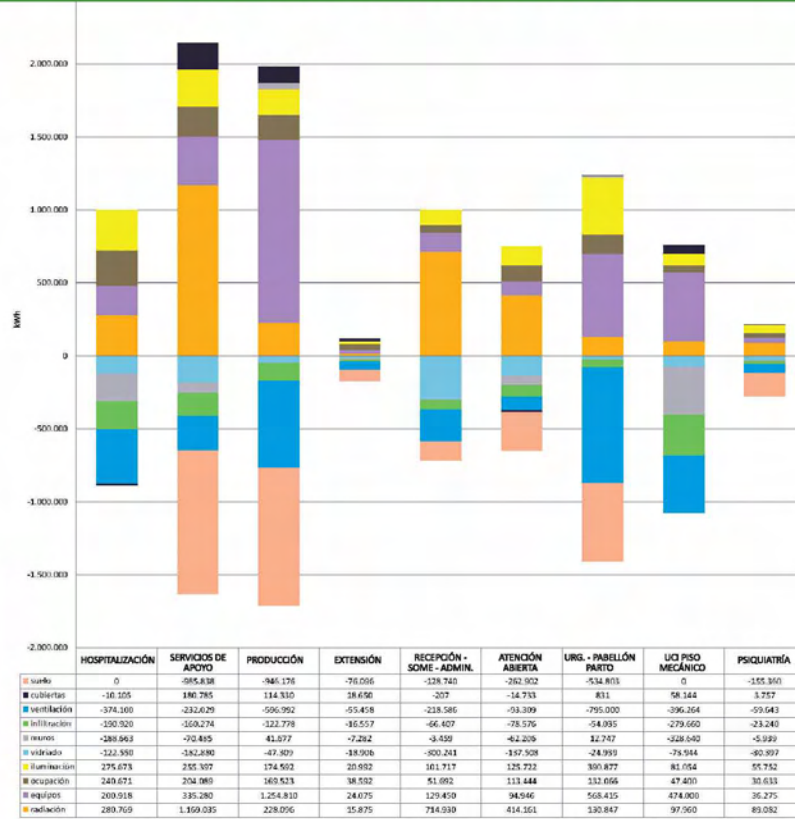


Figura 4.1.9 Balance de pérdidas y ganancias térmicas por edificio, para el caso base.

- Evaluar la posibilidad de contar con un sistema de gestión de la climatización. Una buena gestión de los flujos energéticos optimiza el uso de todos los componentes

Estudio de la matriz energética

Se realizó a partir de los datos obtenidos con el análisis climático, a través del estudio de las tarifas energéticas (gas licuado del petróleo, gas natural, electricidad) y el estudio de costos de la energía solar térmica.

Comparación demandas anuales (kWh)

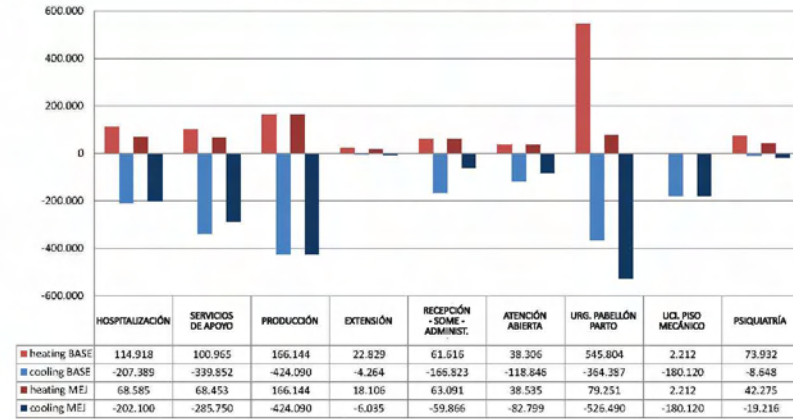


Figura 4.1.10 Demanda anual de calefacción y enfriamiento para caso base y caso mejorado, por edificio.

Este estudio permitió descartar algunas de las propuestas de estrategias activas, y focalizarse en las soluciones con potencial de ahorro más importante. En este caso se descartó la biomasa, a favor de los potenciales ofrecidos por la solar térmica y la geotermia.

4.1.2 Análisis y diseño arquitectónico para la eficiencia energética y la calidad ambiental

Cálculo de demandas y balance térmico

En base a un estudio de variables, perfiles de uso y características constructivas de la envolvente, se realizaron simulaciones dinámicas para todos los edificios y sus recintos. Las simulaciones se realizaron para un caso base y diversos escenarios de optimización, de forma de llegar a una propuesta de estrategias pasivas diferenciada por edificio, con una amortización apropiada, y con niveles de confort adecuados.

A continuación se presentan resultados de los análisis del complejo hospitalario, se muestra un gráfico de balance energético para el caso base, y un gráfico de demandas de calefacción y enfriamiento, comparando el caso base con la propuesta de optimización.

Cálculo de puentes térmicos y condensación

Se realizaron cálculos de puentes térmicos para corregir demandas térmicas del modelo y detectar riesgos de condensación.

Los modelos de simulación asumen una envolvente térmica perfectamente continua, por lo que se realizó un ajuste del modelo de simulación debido a puentes térmicos.

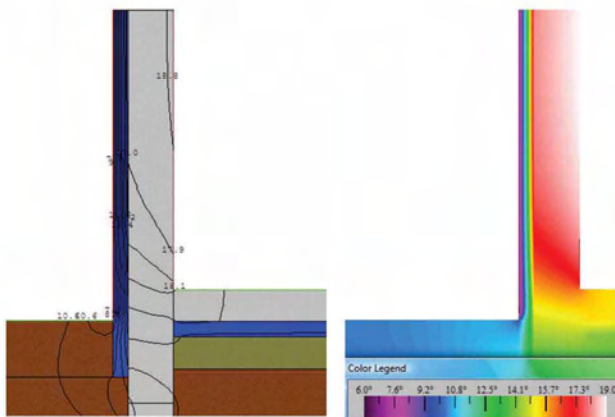


Figura 4.1.11
Análisis de puentes térmicos. En base a software Therm

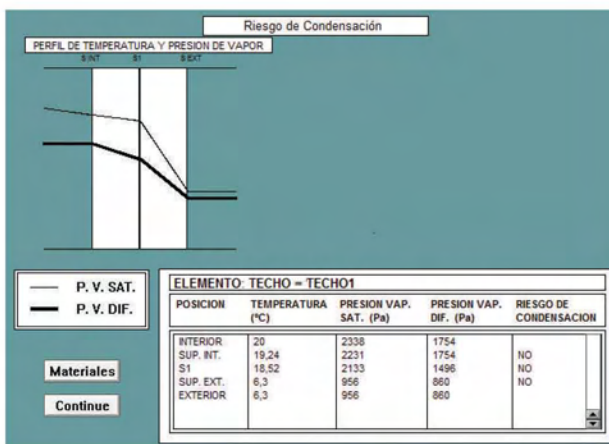


Figura 4.1.12
Análisis de riesgo de condensación, en base a software Terhume.

Confort higrotérmico y lumínico

Se estudiaron los indicadores y variables de demanda energética y confort higrotérmico, en base a revisión bibliográfica de estándares y manuales.

En establecimientos de salud, y principalmente en recintos de hospitalización, los aspectos de confort son igualmente importantes que las medidas de eficiencia energética. Por este motivo, se verifica el aporte de las medidas de optimización en los indicadores de confort, lo que a su vez llevó a proponer una serie de mejoras adicionales.

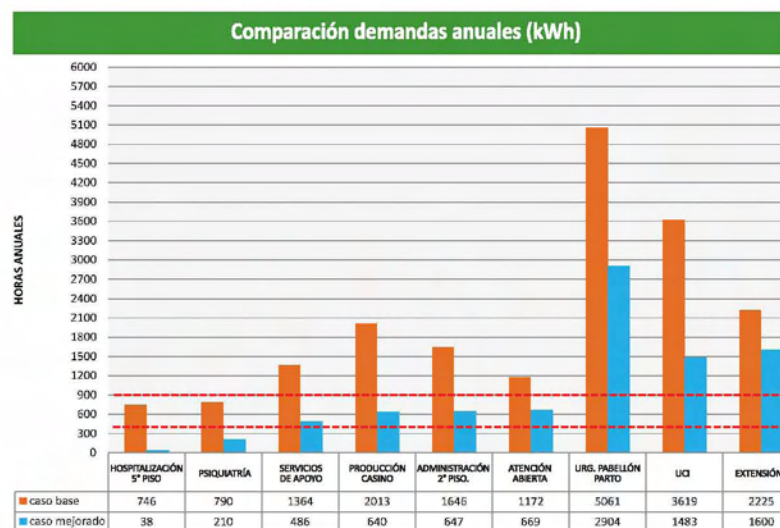


Figura 4.1.13
Comparación de horas anuales de confort entre caso base y caso optimizado.

Detalles constructivos y protecciones solares

Se propusieron distintos detalles constructivos para cumplir con objetivos de reducción de demanda energética y confort higrotérmico. También se establecieron las características específicas de las protecciones solares para distintas zonas del proyecto, según las estrategias de control solar pasivo.

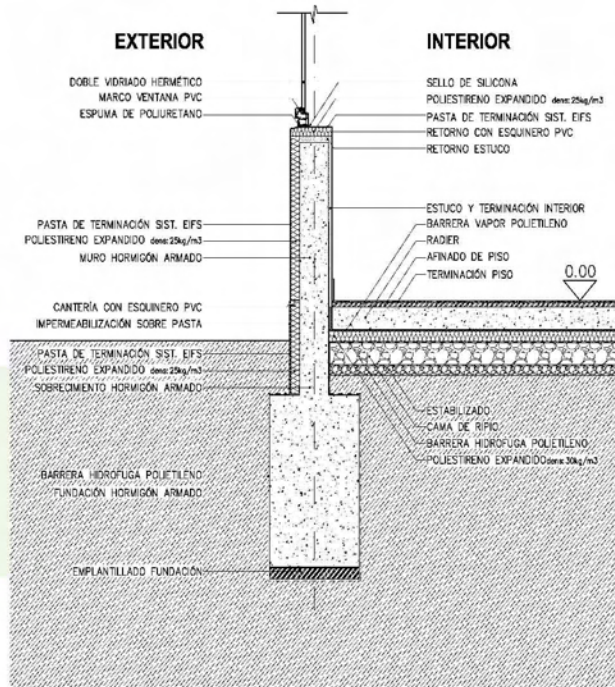
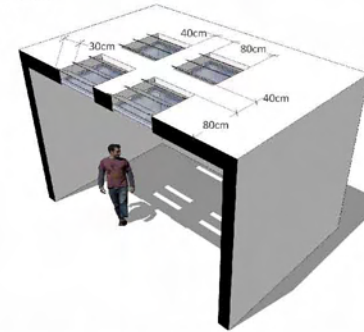
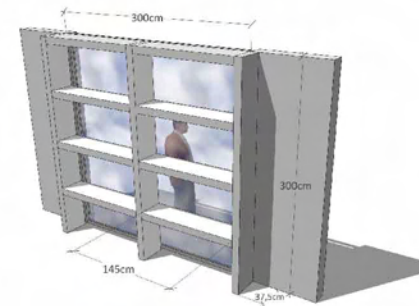


Figura 4.1.14
 Detalle de envoltente térmica eficiente.

a) Protección solar en lucernarios, orientación norte, en edificio de administración.



b) Protección solar fachada, orientación norte, en edificios de hospitalización, administración, atención abierta y producción.



c) Protección solar fachada, orientaciones oriente y poniente, en edificios de administración, atención abierta, urgencias y psiquiatría.

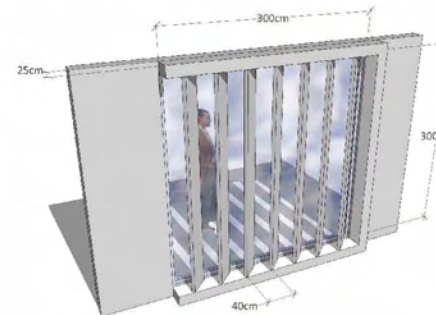


Figura 4.1.15
 Ejemplos de diseño de protecciones solares.

Resumen de medidas propuestas para la envolvente

De acuerdo a la obtención y evaluación de los resultados de los distintos análisis, se determinó que la envolvente debía cumplir con los siguientes requisitos diferenciados por edificios:

Edificio	Muro W/m²K	Ventanas* W/m²K	Cubierta W/m²K	Suelo W/m²K	Protección solar N	Protección solar E-O-S
Hospitalización	U=0,7	DVH U=2,8	U=0,4	U=0,7**	Alero	Lama vertical
Administración	U=0,7	Reducción a 30% acristal. DVH U=2,8	U=0,4	U=0,55	Alero	Lama vertical
Atención abierta	U=0,7	DVH U=2,8	U=0,4	x	Alero	Lama vertical
UCI	U=0,7	DVH U=2,8	U=0,4	x	x	x
Producción	U=0,7***	DVH U=2,8***	U=0,4	U=0,55*****	x	x
Servicios apoyo	x	x	U=0,4	U=0,55	Alero	Protección lucernarios
Urgencia - Pabellón - Parto*****	U=0,7	DVH U=2,8	U=0,4	U=0,55	x	x
Psiquiatría	U=0,7	DVH U=2,8	U=0,4	U=0,55	Alero	Lama vertical
Extensión	x	x	U=0,4	U=0,55	x	x
Caso base	U=3,0	U=5,8	U=0,6	U=2,6	no	no

Tabla 4.1.1
Resumen de medidas propuestas para la envolvente.

4.1.3 Análisis y diseño de sistemas activos

Iluminación eficiente

El proyecto consideró una serie de propuestas para el aprovechamiento de la iluminación natural y para la optimización del sistema de iluminación artificial del establecimiento de salud. El objetivo fue reducir los gastos eléctricos para iluminación, manteniendo los requerimientos mínimos para los distintos recintos del establecimiento.

El análisis se desarrolló a través de una simulación dinámica del comportamiento lumínico de zonas tipo (mediante software Daysim), el que permitió realizar un alto número de simulaciones y encontrar la solución óptima a nivel de consumos eléctricos, protecciones solares, confort lumínico, nivel de iluminación, posicionamiento de sensores de ocupación o de fotosensores y tipos de luminarias a seleccionar.

Las medidas propuestas fueron las siguientes:

- Un sistema de regulación con modulación de luz y control abierto con fotosensores en la zona de administración, así como en zonas de circulación, consulta ambulatoria y urgencias.
- Una sectorización lumínica adecuada de los diferentes recintos considerando orientación, luz natural, ocupación y perfil de uso de los recintos.
- Sistema con detección de presencia y encendido/apagado en gran parte de los espacios.
- Luminarias de alta eficacia lumínica (>75-80 lm/W).

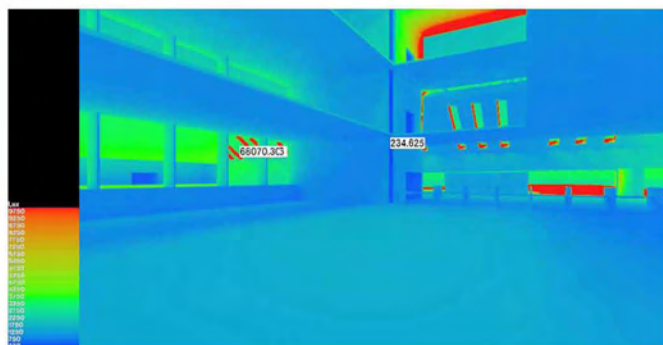


Figura 4.1.16
Análisis de iluminación natural en sector xyz.

Sistema de generación

El proyecto contempló un análisis comparativo de diferentes alternativas de generación energética. Finalmente se optó por una solución de la cual se ofreció un esquema con el resumen de los equipamientos principales involucrados, más sus líneas de flujo de energía entre cada uno de los componentes del sistema. Además, se incluyó una descripción de estos componentes con sus principales características sugeridas.

Para la central térmica se propuso calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) basada en tres calderas a gas licuado (una de baja temperatura, una convencional, y una de condensación para la modulación); todo esto apoyado por un sistema solar térmico que permita cubrir un porcentaje importante del ACS del establecimiento. Para el enfriamiento se optó por dos enfriadoras de tornillo aire-agua de alta eficiencia.

Sistema de manejo de aire

Se realizó un detallado planteamiento del número y de la ubicación de las unidades de manejo de aire, así como una descripción de las mismas.

Este punto es muy específico para la tipología de establecimiento de salud. Fue necesario dar gran importancia a la distribución de los diferentes recintos del establecimiento, y agruparlos por tipo de demanda similar, de modo de satisfacer los requerimientos de renovación y salubridad del aire de cada tipo de recinto.

El sistema de renovación de aire se propuso con un sistema de recuperación de calor y control de humedad como parte de cada unidad manejadora de aire (UMA). También se consideró que las UMAs permitieran la realización de free-cooling, lo que resultó ser una estrategia eficaz de enfriamiento para ciertas temporadas del año. En algunos casos, se recomendó la utilización de enfriamiento evaporativo directo.

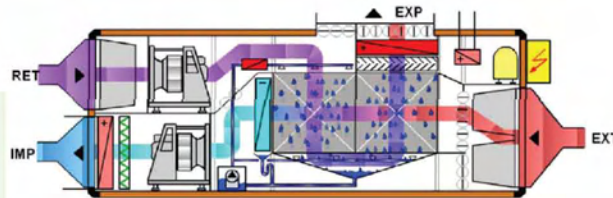


Figura 4.1.17
 Sistema de manejo de aire con recuperación de calor, free-cooling y enfriamiento evaporativo.

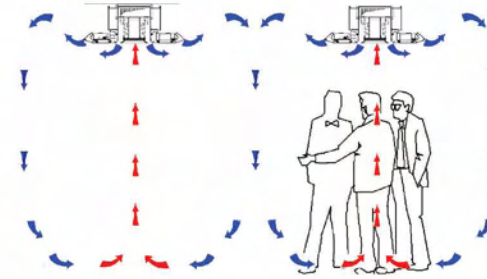


Figura 4.1.18
 Distribución del aire en un espacio interior mediante vigas frías.

Distribución calor y frío

Se desarrolló un análisis comparativo de diferentes sistemas de distribución o difusión para buscar los más adecuados dependiendo del recinto del establecimiento de salud, para que se ajusten a sus demandas y potencias térmicas específicas.

A partir de este análisis, se optó por el uso de vigas frías en gran parte de los recintos con la excepción de las zonas de UCI, urgencias y pabellones, que requerían de potencias más altas donde el sistema de viga fría no permitía llegar de modo eficiente. En estos recintos se recomendó el uso de un sistema de volumen de aire variable (VAV) que permitiera alcanzar las elevadas renovaciones de aire requeridas.

Energías renovables

Debido a la demanda casi constante de agua caliente sanitaria (ACS) y de electricidad, los establecimientos de salud se prestan para la instalación de sistemas solares (térmicos y fotovoltaicos). Lo confirman los principales casos internacionales analizados en esta guía: (Ipswich Hospital, Dell Children's Medical Center of Central Texas, Flinders Medical Centre, Hospital Infanta Leonor, Aabenraa Sygehus).

Para el Hospital de Ovalle se realizó un análisis de una serie de alternativas renovables, desde el uso de energía solar térmica y fotovoltaica hasta el

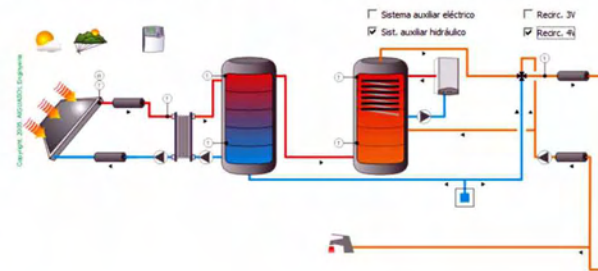


Figura 4.1.19
 Diagrama de funcionamiento de un sistema solar térmico.

aprovechamiento del suelo utilizando geotermia de baja entalpía. Finalmente, en conjunto con el Ministerio de Salud se optó por un diseño de un sistema solar térmico para complementar la generación de ACS. El planteamiento final fue un sistema conformado por 40 captadores de gran formato (10m² c/u) totalizando un campo solar de 400m². La simulación dinámica del comportamiento de este sistema solar se realizó mediante el software TRANSOL, alcanzando una fracción solar del 50%, logrando ahorros energéticos anuales de casi 300.000kWh.

Balance energético y ambiental

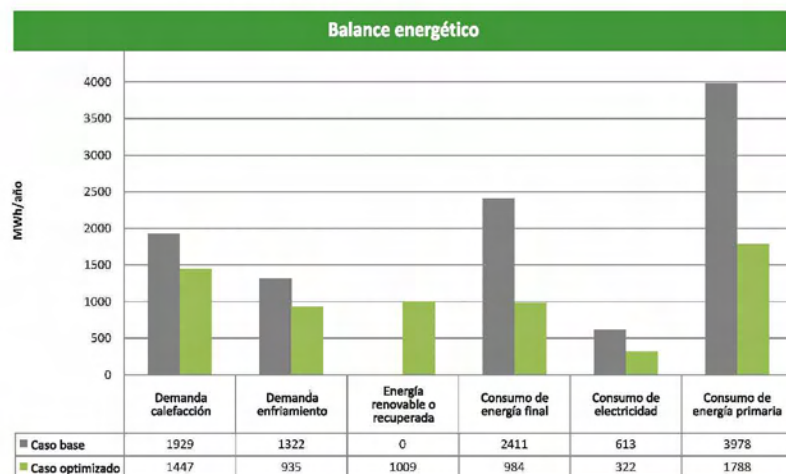


Figura 4.1.20
Balance energético total, caso base y caso optimizado.

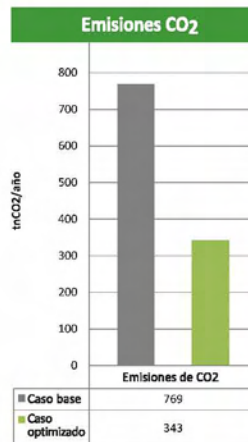


Figura 4.1.21
Emisiones totales de CO₂, caso base y caso optimizado.

4.1.4 Análisis económico

Inversión de sistemas pasivos

Se realizó una definición de los costos de inversión de las soluciones de envolvente térmica eficiente, que incluyó aislamientos, superficies vidriadas y protecciones solares, entre otros.

Inversión de sistemas activos

Se realizó una definición de costos de inversión de los sistemas de producción de calor y frío por separado (inversión de material e instalaciones, diseño de ingeniería, planificación y puesta en marcha).

Este análisis se hizo comparando los costos de inversión del caso base (diseño preliminar) y del caso base mejorado edificio + sistema (arquitectura eficiente y sistemas eficientes + renovables). Esto ayudó a visualizar y cuantificar las posibilidades de ahorro económico.

Sistema de manejo de aire

El sistema de ventilación fue considerado en el análisis de costos de inversión de los sistemas activos. El sistema de ventilación constituyó un elemento importante a considerar, por la influencia que tiene el número y el dimensionamiento de las unidades manejadoras de aire (UMAs) para establecimientos de salud, donde existen numerosos recintos con requerimientos de renovación de aire diferentes.

Consumos de energía

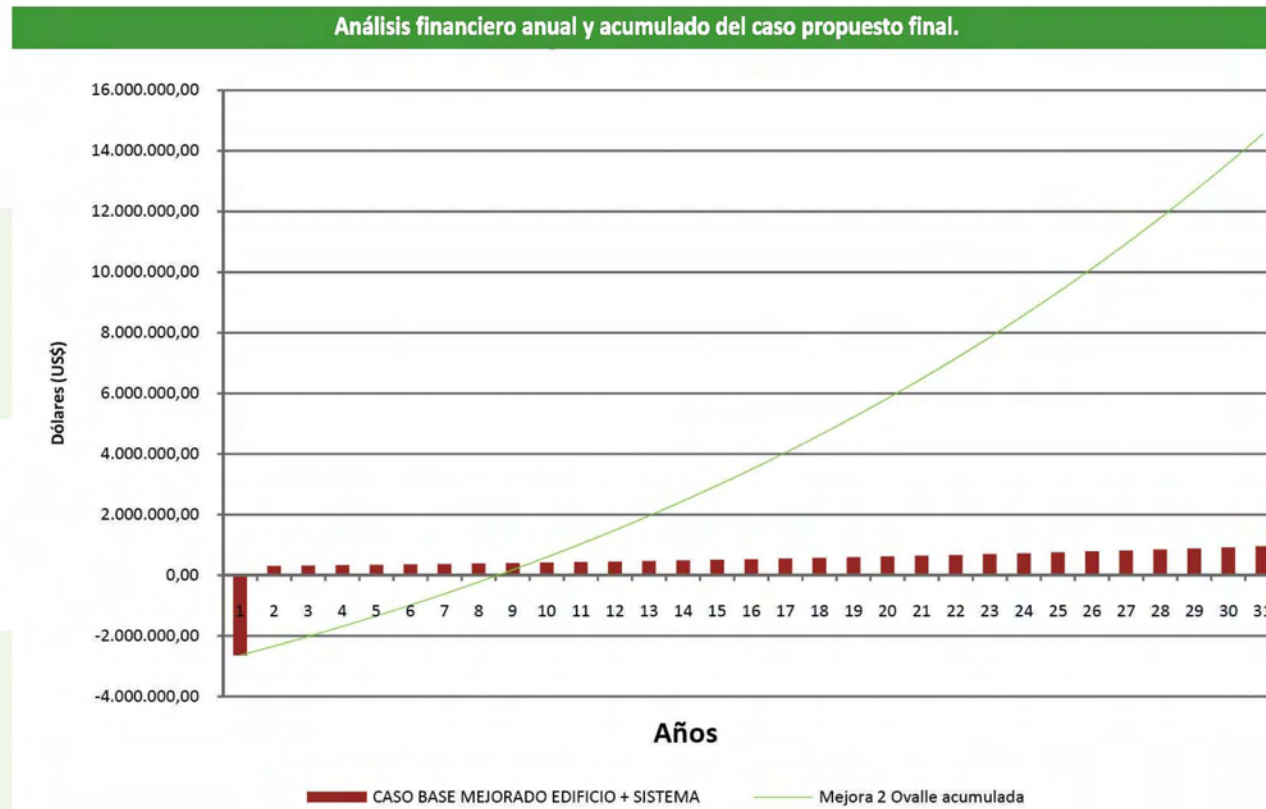
Se realizó un balance energético y ambiental del caso base y del caso optimizado arquitectónicamente. Así también, para los diferentes sistemas propuestos, considerando las reducciones de demanda que dan cuenta de los resultados específicos logrados por la arquitectura eficiente.

Este análisis permitió calcular el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ asociados a los casos estudiados.

Ahorro, costo, amortización y flujo de caja

Se realizó un desglose de los costos de inversión para el caso base, el caso optimizado arquitectónicamente y para cada sistema activo propuesto. En el caso optimizado, se incluyó una partida de obra civil que incorporó el costo de todas las mejoras pasivas. Posteriormente se realizó un cálculo de los ahorros asociados por las estrategias consideradas. Finalmente se realizó un cálculo de los períodos de amortización.

Figura 4.1.22
 Análisis financiero anual y acumulado
 del caso propuesto final.



4.1.5 Apoyo para la documentación del proyecto

Arquitectura

Como resultado final del estudio de eficiencia energética del Hospital de Ovalle, los consultores apoyaron al Ministerio de Salud en la elaboración de los términos de referencia de los sistemas pasivos para asegurar que las condiciones definidas en los análisis se contemplen a la hora de la construcción del edificio. Esta etapa fue relevante al entregar al mandante una herramienta para controlar que las medidas de eficiencia sean consideradas contractualmente por los futuros contratistas.

Sistemas activos

Del mismo modo, se apoyó la elaboración de los términos de referencia de los sistemas activos para asegurar que se contemplen los análisis efectuados en la etapa final de construcción del establecimiento de salud.

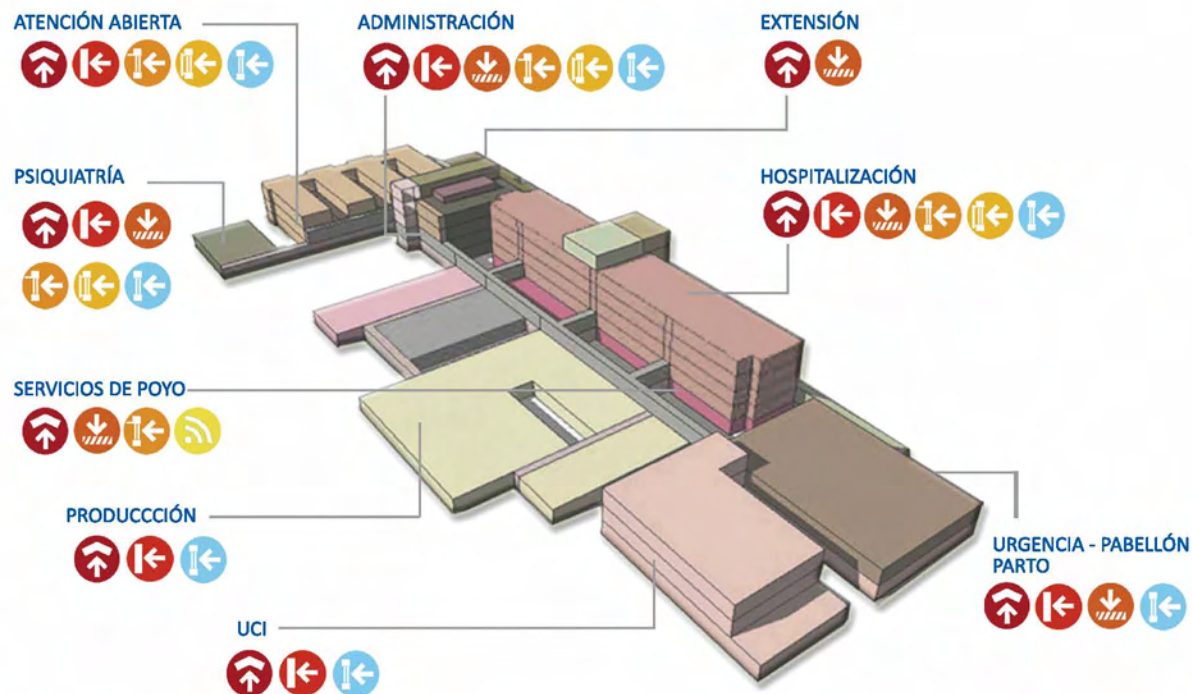


Figura 4.1.23
Esquema de estrategias de intervención para el Hospital de Ovalle.

SIMBOLOGÍA

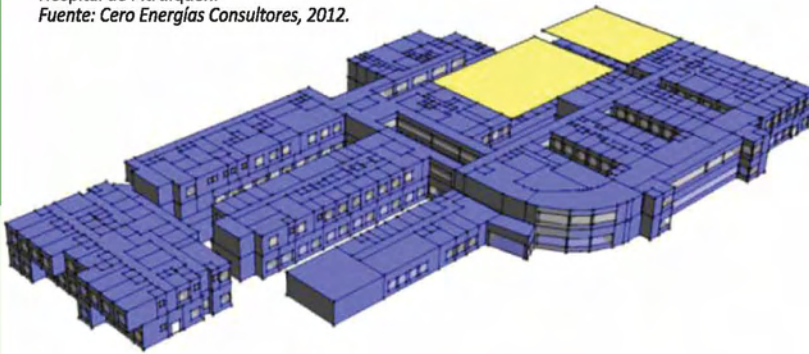


4.2 Hospital de Pitrufquén, IX Región

Empresa consultora: Cero Energías Consultores
Año de ejecución consultoría: 2012



Figura 4.2.1
Emplazamiento y vista superior del
Hospital de Pitrufquén.
Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.



4.2.1 Territorio y estrategias preliminares

Análisis climático

Se analizaron distintas fuentes de datos climáticos a nivel mensual y horario para la ciudad de Temuco, con la finalidad de generar una base de datos apropiada para ser usada en los análisis de demanda térmica y para generar climogramas

Gráfico bidimensional de temperatura de bulbo seco anual para Temuco

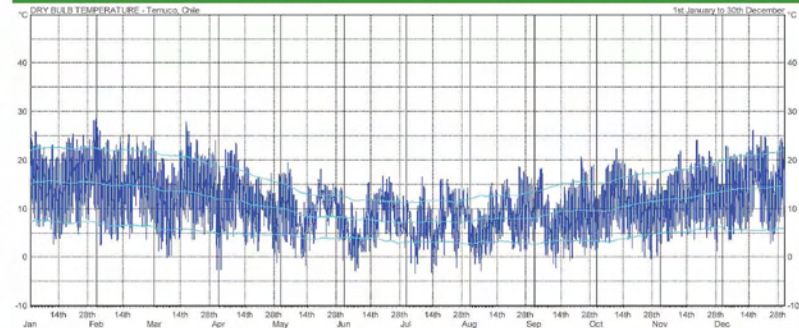


Figura 4.2.2
Gráfico bidimensional de temperatura de bulbo seco anual para Temuco.

Humedad relativa anual en Temuco

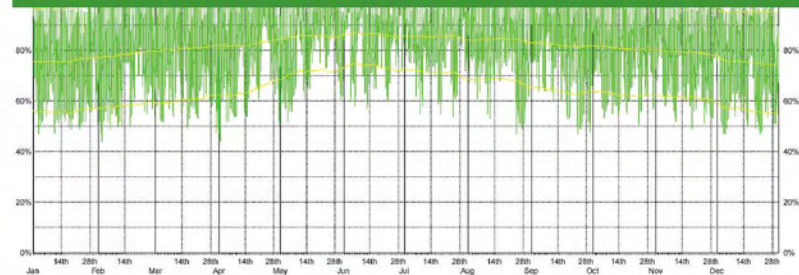


Figura 4.2.3
Humedad relativa anual para Temuco.

Humedad relativa en horarios representativos

Mes	9am (%)	3pm (%)
Enero	77	55
Febrero	83	59
Marzo	84	59
Abril	89	66
Mayo	87	72
Junio	91	75
Julio	90	73
Agosto	89	68
Septiembre	85	65
Octubre	83	63
Noviembre	80	62
Diciembre	78	57

Radiación solar difusa / Wh/m ²				Radiación solar directa / Wh/m ²			
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	
Enero	528.00	0.00	120.23	944.00	0.00	259.74	
Febrero	445.00	0.00	104.11	959.00	0.00	237.82	
Marzo	427.00	0.00	88.33	916.00	0.00	195.05	
Abril	352.00	0.00	59.46	911.00	0.00	150.75	
Mayo	285.00	0.00	46.73	904.00	0.00	81.02	
Junio	225.00	0.00	34.84	879.00	0.00	87.02	
Julio	236.00	0.00	41.02	881.00	0.00	78.42	
Agosto	305.00	0.00	59.69	918.00	0.00	102.22	
Septiembre	382.00	0.00	76.77	951.00	0.00	145.88	
Octubre	450.00	0.00	98.84	976.00	0.00	202.04	
Noviembre	495.00	0.00	112.85	968.00	0.00	240.44	
Diciembre	530.00	0.00	126.61	943.00	0.00	244.49	

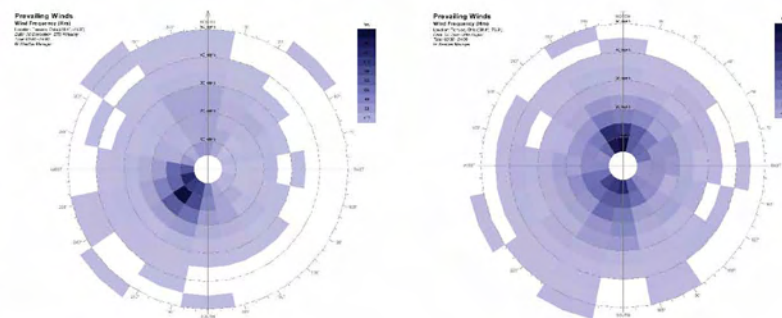


Figura 4.2.5
Dirección y velocidad del viento para Temuco.

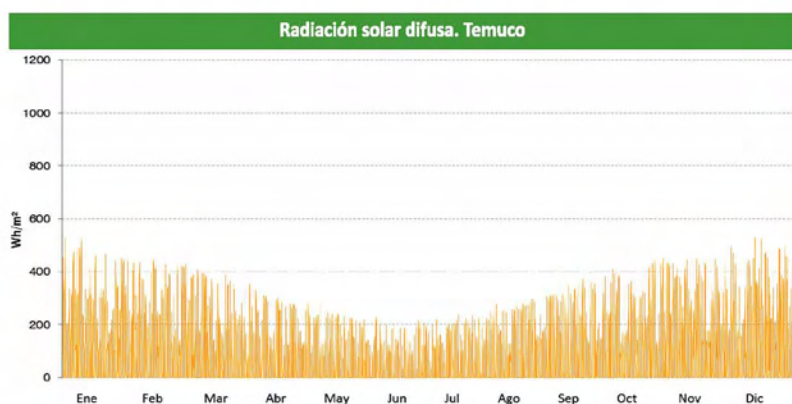
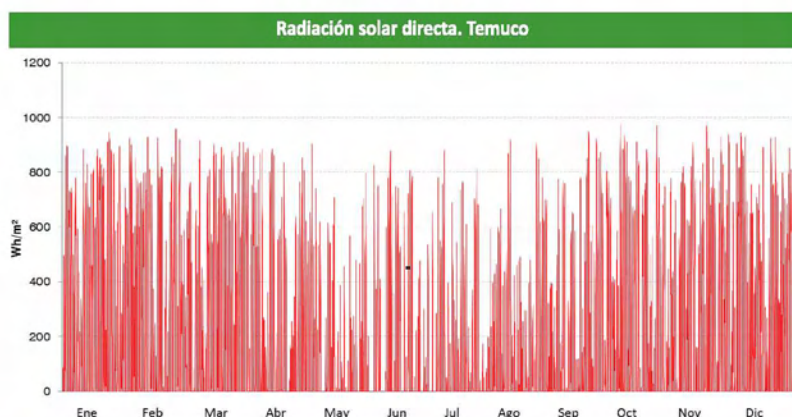


Figura 4.2.4
Radiación solar directa y difusa para Temuco.

Estrategias pasivas

Se describen estrategias de diseño bioclimático, principalmente en función del asoleamiento, diferenciado por fachada y por recinto.

Se describen las características de los materiales para conformar una envolvente térmica de alto desempeño, específicamente para materiales aislantes y barreras de humedad y vapor.

Se describen distintas aplicaciones de envolvente (detalles de fachada) tales como bajo radiere y losas, rasgos de ventana, rasgos de puerta, puentes térmicos.

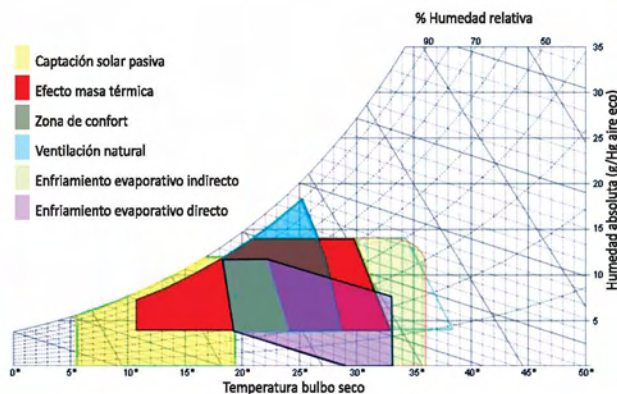


Figura 4.2.6
Diagrama psicrométrico de estrategias pasivas, según características climáticas de Temuco.

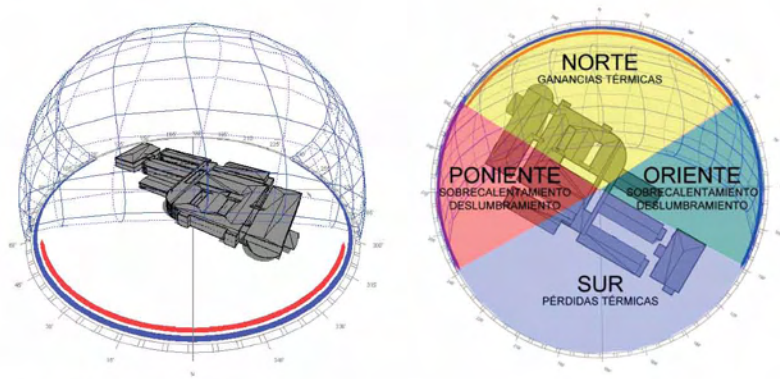


Figura 4.2.7
Diagrama de condiciones térmicas del proyecto, según orientación.

Estrategias activas

1. Diseño energéticamente eficiente del sistema de iluminación artificial. Estrategias:

- Aumentar los porcentajes de autonomía de iluminación natural.
- Definición de circuitos eléctricos de iluminación de acuerdo a la variación de la iluminación natural.
- Utilización de sistemas de control de encendido de artefactos.
- Utilización de artefactos de alta eficiencia.

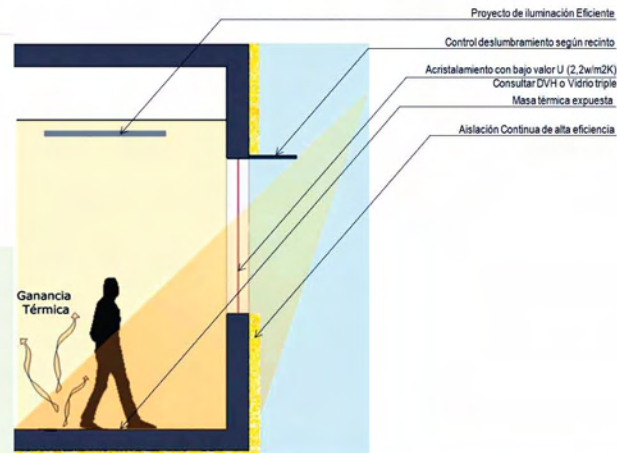


Figura 4.2.8
Estrategias de acondicionamiento lumínico natural y artificial.

2. *Recuperación de calor en el sistema de ventilación.*
3. *Reducción del uso de agua potable:* uso de artefactos de bajo consumo o secos, selección de grifería con control de flujo, sensores de presencia y temporizadores para lavamanos y duchas.
4. *Sistema de climatización:* desarrollo de una nueva central de climatización para la totalidad del edificio, que incorpore tecnologías de alta eficiencia en su operación. Incorporación de mejoras en los sistemas de ventilación, bombas, manejadoras de aire y sistemas de control.

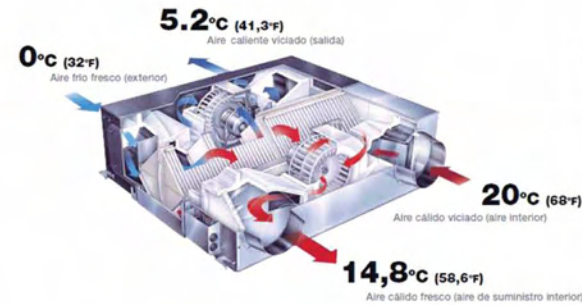


Figura 4.2.9
Unidad recuperadora de calor incorporada al sistema de ventilación, propuesto en cubierta.

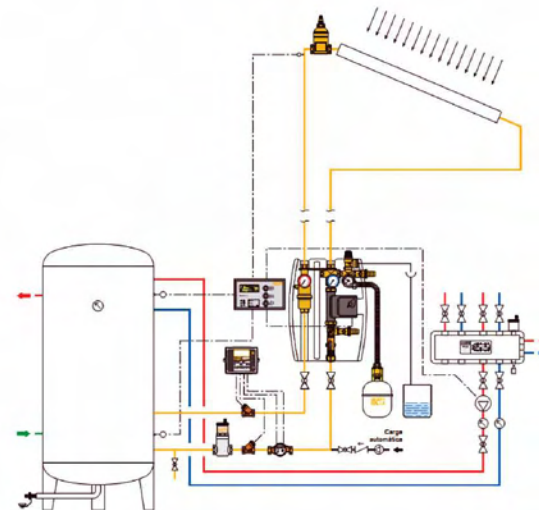


Figura 4.2.10
Diagrama de flujo de bomba de calor y generación de agua caliente sanitaria en base a colectores solares.

Estudio de la matriz energética

A continuación, se describen los combustibles para climatizar y sus respectivos equipos asociados según los rendimientos térmicos y mecánicos.

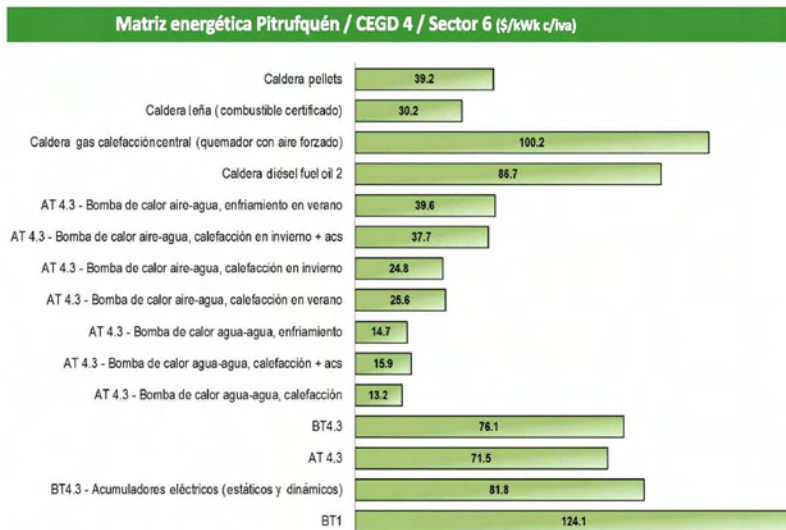


Figura 4.2.11
Matriz energética Pitrufquén.

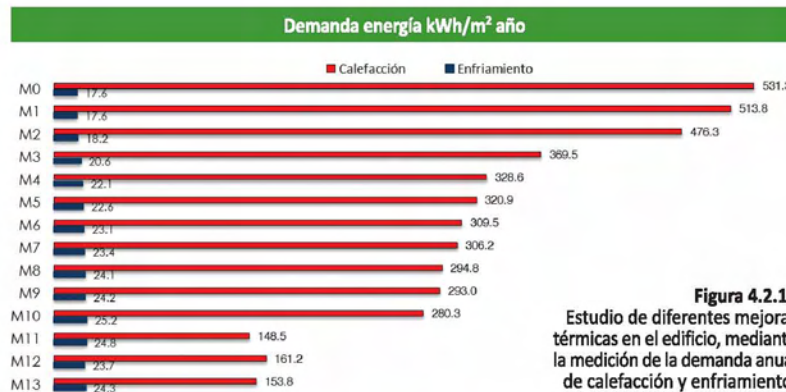


Figura 4.2.12
Estudio de diferentes mejoras térmicas en el edificio, mediante la medición de la demanda anual de calefacción y enfriamiento.

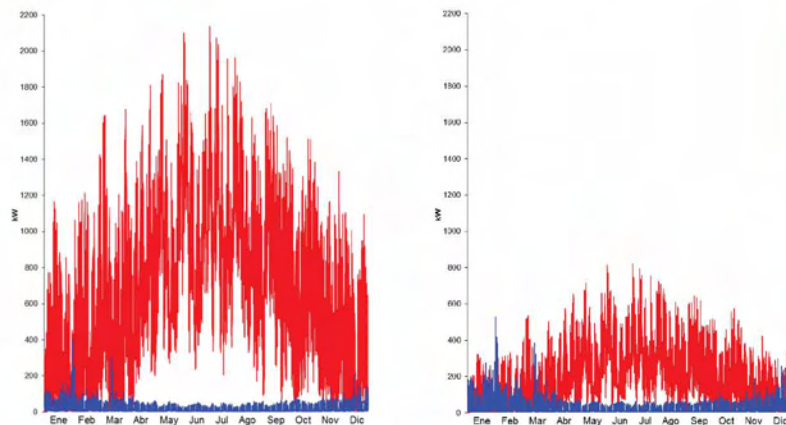


Figura 4.2.13
Comparación entre caso base y caso optimizado de demandas de calefacción y enfriamiento durante el año.

4.2.2 Análisis y diseño arquitectónico para la eficiencia energética y la calidad ambiental

Cálculo de demandas y balance térmico

En base a estudio de variables y perfiles de uso, y características constructivas de envolvente, se realizaron simulaciones dinámicas para todo el edificio y sus recintos. Las simulaciones se realizaron para un caso base y trece escenarios de mejora, de forma de llegar a una propuesta de estrategias pasivas que disminuyan al máximo las demandas de calefacción.

Cálculo de puentes térmicos y condensación

Se realizaron cálculos de puentes térmicos y condensación para proponer detalles constructivos que eviten dichos fenómenos.

Envolvente

Se realizó una evaluación de las distintas soluciones constructivas analizada para cumplir con objetivos de reducción de demanda energética y confort higrotérmico.

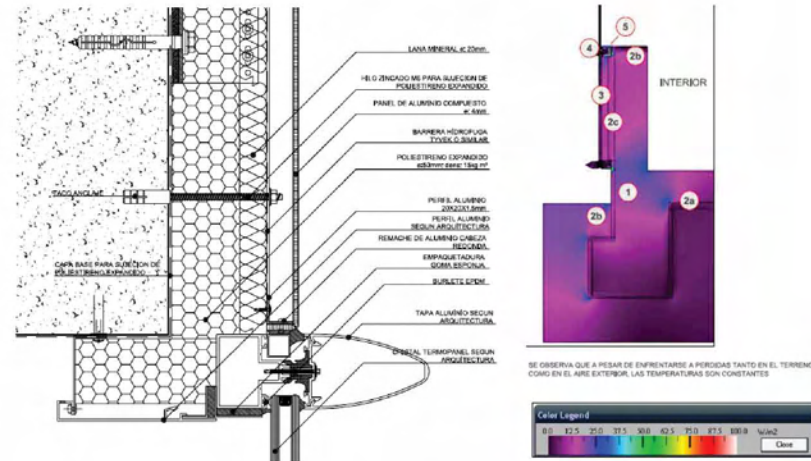


Figura 4.2.14
Detalle constructivo de fachada y análisis de puentes térmicos.
Fuente: *Cero Energías Consultores, 2012.*

Transmitancia térmica por elemento para las diferentes soluciones constructivas

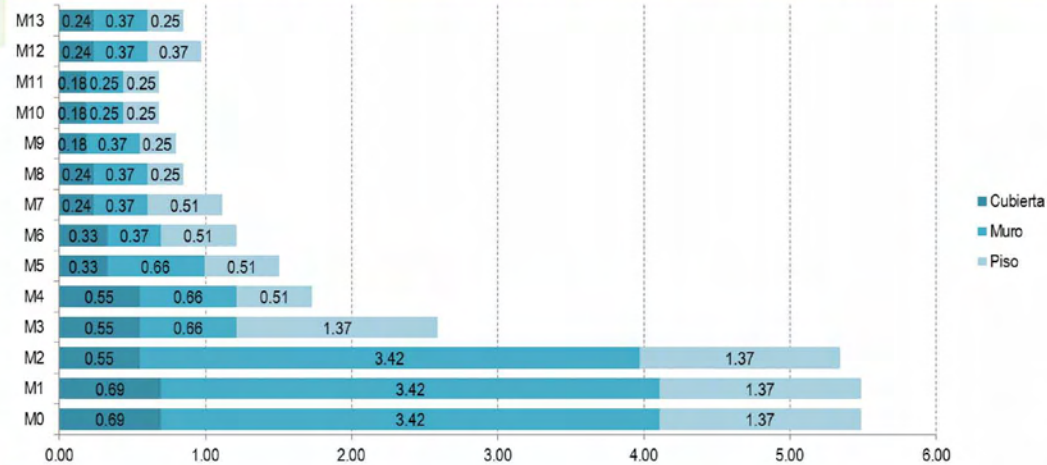


Figura 4.2.15
Transmitancia térmica por elemento para las diferentes soluciones constructivas estudiadas.
Fuente: *Cero Energías Consultores, 2012.*

4.2.3 Análisis y diseño de sistemas activos

Iluminación eficiente

Se establecieron límites de potencias máximas de iluminación artificial por recinto, y se consideró el aprovechamiento de la iluminación natural en el proyecto de iluminación.

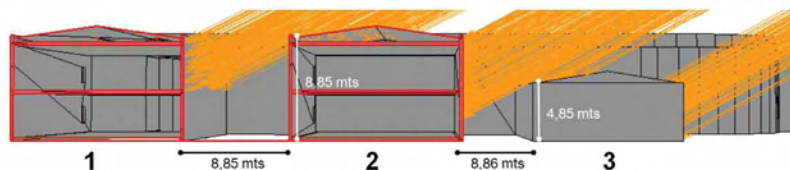
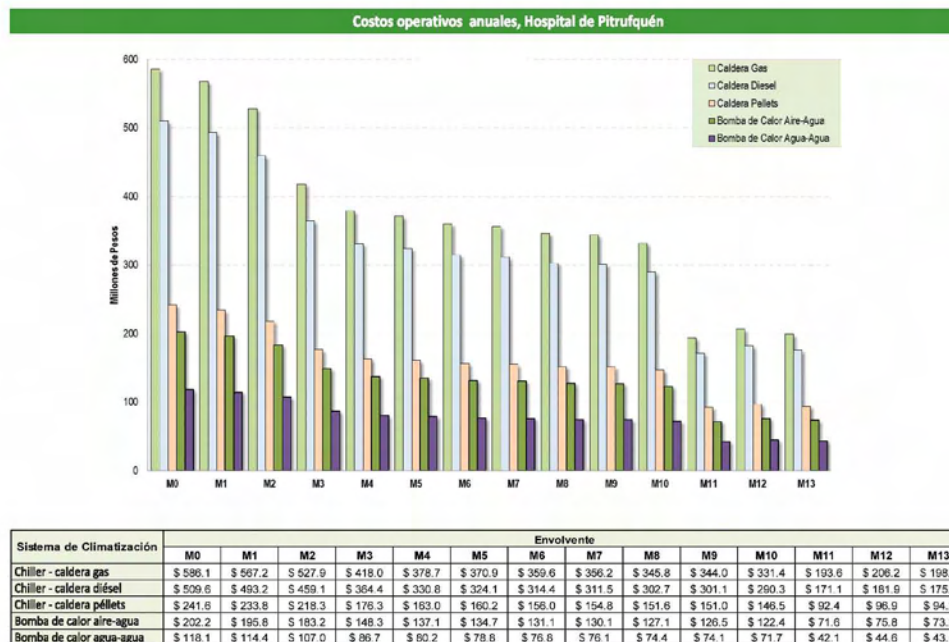


Figura 4.2.16
 Diagrama de asealamiento,
 21 de septiembre, 12:00
 hrs., ángulo solar = 49,8°.
 Fuente: Cero Energías
 Consultores, 2012.

Sistema de generación

Se realizó un estudio comparativo de diferentes tecnologías a partir de la matriz energética: caldera gas/chiller eléctrico; caldera diésel/chiller eléctrico; caldera leña/chiller eléctrico; caldera a pellets/chiller eléctrico; bomba de calor agua-agua para frío-calor; bomba de calor aire-agua para frío-calor. La comparación se hizo también a nivel de emisiones de CO2. Finalmente se propone un sistema con bombas de calor aire-agua.

Figura 4.2.17
 Costos operativos anuales
 según diferentes tipos de
 combustible.
 Fuente: Cero Energías
 Consultores, 2012.



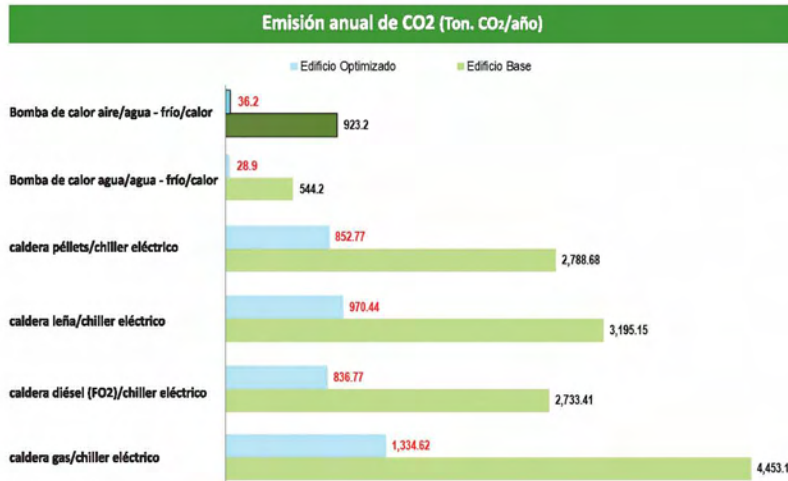


Figura 4.2.18
Emisión total anual de CO2.
Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

Energías renovables

Se realizó un estudio sobre la factibilidad de generar agua caliente sanitaria en base a energía solar térmica.

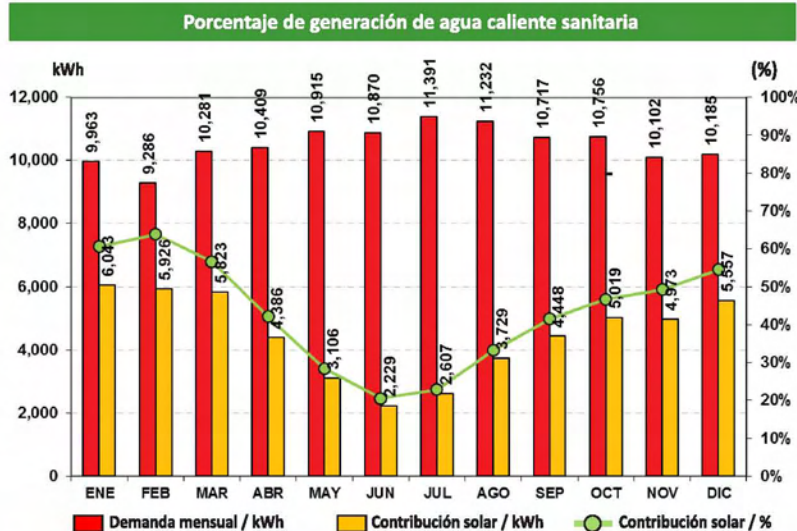


Figura 4.2.19
Porcentaje de generación mínima de agua caliente sanitaria en base a sistema solar térmico.
Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

4.2.4 Analisis económico

Inversión de sistemas activos

Para realizar el análisis económico se consideraron dos alternativas:

A: Chiller - caldera gas v/s bomba de calor aire-agua.

B: Chiller - caldera gas v/s caldera dual pellets.

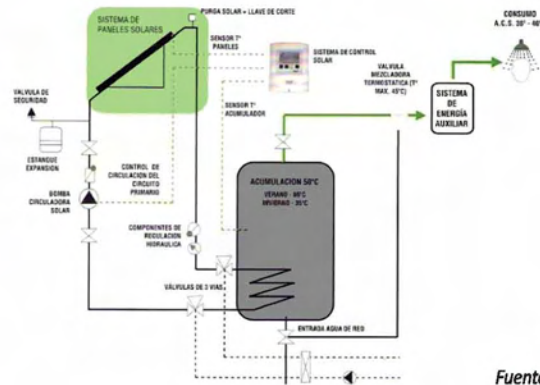


Figura 4.2.20
Componentes y subsistemas de instalaciones solares térmicas.
Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

Sistema	Item	Costo Total (\$)
Chiller-Gas	Central Térmica Calor (Caldera Gas)	\$ 27,677,588
	Central Térmica Frío (Chiller)	\$ 498,196,575
	Unidad Terminal (Radiadores)	\$ 332,131,050
	Ventilación Mecánica	\$ 110,710,350
	EAD	\$ 0
Caldera Dual-Chiller	Central Térmica Calor (Caldera Dual)	\$ 221,420,700
	Central Térmica Frío (Chiller)	\$ 498,196,575
	Unidades Terminales (Radiadores)	\$ 332,131,050
	Ventilación Mecánica	\$ 110,710,350
	Recuperador de Calor	\$ 29,935,800
Vidriado DVH Low-e		\$ 188,286,000
	EAD	\$ 271,181,811

Tabla 4.2.21
Inversión de sistemas activos.
Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

Consumos de energía

Se considera un costo global en el estudio de las dos opciones de sistemas de generación.

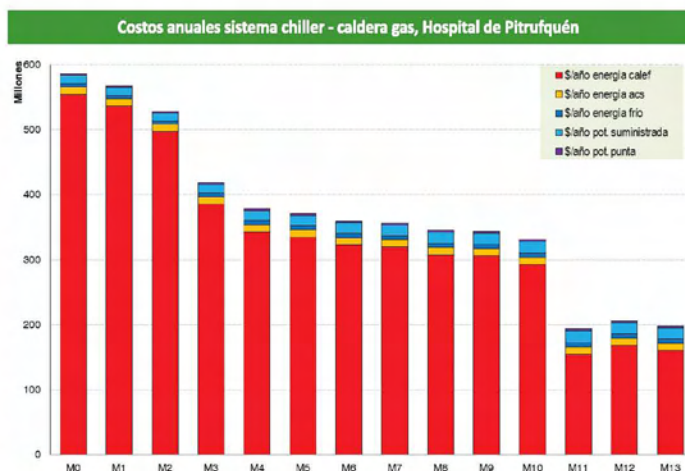


Figura 4.2.22
 Costos anuales sistema chiller - caldera gas. Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

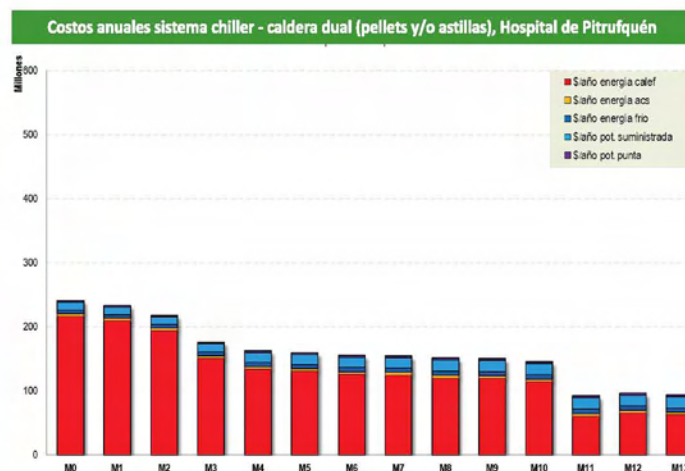


Figura 4.2.23
 Costos anuales sistema chiller - Caldera dual. Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

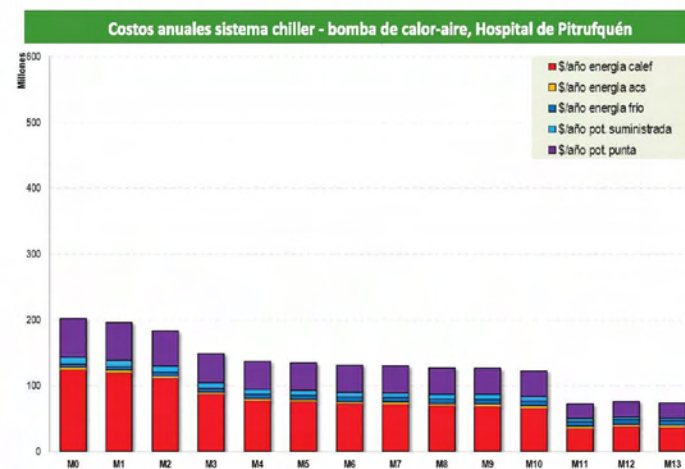


Figura 4.2.24
 Costos anuales sistema bomba de calor aire-agua. Fuente: Cero Energías Consultores, 2012.

4.3 Comentario general respecto a las asesorías AChEE 2011

Las asesorías piloto desarrolladas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, en el contexto del programa de “Programa de apoyo a la Gestión de Proyectos de Edificación de alta Eficiencia Energética” han pretendido abordar de la manera más completa posible la problemática energética de establecimientos de salud en etapa de diseño de proyecto. Es así como en mayor o menor medida, dichas asesorías se han enfocado de manera general a la optimización de estándares en todos los recintos relevantes de los establecimientos proyectados, estudiando sus requerimientos para luego estimar su demanda energética y confortabilidad de acuerdo al uso de cada recinto.

Asimismo, las asesorías piloto han revisado la incorporación de sistemas de climatización, de modo de cubrir las demandas teóricamente reducidas por la envolvente térmica ya mejorada respecto del caso base de cada proyecto. A esto se suma, en el caso de la asesoría de diseño para el Hospital de Ovalle, la revisión de estrategias de iluminación artificial eficiente y la revisión de estrategias de generación de energía y manejo de aire. Los informes de las distintas asesorías son información pública disponible en la página web de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

Es importante mencionar que los proyectos de arquitectura proporcionados por el Ministerio de Salud para la ejecución de las asesorías AChEE 2011 fueron abordados desde la etapa de anteproyecto, desarrollados en ambos casos por los departamentos técnicos de los Servicios de Salud respectivos de cada Provincia (Servicio de Salud de Coquimbo para el Hospital de Ovalle y Servicio de Salud de la Araucanía para el Hospital de Pitrufquén). El trabajo directo entre la AChEE, consultores y proyectistas de cada establecimiento facilitó el desarrollo conjunto de alternativas de mejora, tanto en el diseño constructivo como en el planteamiento de soluciones de acondicionamiento térmico, generación e iluminación.

Por otra parte, el alto grado de definición desde el punto de vista del partido general y programa arquitectónico en ambos anteproyectos al momento de partir las asesorías, no permitió el análisis de estrategias de diseño arquitectónico más profundas como las revisadas en la presente guía (estudio del factor de forma de la envolvente y orientación adecuada del sector de Hospitalización). Es importante mencionar lo anterior ya que la recurrente complejidad arquitectónica de los establecimientos de salud, sumado a otras condicionantes como el emplazamiento, exige que los criterios de eficiencia energética sean abordados, de preferencia, desde el inicio del proyecto, tal como la presente guía recomienda. En este sentido, el objetivo de la presente guía ha sido proporcionar dicha información de manera que arquitectos y diseñadores de establecimientos de salud cuente con una herramienta que los oriente.

Es importante además, agregar que el proceso de diseño integrado como metodología de trabajo para este tipo de asesorías facilita la toma de decisiones de diseño, apoyándose por un lado en la experiencia multidisciplinaria del equipo, y por otro en la elaboración de simulaciones que permiten evaluar la efectividad de dichas decisiones de diseño. Sin embargo, es un factor determinante el avance coordinado tanto de los proyectistas de Arquitectura como de los equipos consultores de eficiencia energética, además de objetivos y metas claras de optimización.

En el caso de las asesorías piloto presentadas, las metas de optimización del desempeño energético para cada proyecto fueron producto de las recomendaciones de envolvente térmica para cada asesoría, conforme a los estándares acordados entre asesores y proyectistas y no a una meta de desempeño energético establecida, como las que sugiere la presente guía.

Tomando en cuenta lo anterior, si bien la presente guía tiene como objetivo facilitar la incorporación de criterios de eficiencia en proyectos de infraestructura de salud a toda escala (establecimientos de salud de diversa complejidad), es importante reiterar la relevancia del diseño integrado, especialmente para proyectos de alta complejidad que implican un mayor requerimiento energético. La oportunidad de realizar procesos de diseño integrado permite enfocarse en la cuantificación y priorización de las medidas de eficiencia energética, contando con la visión multidisciplinaria (tanto expertos de las etapas de diseño como también a especialistas de las etapas de implementación y operación) de todos los actores involucrados en el proyecto.

Por último, se estima que este proceso y las asesorías realizadas son un primer paso para contar con dos nuevos establecimientos hospitalarios públicos de alto estándar desde el punto de vista de la confortabilidad y la eficiencia energética. Sin embargo, queda pendiente a futuro el desafío de asegurar la correcta ejecución de los proyectos, así como la implementación de planes de operación y mantención eficiente al momento de la puesta en marcha de cada establecimiento. Para apoyar este desafío, la AChEE trabajará durante el año 2013 en el desarrollo de capacidades para la incorporación de especialistas en eficiencia energética para las etapas de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

5.1 Publicaciones

- American National Standards Institute; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; Illuminating Engineering Society of North America. (2007). Standard ASHRAE 90.1-2007 Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings. [Estándar energético para edificios excepto edificaciones residenciales de baja altura]. Atlanta, EE.UU.: ASHRAE.
- American National Standards Institute; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; Illuminating Engineering Society of North America. (2007). Standard ASHRAE 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. [Ventilación para calidad de aire Interior acceptable]. Atlanta, EE.UU.: ASHRAE.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2008). Standard ASHRAE 170-2008 Ventilation of Healthcare Facilities. [Ventilación de establecimientos de salud]. Atlanta, EE.UU.: ASHRAE.
- Arquambiente. (2012). Estudio de Eficiencia Energética Hospital Ovalle. Informes 1 a 5. Santiago, Chile: ACHEE.
- Arquambiente, Aiguasol (2012). Optimización energética del futuro nuevo Hospital de Ovalle. Santiago, Chile: ACHEE.
- ATECYR y IDAE (2008). Guía técnica de instalaciones de climatización por agua. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, España.
- B-Green Chile. (2009). Proyecto Eficiencia Energética. Hospital Regional del Maule, Talca. Santiago, Chile.
- Burger, B., Newman, P. (2009). Hospitals & sustainability. [Hospitales y sustentabilidad]. Brisbane, Australia: Curtin University of Technology, CRC Australia, CRC Construction Innovation.
- Bustamante, W. (2009) Guía de diseño para la Eficiencia Energética en la vivienda social. Santiago, Chile: MINVU, CNE.
- California Public Utilities Commission. (2008). California long term energy efficiency strategic plan. [Plan de eficiencia energética de largo plazo de California]. California, EE.UU.: CPUC.
- Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción Universidad del Bío-bío, Dirección de Extensión en Construcción Pontificia Universidad Católica de Chile, DICTUC S.A., IDIEM Universidad de Chile (2012) Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Santiago, Chile: Sociedad Impresora R&R Ltda.
- Ceroenergías Consultores. (2009). Informe consultoría en etapa anteproyecto. Eficiencia energética y calidad ambiental Hospital Carlos Cisternas, Calama. Temuco, Chile.
- Ceroenergías Consultores. (2010). Informe de eficiencia energética y calidad ambiental Cesfam Chonchi, Chiloé. Proyecto Fomento de la Eficiencia Energética, Ministerio de Energía-PPPEE/GTZ. Santiago, Chile.
- Ceroenergías Consultores. (2012). Informe de eficiencia energética Hospital de Pitrufquén. Temuco, Chile.

- Comisión Nacional de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Universidad Técnica Federico Santa María (2008) Irradiancia solar en territorios de la República de Chile. Santiago, Chile: CNE, UTFSM, PNUD.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico Cámara Chilena de la Construcción. (2007). Sistemas Solares Térmicos. Manual de diseño para el calentamiento de agua. Santiago, Chile: CDT.
- División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial, Ministerio de Salud de Chile. (1997). Guía de Planificación y Diseño Unidades de Cuidados Intensivos de Adultos. Santiago, Chile: MINSAL.
- División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial, Ministerio de Salud de Chile. (1997). Guía de Planificación y Diseño Pabellones Quirúrgicos. Santiago, Chile: MINSAL.
- División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial, Ministerio de Salud de Chile. (1999). Guía de Planificación y Diseño Servicio de Imagenología. Santiago, Chile: MINSAL.
- División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial, Ministerio de Salud de Chile. (2000). Guía de Planificación y Diseño Centros de Atención Ambulatoria. Santiago, Chile: MINSAL.
- EE Chile Consultores. (2008). Informe consultoría en etapa anteproyecto. Eficiencia energética y calidad ambiental Hospital Regional de Rancagua. Temuco, Chile.
- Evans, M., de Schiller, S. (1988). Diseño Bioclimático y Arquitectura Solar. Serie de Ediciones Previas. Buenos Aires, Argentina: EUDEBA.
- Escan (2009). Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Proyecto PROEFFICIENCY. Programa de Energía Inteligente de la Comisión Europea.
- Fenercom (2009). Guía Básica Calderas de Condensación. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. España.
- Fenercom (2010). Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales. Madrid, España: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
- García, J., Fuentes, V. (2005). Viento y Arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico. D.F., México: Editorial Trillas.
- Icontec (2010). Validación de la aplicación de la "Herramienta para calcular el Factor de Emisión de un Sistema Eléctrico", para el "Sistema Interconectado Central" (SIC) y el "Sistema Interconectado del Norte Grande" (SING). Santiago, Chile: Ministerio de Energía.
- IDAE y CEI (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Comité Español de Iluminación (CEI). Madrid, España.
- Instituto de Asuntos Públicos Universidad de Chile. (2010). Estudio de Bases para la Elaboración de un Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-202. Santiago, Chile: INAP.
- Instituto de la Construcción, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2006). Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica. Santiago, Chile: MINVU.
- Instituto Nacional de Normalización (2007). Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias

térmicas. NCh 853 Of. 2007. Santiago, Chile: INN.

- Instituto Nacional de Normalización (1989). Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas. NCh 1960 Of. 1989. Santiago, Chile: INN.
- Instituto Nacional de Normalización (2008). Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. NCh 1079 - 2008. Santiago, Chile: INN.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (2008). Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación - Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial - Métodos de cálculo. NCh 1973 Of.2008. Santiago, Chile: INN.
- Löhr, W., Gauer, K., Serrano, N., Zamorano, A. (2009). Eficiencia energética en hospitales públicos. Santiago, Chile: ESCO Dalkia, GTZ, PPEE.
- Ministerio de Salud. (1999). Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Reglamento aprobado por Decreto Supremo Nº594/1999. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Salud. (2008). Norma técnica básica de autorización sanitaria para establecimientos de salud de atención cerrada. Norma técnica aprobada por Decreto Nº58/2008. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Salud. (2008). Normas técnicas básicas para la obtención de la autorización sanitaria de las salas de procedimientos y pabellones de cirugía menor. Norma técnica aprobada por Decreto Nº58/2008. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.
- Moisan, A. (n.d.). Apuntes curso: Termotecnia. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. Concepción, Chile.
- Neila, F. (2000). Manual de Acondicionamiento Natural (III). Condiciones de diseño higrotérmico. Madrid, España: Instituto Juan de Herrera UPM.
- Neila, F., Bedoya, C. (1997). Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental. Madrid, España: Editorial Munilla-Lerfá.
- Novoa, R., Villaseca, S., del Canto, P., Rouanet, J., Sierra, C., del Pozo, A. (1989). Mapa Agroclimático de Chile. Santiago, Chile: INIA Ministerio de Agricultura.
- Philips (2011). Catálogo de iluminación general. Madrid, España.
- Saffie, N. (2012). Hospital de Talca. Ahorro de energía. Revista Sustenta Bit, 12, 34-36.
- Saffie, N. (2012). Hospital Dr. Carlos Cisternas de Calama. En condiciones extremas. Revista Sustenta Bit, 12, 30-32.
- Saffie, N. (2012). Hospital Regional de Rancagua. Arquitectura con mínimo requerimiento de energía. Revista Sustenta Bit, 12, 26-28.
- Sarmiento, P. (1995). Energía Solar, aplicaciones e ingeniería (3ª Ed.). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de la Universidad Católica de

Valparaíso.

- Sustainable Energy Authority Victoria, Graham Armstrong and Saturn Corporate Resources for the Energy Efficiency, Greenhouse Working Group. (2003). Preliminary Assessment of Demand-Side Energy Efficiency Improvement Potential and Costs. National Framework for Energy Efficiency Background Report. [Evaluación Preliminar de la Demanda Potencial de Mejoramiento de Eficiencia Energética y Costos. Informe de base para el Marco Nacional para la Eficiencia Energética]. Australia: NFEE.
- The American Institute of Architects Committee on Architecture for Health, U.S. Department of Health and Human Services. (1993). Guidelines for construction and equipment of hospital and medical facilities. [Directrices para la construcción y equipamiento de hospitales y centros médicos]. Washington, EE.UU.: The American Institute of Architects Press.
- Trebilcock, M. (2011). Estudio de eficiencia energética Cesfam Entrelagos. Concepción, Chile.
- U.S. Department of Energy, U.S. Environmental Protection Agency (2006). National Action Plan for Energy Efficiency. [Plan nacional de acción para la eficiencia energética]. EE.UU: DOE, EPA.
- U.S. Green Building Council. (2010). LEED 2009 for Healthcare. [LEED 2009 para Salud]. Washington, EE.UU.: USGBC.
- U.S. Environmental Protection Agency (2010). Energy Star overview of 2010 achievements. [Resumen de logros de Energy Star en el año 2010]. EE.UU: EPA.

5.2 Sitios web

- Cree (2012). SC3 Technology Platform. <<http://www.cree.com/led-components-and-modules/sc3>>. Estados Unidos.
- Mendiburu, H. (n.d.). Sistemas SCADA. <<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>>.

