



**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
VIVIENDA SOCIAL, CHILE**

**MAGISTER ARQUITECTURA AVANZADA
MENCION EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Autor: Luis Felipe Kappes Sáez
Profesores: Dra. Virginia Arnet Callealta
Dr. Luis Silva Lara**

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mis padres, por todo el amor y paciencia que me entregaron por tanto tiempo. Estarían felices compartiendo este momento.

A Octavio, mi hijo, y a Carla, con quienes he formado mi familia. Ellos me han acompañado en este proceso, y con su amor me apoyan para concluir con este ciclo profesional para comenzar uno mejor.

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	5
Introducción	7
Tema	
Problema	
Metodología	10
Hipótesis.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Metodología.....	11
Marco Conceptual	12
Cambio Climático.....	13
Eficiencia energética.....	14
Matriz energética.....	15
Energía	16
Arquitectura y Eficiencia Energética	17
Normativa de Construcción	20

Artículo 4.1.10 OGUC	22
Certificación energética de vivienda.....	24
Manual de hermeticidad al aire de edificaciones.....	25
Tipos de infiltración	26
Política pública de vivienda social.....	27
Programa habitacional y subsidio.....	29
Fondo solidario de vivienda DS49.....	29
Subsidio habitacional rural DS 145.....	30
Normativa DS174.....	31
Normativa española.....	33
Caso de referencia.....	35
Estudio de Casos.....	46
Propuesta	63
Discusión de resultados	66
Conclusiones	68
Referencias	71
Glosario	76

RESUMEN

El presente análisis tiene por objetivo identificar aquellas normas, estándares y políticas públicas que propicien la eficiencia energética en el diseño y construcción de viviendas sociales en Chile, con atención a las condiciones de confort de los usuarios de este tipo de vivienda y su posible impacto en la mejora en su calidad de vida. Implica reconocer normativas existentes y su aplicación a los diseños arquitectónicos y de construcción, para a partir de esta mirada proponer sugerencias que impacten en la reducción de consumo energéticos por parte de las familias que opten a una vivienda social, para con ello obtener mejores estándares de calidad y confort. A partir del análisis de la normativa de construcción y edificación, se identificó que en Chile las políticas públicas referidas a vivienda social y eficiencia energética, se basan principalmente en exigencias de envolvente térmica, sin condicionar aspectos relevantes como orientación de la edificación en relación al sol, las infiltraciones, aislación de pisos en contacto con el terreno, entre otros temas que implican una pérdida de energías que impactan en el confort y salud de las familias, deterioro de materiales y por consiguiente en costos económicos.

Por otra parte, las normativas y políticas públicas vinculadas a eficiencia energética, recién se están implementando a nivel de subsidios de mejoramiento y no necesariamente en proyectos de vivienda social (Fondo solidarios de vivienda), dejando a un lado tecnologías de energías renovables en proyectos que pueden impactar positivamente en las familias que optan a ésta, así como en un menoscabo al medio ambiente, siendo un factor que está al debe desde las políticas de cuidado y protección del entorno.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 80 en el mundo se habla de calentamiento global, conceptos referidos a consumo y ahorro de energía y como esto impacta en nuestro cotidiano y en el futuro, información que viene dada por diferentes canales, como por ejemplo de medios de comunicación, ONG, industria o campañas de diferentes actores relevantes. Asimismo, se habla del cambio climático, huella de carbono, energías sustentables y sostenibles, o de buenas prácticas en el uso de los recursos naturales, todo lo anterior en función de modelar conductas de consumo y eficiencia de nuestro entorno.

Lo anterior, según refiere Romero, N. (2010), se resume en el concepto de **eficiencia energética y sustentabilidad**, que implica obtener energía al mínimo costo posible y usarla racionalmente, asegurando que las fuentes y usos sean sostenibles en el tiempo, temas que en Chile sólo han cobrado importancia en esta última década, con la creación del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE, 2005) por la Comisión Nacional de Energía que dependía del Ministerio de Economía. Dos años después nace la primera asociación de empresas de eficiencia energética, para el 2010 crear el

Ministerio de Energía y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE).

Estos últimos, han impulsado políticas públicas en cuanto al uso racional de la energía, la que actualmente se distribuye en 4 sectores económicos: minería e industria (35%), transporte (34%), comercial, público y residencial (25%) y el sector energético (6%). Sin embargo, es en el sector residencial, público y comercial donde menos desarrollos y avances se han generado para implementar modificaciones en cuanto a la eficiencia energética (Romero, N., 2010).

En cuanto a normas o estándares referidos a eficiencia energética en arquitectura y construcción, en Chile comenzó a regir la reglamentación térmica con los complejos de techumbre en el año 2000, para luego ser incluida toda la envolvente de la vivienda que incluye muros, ventanas y pisos ventilados (2007).

En el 2008, se clasificaron 9 zonas climático – habitacionales, estipuladas en la NCH 1079 of.2008, que definieron lineamientos de clasificación según su ubicación geográfica. Por otra parte, el artículo 4.1.10 de O.G.U.C, del 2006, establece, los fines de aislamiento y 7 zonas térmicas.

Debido a que en Chile las normas referidas a optimización de energía en las viviendas, en cuanto a su construcción, son recientes, el año 2009 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) opta por el reacondicionamiento térmico de viviendas construidas con anterioridad a este año en la zona sur del país, instalando esta práctica como una de las primeras políticas públicas diseñadas para viviendas sociales.

Dado lo anterior, el presente estudio tiene por objetivo identificar aquellas normativas, estándares y/o políticas públicas del estado chileno, referidas a eficiencia energética en viviendas sociales.

Las normativas chilenas referidas a eficiencia energética, están principalmente orientadas a los sectores económicos como Minería y Transporte, que son los sectores con mayor consumo energético, según INE (2008). Sin embargo, en términos de edificación existen normas de transmitancia térmica y manuales o recomendaciones que sugieren formas y soluciones a la temática de eficiencia, como por ejemplo “estrategia de transmitancia de luz” u otras, dejando un vacío en cuanto a la cumplimentación de éstas.

METODOLOGÍA

Hipótesis

Las normativas, estándares y políticas públicas de edificación, aplicadas a vivienda social y promulgadas por el Estado chileno, cumplen con criterios de eficiencia energética.

Objetivos

Identificar normativas, estándares y políticas públicas de eficiencia energética que hayan sido incorporadas en el diseño, edificación o mejoramiento de viviendas sociales en Chile.

Objetivos específicos

Investigar criterios de construcción referidos a eficiencia energética utilizados en Chile y en otros países en la construcción de viviendas.

Estudiar el uso de políticas públicas que orienten hacia la eficiencia energética en la construcción o mejoramiento de viviendas sociales.

Identificar relevancia del diseño pasivo en edificaciones y diseño activo, y su relación con la eficientación de energías.

Conocer el impacto que tienen las políticas públicas de eficiencia energética en la calidad de vida de las familias que han implementado sistemas referidos a la materia.

Metodología

Este trabajo se basa en la exploración de literatura y en el estudio de caso, lo que implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprehensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés" (Rodríguez, Gil y García, 1999). Al final del estudio de caso encontraremos el registro de éste, donde se expone de forma descriptiva, con cuadros y esquemas, fichas de edificios, archivo fotográfico, recursos narrativos, etc.

MARCO CONCEPTUAL

Eficiencia Energética

Arquitectura y Eficiencia Energética

Normas y Políticas Públicas

Normativas Internacionales de Eficiencia energética, experiencia española

Cambio Climático

El cambio climático que está afectando al planeta requiere una reducción urgente de las emisiones de gases que producen el efecto invernadero, según señala la bibliografía, lo que se debe en su mayor parte a la concentración de éstos en la atmósfera - principalmente dióxido de carbono- que aumentan la temperatura, empeorado, en gran parte por el consumo de combustibles fósiles que son utilizados para la generación de energías, transportes e industrias, representando el 60 % del total de gases de efecto invernadero (Arellano, J y Guzmán, J, 2011).

Junto con el calentamiento global, han surgido nuevas necesidades que se han vuelto urgentes para paliar el cambio climático existente y que tienen relación con las conductas de consumo imperantes en la sociedad, como por ejemplo la demanda energética en Chile que se ha elevado a tal punto que la dependencia de importaciones para generar energía genera inestabilidades e inseguridad en el suministro y en los precios de los combustibles fósiles, en especial el petróleo, que permanentemente se encuentran en alza.

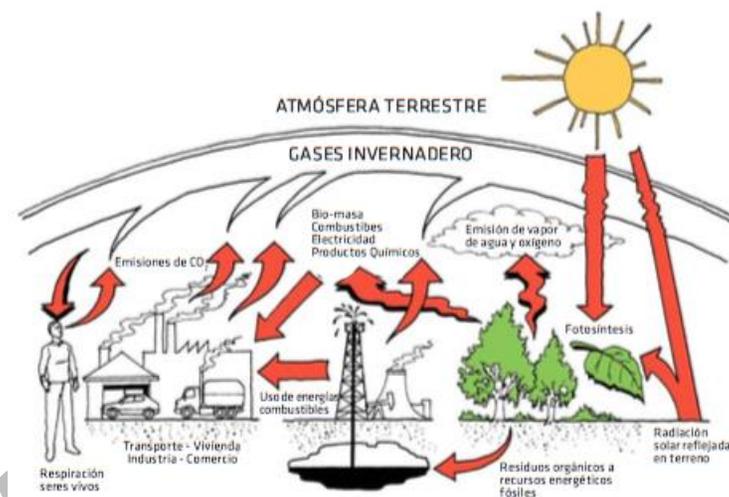


Figura 1. Efecto invernadero en Guía de Diseño para EE en vivienda social (Bustamante, W, 2009)

Los cambios en los patrones de consumo de energía deben comenzar lo antes posible, se debe cambiar la forma de demanda, producción, generación y distribución de la energía. Este cambio debe efectuarse considerando la eficiencia energética como el instrumento más efectivo en un corto y mediano plazo, puesto que implica una mejora en la calidad de las condiciones climáticas como en el cuidado del planeta y medio ambiente, producto de la intervención antropogénica.

Eficiencia Energética

La Eficiencia Energética nace de las condiciones antes mencionadas, entre otras, y *busca emplear menos energía para ejecutar una misma cantidad de trabajo* (ACHEE, 2009), es decir, se aplica el concepto minimalista de menos es más.

La eficiencia reduce los impactos ambientales del uso de la energía, ya que se utiliza menos para producir lo mismo. También, busca reducir la incorporación de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera, siendo una manera rápida y barata de disminuir el calentamiento global, es decir, minimizar la huella de carbono. En resumen, la eficiencia energética es no ocupar innecesariamente la energía, disminuyendo la demanda y producir con el mínimo consumo posible para lograr los mismo o mejores resultados.

Al reducir la demanda de consumo y usar en menor cantidad los combustibles fósiles y otros altamente contaminantes, se favorece la integración de energías perennes y renovables, con el uso consecuente de lograr mejores resultados poco contaminantes y sustentables.

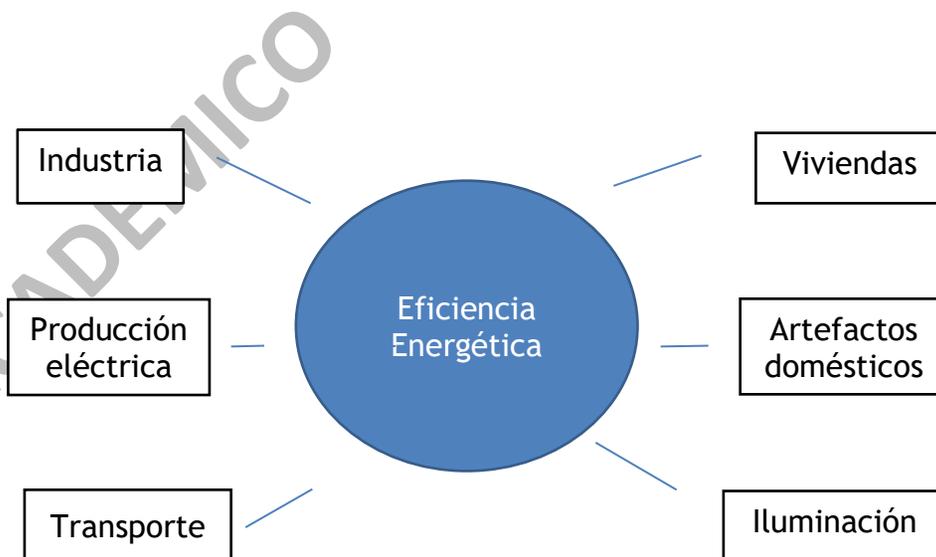


Figura 2. Actividades humanas que deben apuntar a la eficiencia energética

Matriz energética

Matriz energética es toda energía disponible para ser transformada, distribuida y consumida en procesos productivos y una representación cuantitativa de la oferta de energía, o sea, la cantidad de recursos energéticos ofrecidos por un país o una región. Están clasificadas en primaria y secundaria. La primera alude a las diversas energías en el estado en que se extraen de la naturaleza, sin mediar procesos que la transformen, como la hidráulica, eólica, solar, gas natural, petróleo, etc. Las fuentes de energía secundarias, en cambio, incluyen los diversos productos energéticos elaborados a partir del procesamiento de las energías primarias, como electricidad, gas distribuido por redes, derivados de los hidrocarburos, entre otros.

La matriz energética, según la Superintendencia de Electricidad y Combustible (2012), primaria muestra la participación que tienen los recursos energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total. A su vez, la matriz secundaria indica la participación de energéticos producidos a partir de la transformación de los primarios en el consumo total.

Matriz Energetica Primaria
2012(Chile)

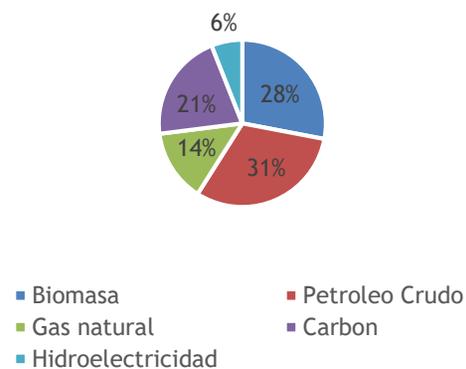
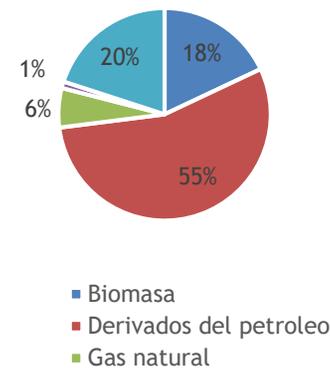


Figura 3 y 4 Matrices energéticas, basados en información Superintendencia de electricidad y combustibles, 2012

Matriz energetica secundaria
2012(Chile)



Energía

La energía se define como la capacidad de efectuar un trabajo y obtener resultados con éste. Las tareas de este trabajo pueden ser mecánicas, físicas, químicas o eléctricas, las que a su vez implican el concepto de trabajo, siendo este último el “producto de una fuerza por la distancia, lo que significa que las acciones producen movimiento, calentamiento, iluminación y otros resultados” (Romero, N. 2011).

Existen distintos tipos de energía, entre los que se encuentran: Energía eléctrica, Energía Solar, Energía de biomasa, Energía eólica, Energía hidráulica y Energía Geotérmica. En Chile, las empresas productoras de energía utilizan estos medios de generación, que no siempre siguen el patrón de sustentabilidad, tal es el caso de las centrales térmicas que usan combustibles fósiles (por ejemplo: Petcoke), por lo que, junto con concentrar sus esfuerzos en generar energías con foco en la eficiencia, deben propiciar un foco sustentable.

A partir de lo anterior, las últimas licitaciones hechas por el Ministerio de Energía, 2016, para cubrir las necesidades de

consumo de energía, definieron como ganadores a empresas que utilizan energías renovables no convencionales (ERNC), siendo un cambio sustancial en la producción de energía por su condición de Limpia, así como por los bajos precios, haciéndose cada vez más competitivas en el mercado productivo.

Dado este nuevo escenario de producción energética nacional, y en función de la sustentabilidad asociada a las energías limpias y verdes, es importante fortalecer la introducción de instrumentos para que las viviendas nuevas y aquellas que postulan a remodelación, cumplan con un criterio de sustentabilidad al utilizar, por ejemplo, paneles solares para generación y con ello no sólo ayuden a disminuir el efecto invernadero, sino que también impacte positivamente en el gasto de una familia.

Según la Guía de diseño para la eficiencia energética en vivienda social (2009, p.19), en Chile es importante considerar el diseño arquitectónico y técnicas constructivas, junto con sistemas de alta eficiencia para acondicionamiento térmico.

Arquitectura y Eficiencia Energética

La arquitectura nace para dar respuesta a las necesidades de las personas que habitan una zona geográfica, lugar y contexto, del cual buscan protegerse y satisfacer las necesidades de seguridad, identificación o privacidad, entre otras. Para poder elaborar propuestas atinentes y resolver los problemas de habitabilidad, los profesionales han de considerar aquellas necesidades fisiológicas, sociales y psicológicas para otorgar seguridad y confort, que son necesidades que surgen al momento de satisfacer aquellas básicas.



Figura 5. Casa eficiente, imagen de www.ecohouses.es

Junto con lo anterior, hoy en día también se consideran factores de cuidado y protección del medio ambiente, eficiencia energética con el uso de tecnologías u otros, al momento de diseñar y proyectar edificaciones, con el objetivo de “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” (Arellano, J. y Guzmán, J, 2011).

Desde el desarrollo de las tecnologías y usos de ésta, se ha integrado en el diseño de edificaciones el concepto de “arquitectura bioclimática”, técnica que utiliza la luz y calor del sol por medio de la selección de materiales de construcción que favorezcan la distribución de éste o que tengan propiedades de dispersión de luz, también por medio de la orientación de los edificios al sol y diseñando espacios que tengan ventilación natural, entre otras características.

Para lograr definir una arquitectura bioclimática eficiente en los proyectos de edificación y que satisfagan las necesidades de las personas, se debe considerar en todo momento la ubicación geográfica y el clima del lugar.

El clima está definido por el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan un territorio, siendo representadas por variables como temperatura, velocidad del viento, precipitaciones, nubosidad, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica, entre otras.

Cada región o localidad está relacionada con el comportamiento superpuesto de variables atmosféricas en un período prolongado de años. Además, no sólo los valores promedio de estas variables definen un clima, sino que también sus fluctuaciones diarias (día-noche) y estacionales, que tienen directa relación con la trayectoria y variación del ángulo del sol.

Las características climáticas de una zona o región afectan la forma en que se desarrolla toda actividad humana, por lo que los factores que lo determinan debieran condicionar el diseño arquitectónico y la selección de las soluciones de construcción de todos los proyectos.

De hecho, un determinado clima incide directamente en las solicitaciones climáticas de la envolvente de la vivienda e implican un cuidadoso estudio del ordenamiento de los espacios.

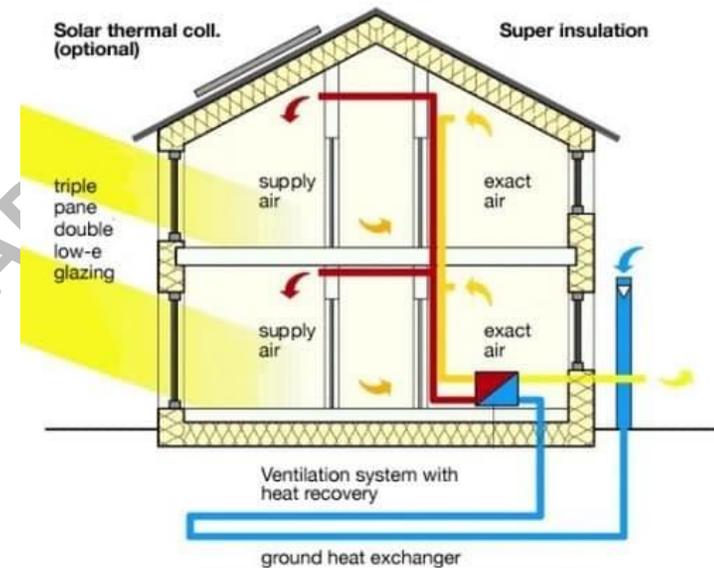


Figura 6. Casa ecológica, en www.lacasaecologica.es

Por lo tanto, al momento de diseñar es necesario conocer las condiciones ambientales del sector para determinar diseños que permitan alcanzar los estándares de confort que requiera el proyecto y el uso eficiente de energías.

En Chile existe variedad de zonas climáticas, desde el caluroso norte con la zona desértica, hasta los vientos fríos y nieve de Magallanes y, en forma transversal, desde la costa del Pacífico a la Cordillera de los Andes. Estas grandes diferencias hacen que sea necesario la sectorización del territorio nacional, ya que no es lo mismo diseñar un proyecto en una zona cordillerana de la Región Metropolitana, que diseñar un proyecto en una zona costera de la región de Parinacota, puesto que, además, sus consumos energéticos varían considerablemente.

Por otra parte, y según lo señalado en ASHRAE, también está el concepto de confort higrotérmico, definido como una manifestación subjetiva y/o ánimo de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente, donde convergen diferentes elementos de un ambiente para mantener una temperatura constante, en diferentes épocas del año.

Para tener una mirada más amplia de este concepto, se deben considerar que los factores o variables intervinientes del CH dependen de:

- a. Radiación por capacidad calórica
- b. Temperatura ambiente del aire
- c. Velocidad del aire para provocar o evitar la ventilación
- d. Presión parcial por vapor o tensión del vapor en el ambiente.

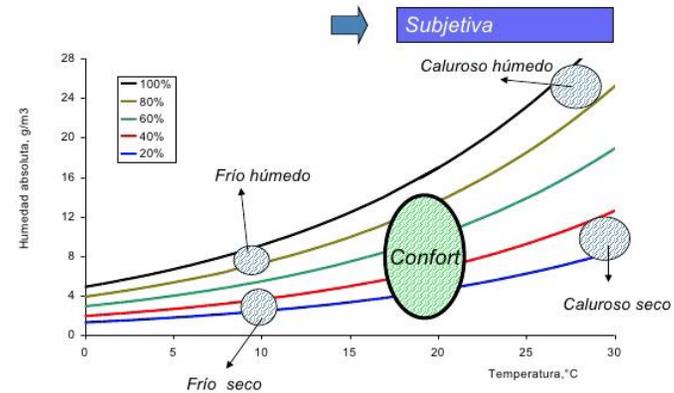


Figura 7. Caracterización de Confort higrotérmico

La arquitectura bioclimática y el confort higrotérmico son técnicas que consideran estas variables y las enfocan hacia el desarrollo de proyectos que den sustentabilidad en vinculación con la zonificación donde se llevan a cabo los proyectos.

Normativas de Construcción

En nuestro país, las políticas públicas referidas al uso de energías para viviendas comienzan a formarse en los años 80, desde la óptica pasiva al incluir normas relacionadas con la aislación y resistencia térmica, así como con la zonificación climático – habitacional. Aún no existen normas en cuanto al uso de energía sustentables para las viviendas sociales, sólo algunos casos que dependen de los privados que las construyen y estudios que se están llevando a cabo.

Sin embargo, la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en conjunto con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo desarrollaron la “Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social” el año 2009, que consiste en un manual que incluye diversas propuestas para el diseño y construcción de viviendas sociales, con mirada en la eficiencia energética, tanto pasiva como activa.

Entre las normas chilenas de construcción, que propician el uso adecuado de energías en las viviendas para propiciar el confort existen:

1. **NCh 1973** Of.1987. Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.
2. **NCh 1960** Of.1989. Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.
3. **NCh 2251** Of.1994. Aislación térmica - Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción.
4. **NCh 853** Of.2007. Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
5. **NCh 1079** Of.2008. Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile (continental) y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Se definen 9 zonas climáticas en base a las variables meteorológicas, basadas en la oscilación térmica diaria por un período de un año.

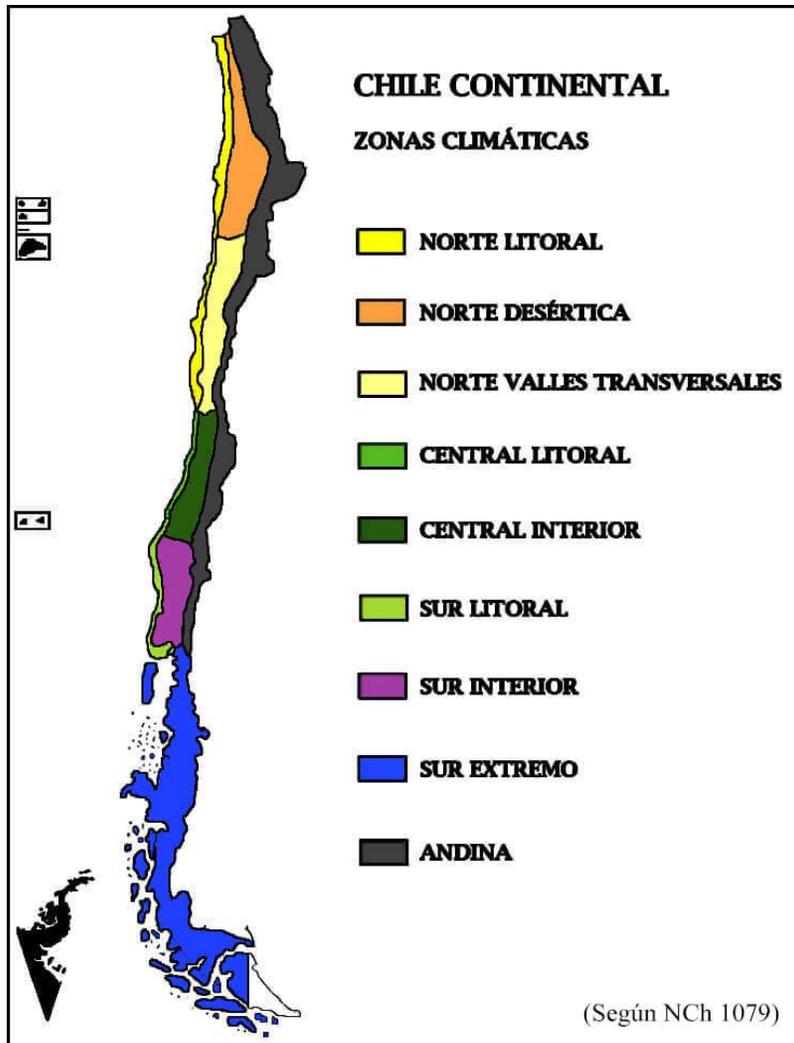


Figura 8. Zonas climáticas NCh 1079



Art 4.1.10 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Manual de Reglamentación Térmica

2000 Reglamentación Térmica. Primera etapa: “Transmitancia térmica máxima y mínima para complejo de techumbre de edificios residenciales. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

2007 Reglamentación Térmica. Segunda etapa: “Transmitancia térmica en muros y pisos ventilados, junto con tamaño de ventanas. Incorpora el mapa de zonificación térmica, que divide al país en 7 zonas de acuerdo a los grados/días de calefacción anual, estableciendo envolventes específicos para cada una de ellas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Manual de aplicación reglamentación térmica. Santiago.

ZONA CLIMÁTICA			NL	ND	NVT	CL	CI	CL	SI	SE	A
Zonas térmicas presentes en zona climática			1 y 2		1 a 5	2 a 4	2 a 6		4 a 6	6 y 7	5 a 7
EXIGENCIAS TÉRMICAS (ARTÍCULO 4.1.10 O.G.U.C)	Transmitancia térmica máxima permitida ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	TECHUMBRE	0,84 y 0,60		0,84 a 0,33	0,60 a 0,38	0,60 a 0,28		0,38 a 0,28	0,28 y 0,25	0,33 a 0,25
		MURO	4,0 y 3,0		4,0 a 1,6	3,0 a 1,7	3,0 a 1,1		1,7 a 1,1	1,1 y 0,6	1,6 a 0,6
		PISO VENTILADO	3,60 y 0,87		3,60 a 0,50	0,87 a 0,60	0,87 a 0,39		0,60 a 0,39	0,39 y 0,32	0,50 a 0,32
	Superficie vidriada (%)	VENTANA (VIDRIO MONOLÍTICO)	50 y 40%		50 a 18%	40 a 21%	40 a 14%		21 a 14%	14 y 12%	18 a 12%
Valores recomendados de transmitancia térmica ($w/m^2 \cdot ^\circ C$) para confort con eficiencia energética en vivienda		TECHUMBRE	0,8	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,25
		MURO	2	0,5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
		PISO VENTILADO	3	0,7	1,2	1,2	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4
		VENTANA	5,8	3	3	3	3	3	3	2,4	2,4

Figura 12 Exigencias térmicas y valores de transmitancia térmica recomendados (Guía de Eficiencia Energética, 2009)

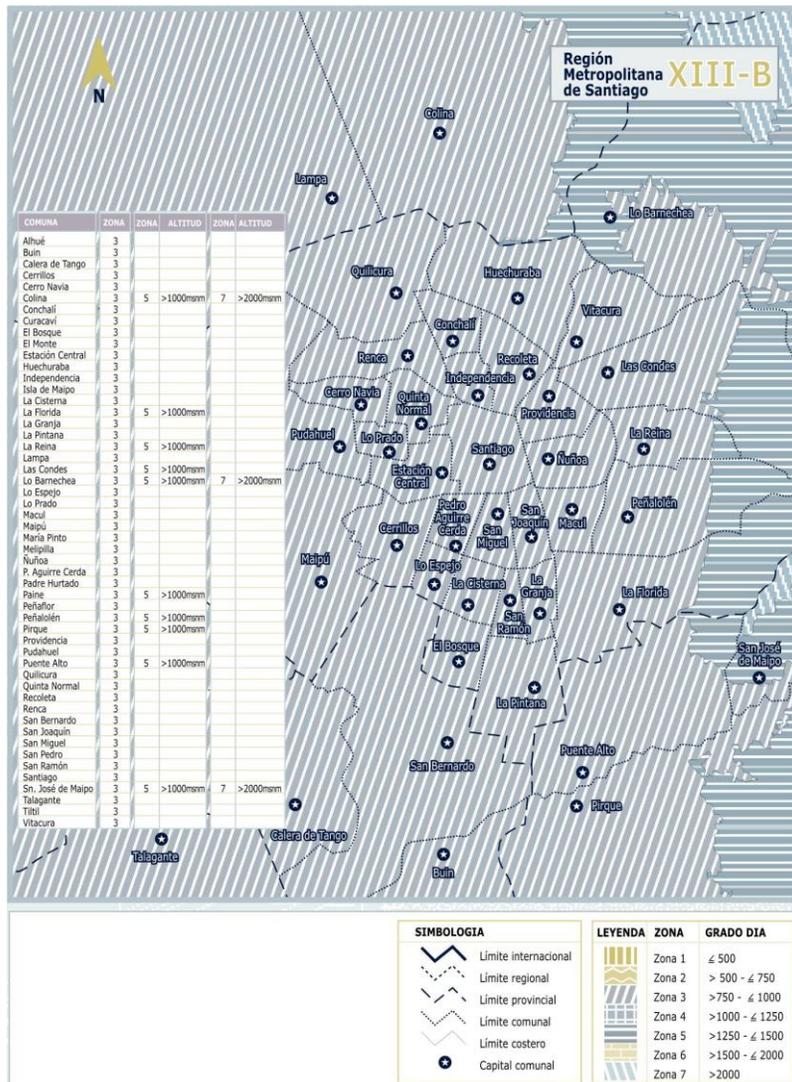


Figura 13 Mapa Zonificación Térmica Región Metropolitana (Manual de aplicación de reglamentación térmica, 2007)

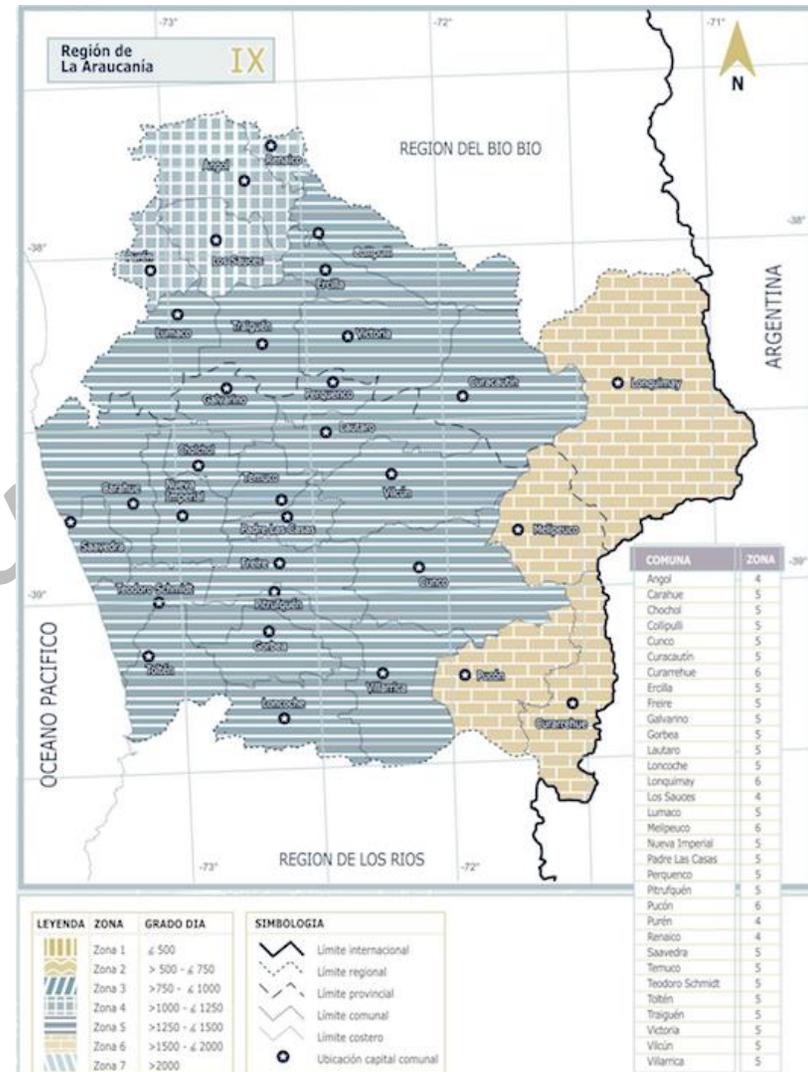


Figura 14 Mapa Zonificación Térmica Novena Región (Manual de aplicación de reglamentación térmica, 2007)

Certificación Energética de Viviendas /CEV)

2009 El Ministerio de Vivienda y Urbanismo, junto con el Ministerio de Energía, definieron el **Sistema de Certificación Energética de Viviendas**, que consiste en un instrumento de uso **voluntario**, que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en su etapa de uso.

Sólo se consideran nuevas aquellas viviendas que posean permiso de edificación posterior al 4 de enero de 2007.

Las residencias calificadas contarán con una etiqueta con colores y letras, que van desde la A hasta la G, siendo esta última la menos eficiente.

La letra E representa el estándar actual de construcción, establecido en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, para aislación en muros, pisos ventilados y techo, a partir de 2007 (www.calificacionenergetica.cl).

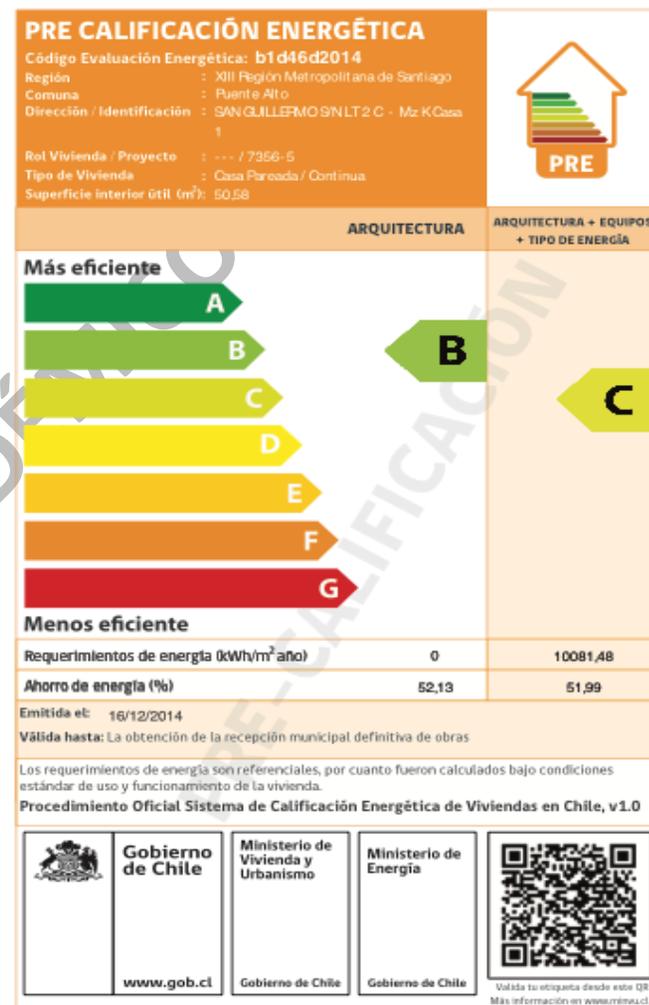


Figura 15 Ejemplo de certificación energética

Manual de Hermeticidad al Aire de Edificaciones

Este fue formulado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y las Universidad del Bío Bío y Pontificia Universidad Católica de Chile, 2011, acordaron el desarrollo del proyecto FONDEF D10 1 1025.

El objetivo del manual es desarrollar estándares de hermeticidad al aire y clases de infiltración aceptables de edificios por zona territorial de Chile (Manual de hermeticidad, 2011), para reducir a límites aceptables el impacto de infiltraciones de aire en la demanda y consumo energético en el sector edificios.

Asimismo, determina la línea base de las infiltraciones, establece exigencias de hermeticidad por zonas del país, establece mecanismos de regulación, verificación y control de exigencias de hermeticidad en sus distintas etapas (diseño y obra) y desarrollar el soporte técnico para implementar control de calidad y fiscalización.

ciudad	n50 límite para 40 l/W/h/m ² año (1/h)	n50 para 10% del parque edificación (1/h)	Valor de n50 límite propuesto (1/h)	Demanda energética por infiltración para clase propuesta (kWh/m ²)
Arica	-	5,2	- ²	-
Putre	7,5	n/a	4	22
Iquique	-	4,8	- ²	-
Pozo Almonte	5,6	7,8	4	29
Tocopilla	-	n/a	- ²	-
Calama	3,5	5,1	4	46
Antofagasta	16,1	4,1	10	27
Chañaral	-	n/a	- ²	-
Copiapó	7,8	5,2	5	29
Yallénar	33,6	5,3	10	13
La Serena	16,2	5,4	8	21
Ovalle	13,7	13,7	6	12
Illapel	23,0	6,2	8	14
La Ligua	30,0	4,7	10	4
Los Andes	7,4	5,3	5	28
San Felipe	17,0	5,3	8	20
Quillota	18,6	5,3	8	18
Valparaíso	8,7	4,9	6	28
San Antonio	17,8	4,9	8	18
Hanga Póa	-	16,5	- ²	-
Quilpué	15,3	4,9	8	21
Colina	11,6	5,4	8	28
Santiago	7,6	4,9	6	32
Puente Alto	10,6	4,9	6	23
San Bernardo	9,9	6,0	6	25
Melipilla	16,9	5,4	6	14
Talagante	9,1	5,3	6	27
Pancagua	20,7	6,0	6	30
San Fernando	21,3	6,3	6	36
Pichilemu	12,8	12,8	6	11
Cunico	20,3	7,7	8	17
Talca	14,7	5,1	5	14
Linares	19,3	5,8	8	18
Cauquenes	9,8	6,0	8	33
Chillán	19,4	6,1	8	17
Los Ángeles	19,0	5,7	8	18
Concepción	8,3	5,0	5	24
Lebu	9,4	5,7	5	22
Angol	32,5	12,8	8	11
Temuco	12,7	4,9	5	16
Valdivia	18,1	5,0	5	11
La Unión	21,4	5,0	5	10
Osorno	16,9	5,6	5	13
Puerto Montt	9,2	7,6	5	22
Castro	18,1	15,1	5	12
Futaleufú	30,3	15,1	5	7
Coyhaique	5,0	13,7	4	32
Puerto Aysén	7,2	13,7	4	23
Chile Chico	11,5	13,0	4	14
Cochrane	8,7	15,1	4	19
Puerto Natales	8,2	15,1	4	20
Punta Arenas	3	13,7	4	53
Porvenir	9,5	12,8	4	17
Puerto Williams	4	13,8	4	41

Figura 16 Límites de hermeticidad al aire de edificaciones por provincia (MH, 2011)

Tipos de infiltración

De acuerdo al Manual de hermeticidad al aire de edificaciones, 2011, existen 3 tipos de infiltraciones:

Infiltración producida por viento: es el resultado de la presión del viento en la fachada de un edificio, esta depende de la velocidad, la geometría del edificio y su grado de exposición al viento.

Infiltración del efecto de diferencia de temperatura: es la infiltración por convección o “efecto chimenea” (STACK). Es la relación entre la temperatura y densidad del aire; donde a mayor temperatura, menor densidad del aire, por lo que menor es el peso que ejerce la columna de fluido que queda sobre la altura considerada de la grieta.

Infiltración o exfiltración por sistema mecánico de ventilación: es aquella producida por sobre presión en el caso de un sistema de impulsión de aire o por la depresión producida por un sistema de extracción.

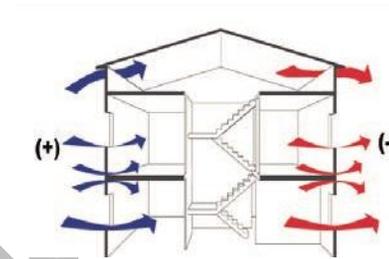


Figura 17 Esquema infiltración provocado por viento (Manual de hermeticidad, 2011)

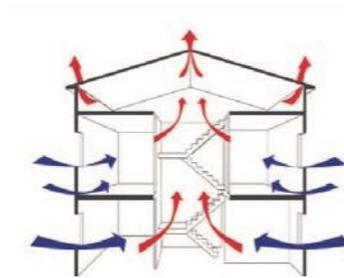


Figura 18 Esquema de infiltración por efecto de diferencia de temperatura (Manual de hermeticidad, 2011)

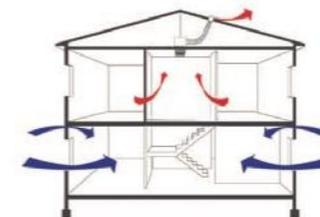


Figura 19 Esquema de infiltración por sistemas mecánicos de infiltración (Manual de hermeticidad, 2011)

Política Pública de vivienda social

El año 1906 se promulgó la ley para crear los Consejos de Habitaciones Obreras, que fueron las primeras iniciativas del gobierno para instalar la discusión sobre el tema habitacional de la época, y cuyo objetivo se centró en construir, mejorar y normalizar la vivienda popular (MINVU, 2009). En ese entonces comienzan a construirse los primeros cité, que son un “conjunto de viviendas, generalmente de edificación continua, que enfrentan un espacio común, privado, el que tiene relación con la vía pública a través de uno o varios accesos” (Ortega, Oscar, "El Cité en el origen de la vivienda chilena", en: Ciudad y Arquitectura (CA), N° 41, Santiago, septiembre de 1985, pág. 18.), como una forma de enfrentar las necesidades de vivienda de la población asalariada de la época.



Figura 20. Fotografía cité, en revistainvi.uchile.cl

En esa misma década se realiza el primer Plan regulador de Santiago, formulado por el urbanista Karl Brünner, a propósito de los problemas suscitados por el crecimiento urbano y la migración a la capital y otras grandes ciudades. En Santiago se construyen 29 poblaciones y otras 14 en provincias con crecimiento demográfico.

Ya en 1941, el presidente Pedro Aguirre Cerda solicita préstamos bancarios para construir cerca de 6.000 casas sociales, para luego la Caja de la Habitación Popular (1943), concede franquicias tributarias para que empresas inmobiliarias construyan viviendas económicas. El año 1948 se dicta la ley Pereira como una solución para las familias de clase media con dificultades para adquirir su vivienda.



Figura 21. Fotografía Casa estilo Ley Pereira, en www.nid.cl

El año 1953 se crea el texto definitivo de la Ley de Construcción y Urbanización, puesto que comenzaron las dificultades con el uso de suelo urbano en las ciudades con mayor expansión y que presentaban carencias de viviendas y servicios. El gobierno de la época toma medidas para incentivar las empresas inmobiliarias y promover la participación en la edificación para sectores populares y de clase media.

En el gobierno de Eduardo Frei Montalva se crea el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y se propone disminuir el déficit de vivienda, la cual es considerada desde una perspectiva global, integrándola en un barrio y considerándola como reflejo de un determinado modo de vida. Así, los programas habitacionales de carácter popular incorporan escuelas, centros asistenciales y campos deportivos, entre otros.

Sin embargo, en el año 1981 el MINVU realiza modificaciones importantes en sus programas, al ampliar el reglamento del recién creado Subsidio Habitacional Variable. Esta medida da origen al Programa de Vivienda Básica, contemplando un sistema de subsidios variables y considerando la vivienda básica como el primer paso para una vivienda social.

Además, las municipalidades tienen la posibilidad de construir viviendas económicas y casetas sanitarias, que deben tener una superficie de 18 m² y un costo inferior a 220 UF. La unidad sanitaria debe tener una superficie mínima de 6 metros cuadrados (baño y cocina) y un costo máximo de 110 UF.



Figura 22. Fotografía Caseta sanitaria, en www.araucosa.cl

En el año 2000 hay un cambio en la construcción de viviendas sociales, con foco en la incorporación de barrios, con atención a lo urbano y que no genere más segregación social.

Programas habitacionales y subsidios

Fondo Solidario de Vivienda D.S 49 (2001)

El programa del Fondo Solidario de Vivienda pertenece al MINVU y comienza el año 2001 como una forma de resolver los problemas habitacionales de la población más vulnerable del país y que pertenecen a los quintiles definidos por el Ministerio de Desarrollo Social. En éste participan otros Ministerios e instituciones gubernamentales y privados, así como autoridades regionales, quienes son los encargados de velar por la adecuada realización de los procesos y de la construcción de las viviendas.

Las familias que optan a este fondo deben cumplir con ciertos requisitos mínimos, que les da la posibilidad de postular a su casa. Estos requisitos son:

1. Los postulantes deben estar organizados en grupos con personalidad jurídica, un mínimo de 10 familias y un máximo de 300. Todos deben pertenecer al quintil I – III

2. La postulación es colectiva para proyectos de construcción en sitio propio, densificación predial y pequeño condominio calificados por el SERVIU
3. Las familias deben tener un ahorro de 10 UF mínimo si se ubican dentro del Primer y Segundo Quintil de Vulnerabilidad según Puntaje de carencia habitacional de la Ficha de Protección Social y aquellas ubicadas en el 40% de la población más vulnerable según Calificación Socio económica del Registro Social de Hogares.
4. Las familias deben tener un ahorro de 15 UF si se encuentran en el Tercer Quintil de Vulnerabilidad según Puntaje de carencia habitacional de la Ficha de Protección Social y aquellas ubicadas sobre el 40% de la población más vulnerable según Calificación Socioeconómica del Registro Social de Hogares.
5. El Ahorro adicional, para optar al Subsidio de incentivo y premio al ahorro adicional, podrá ser ingresado hasta la entrega del Certificado de Subsidio, en el caso de Grupos que provengan del Banco de Grupos.

6. Postulantes que presenten condición de ser damnificado del terremoto del 27 de febrero de 2010, se encontrarán exentos de cumplir ahorro (Ministerio de Vivienda)

Subsidio Habitacional Rural D.S. N°145 (2007)

Este programa comienza a formularse el año 1980 para aquellas familias de escasos recursos que moran en las zonas rurales de Chile. Es un programa que ofrece subsidios habitacionales para quienes quieran construir viviendas sociales de manera individual o colectiva, en la modalidad de villorrios y que cumplan con los requisitos.

Para obtener este beneficio, los postulantes deben cumplir con lo siguiente, según refiere el MINVU:

1. Se debe postular individualmente.
2. El beneficio se puede aplicar a viviendas aisladas emplazadas en zonas rurales o en áreas urbanas de localidades de hasta 2.500 habitantes.
3. Se debe postular presentando un proyecto habitacional e ingresando los antecedentes legales, familiares y sociales del postulante.

4. El Subsidio Habitacional Rural se aplica a casas aisladas. Se postula con el apoyo de un Prestador de Servicios de Asistencia Técnica (PSAT), que elabora y gestiona el proyecto habitacional; El SERVIU financia los servicios de asistencia técnica.
5. Las familias deben tener un ahorro mínimo de 10 UF en una libreta de ahorro para ser presentada al Banco de Proyectos del SERVIU.
6. El subsidio se encuentra entre 280 – 420 UF, lo que depende de la comuna en que se va a ubicar la vivienda
7. Pueden postular a un subsidio de 70 UF para ser usado en saneamiento sanitario para construir sistemas particulares de agua potable y/o alcantarillado
8. Se dará un subsidio de 20 UF a aquellas familias que tengan algún integrante que certifique discapacidad acreditada por el COMPIN, para financiar obras que contribuyan a superar limitaciones a quienes lo necesiten.

D.S. N° 174 (2005)

Esta normativa apunta a definir las directrices que se deben cumplimentar para “dar una solución habitacional preferentemente a las familias del primer quintil de vulnerabilidad. Tratándose del Programa Fondo Solidario de Vivienda II, regulado por el Capítulo Segundo, y de Proyectos de Construcción Colectiva en Zonas Rurales, estará destinado preferentemente a la atención de familias del primer y segundo quintil de vulnerabilidad” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2006).

Establece los requisitos, organismos participantes, normas básicas que deben cumplir las viviendas, entre otras. Sin embargo, dentro de aquellas referidas a arquitectura y construcción, se advierten las siguientes según decreto supremo:

- a) **Programa Arquitectónico:** La vivienda en su fase inicial deberá incluir una zona de estar – comedor - cocina, dos dormitorios proyectados como recintos conformados y un baño, considerando además áreas de circulación. Las áreas de circulación podrán superponerse a áreas de uso. Todos los recintos deberán

contar con ventilación y a excepción del baño, todos deberán contar con luz natural.

- b) **Proyecto de Ampliación de la Vivienda:** Los proyectos de ampliación no podrán afectar negativamente las dimensiones y espacios mínimos de separación insertos en el cuadro normativo y además deberán contar con permisos de edificación y pagar los derechos municipales por este concepto, con el fin que la ampliación que se ejecute posteriormente se ajuste al proyecto aprobado. En proyectos en que la ampliación planificada implique adosamientos a un muro medianero común con el vecino, se deberá incorporar la ejecución de ese muro en la fase inicial de la vivienda, cumpliendo las normas vigentes.
- c) **Materialidad Constructiva:** El proyecto, según el tipo correspondiente, deberá cumplir con las especificaciones técnicas determinadas en el Itemizado Técnico de Construcción, aprobado por Resolución del MINVU.
- d) Si el equipamiento incluye una sala multiuso, se deberá

presentar un proyecto completo con sus especificaciones y permiso de edificación correspondiente para la construcción. El cálculo de la superficie mínima de la sala multiuso resulta de la división por dos del número de viviendas del proyecto seleccionado. En todo caso, la superficie mínima de la sala multiuso no podrá ser inferior a 35 m². El programa arquitectónico debe contemplar al menos tres recintos: un espacio multifuncional y dos baños, con inodoro y lavamanos cada uno. Para los baños se considerarán las dimensiones que establece el Cuadro Normativo.

- e) Los equipamientos podrán localizarse en los terrenos cedidos conforme a los artículos 2.2.5 y 6.2.2. de la OGUC, si para ello se cuenta con autorización municipal que permita el destino señalado, así como el uso de los recintos por parte de las familias que conforman el proyecto.

Normativa Española

Código Técnico de Edificación (CTE, 2006)

Dentro del código técnico de edificación española se encuentra el DB-HE que sería el homónimo del art 4.1.10 de la O.G.U.C, y contiene documentos de apoyo a la gestión eficiente de la energía



Este documento básico de ahorro de energía llamado HE, contiene normas sobre:

HE0: Limitación del consumo energético

HE1: Limitación de la demanda energética

HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

DA

DB-HE/1

Cálculo de parámetros característicos de la envolvente

DA

DB-HE/2

Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

DA

DB-HE/3

Puentes térmicos

DB-HE

**Climas
referencia**

Documento descriptivo climas de referencia

DB-HE

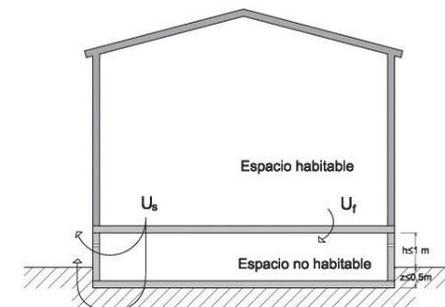
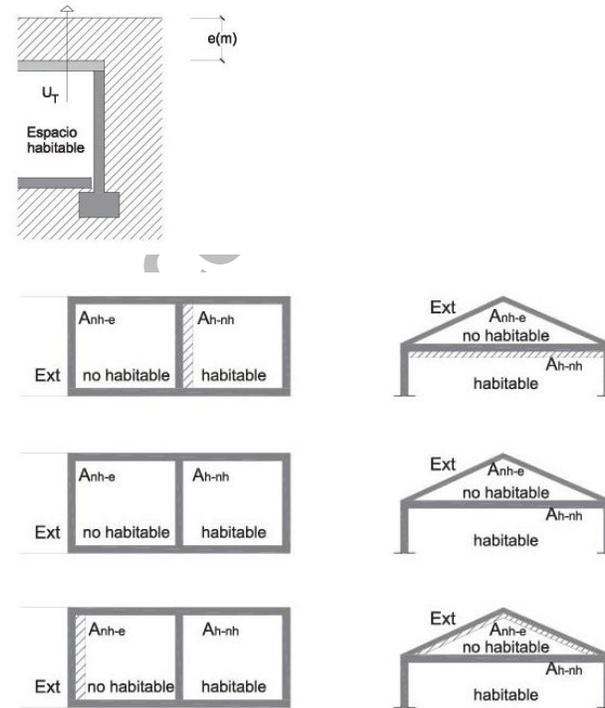
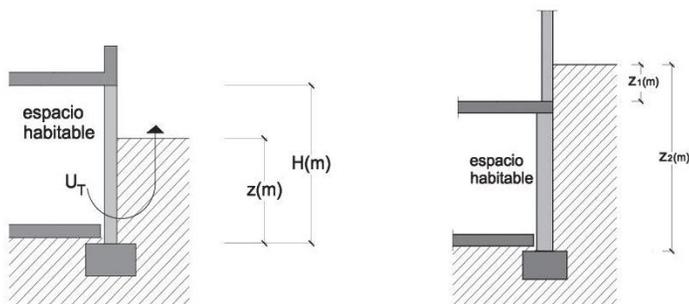
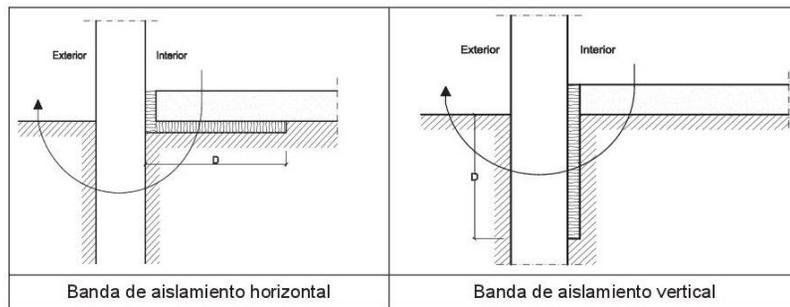
**.MET
Climas**

Archivos de datos de todas las zonas climáticas

**Historial
de cambios**

Historial de cambios de los Documentos de Apoyo

Dentro de los documentos de apoyo se encuentra el DB HE1, que dice relación con el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente en el cual incorpora los siguientes elementos: cerramientos en contacto con el terreno; muros en contacto con el terreno; cubiertas enterradas; particiones interiores en contacto con espacios no habitables; suelo en contacto con cámaras sanitarias; factor de sombra para obstáculos de fachada; factor de sombra para lucernarios.



CASO DE REFERENCIA

BedZED, Londres, Inglaterra

CASO REFERENCIA: BEDZED, LONDRES (BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT)

Emplazado en la localidad de Sutton, Londres, el barrio de BedZED es un proyecto urbanístico pionero en materia de sustentabilidad. Fue encargado al **arquitecto Bill Dunster** en 1999. Entre los principales objetivos de BedZED está: el consumo cero de energías fósiles (carbón, gas y petróleo), el empleo de estrategias solares pasivas, uso inteligente del clima, empleo de materiales reciclados, uso responsable del agua y, en general, una propuesta de una nueva forma de vida.



Figura 23. Vista superior Proyecto BedZED

Superficie terreno	18.000 m ²
N° Viviendas	83 unidades 3 plantas
N° Departamentos	17 unidades
Oficinas	2500 m ²

Tabla 1. Resumen Proyecto

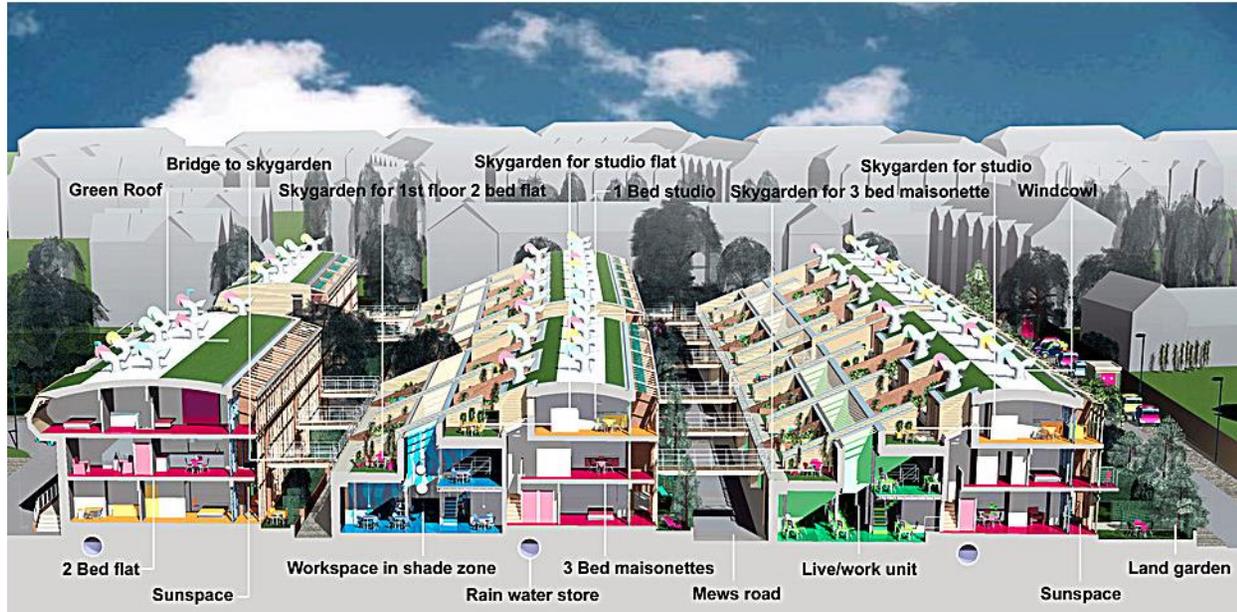


Figura 24 y 25. Proyecto BedZed

Las estrategias solares pasivas empleadas en este proyecto, comprenden sistemas de ventilación cruzada y ventilación por chimeneas, techos vegetales, iluminación natural, aislamiento térmico adecuado, reducción de ventanas orientadas hacia el Norte privilegiando el Sur y uso de doble y triple acristalamiento según necesidades.

Estas soluciones reducen las necesidades energéticas con calefacción y enfriamiento a casi cero.



A lo anterior, se suma la construcción de una plaza, el campo de deportes, una planta de reciclaje de agua, seis áreas de reciclaje, club de autos, áreas para bicicletas y un supermercado ecológico. El propósito es que el barrio haga propio, en todos los ámbitos, el concepto de sustentabilidad, para lo cual se desarrolló sobre la base de un estricto plan maestro que ordenó el barrio de acuerdo a necesidades sostenibles.



Figura 26. Plano Proyecto BedZED.



Figura 27. Fotografía optimización agua, Proyecto BedZED.

El condominio se compone de siete bloques distribuidos longitudinalmente con orientación este-oeste. Cada una de las casas se distribuye en tres módulos habitables de un ambiente (estudios), departamentos de dos ambientes y dúplex de tres. Todas las viviendas están orientadas al sur para aumentar la ganancia solar, en esta misma orientación, se emplazaron las terrazas en planta baja para los departamentos y dúplex.

Por otra parte, las oficinas y zonas mixtas de ocio y trabajo fueron ubicadas en la cara norte con un jardín. Los bloques se unen con una serie de pasarelas longitudinales que los cruzan transversalmente, donde la intención es fomentar la interrelación social, dado lo cual los jardines ubicados al sur de los bloques invitan a este recorrido.

El costo total de la construcción, excluidos los valores de los terrenos, bordeó los 15 millones libras, cerca de US\$ 25 millones. Esta cifra incluye la investigación y el desarrollo de las diversas medidas sustentables utilizadas en BedZED. Según BioRegional, los costos de compra o alquiler de una vivienda superan en un 5,20% el valor promedio de una propiedad de similares características. No obstante, los gastos comunes, por conceptos de cuentas de utilidad, se reducen en alrededor de un 50 por ciento, lo que en el mediano plazo genera beneficios a las familias o habitantes del proyecto.

Materiales

Para este proyecto fueron utilizados insumos locales o que se encontraran cercanos a la obra, permitiendo disminuir la huella de carbono en un 25% por concepto de transporte, como por ejemplo los ladrillos, que fueron adquiridos a tan sólo 32 km de la obra (según revista Habitat Futura, de Barcelona, 2011). Por su elevada masa térmica, en BedZED predomina el uso del hormigón como elemento estructurante, siendo materiales secundarios los ladrillos y paneles prefabricados.

El suelo se formó con losas alveolares de hormigón pretensado in situ, evitando el uso de acero y otros materiales. Las obras que sí requirieron acero, emplearon material reciclado proveniente de un centro de demolición ubicado a 56,3 km de las faenas, con lo que nuevamente se redujo el consumo energético por concepto de transporte. Para el revestimiento interior, se utilizó madera local certificada por la Forest Stewardship Council (FSC).

Figura 28. Fotografía vista aérea Proyecto BedZED



El condominio se compone de siete bloques distribuidos longitudinalmente con orientación este-oeste. Cada una de las casas se ilumina en función de conceptos de eficiencia, siendo todas las luminarias de bajo consumo, esperando una reducción en un 80% de la demanda energética por este ítem. Asimismo, cada una de las ventanas del complejo dispone de un doble acristalamiento por ambas caras para evitar pérdidas de temperatura e integrar la luz solar y jardines en las viviendas, aspectos deseados por muchas personas o familias de hogares suburbanos. Los marcos de las ventanas son de madera escandinava, con un 40% de certificación de la FSC.



Figura 29. Fotografía Proyecto BedZED, uso de ventanas



Figura 30. Fotografía Proyecto BedZED, uso de ventanas

Por último, el revestimiento exterior de ladrillo, los 140 mm de hormigón en la cara interna y los 300 mm de lana mineral, reducen la transmisión térmica a 0,1 W/m²0K.

“BedZED fue diseñado para resistir durante 100 años, más del doble de que las típicas casas del Reino Unido”, comentan en la consultora medioambiental.



Figura 31. Fotografía en zedfactory.com

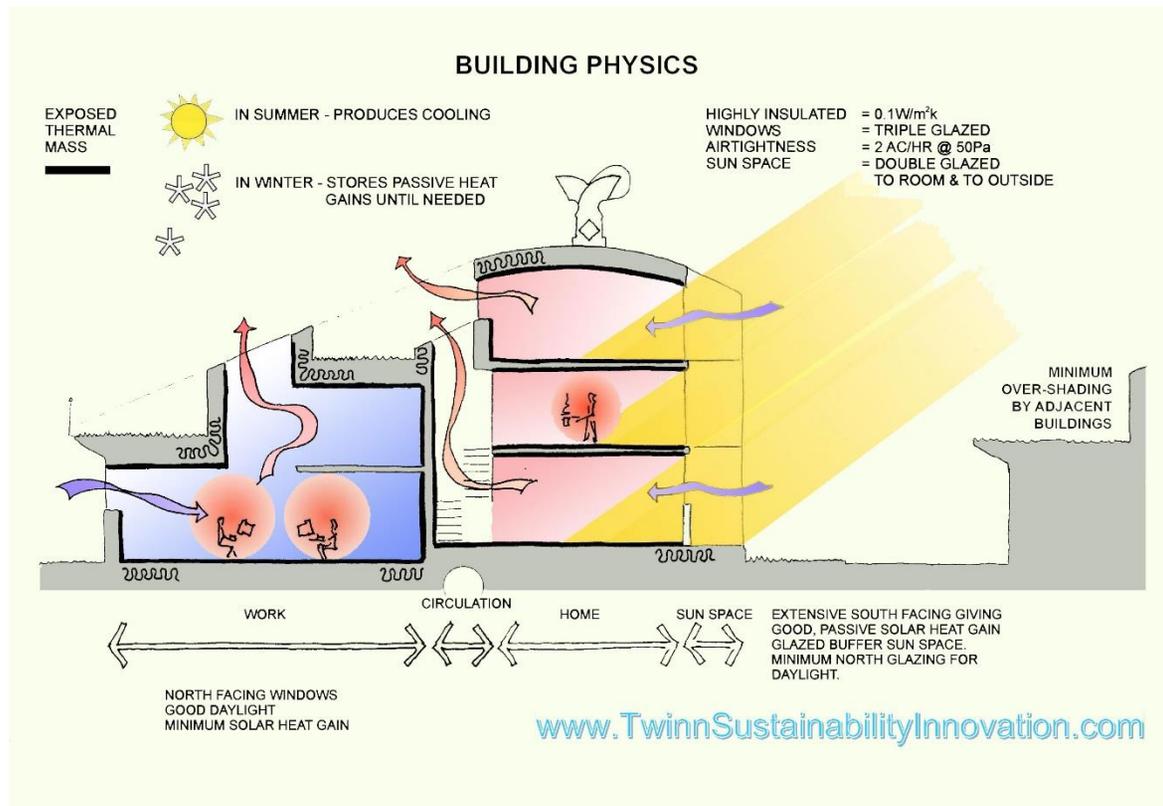


Figura 32. Esquema Proyecto BedZED

Las chimeneas de viento (ver recuadro) y las restantes medidas pasivas, disminuyen la necesidad de calor. La temperatura promedio no baja de los 18° C en cada vivienda. La arquitectura pasiva, con su captación solar y los niveles de aislamiento, han aminorado los consumos energéticos.

En promedio, el consumo en electricidad de un inquilino es de 2.579 kWh / departamento / año, “un 34% menos que el promedio de Sutton (por persona por día)”, señalan en

BioRegional. En relación a la calefacción y al agua caliente, el consumo energético disminuye en un 77% comparado con las cifras de Sutton, todo esto por persona. Unos 5,2kWh / persona / día (3.525 kWh /departamento / año).

Energía

BedZED fue diseñado para ser alimentado en un 100% por energías renovables. El complejo cuenta con 777 m² de paneles fotovoltaicos (FV), instalados en el techo de cada bloque de viviendas. Estos paneles proporcionan anualmente cerca de un 25% de la demanda eléctrica (297.000 kWh/año). Con una potencia de 108 kW, cada placa genera 80.000 kWh al año. Con ello, se reducen 46 tn de dióxido de carbono.

El proyecto también consideró una unidad de producción centralizada de calefacción y electricidad (CHP) alimentada por desechos de madera. Esta planta generaba 130 kW de electricidad y 250 kW de calor. El objetivo era la cogeneración energética entre los paneles FV y la CHP; no obstante, “este fue un prototipo que nunca funcionó a plena capacidad. Hubo una gran variedad de problemas técnicos que se agravaron por las limitaciones de la planificación que requiere la planta para cerrar cada noche y reducir el ruido. Por otro lado, la empresa operadora del CHP cesó sus operaciones en 2005, por lo que hoy la cogeneración no está en uso”, explican en BioRegional. Actualmente, BedZED está conectado a la red nacional, que actúa como un batería para suavizar las variaciones en la demanda energética.

Como solución, se ha aplicado una caldera de condensación a base de gas, que hace funcionar el sistema. En la oficina de BioRegional dicen haber aprendido la lección. “Hay que contar con una tecnología más probada y con una entidad de gestión capaz de evitar los problemas de cogeneración”.

Agua

Mediciones del 2007, dan cuenta que “el consumo medio de agua por residente es 72 litros, un 58% inferior a la media de Londres, esto sin contar los 15 litros de agua lluvia reciclada destinadas al uso sanitario”, ilustran en BioRegional. En total, se consumen 87 lt diarios, muy por debajo del promedio de Sutton, que es de 143 litros. El uso de grifería de alta eficiencia ha resultado clave. Gracias a ello, se ahorran 16.700 litros / año. En relación al agua lluvia, el complejo cuenta con 472 m² de cubierta de recogida, que reúnen un total de 537 m³ anuales.

La huella ecológica de un residente medio en BedZED alcanza las 4,67 hectáreas globales, con 9,9% tn de CO₂. Un trabajo más agudo con los residentes del complejo permitiría reducir la huella a 3 hectáreas globales”, concluyen en BioRegional.

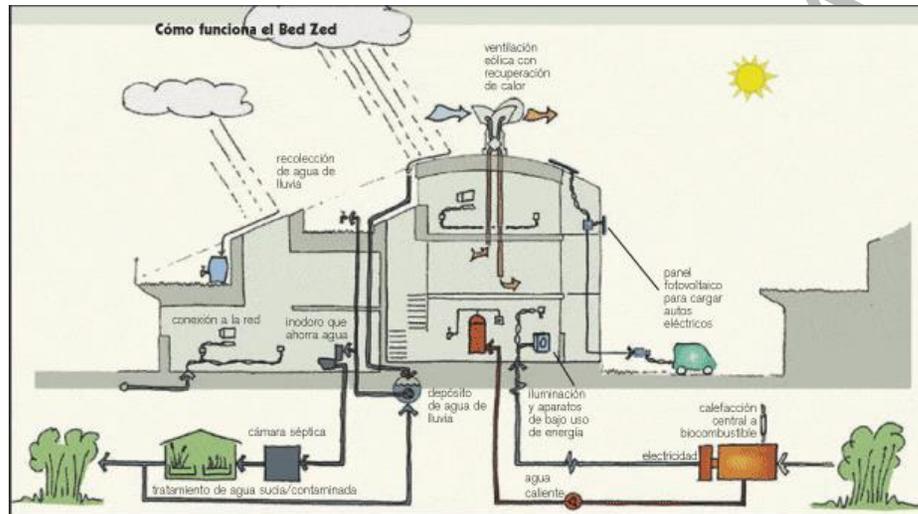


Figura 33. Esquema de energías renovables Proyecto BedZED

ESTUDIO DE CASOS

Caso 1: Conjunto Habitacional Social Monseñor Larraín, Talca

Caso 2: Quinta Monroy, Iquique

Caso 1: CONJUNTO HABITACIONAL SOCIAL MONSEÑOR LARRAÍN, TALCA, CHILE

Enmarcado en el proceso de reconstrucción nacional, después del terremoto del 27 de Febrero del 2010, surge este proyecto para reemplazar los edificios declarados inhabitables. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo hace un llamado a la asociación de oficinas de arquitectura de Chile a participar en el concurso, que es ganado por **Biourban Arquitectos** y validado por participación ciudadana vinculante.



Superficie terreno	13.800 m ²
M ² construidos	16.449 m ²
N° Departamentos	220 unidades
M ² Departamentos	62,17 m ²
N° Pisos	4 pisos
Ocupación de suelo	3.230,26 m ²

Tabla 2. Resumen Proyecto

Figura 34. Zonificación proyecto (Biourban Arquitectos)

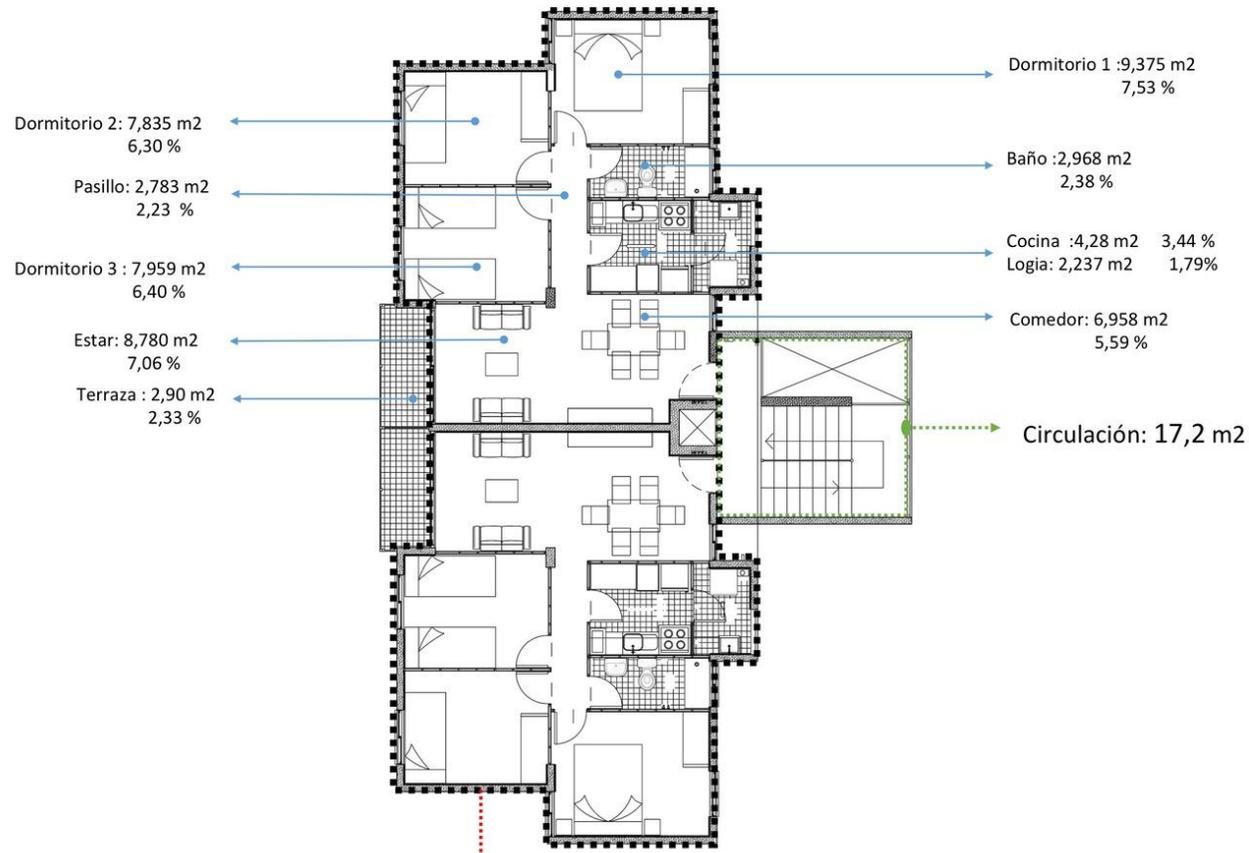


Figura 36. Planta Tipo → Total x nivel: 124,34 m²

Los departamentos fueron diseñados con sus zonas de permanencia orientadas hacia el norte y las zonas húmedas hacia el sur, generando ahorro en iluminación y calefacción en el invierno.

El sobre calentamiento de las fachadas norte fue solucionado por medio de persianas metálicas móviles que permiten regular la exposición solar de cada recinto.



Figura 37 y 38. Fotografía Conjunto viviendas

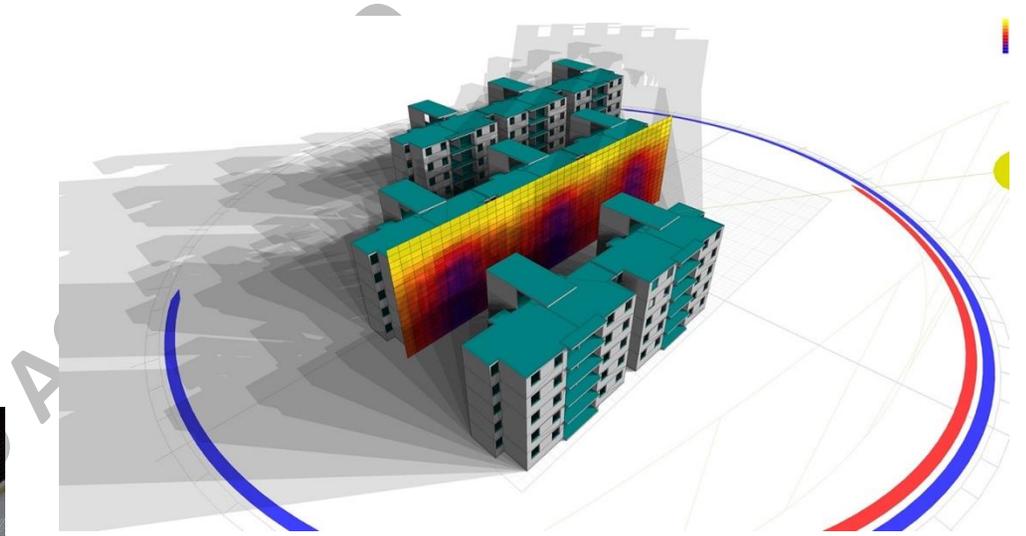


Figura 39. Simulación energética para definir orientación y garantizar la iluminación natural de los recintos habitables.

2. Ventilación natural y energía solar activa

Todos los recintos habitables cuentan con ventilación natural. En el dormitorio principal y en el estar-comedor, además, posee ventilación cruzada permitiendo un adecuado intercambio de ventilación en el departamento. Esto es muy importante tratándose de viviendas sociales, ya que en espacios reducidos se genera más humedad que debe ser evacuada.

Cada edificio cuenta con paneles solares térmicos para el agua caliente, los cuales están ubicados en una cubierta sobre la caja de escaleras, elevada de la cubierta del edificio permitiendo una mayor captación solar.



Figura 40. Cubierta y paneles solares, proyecto

3. Aislamiento térmico-acústico en muros y cubiertas accesibles

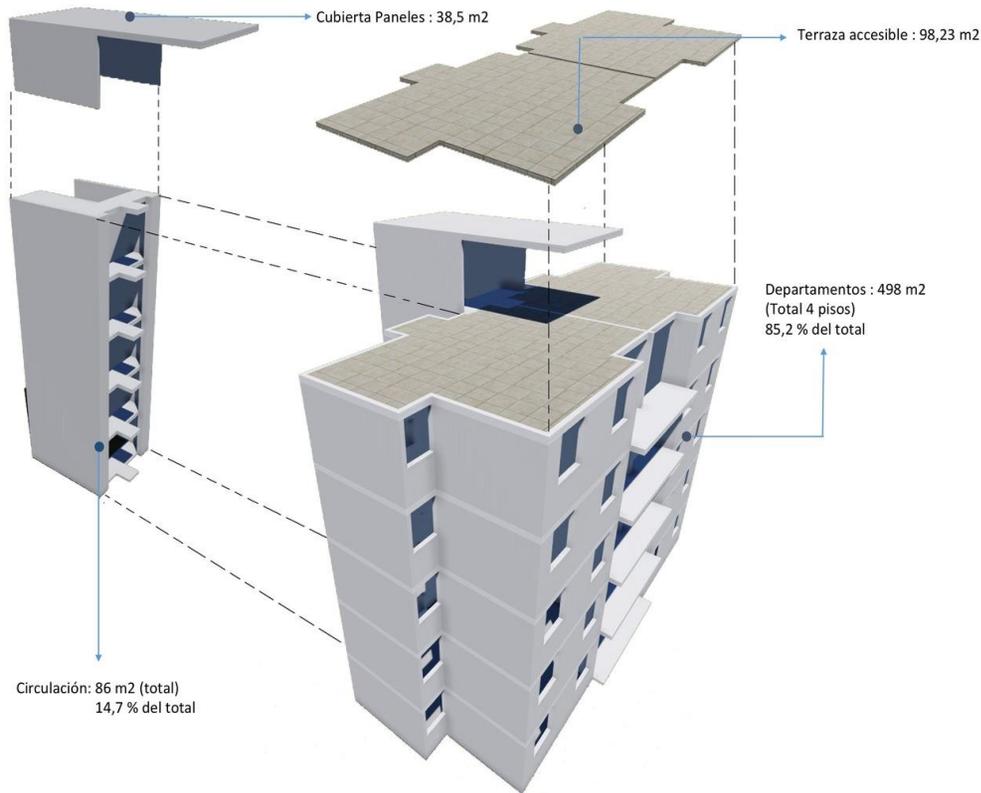


Figura 41. Isométrica proyecto

Cumpliendo con la normativa correspondiente a zona climática IV, los edificios fueron proyectados en hormigón armado, con aislación continua al interior de los departamentos, con polietileno expandido de 15 mm. en muros y cubiertas.

Otra estrategia de diseño, fue la utilización de la cubierta como terraza permitiendo a los residentes aumentar los espacios colectivos de los edificios, ya sea en instancias de esparcimiento como en funciones de secado de ropa, permitiendo eliminar gran parte de la humedad generada en los departamentos con esta actividad

En síntesis, este proyecto es una propuesta arquitectónica urbanística en la cual se incorporan conceptos de energías pasivas y participación ciudadana, que dan como resultado un conjunto habitacional de gran calidad, desde el punto de vista térmico energético y social.

CASO 2: QUINTA MONROY, IQUIQUE, TARAPACÁ, CHILE

Arquitectos: Elemental - Alejandro Aravena, Alfonso Montero, Tomás Cortese, Emilio de la Cerda

Año Proyecto: 2003

Tiempo Construcción: 9 meses

Superficie terreno	5.000 m ²
M ² construidos	3.500 m ²
N° Casas	100 unidades
M ² Casas	70 m ²
N° Pisos	3 pisos

Tabla 3. Resumen Proyecto

Este proyecto fue encargado por el Gobierno Regional de Tarapacá a la **Oficina Elemental**, con la finalidad de dar solución habitacional a 100 familias que habían ocupado durante 30 años, de forma ilegal, un terreno de 0.5 hectáreas en Iquique.

El proyecto se enmarcó dentro de un programa específico, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, llamado Vivienda Social Dinámica sin Deuda (VSDsD), el cual fue orientado al segmento más pobre de la sociedad de esa región. La clasificación para optar a este beneficio quedó definida en función de la incapacidad de endeudamiento y consistió en un subsidio de US\$ 7.500 por familia, con el que se debió financiar la compra del terreno, urbanización y la arquitectura. Este presupuesto implicaba construir aproximadamente 30 m², obligando a los beneficiarios a ser ellos los que transformaran su vivienda.



Figura 42. Fotografía Conjunto Habitacional

El primer concepto de la oficina de arquitectos fue “cambiar la manera de pensar el problema: en vez de diseñar la mejor unidad posible de US\$ 7500 y multiplicarla 100 veces, se preguntaron ¿cuál es el mejor edificio de US\$ 750.000 capaz de albergar 100 familias y sus respectivos crecimientos?”



Figura 43. Emplazamiento Proyecto



Los arquitectos establecieron que “un edificio bloqueaba el crecimiento de las viviendas. Eso es cierto, salvo en el primer y en el último piso; el primer piso siempre podrá crecer horizontalmente sobre el suelo que tiene cerca y el último piso siempre podrá crecer verticalmente hacia el aire. Lo que hicieron entonces fue hacer un edificio que tuviera sólo el primer y el último piso”.

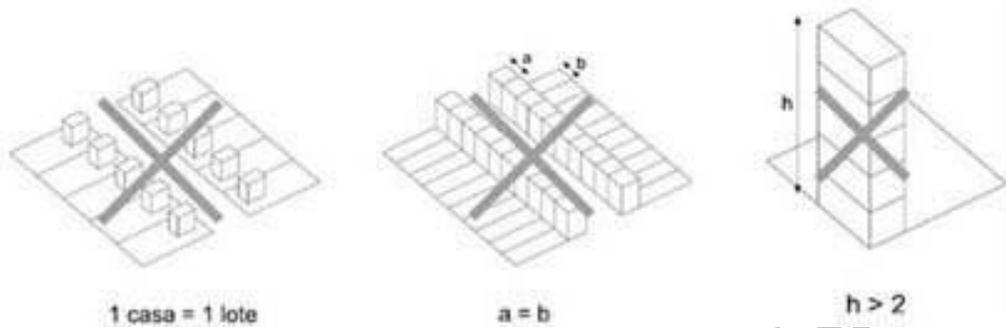
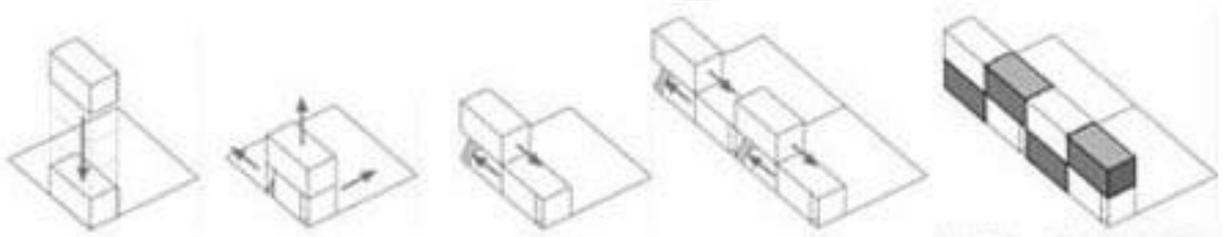


Figura 44 y 45. Esquema proyecto Conjunto Habitacional



Estrategias de valorización

1. Tipología que permita densificación

2. Incorporación de espacio colectivo

3. Contener autoconstrucción

4. Casa clase media que se entrega una parte

1. Tipología que permita una alta densificación

El objetivo de esta tipología se definió para pagar el valor de un terreno en una buena ubicación de la región, evitando erradicar a los beneficiarios del sector céntrico de Iquique. Con ello, también se buscó evitar la erradicación con el contexto donde vivían las familias.

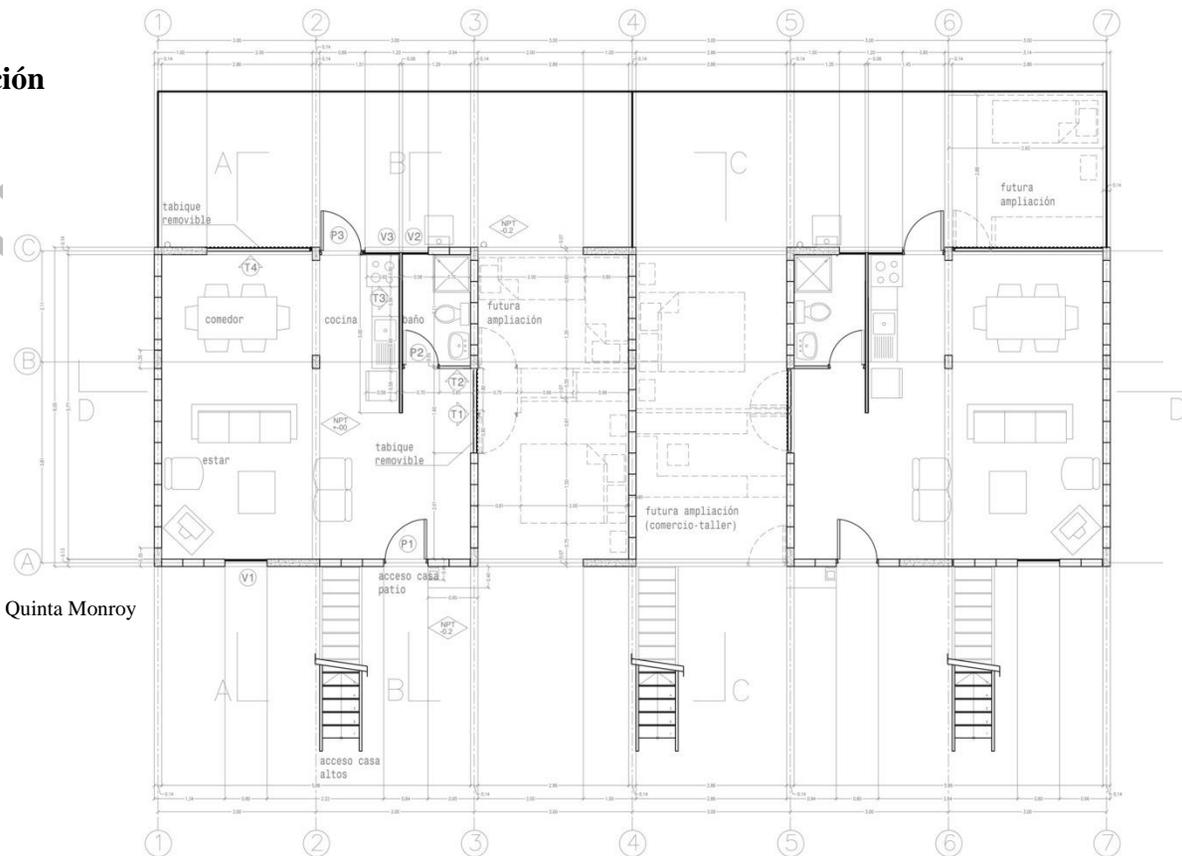


Figura 46. Tipología Proyecto Quinta Monroy

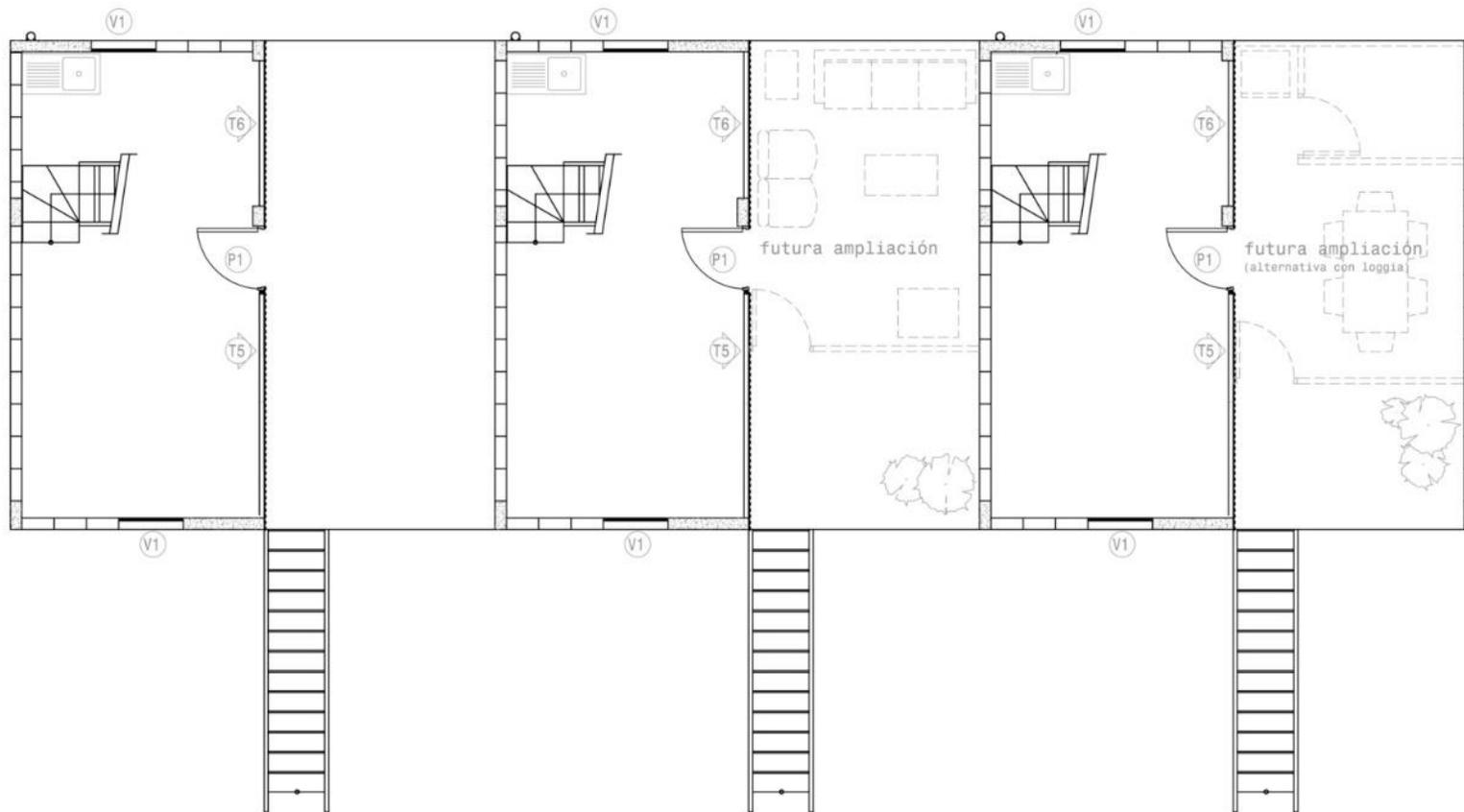


Figura 47. Planta tipo

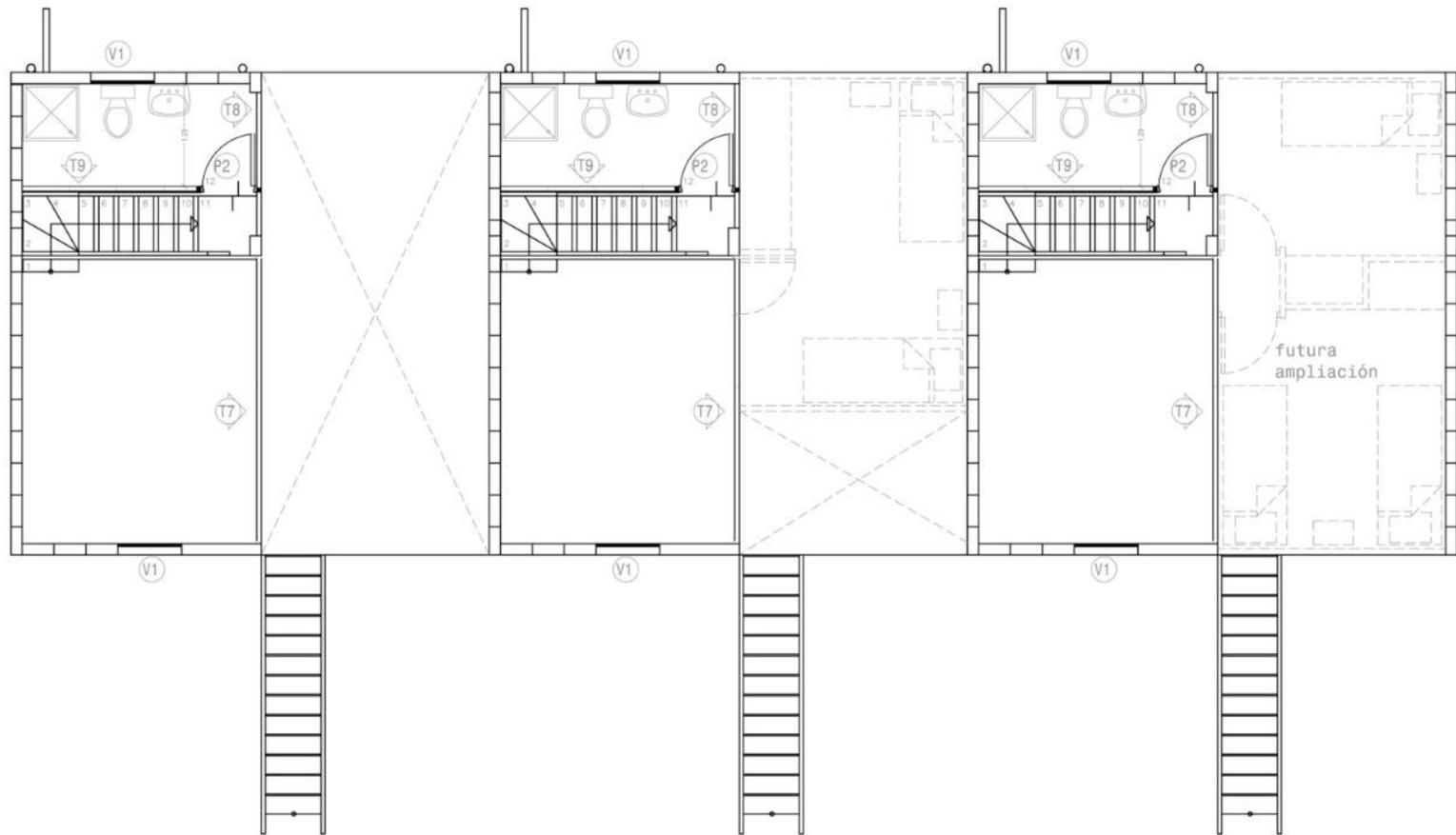


Figura 48. Planta tipo

2. Incorporación de espacio colectivo

Una de las necesidades relevadas y propuestas en este proyecto, fue la definición entre espacio público y privado, generando con esto redes sociales que integren de mejor manera a los habitantes del conjunto habitacional.



Figura 49. Plano proyecto, zonas achuradas corresponden a áreas comunes

3. Contención de autoconstrucción

Considerando que las viviendas serán terminadas por sus propietarios, los arquitectos definieron como un tema central, la importancia que el área que será ampliada este predeterminada, evitando de esta forma el deterioro del espacio urbano proyectado.

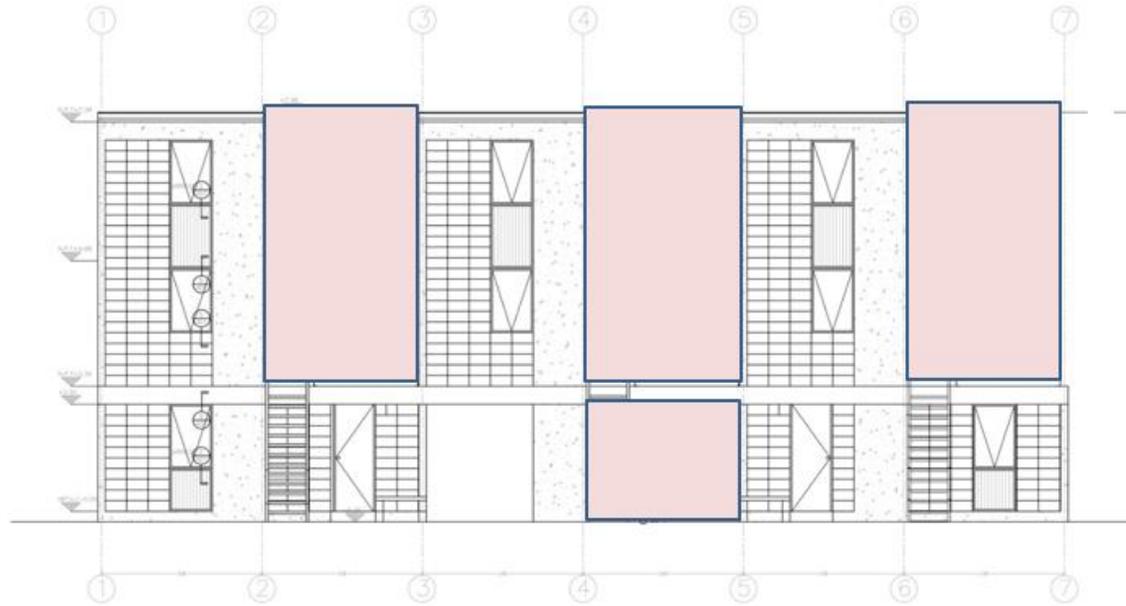


Figura 50. Plano elevaciones, zonas achuradas espacio permitido para autoconstrucción

4. Casa tipo Clase Media

Dado el contexto presupuestario del proyecto, se privilegió entregar una casa de clase media con posibilidades de autoconstrucción, la que con el tiempo las familias podrán ir terminándolas de acuerdo a sus capacidades y necesidades.

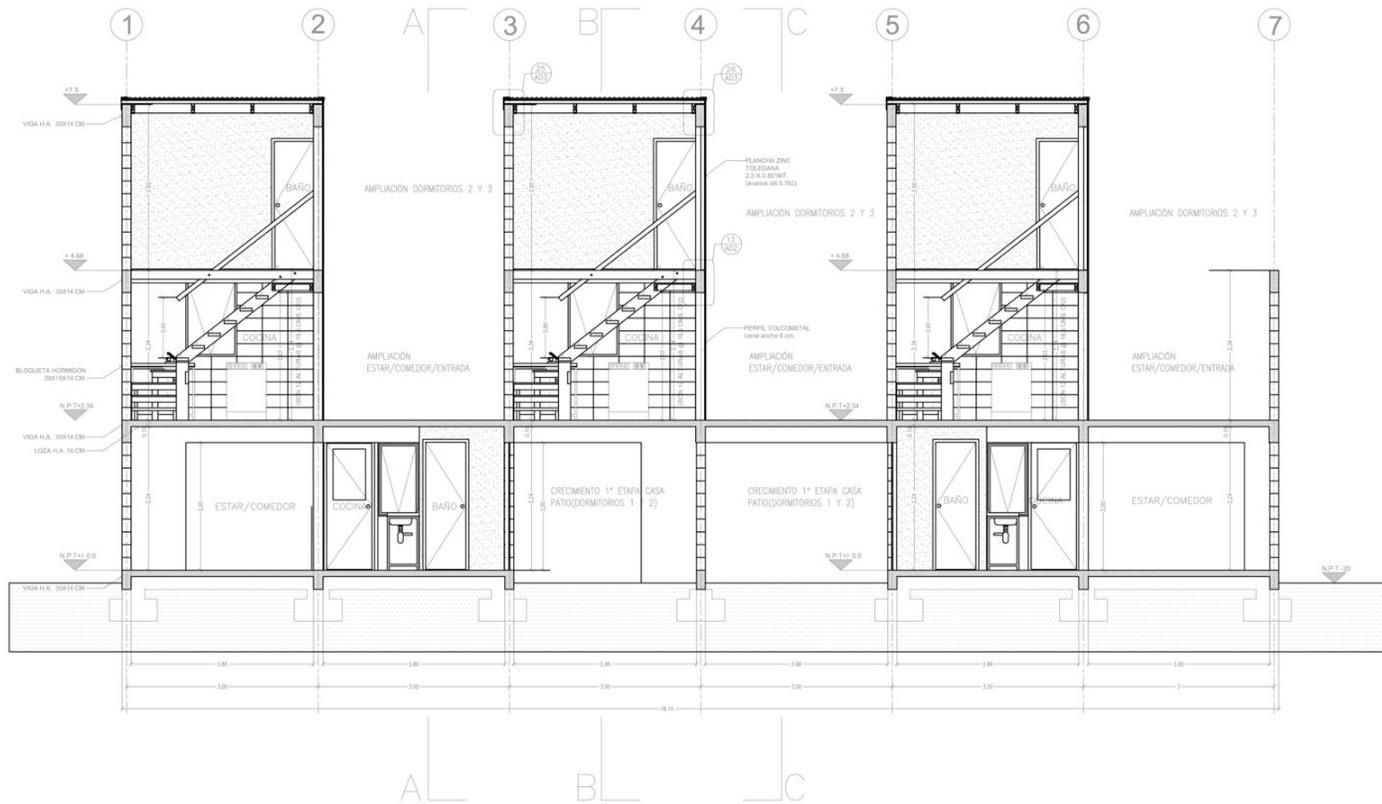


Figura 51. Corte transversal

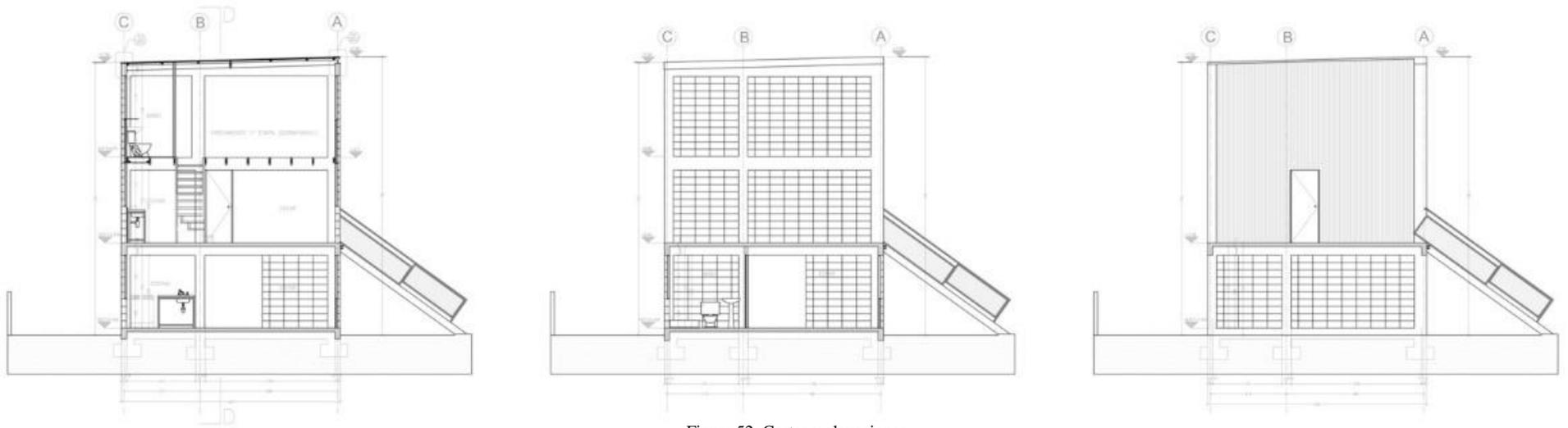


Figura 52. Cortes y elevaciones



Figura 53. Casa sin ampliación



Figura 54. Casa con ampliación

PROPUESTA

Al revisar los antecedentes existentes en este estudio, referidos a normas, políticas públicas y estándares de eficiencia energética asociadas a vivienda social, se encontró que si bien existen normativas generales que van en la línea de la búsqueda del confort, están centrados más bien en establecer lineamientos que propicien las condiciones térmicas interiores y su relación con la zona climática en la que se edifican las viviendas. Si bien, es una segunda iniciativa (OGUC 4.1.10, 2007), estamos distantes a lograr un confort permanente en las condiciones existentes, tanto por la gradualidad con la que se establecen las normas, cada 10 años en promedio, como porque no se ha instaurado una mirada con foco en la calidad de los estándares de ejecución, entre otras.

Además, hay falencias en las normativas porque no incluyen elementos relevantes para envolventes, como por ejemplo aislación en pisos en contacto con el terreno, y variables como las infiltraciones que, de acuerdo a la literatura, son sumamente relevantes al momento de hacer un balance energético. Según un estudio del DICTUC (Madrid, H., Opazo, F., Parada, O., Vera, S., Impacto de las infiltraciones de aire en el desempeño energético y térmico de las viviendas, s/f), se registraron infiltraciones en viviendas sociales de ladrillo que presentaban infiltraciones de aire de entre 3,5 y 5 ach a 4Pa y en viviendas sociales de paneles de estructura de perfil de acero liviano y revestimiento exteriores e interiores de placa OSB y/o fibrocemento yeso-cartón, presentan niveles de infiltración de aire entre 9 a 11 ach a 4Pa. De acuerdo a este estudio, se releva aún más la importancia de contar con una ordenanza que considere esta variable como un aspecto relevante para mejorar la eficiencia energética en vivienda social, y considerando que para la calificación energética de vivienda (CEV), el software CCTE considera un valor de infiltración fijo en 1 ach, por lo tanto las viviendas que presentan una buena aislación térmica pero una alta tasa de infiltración (mayor a 1) podrían contar con un alto nivel de calificación pese a su bajo desempeño por su infiltración real existente, no cumpliendo con lo establecido en la CEV.

Si comparamos la normativa de construcción chilena con la española, la segunda incorpora exigencias básicas de ahorro de energía como: limitación de la demanda energética, rendimiento de las instalaciones térmicas, eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y contribución fotovoltaica mínima de energía.

En cuanto a vivienda social, nos encontramos que para construirlas existen recursos limitados y una alta demanda social, dado lo cual se han presentado proyectos, como por ejemplo Quinta Monroy en Iquique, donde se centra el objetivo en construir viviendas más pequeñas a las definidas, pero que sean ampliables, donde las familias puedan optar al subsidio de “mejoramiento de vivienda” y de esta forma suplir necesidades de confort mínimas. Sin embargo, aún no hay una política pública que privilegie la eficiencia energética en las viviendas para las familias de escasos recursos, siendo la prioridad el ofrecer soluciones habitacionales.

SOLO USO ACADÉMICO

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La revisión de la reglamentación y ordenanzas en cuanto a construcción, indican que aun cuando en Chile se ha avanzado en temáticas de eficiencia energética, con foco en la normativa térmica, quedan pendientes factores relevantes como manejo efectivo de infiltraciones, inspecciones técnicas exigentes que garanticen el cumplimiento de lo declarado para que cumplan con las certificaciones y normativas, así como propuestas innovadoras que generen mayor confort para las familias que optan a viviendas sociales, optimizando los recursos disponibles.

En el mundo se han desarrollado proyectos como BedZED, en Inglaterra, que contemplan una visión holística de la sociedad, puesto que tiene una variedad programática generando un uso mixto de la edificación, en tanto conviven lo residencial con lo productivo, generando una mayor sustentabilidad y mejor calidad de vida, al complementarse. Asimismo, consideran en todo momento el entorno socio ambiental, tanto en lo cotidiano, como en su proceso de construcción, buscando reducir la huella de carbono a 0.

Uno de los casos emblemáticos de viviendas eficientes es el de Talca, el Conjunto Habitacional Social Monseñor Larraín, donde se consideró el control de radiación solar e iluminación de todos los recintos de permanencia, lo que ha permitido optimizar el uso de energía puesto que tienen de 4 a 5 horas de exposición directa. Asimismo, se ejecutó con atención a la ventilación natural y energía solar activa, junto con aislamiento térmico – acústico en muros y cubiertas, favoreciendo el confort térmico y acústico al interior del edificio. Si consideramos que este proyecto fue ejecutado bajo el decreto supremo DS174, es un buen ejemplo de eficiencia energética y confort para familias de escasos recursos.

CONCLUSIONES

A partir del año 2000, en Chile comienza la implementación e incorporación de normativas referentes a eficiencia energética en el área de la construcción. La mirada que se tiene a nivel estatal, se basa en el aislamiento térmico y envolvente de las viviendas, quedando aún un largo camino que recorrer para lograr definir políticas públicas referidas a Eficiencia Energética que tengan un impacto mayor en las familias que las habitan.

Asimismo, no se logró identificar políticas públicas definidas por los actores claves, como Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía y Ministerio de Medio Ambiente, para la construcción de viviendas sociales que cumplan con estándares de calidad en términos sustentables, sino que mas bien aún se presentan políticas que van en busca de otorgar viviendas básicas a familias vulnerables y carentes de la casa propia, esto a través del Fondo de Subvención. Lo antes observado, puede estar dado porque en Chile existe un déficit de 391.546 viviendas, según la encuesta CASEN del 2015.

Solo se encontró en la literatura, la “Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social” lanzada en el año 2009, la que es una buena herramienta en comparación con la normativa vigente, ya que incorpora estrategias de diseño para frio y calor, estrategias de iluminación, estrategias para agua caliente, estrategias de planificación de conjuntos, tecnologías de generación basadas en energías renovables y pasivas. Sin embargo, solo es una guía y no una norma o ley, quedando al arbitrio de los gestores inmobiliarios las formas de eficiencia energética de las viviendas sociales.

Es relevante mencionar, que el sector de la edificación **es responsable del 40% de las emisiones de CO₂**, del 30% del consumo de materias primas, del 20% del consumo de agua y del 30% de la generación de residuos, por no mencionar la gran ocupación del suelo, no solo urbano sino también rural. Desarrollar edificaciones sostenibles es una prioridad por cuestiones medioambientales, sociales y por nuestra propia salud.

Si bien el uso eficiente de energía en viviendas sociales genera grandes cambios del punto de vista del ahorro económico al sector más vulnerable del país y mejora los estándares habitacionales, también desde la salud no es suficiente por si solo para generar cambios en el entorno socio ambiental, debiendo ser considerados otros factores para poder cubrir las necesidades actuales y futuras, tal como se menciona en la definición de sustentabilidad.

Finalmente se podría concluir que la problemática de la vivienda social pasa por un tema institucional, ya que existen los diagnósticos y soluciones concretas entregadas por profesionales del área, pero es un tema político el lograr soluciones de largo plazo y de calidad, que propicien mejoras en los estándares de vida de las familias más vulnerables y con ello puedan ascender en la escala social. El Estado, a través de los organismos competentes, debe ser garante del bienestar social y de la promoción de la calidad de vida de los ciudadanos, considerando en todo momento los tratados de promoción y protección del medio ambiente.

Un ejemplo de lo anterior, es lo que sucede en Inglaterra con el Barrio BedZED, el que no tiene emisiones de combustibles fósiles, sino que más bien empleó materiales reciclados, uso inteligente del clima, el empleo de estrategias solares pasivas, uso responsable del agua y la generación de una nueva propuesta de forma de vida, en tanto se integró toda la concepción ecológica de uso racional de las energías.

REFERENCIAS

Bibliografía

Glosario

1. Hoffmann, N (2015). Envoltente térmica y eficiencia energética en viviendas unifamiliares. Memoria para optar al título de arquitecto. Universidad Mayor. Santiago, Chile
2. Cárdenas, A (2011). Sistemas prefabricados aplicables a construcciones de interés social. Informe de pasantía, Universidad Simón Bolívar.
3. Castillo, H (2013). Periferia sostenibilidad y vitalidad urbana, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. España.
4. Aparicio, S., Alonso, J. (XXXX). Reestructuración de la vivienda social en Holanda.
5. Agencia Chilena de Eficiencia Energética AChEE. (2011). XXXXXX. Santiago, Chile
6. Ministerio de Energía. (...) ANTECEDENTES SOBRE LA MATRIZ ENERGETICA EN CHILE Y SUS DESAFIOS PARA EL FUTURO. Santiago, Chile
7. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2016). Informativo estadístico de edificación N°32. Comisión de estudios habitacionales y urbanos. Santiago, Chile
8. Romero. N (2011). Consumo de Energía a nivel residencial en Chile y análisis de eficiencia energética en calefacción. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad De Chile.
9. Simian Jose M.(2010) Logros y desafíos de la política habitacional en Chile. Estudios CEP. <https://www.cepchile.cl/logros-y-desafios-de-la-politica-habitacional-en-chile/cep/2016-03-04/095214.html>

10. Hernandez, D. (2009). Implementación de soluciones constructivas para el mejoramiento de la envolvente térmica, y otros aspectos que influyen en la calidad y habitabilidad de la vivienda. Memoria, Universidad Austral de Chile, Construcción Civil, Valdivia.
12. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda Social.
13. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2008). NCh 1079 Of.2008. Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
14. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1989). NCh 1960 Of.1989. Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.
15. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1987). NCh 1973 Of.1987. Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.
16. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1994). NCh 2251 Of.1994. Aislación térmica - Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción.
17. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1983). NCh 850 Of.1983. Aislación térmica - Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda.

18. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2008). NCh 851 Of.2008. Aislación térmica - Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Cámara térmica calibrada y de guarda.
19. Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2007). NCh 853 Of.2007. Acondicionamiento térmico - Envoltorio térmico de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
20. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2006). Manual de aplicación reglamentación térmica. Santiago.
21. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2006). Ordenanza general de urbanismo y construcción Art 4.1.10
22. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2007). Calificación energética de viviendas CEV.
23. Universidad del Bío-Bío (2011). Manual de hermeticidad al aire de edificaciones. Centro de Investigación Tecnologías de la Construcción, CITEC UBB
24. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.(2006) Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda D.S.49. http://www.minvu.cl/opensite_20150715123916.aspx
25. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.(2010) ARTÍCULO 2º TRANSITORIO DEL D.S. N°03, (V. Y U.), DE 2010, D.O.01.04.2010 reemplaza D.s 145
26. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.(2016). Cuadro normativo D.S. 147

27. Código técnico de edificación español CTE(2006)

28. BedZED (2002). <http://www.zedfactory.com/mixed-use-apjbx>

29. Conjunto Habitacional Social Monseñor Larraín, Talca (2010). <http://www.biourban.cl/22-edificios-en-talca-chile/>

30. QUINTA MONROY, Elemental, CHILE (2003). <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

SOLO USO ACADÉMICO

GLOSARIO

Aislación: Son los materiales utilizados para evitar las pérdidas por transmisión de frío o calor.

Arquitectura bioclimática: Consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

Bioconstrucción: Es el arte de construir de una forma saludable y respetuosa, tanto con sus moradores como con el entorno.

Cielo: Es el elemento de una habitación que busca separar el techo del recinto

Conductividad térmica: Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/mK. Se determina experimentalmente según la norma NCh 850 Of. 83 o NCh 851 Of. 83.

CO₂: (Dióxido de carbono) Gas presente espontáneamente en la naturaleza, que se crea también como consecuencia de la quema de combustibles de origen fósil y biomasa, así como de cambios en el uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al balance radiactivo de la Tierra. Es el gas que se toma como marco de referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su Potencial de Calentamiento Mundial (PCM) es igual a 1.

Contenido energético: Se refiere a la cantidad de energía necesaria para la fabricación y suministro de un producto, material o servicio desde la extracción de la materia prima hasta su desecho o eliminación. (El contenido de energía también se lo denomina "energía virtual", "energía incrustada" o "energía oculta").

Construcción sostenible: Como aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales.

Elemento constructivo: Conjunto de materiales que debidamente dimensionados cumplen una función definida, tales como muros, tabiques, ventanas, puertas, techumbres, etc.

Energías renovables: Se denomina a las que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Envolvente: Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Fachada: Cualquiera de los paramentos exteriores de un edificio.

Grados días: En un periodo de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como "base", y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura de base, igualando a la "base" aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

Gv1: (Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente). Cantidad de calor que pierde la envolvente de un recinto por segundo por cada grado de diferencia de temperatura y por cada m³ de volumen que posea. Se expresa en W/m³K, viene dado por $Gv1 = \sum U \cdot S / V$.

Gv2: (Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales). Conceptualmente es un Gv1 al que se le suma el flujo Térmico por convección aportado por las discontinuidades de la envolvente (por renovaciones de aire). $Gv2 = Gv1 + 0.35 n$ (W/m³K) n = número de renovaciones horarias de aire del recinto.

Impacto ambiental: Acción o actividad que produce una modificación o alteración en el medio, o en algunos componentes del medio.

Infiltración: Corresponde al ingreso de aire exterior hacia el interior de un recinto.

Materiales bioconstructivos: Son materiales que propician una construcción que protege el medio ambiente y salud de los moradores de una edificación, siendo estos materiales por esencia naturales o materiales modernos pero que no emplean químicos tóxicos o radioactivos, no generan gases o electricidad estática y que en su extracción, elaboración tienen un bajo gasto energético, con un ciclo de vida sostenible y alta capacidad de reciclaje.

Materiales clásicos: Materiales que son los comunes para construir viviendas sociales en Chile y están en las respectivas especificaciones técnicas de las obras.

Reglamentación térmica: Es un conjunto de normas que establecen requisitos de acondicionamiento térmico para edificaciones.

Resistencia térmica de superficie, R_s : Inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica h , es decir: $R_s=1/h$, y se expresa en m^2K/W .

Techumbre: Parte de una edificación que comprende desde el cielo del recinto más elevado hasta la cubierta.

Temperatura base: Es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de confort o requerimientos de calefacción.

Transmitancia térmica, U : Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total R_T de un elemento y se expresa en W/m^2K . Se determina experimentalmente según la norma NCh 851 Of. 83 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh 853 Of. 91.

Vivienda: Edificación o unidad destinada al uso habitacional.

Zona térmica: Corresponde a divisiones geográficas del territorio nacional, en base a los requerimientos térmicos necesarios para calefaccionar un recinto determinado. En Chile las zonas térmicas son clasificadas con números que van desde el 1 al 7.

SOLO USO ACADÉMICO