

ACCESO SOLAR A LAS EDIFICACIONES. El eslabón pendiente en la norma urbanística chilena sobre la actividad proyectual.

Solar access to buildings. The unsolved link in Chile's urban laws regarding architectural design activity.

Luz Alicia Cárdenas Jirón
Paula Uribe Araya

Filiación

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile

Resumen

Hoy en día las demandas energéticas y la búsqueda de fuentes renovables no contaminantes, tales como las Energías Renovables No Convencionales ERNC, son cada vez más acuciantes en el mundo. Entre ellas está la energía solar, cuya captación adquiere una importancia crucial en el medio urbano, debido a obstrucciones provenientes de las morfologías resultantes de la dinámica inmobiliaria.

No obstante, se plantea que la vinculación entre morfología urbana y captación solar por edificaciones para sistemas activos, no ha sido abordada en el medio nacional. El objetivo de este artículo es reflexionar respecto a un concepto clave en estas materias: el acceso solar, porque se transforma en un bien muypreciado y necesario resguardar para el bien común. El enfoque adoptado analiza dos marcos normativos convergentes a la actividad proyectual energética solar: la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y la Ley del *Net Metering* (NM). Se analiza la aplicación de la normativa OGUC en un caso hipotético, sus implicancias en las sombras arrojadas sobre edificaciones, predios y espacios públicos. El resultado final es la contextualización espacial de un problema detectado entre forma urbana y energía solar, conducente a develar un eslabón pendiente en la normativa chilena sobre actividad proyectual.

Palabras Claves

Acceso solar, morfología urbana, OGUC, *Net Metering*, dinámica inmobiliaria.

Abstract

Nowadays energy demand and searching for renewable no polluted source such as Renewable Energy No Conventional (ERNC) has become crucial in the world. Solar energy is one of them whose insolation has a key importance in the built environment because obstructions coming from ending morphology of the real estate.

Although that it is stated that link between urban morphology and building insolation for active systems has not yet been tackled in the national legislation. The objective of the article is to think about a key concept: solar access because it is relevant for equity viewpoint. The paper focus on two legislative frameworks embodied to solar urbanism design and power such as Ordenanza General de Urbanismo (OGUC) and Net Metering Law (NM). To demonstrate unlink a hypothetical case is studied for its implications on buildings, allotment and public space. Final result is putting on ground a spatial problem between urban form and solar energy leading to reveal unsolved link in the Chilean urbanism normative.

Key Words

Solar access, urban morphology, OGUC, net metering, real estate

Sumario

0. Introducción
1. Conceptos de acceso solar, precursores y proyecciones
2. Normativa sobre Acondicionamiento Térmico para la vivienda
3. Normativa urbanística sobre acceso al asoleamiento.
4. Sistemas de energía solar en la arquitectura residencial, comercial y pública
5. Reflexiones finales, el eslabón pendiente en la norma urbanística chilena sobre actividad proyectual
6. Referencias bibliográficas

Introducción

El cambio climático en el planeta Tierra presenta evidencias alarmantes basadas en un análisis tendencial de los gases de efecto invernadero (GEI) y por ende el calentamiento global.¹ Bajo el Protocolo de Kioto, se propusieron instrumentos de mercado y regulatorios tales como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) para abordar globalmente el problema. De esta manera, los países desarrollados se comprometieron a reducir los GEI y a promover inversiones de proyectos de transferencia tecnológica para reducirlos, en los países en desarrollo. Con ello poder recibir créditos y crear el mercado de los bonos de carbono.²

Los GEI son resultantes de las actividades productivas y dependientes fuertemente de la fase de crecimiento económico de los países del mundo. Es por ello que los países industrializados que coinciden con las economías más avanzadas emiten menos comparativamente con los países en vías de desarrollo o también llamados los países emergentes. Estos últimos están entrando en una fase de crecimiento económico muy acelerado, insuficiente infraestructura y tecnología, ausencia de marcos regulatorios, industria dependiente de energía fósil, etc. que las hace más contaminantes. Históricamente, se observa que en la revolución industrial de las ciudades europeas occidentales, hace 150 años atrás, fueron causantes de elevadas concentraciones de CO₂ en el ambiente y muertes de la población en áreas urbanizadas. Tal es el caso de las ciudades de Glasgow y Edimburgo en Escocia, que en 1909, la combinación de humos y gases sulfurosos actuando en sinergismo causaron la muerte de miles de personas.³

Adicionalmente, el aumento del consumo de energía aparece naturalmente acoplado al crecimiento económico en los países en desarrollo, mientras que aparece desacoplado en las economías ya industrializadas y con avances tecnológicos muy superiores. En Chile, por ejemplo, aparece hasta ahora un acoplamiento natural entre economía y energía. En efecto, la tasa chilena de crecimiento económico alcanza un promedio de 5.4% en los últimos 24 años y llega a los 6.3% entre el año 2010 - 2011, lo cual indica que este aumento requiere incrementar también los recursos energéticos para satisfacer una mayor demanda.⁴

¹ www.ipcc.cl

² www.sofofa.cl

³ Préndez, M. y Ulriksen, P., 1993, pag.28.

⁴ Ministerio de Energía, 2012, pag. 6

A nivel mundial, el consumo energético en el mundo se incrementará en una 57% entre el 2004 y 2030, siendo mucho mayor en las economías emergentes comparado con las economías de los países de la OECD. Se proyectan incrementos del orden del 95% para los primeros respecto a un 24% para los segundos. Chile se sitúa en las economías emergentes por lo cual se prevé que tendrá una demanda creciente frente a lo cual el país está reaccionando con una política energética y un marco institucional y regulatorio.

El consumo está también ligado a la huella de carbono, la cual es una medida para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente CO₂, derivado de las actividades productivas, y que son liberados a la atmósfera.⁵ En el sector de la edificación, tanto el consumo de energía como las emisiones de dióxido de carbono son relevantes, pues por ejemplo, en la Unión Europea, un 40% equivale al consumo total de energía y un 36% a emisiones de CO₂.⁶ Ante lo cual, los objetivos en materia de política energética son la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las políticas energéticas presentan objetivos de corto y largo plazo. En los de largo plazo se cita a Comisión Nacional de Energía⁷:

"...el énfasis sobre la disponibilidad de energía a mínimo costo se ha visto morigerado por la importancia creciente de los aspectos de seguridad, sustentabilidad y equidad. Estos tres elementos se incorporan como objetivos sustantivos para los países, han planteado desafíos considerables a las estrategias políticas en el mundo..."

Para el logro de ello, se requiere implementar objetivos de corto plazo de diversa naturaleza, entre los cuales figuran la diversificación de la matriz energética a través del estímulo al desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y la Eficiencia Energética.⁸

Entre las ERNC en Chile se encuentran la eólica, la pequeña hidroeléctrica, la energía solar, la mareomotriz, la biomasa, el biogás, la geotermia, pues con excepción de la hidroeléctrica, presentan un menor desarrollo tecnológico para su aprovechamiento y penetración en el mercado. (Ibid).

Desde la perspectiva de la actividad edilicia, la energía solar es fundamental para la habitabilidad de los espacios en la ciudad y en la arquitectura. El aprovechamiento de la energía solar: térmica y fotovoltaica, en los edificios permite reducir la demanda energética *per se* y generar electricidad. El ahorro de energía en las viviendas, oficinas, locales comerciales, etc., pasa no solo por un buen aislamiento térmico de la envolvente arquitectónica y los sistemas mecánicos de climatización; sino también por condiciones de acceso a la luz solar (radiación directa), fuente primera de energía para la vida humana. Estas condiciones pueden verse favorecidas por un diseño arquitectónico y también por un diseño urbano del entorno, ambas materias propias de la arquitectura como disciplina.

⁵ Viglizzo, E., 2010, pag.9

⁶ WWF, 2010, pag.6

⁷ CNE, 2008, pag. 1

⁸ CNE, 2008, pag. 58 y pag. 67

Existen condiciones excepcionales de localización geográfica y urbana tal como ocurre con el reciente construido "barrio solar" denominado Portal Cruz del Sur, ubicado en Combarbalá, región de Coquimbo, latitud 31°14' S y longitud, 71°W aproximadamente. Este proyecto piloto de vivienda social cuenta con colectores solares térmicos y paneles fotovoltaicos simultáneamente, en una configuración espacial de vivienda pareada en un lado, frente predial y pendiente de techumbres orientadas al norte y sin obstrucción solar del entorno. Situación que la hace muy apropiada para maximizar el uso de energía solar.⁹ Sin embargo, esta situación no corresponde al promedio de los proyectos inmobiliarios residenciales.

En base al diagnóstico entregado por la CNE, la distribución del consumo de energía en Chile se reparte en el sector transporte con un 32%, el sector industrial y minero con un 40% y el sector residencial, comercio y servicios públicos con un 28%. (Id) Lo que significa que casi un tercio del consumo nacional proviene de funciones básicas del habitar: residenciales, comerciales y servicios. Por tanto, el potencial aporte que se puede hacer desde la actividad edilicia es significativo.

Los edificios en general, sean viviendas o torres de oficinas y servicios, requieren de energía para su funcionamiento diario, pues necesitan agua caliente en baños y cocinas, iluminación artificial, calefacción y refrigeración, sistemas de bombeo de agua para edificios en altura, activar electrodomésticos, etc. Un estudio sobre los usos finales de la energía en el sector residencial indica que el principal consumo corresponde al uso de agua caliente sanitaria (33,2%), cocción de alimentos (13,4%) y calefacción (19,1%).¹⁰ Las fuentes de energía para estos fines provienen principalmente de la leña, la electricidad, el gas licuado, y gas natural¹¹. Algunas de estas necesidades energéticas podrían ser satisfechas con la energía solar. Por mencionar algunas, la calefacción provista a través de sistemas pasivos vía ganancias solares térmicas en acumuladores (muro Trombe) o bien invernaderos o vanos acristalados. Otra alternativa es a través de sistemas activos como sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria ACS. Ambos sistemas requieren de luz solar (banda del espectro visible), lo cual es provisto por condiciones de acceso solar.

Las fuentes de combustible fósil contaminan el medio ambiente de forma significativa, pues emiten gases de efecto invernadero (GEI). Las centrales hidroeléctricas para generar electricidad deben transformar cuencas y alterar procesos ecológicos. Las termoeléctricas emplean gas natural o carbón para su funcionamiento, liberando CO₂ y vapor de agua al ambiente. El gas natural como el petróleo son combustibles fósiles que contribuyen a la emisión de contaminantes (GEI) y constituye dependencia geopolítica, con la consecuente inseguridad en el abastecimiento nacional. La leña deforesta extensiones de terreno y conduce a la desertificación y por tanto a la destrucción de flora y fauna local. El consumo de leña en viviendas para calefacción es mayoritario en Chile y contribuye también a la contaminación atmosférica e intradomiciliaria

Las Energías Renovables No Convencionales se presentan como una alternativa no solo para suplir déficit sino también para proveer energía limpia, vale decir no contaminante; y que actúe en su fase inicial como un complemento a las fuentes de energía tradicional. Entre ellas, la energía solar cumple un papel fundamental en las edificaciones, porque está presente en la

⁹ Navarrete, 2012, pag. 52

¹⁰ CDT, 2010, pag.3

¹¹ CDT, 2010, pag.2

totalidad del territorio, a diferencia de otras fuentes como eólica, mareomotriz, biomasa, hidroeléctrica; que están restringidas por su localización geográfica.

El concepto de la eficiencia energética (EE) incorporado en los proyectos inmobiliarios es un campo de creciente desarrollo en Chile,¹² y está estrechamente ligado al acondicionamiento térmico de las edificaciones para alcanzar el confort. Para ello, la arquitectura debe considerar sistemas pasivos y / o sistemas activos; los cuales dependen en gran medida de la luz solar y sus posibilidades de captación por parte de las edificaciones. Esto último se conoce como el acceso solar.

El derecho al acceso solar es un mecanismo legal que tiene más de 30 años, pues data desde 1978 en California; el cual ha ido evolucionando y expandiéndose a otros estados norteamericanos y países tales como Australia, Israel y otros. Si Chile, en su política energética promueve el uso de la energía solar, debiera también abordar los vacíos al marco regulatorio urbanístico existente en la materia. Al respecto, las normas urbanísticas de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)¹³ y ¹⁴ establece el concepto de rasante, distanciamientos, antejardines y alturas máximas para resguardar condiciones de privacidad y asoleamiento a las edificaciones vecinas.

A partir del año 2001 se incorpora una modificación a la forma de estimar las rasantes; entre el 2007 y el año 2009 se han efectuado aclaraciones en esas materias por la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, para responder básicamente a dos intereses.¹⁵ Por un lado, evitar formas arquitectónicas poco armónicas tales como "diseños con planos inclinados" o también denominados "lustrines" en el lenguaje informal¹⁶. Por otro lado, sobrepasar opcionalmente la rasante para aumentar la constructibilidad en edificaciones aisladas. Para ello, se define dos conceptos: el volumen teórico edificable sobre un predio y las superficies de sombras. Sin embargo, no incorpora el concepto de acceso solar explícitamente sino más bien responde a intereses estéticos y económicos. En efecto, los artículos 2.6.2 y 2.6.11 de la OGUC reflejan por una parte el interés del Estado por velar el resguardo del bien común, y por otro facilitar intereses inmobiliarios de rentabilidad. Esta situación presenta un problema a la ciudad, sus habitantes y la utilización de energía solar en las edificaciones porque limita las posibilidades de acceso solar. Consecuentemente, afecta a la eficiencia energética edilicia como un componente sustancial de la arquitectura bioclimática.¹⁷

El empleo de la energía solar como fuente primaria para la vida humana en las ciudades, requiere de una condición espacial: el acceso solar, pues sin ella no es viable alcanzar una dimensión de la sostenibilidad urbana.

En virtud del problema presentado se plantean interrogantes orientadas a conocer los orígenes del concepto de acceso solar, sus alcances, aplicaciones y comprender el contexto actual de las normas urbanísticas chilenas atinentes a este concepto. El conocimiento de algunos ejemplos integrados o desvinculados a la arquitectura son materia de interés para iniciar una discusión

¹² Chapple, 2010, pag. 18;

¹³ MINVU, 2011, http://www.minvu.cl/opensite_20070404173759.aspx

¹⁴ MINVU, 2012, http://www.minvu.cl/opensite_20070523160543.aspx

¹⁵ DDU, 2007, pag. 1; DDU, 2007, pag.1; DDU,2007,pag. 1; DDU,2008, pag.1; DDU, 2009, pag.1; DDU, 2009, pag.1

¹⁶ Es una alusión local a "lustrines" que corresponde a una construcción popular para lustrar los zapatos en las calles, la cual tiene una forma ochavada similar a la coronación de algunos edificios.

¹⁷ Gonzalo, 204, pag. 15

sobre la materia. En breve, poner en la agenda política de las instituciones nacionales estatales ligadas a la energía *per se* como también al urbanismo, medio ambiente y ordenamiento territorial. Para dar respuesta a esta inquietud, se propone como objetivo del artículo reflexionar respecto al concepto de acceso solar y analizarlo mediante el marco normativo actual chileno, la OGUC y la Ley *Net Metering* recién publicada.

Con este fin se analiza la aplicación de la normativa OGUC en un caso hipotético, sus implicancias en las sombras arrojadas sobre edificaciones, predios vecinos y espacios públicos. El resultado final es la contextualización espacial de un problema detectado entre forma urbana y energía solar, conducente a develar un eslabón pendiente en la normativa chilena sobre actividad proyectual.

1. Conceptos de acceso solar, precursores y proyecciones

El concepto de acceso solar emerge en los Estados Unidos (USA) hace más de tres décadas como una forma de protección legal al uso de la luz solar por parte de los propietarios de un edificio; para garantizar así su acceso en el tiempo presente y futuro. Al principio, el concepto aparece vinculado a círculos académicos y de investigación,¹⁸ para ulteriormente ser traducido a un mecanismo legal. En ese país, por ejemplo, el 70% de los estados tienen algún grado de protección al acceso solar y el otro 30% tiene políticas energéticas renovables pro-solares. Las figuras legales son conocidas como la servidumbre solar (*solar easement*) y el derecho solar (*solar right*).¹⁹ La servidumbre solar es un estatuto voluntario relacionado al espacio de aire sobre un terreno vinculado al suelo y derecho de propiedad mediante el cual el propietario disfruta de luz natural. Con ello, se controlan las obstrucciones provenientes de los predios vecinos con acuerdos explícitos de ángulos y compensaciones en caso de incumplimiento. El derecho solar está vinculado a proteger los sistemas energéticos solares integrados a la arquitectura. Sin embargo, la noción de acceso solar es mucho más antigua aún, pues ya formaba parte en la organización de las ciudades griegas y la ley más citada ligada al acceso solar en USA es la Doctrina Inglesa de Luz Antigua (*English Doctrine of Ancient Lights*)²⁰

En la década de los setenta del siglo pasado, surge el interés por el recurso solar como una fuente alternativa de energía renovable, frente a los derivados del petróleo y la especulación de su precio en el mercado. Posteriormente, y dado el deterioro del medioambiente construido por la especulación inmobiliaria en las ciudades, aparece la calidad de vida como un valor a defender asociado al recurso solar, con lo cual emerge el concepto de acceso solar. A partir de entonces, surge la necesidad de estudiar su aplicabilidad sobre el predio, y posteriormente sobre la manzana; acuñándose un nuevo concepto: el envolvente solar.²¹ El envolvente solar es un manto cónico imaginario trazado a partir de las alturas edificadas en la manzana y los ángulos de la geometría solar. Ambos conceptos son concomitantes, pues este último es un medio para conseguir el primero.

El acceso solar es definido como la disponibilidad de luz solar directa en un edificio y que no sea obstruida por edificios, vegetación u otra instalación vecina.²² La luz solar directa se interpreta como la banda del espectro visible, que fluctúa entre los 400nm y los 700nm, pues

¹⁸ Knowles y Villeco, 1980, pag. 42.

¹⁹ Cárdenas, 2009, pag. 90

²⁰ Knowles, 1999, pag. 3

²¹ Capeluto, Yezioro, Bleiberg y Shaviv, 2006, pag. 1

²² Muller, 2009, pag. 2

permite maximizar la captación energética solar para fines térmicos y lumínicos. En arquitectura la luz solar se emplea en los sistemas pasivos tales como calentamiento de espacios habitables y obtención de luz natural; en cambio los sistemas activos funcionan con bandas espectrales de longitudes de onda más amplias que el visible. Los sistemas solares activos aplicados a la arquitectura ofrecen funciones como el calentamiento o enfriamiento de fluidos (aire-agua), climatización y generación de electricidad.²³

Al principio, el concepto de acceso solar nace como una medida de protección de los derechos de un propietario para acceder a la luz solar natural desde su edificio, pero más tarde, se reconoció que beneficiaba a la comunidad entera. Los beneficios se traducían concretamente en una reducción de los costos de la energía debido al ahorro mediante sistemas pasivos y activos de manejo energético solar. Confort térmico y bienestar de los espacios habitables es una cualidad al igual que los beneficios ambientales derivados de una reducción de emisiones de CO₂, provenientes de la combustión de fuentes fósiles para el consumo de energía.

El precursor natural del acceso solar es la buena orientación, ya sea de un edificio, de un lote o sitio donde construir, o del paisaje con sus pendientes y topografía. Una correcta orientación busca el Norte para las fachadas de los espacios habitables en el hemisferio Sur y viceversa en el hemisferio Norte. Además, el diseño arquitectónico puede reducir las ventanas en la orientación Este y Oeste por su alta radiación solar en los meses estivales. El mismo principio se tiene en consideración para los planes de loteo y la localización. Por ejemplo, estudios del *Lawrence Berkeley National Laboratory* estiman una reducción entre 25% - 50% en el consumo de energía para enfriamiento derivado de un buen diseño que considere el paisaje.

Los sistemas de energía solar térmica colocados en un edificio dependen de la radiación solar global para su funcionamiento. Su rendimiento será mayor en la medida que la instalación disponga de acceso solar, en tiempo presente y futuro, o de otro modo, la inversión y finalidad del sistema de colector solar sería ineficiente y en algunos casos inoperante. Al respecto, Normas Técnicas del Ministerio de Energía entregan procedimientos y algoritmos para verificar el cumplimiento de una contribución solar mínima en un sistema solar térmico para hacer uso de franquicias tributarias.²⁴ Así por ejemplo, según sea la zona climática chilena, esta contribución debiera fluctuar entre un 75% en la zona de mayor radiación solar (norte) y un 30% en la zona de menor radiación solar (austral). La Norma Técnica exige que las pérdidas por sombra al mediodía solar del solsticio de invierno no supere el 10% de la superficie instalada de colectores solares térmicos. Por ello, surge la necesidad de legislar en esta materia frente a un vacío legal. En efecto, si existe una política pública orientada a la promoción de las energías renovables y eficiencia energética, como es el caso de Chile; aparece coherente la necesidad de un mecanismo legal de regulación del espacio en la morfología urbana.

En arquitectura el acceso solar se asocia intuitivamente a las sombras arrojadas por un objeto sobre otro objeto en un espacio euclidiano, pero el concepto trasciende esta simple noción geométrica, pues conlleva una dimensión legal asociada al libre uso de la propiedad.

²³ CDT, 2007, pag. 11

²⁴ La Ley 20.365 establece franquicias tributarias para viviendas nuevas que instalen sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria. Franquicia que tiene duración desde 2009 hasta Diciembre 2013.

2. Normativa sobre Acondicionamiento Térmico para la vivienda

La legislación chilena, por medio de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza (OGUC) ha incorporado en los últimos años exigencias relativas al acondicionamiento térmico que debe cumplir la envolvente de toda edificación, aplicable sólo al destino viviendas (artículo 4.1.10.). Para ello se dividió al país en 7 zonas térmicas, cuyas edificaciones deben cumplir con los índices máximos de Transmitancia Térmica o mínimos de Resistencia térmica definidos para cada zona.

Las exigencias se aplican al complejo techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados, entendiéndose por estos últimos aquellos pisos soportantes que no están apoyados sobre el terreno o sobre otro recinto, sino que están en contacto con el medio ambiente externo (ver tabla 1).

Tabla 1

ZONA	TECHUMBRE	MUROS	PISOS VENTILADOS
	R100(*)	R100(*)	R100(*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

Zonas térmicas para todo el territorio nacional chileno.

Fuente: OGUC

También se establecen exigencias con respecto a superficie máxima de ventanas de tales edificaciones (vivienda), permitiendo, bajo un sistema de ponderación, compensar el porcentaje en exceso por medio de un aumento en la resistencia térmica de los muros perimetrales.

Es claro que dicha normativa busca minimizar el gasto energético involucrado en el confort térmico de la vivienda, sin embargo, tiene la clara intención de proteger a la vivienda del frío más que del excesivo calor.

Esto es lo que indica la Ley actual sobre acondicionamiento térmico, pero no se encuentra vinculado al asoleamiento, sino que indirectamente aquello relacionado con la clasificación de las 7 zonas térmicas, ya que las condiciones climáticas de cada zona necesariamente incluyen las horas de sol.

La obtención de las zonas térmicas se basa en el cálculo de los grados días de cada localidad²⁵, para determinar la necesidad de calefacción respecto a una línea base de 15°C de temperatura interior en las viviendas. Así poder determinar los máximos de transmitancia térmica y los mínimos de resistencia térmica en el envolvente arquitectónico. Este paso en la normativa es crucial toda vez que se establece un límite, si bien no óptimo, pues 18°C es lo aconsejable en la literatura, pero se acerca a condiciones de confort térmico en el habitar. De esta manera, las empresas nacionales han tenido que producir nuevos materiales ajustados a la normativa y rotularlos adecuadamente para su utilización.

Por otra parte, la norma chilena NCH1079, actualizada en el 2008, si bien no tiene fuerza de ley, es voluntaria, pero caracteriza de mejor manera las zonas climáticas. Esta norma considera otros descriptores climáticos además de la temperatura ambiente tales como la humedad relativa, las horas de sol, la radiación estimada, las precipitaciones, los vientos. Con lo cual caracteriza de mejor manera el ambiente, y por ende las pautas para proyectar la arquitectura y el urbanismo bioclimático.

La conclusión es donde y en que magnitud se requiere el acceso solar, según sea la zona climática en la cual se localiza el proyecto de arquitectura. La consideración de criterios ambientales del entorno como condicionante del proyecto permite acondicionar ambientalmente el mismo. Así, por ejemplo, una zona costera de baja densidad, con nubosidad baja en las mañanas, con aire salino, vientos de componente oeste, alta radiación solar por la tarde, pero temperatura cálida morigerada por el mar; define cuales debían ser las estrategias bioclimáticas para alcanzar el confort higro térmico. Un conjunto de respuestas arquitectónicas espaciales (no solo tecnológico) ; tales como la obstrucción solar, canalizar corrientes de brisas, crear sombras de viento, captación de radiación solar según fachadas, aperturas de vanos controladas según vistas y trayectoria solar, etc. ; permiten adecuar el proyecto a su entorno, el acondicionamiento climático y por ende la disminución en el consumo de energía.

En asentamientos humanos con formas de agrupamiento residencial distintas a la situación aislada, se requiere estudiar y precisar las condiciones de asoleamiento en general y en particular el acceso solar de la manzana, el predio y la edificación.

3. Normativa urbanística sobre acceso al asoleamiento.

Con respecto al acceso a la radiación solar directa, y la protección de las sombras arrojadas por las edificaciones contiguas sobre un determinado predio, la ley por medio de la OGUC, establece en el capítulo 6° "Del agrupamiento de los Edificios y su relación con el suelo" varias normas tendientes a regular estos aspectos.

Dentro de ellos el artículo 2.6.2. regula los adosamientos de las edificaciones a los deslindes, indicando porcentaje máximo de adosamiento de 40%, una altura máxima de la construcción de 3,5 metros y por otra parte exige inscribir el volumen superior, es decir con altura superior a dichos 3,5 metros dentro de un plano inclinado de 45°. Este artículo reemplaza el uso de rasantes para el tramo de la edificación que se encuentra adosado. Esta normativa es susceptible de ser permitida o no dentro del Plano Regulador de cada comuna.

²⁵ Los grados días es la sumatoria acumulada anualmente, de la diferencia de grados que ocurren diariamente respecto a una línea base de temperatura fijada previamente. Por ejemplo, Si la base es 18°C, y el día observado registra una temperatura máxima de 15°C, entonces se obtiene 3°C ese día, valor que se suma a la observación del día siguiente.

El artículo 2.6.3. determina las distancias ("distanciamiento") que debe existir entre las edificaciones y sus deslindes discriminando entre las fachadas con y sin vano, lo que si bien parece perseguir una finalidad de privacidad y vistas, también regula el acceso al asoleamiento al definir la cercanía de las edificaciones a sus deslindes.

Por otra parte, la normativa actual establece el uso de planos inclinados denominados "Rasantes", clasificando el país en 3 zonas con diferente ángulo de inclinación para dicho plano de rasante. En la tabla 2 se indica el ángulo de los planos de rasante con respecto al plano horizontal, expresado en grados sexagesimales según regiones del territorio chileno.

Tabla 2

Regiones	Angulo de las Rasantes
I a III y XV Región	80°
IV a IX Región y R.M.	70°
X a XII y XIV Región	60°

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

Las edificaciones deben quedar inscritas dentro de estos planos de rasantes, salvo que se acojan al artículo 2.6.11. llamado comúnmente "cálculo de sombras".

El Art. 2.6.11 fue creado para dar una relativa libertad en el diseño evitando que las edificaciones en su parte superior, buscando maximizar la rentabilidad del terreno, tomen la forma del plano inclinado de la rasante que las regula.

El cálculo de sombras permite sobrepasar los planos de rasante mediante la siguiente condición: que la sombra que proyecta el volumen propuesto del proyecto no supere la sombra que proyectaría el volumen teórico edificable en ese mismo predio; entendiéndose este último como la envolvente máxima que resulta de la aplicación de las normas asociadas al predio (distanciamiento, alturas máximas, antejardines y rasantes).

Para mejor comprensión se grafica un esquema de lo que podrían ser ambos volúmenes teórico y propuesto, entendiendo el primero como una resultante de la aplicación de las normas urbanísticas en el predio y el segundo como un diseño arquitectónico real, que generalmente busca maximizar la rentabilidad del suelo y aportar valores de distinta índole (estéticos, accesibilidad, vistas entre otros). Ver figuras 1 y 2.

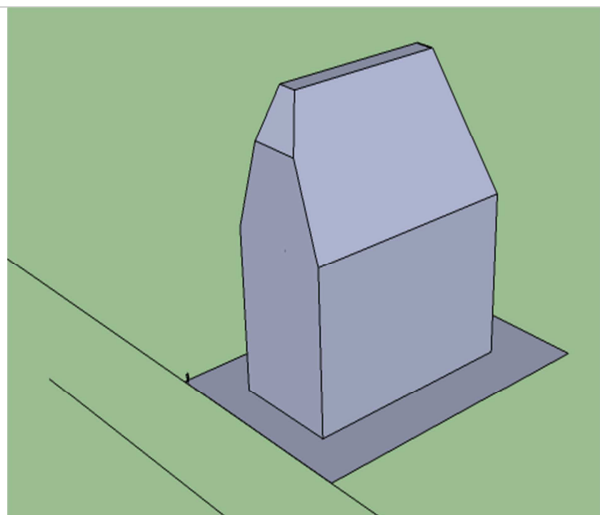


Figura 1
Volumen teórico
Esquema de volumen teórico aplicados los distanciamientos, incluyendo antejardín, alturas máximas y rasantes

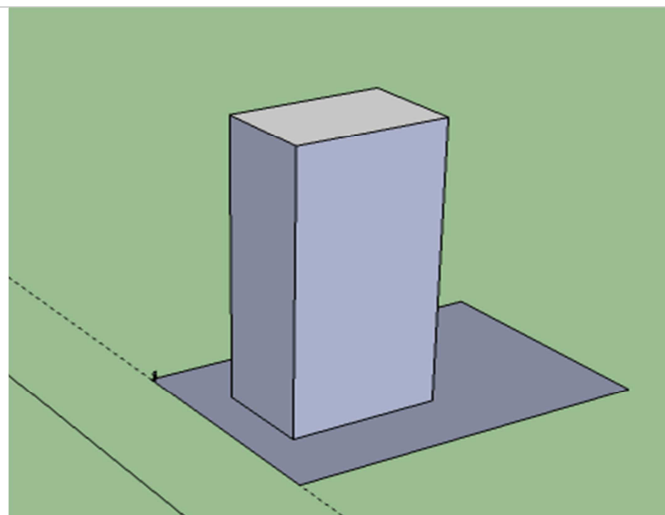


Figura 2
Volumen propuesto
Esquema de volumen propuesto maximizando la rentabilidad del suelo y valores como altura y posibles vistas

La comparación de las sombras de ambos volúmenes se presenta en un plano, donde se grafica la situación del volumen propuesto y el volumen teórico, midiendo la superficie en m^2 de las sombras abatidas sobre los terrenos colindantes. Se desestima la sombra Norte y también la sombra arrojada sobre el espacio público. Si se comprueba mediante el cálculo de superficies que la sombra arrojada por el volumen propuesto es inferior a la sombra del volumen teórico, la edificación se considera exenta del cumplimiento de la normativa de rasante.

Art. 2.6.13

"Las superficies de sombra se trazarán sobre el plano sólo en las orientaciones sur, oriente y poniente, abatiendo los vértices superiores de los volúmenes según el ángulo, con respecto a la horizontal y expresado en grados sexagesimales, que para cada caso señala la siguiente tabla:" (ver tabla 3).

Tabla 3:

Sombra Proyectada	I a III y XV Regiones	IV a IX Región y RM	X a XII y XIV Regiones
Hacia el Sur	63°	57°	51°
Hacia el Oriente	28°	26°	24°
Hacia el Poniente	28°	26°	24°

Fuente: Ordenanza General de U. y Construcciones

Para facilitar el cálculo de cada ángulo de rasante y su aplicación en el plano, se incluye un método consistente en dividir la altura de cada vértice de la edificación según la tabla adjunta (ver tabla 4).

Tabla 4:

63° dividir la altura por 1,96	57° dividir la altura por 1,54	51° dividir la altura por 1,23
28° dividir la altura por 0,53	26° dividir la altura por 0,49	24° dividir la altura por 0,45

Fuente: Ordenanza General de U. y Construcciones

A continuación se esquematiza un ejemplo de planos y cálculo sombras de acuerdo a un caso hipotético, con normativa real vigente para una Zona de Edificación de Altura en una comuna de Santiago. Terreno de 42 metros de frente por 60 metros de fondo.

La normativa para esa Zona indica:

- Ancho entre líneas oficiales 18 metros.
- Rasante de 70° aplicada en la base del deslinde
- Antejardín de 7 metros.
- Altura máxima de 52,5 metros
- Distanciamiento mínimo de 8 Metros
- Constructibilidad de 2,60, incluido aumento de 30% (habitual por fusión de roles).
- Ocupación de suelo de 0,40.

Para el volumen proyectado se propuso un prisma recto de 50 metros de altura emplazado de forma casi centrada en el terreno.

El resultado del cálculo de superficies de sombras para ambos volúmenes se grafica en la figura 3 siguiente (ver tabla 5).

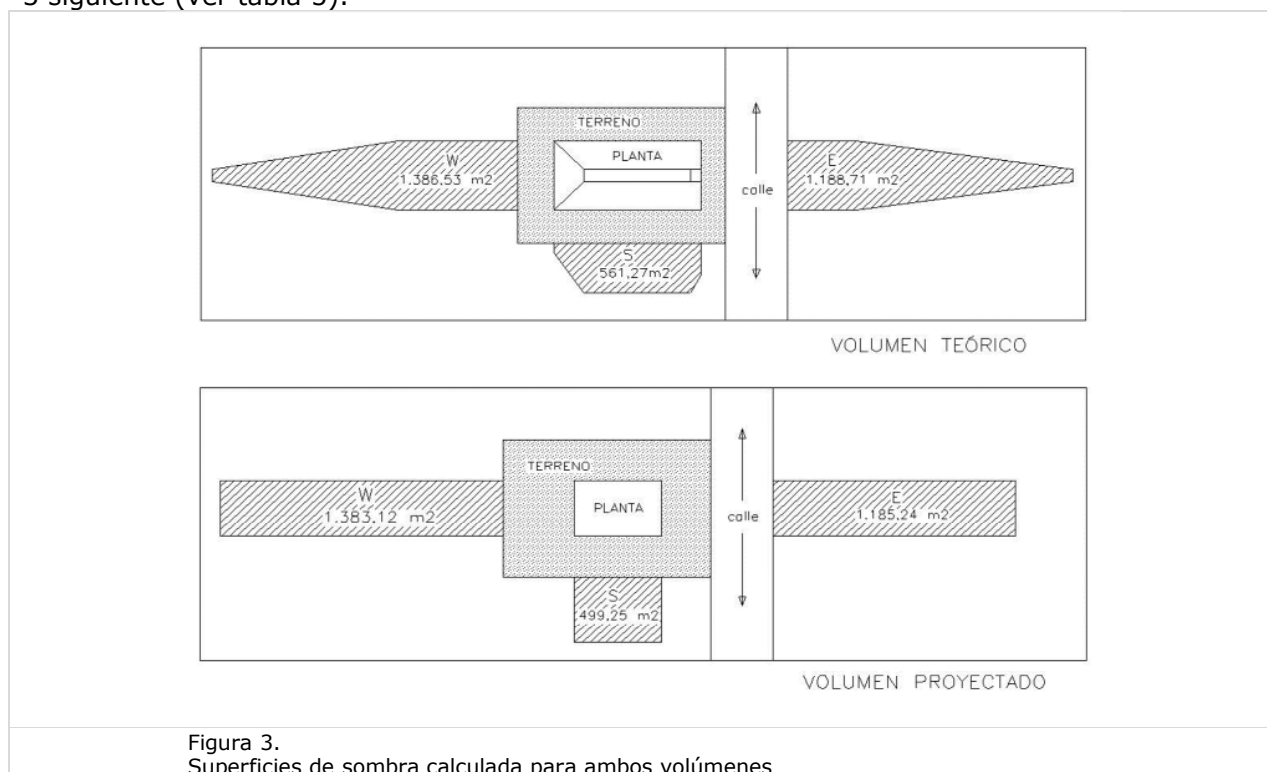


Tabla 5: Comparación del volumen teórico versus el volumen propuesto

		VOLUMEN TEÓRICO	VOLUMEN PROPUESTO	DIFERENCIA
		Superficie Sombra (m2)	Superficie Sombra(m2)	Superficie Sombra(m2)
SUR	S	561,27	499,25	62,02
ORIENTE	E	1.188,71	1.185,24	3,47
PONIENTE	W	1.386,63	1.383,12	3,51
TOTAL		3.136,61	3.067,61	69,00

En esta tabla podemos comparar la superficie de sombra arrojada por el volumen propuesto versus el volumen teórico, para cada orientación cardinal. En la columna denominada "Diferencia" se puede verificar que ninguna superficie de sombra de Volumen Propuesto parcial, ni tampoco la suma total de ellas, supera a las superficies de sombra del Volumen Teórico.

Algunos puntos a considerar acerca de este método:

- 1) Los ángulos aplicables para la proyección de sombra corresponden a equinoccio, no considerando el asoleamiento más desfavorable correspondiente al solsticio de invierno.
- 2) Los ángulos de proyección de sombras se aplican, en forma ortogonal a los deslindes, desvinculados entre sí, sin considerar el plano continuo de sombra que arroja el sol en su trayecto Oriente - Poniente durante el día.
- 3) Generalmente, los proyectos presentan una abstracción y homogenización de la orientación cardinal (ubicación del N dentro del predio) con la trama de la ciudad, probablemente por un factor cultural, que implica que la manzana está en concordancia con los puntos cardinales.
- 4) Las superficies de sombras sólo se miden en los predios y no consideran las sombras sobre el espacio urbano (Bien Nacional de Uso Público).

Esta forma de estimar las sombras sobre las superficies es una abstracción que debiera ser revisada, pues en algunos casos sobre estima las verdaderas condiciones de sombra y en otros la sub estima. Con ello, las implicancias que tiene sobre los edificios del entorno, se ve también afectada.

El uso de la energía solar en la arquitectura puede ser de dos formas: pasiva, mediante el diseño de espacios o elementos constructivos que emplean técnicas de obtención y almacenamiento del calor. O bien de forma activa utilizando dispositivos y mecanismo de

captación e impulsión del calor a través de sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos u otros.²⁶

4. Sistemas de energía solar en la arquitectura residencial, comercial y pública.

Los sistemas de energía solar pueden ser solares térmicos o bien solares fotovoltaicos; los primeros están orientados al calentamiento de fluidos mientras que los segundos a generar electricidad. Los sistemas están compuestos por dispositivos tecnológicos tales como captadores solares, acumuladores de agua, placas fotovoltaicas, etc., los cuales poseen distintas configuraciones. Estas dependen de diversos requisitos técnicos; algunos de ellos relacionados con el espacio y la geometría: la orientación, las características climatológicas, la localización latitudinal y longitudinal, la geografía física, la luz solar. Todas ellas alcanzan el dominio disciplinar de la arquitectura y el urbanismo. Por ello, se cree que estos factores lejos de ser una limitante se transforman en condicionantes y oportunidades para la actividad proyectual.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica abarca diferentes escalas de actuación; local, industrial, urbana o rural. La escala local esta referida a un edificio en particular, la industrial a procesos productivos y la urbano – rural a asentamientos humanos y abastecimientos de plantas en conexión con grillas. Cualquiera sea la escala, la arquitectura tiene un rol que jugar para integrar estos dispositivos y mecanismos en forma armónica y eficiente en los espacios.

La Ley de *Net Metering* (NM), recién publicada (D.O. 22.03.12) regula el pago de la tarifa eléctrica de las generadoras residenciales.²⁷ El principio de esta ley es incentivar el uso de ERNC, solar en este caso, no contaminante, reducir el consumo de los usuarios de la red de electricidad y la co-generación. En breve, los usuarios del sistema eléctrico pueden inyectar a la red de distribución el excedente de electricidad generado por un sistema solar fotovoltaico localizado en su propiedad. Las proyecciones políticas, de orden territorial y energético, de esta ley se basa en gran parte en el potencial de captación-pérdida de la radiación solar derivada de las condiciones espaciales geométricas de acceso solar.

Esta Ley abre enormes oportunidades no solo a la industria sino también desafíos a las normas urbanísticas chilenas relativas a tamaños prediales, rasantes, distanciamientos, coeficiente de ocupación de suelo, etc. Con ello, adquiere relevancia estudiar oportunamente las condiciones de localización de los edificios, los conos de sombra real del entorno, las alturas de edificación máxima, la integración arquitectónica de los dispositivos tecnológicos y mucho más. En esta última materia se muestran algunos ejemplos de edificios residenciales, públicos y comerciales.

Con el fin de reflexionar sobre sus efectos en la ciudad y viceversa, se muestran algunas situaciones actuales de implementación de sistemas solares activos en barrios residenciales. En la figura 4, se observa la instalación de un colector solar plano con estanque de acumulación sobre una techumbre. Como puede verse, la instalación está simplemente montada sobre la cubierta de la vivienda, como un elemento ajeno a la composición y no integrado armónicamente a su arquitectura, por ejemplo a través de la pendiente de la cubierta u otro

²⁶ Szokolay, 1983, pag. 23

²⁷ Ley 20.571, 2012, pag. 1

elemento arquitectónico. En la figura 5 se observan las tradicionales viviendas de baja altura, vecinas a esta instalación, en un barrio residencial de baja densidad y nivel socioeconómico medio: La Reina en la ciudad de Santiago.



Figura 4: Instalación solar montada en techumbre de vivienda, pero ajena a una integración arquitectónica e intrusión en el paisaje. La Reina, ciudad de Santiago.

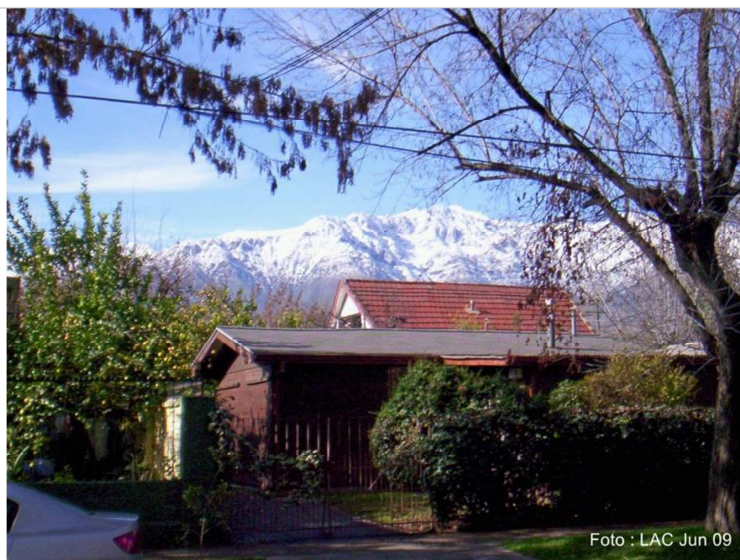


Figura 5: Barrio residencial tradicional vecino a vivienda con instalaciones solares.

Por otro lado, los barrios de vivienda tradicional están siendo transformados hacia una mayor densidad residencial, la cual es permitida y promovida por las políticas públicas e instrumentos de planificación urbana. Por ejemplo, el Plan Regulador de Ñuñoa en la comuna de dicho nombre, en la cual emergen edificios de vivienda de gran altura en tejidos urbanos consolidados de baja altura, junto a espacios urbanos correspondientes a esa escala de socialización, el barrio. En la figura 6 se observa la irrupción de una torre de viviendas al lado de una plaza de juegos y frente a un entorno residencial en baja altura, intervención que refleja la transformación inicial del barrio.



Figura 6: Transformación de barrio residencial: irrupción de luz solar desde torre de viviendas en altura hacia viviendas en baja altura. Ñuñoa. Ciudad de Santiago.



Figura 7a: Sombras arrojadas sobre espacio público (calle) de una vivienda baja altura (1° plano) y sombras arrojadas sobre calle y viviendas de un edificio de viviendas en altura (2° plano). Ñuñoa, ciudad de Santiago



Foto : LAC Jul 09

Figura 7b: Sombra permanente a las 15:00hrs en invierno arrojada desde la torre de viviendas ubicada en manzana Norte de la calle. Aprobado por Plan Regulador de Ñuñoa y OGUC.

En la figura 7 se observa en el mismo ejemplo, las sombras arrojadas por una vivienda tradicional que alcanza el eje de la calle en período de invierno, mientras que la sombra arrojada por la torre vecina llega hasta las viviendas de la manzana vecina localizada hacia el Sur. Esta altura máxima edificada se encuentra acorde con el Plan Regulador de Ñuñoa y la OGUC, y determina condiciones de sombra permanente sobre el espacio público y viviendas. Con ello, se invalida el potencial energético de las cubiertas para instalar sistemas solares activos o un tratamiento arquitectónico para sistemas solares pasivos.

Hoy en Chile existe la Ley NM que promueve el uso de energía solar fotovoltaica por generación residencial, en consecuencia, las condiciones espaciales y geométricas de la morfología urbana han de ser cuidadosamente estudiadas. El beneficio social y ambiental de la aplicación de esta ley implica necesariamente una revisión de los planes reguladores y normas urbanísticas

En Alemania, (figura 8), en España (figura 9) así como otros países más avanzados en estas materias, las fachadas y techumbres de los edificios en general son consideradas áreas captadoras de radiación solar directa. A partir de allí, se incorporan dispositivos y artefactos de

energía solar para generación de electricidad que se vende a las compañías, para luego ser utilizada por los distritos o bien la propia vivienda. De igual modo, esas áreas son empleadas en un sistema solar pasivo, captando la radiación solar directa para calefacción de espacios y sistemas constructivos - tecnológicos en los materiales de la edificación. Cualquiera sea el sistema energético empleado en los edificios, estos son integrados armónicamente al diseño arquitectónico. En ambos sistemas, pasivos o activos, se requiere la condición de acceso solar.



Figura 8: Edificio comercial Kaiser, Freiburg. Fachada Sur con placas fotovoltaicas integradas a la fachada.



Figura 9: Edificio público INE, Madrid. Fachada Sur con placas fotovoltaicas en alero, integradas a la arquitectura.

5. Reflexiones finales, el eslabón pendiente en la norma urbanística chilena sobre actividad proyectual.

El concepto de acceso solar a las edificaciones ha sido presentado para una mejor comprensión por el ciudadano común, el desarrollador inmobiliario y los agentes de la administración estatal, pues parece relevante y pertinente a la sustentabilidad en la ciudad. La aplicación de las normas (térmicas) y urbanísticas (asoleamiento) recién expuestas demuestra por un lado, que el enfoque se centra más bien en evitar las pérdidas térmicas que las ganancias y por otro lado, focaliza más en el predio-edificio (lo individual) que en la manzana o entorno (lo colectivo). Los sistemas solares, sean pasivos o activos, térmicos o fotovoltaicos, abre un mundo de oportunidades a la arquitectura y el urbanismo que se pueden aprovechar favorablemente en los proyectos. El concepto de acceso solar se presenta como un desafío, pues requiere revisar y replantear los instrumentos de planificación y normas urbanísticas chilenas. Finalmente se concluye que el acceso solar parece ser el eslabón pendiente en las normas urbanísticas sobre la actividad proyectual.

Referencias Bibliográficas

ACHEE Construyendo Eficiencia Energética para Chile. Santiago, Chile. Editado por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. 2011. 114 pags. [en línea][consulta: 22 Junio 2012]
Disponible en: <http://biblioteca.cchc.cl/ficha.asp?param=o%AD%88%92bi%96%88nf>

CARDENAS, Luz Alicia. El derecho de acceso solar. Exploración de mecanismo de regulación. En: MORAGA, P. El nuevo marco legal para el cambio climático. Santiago. Chile. Centro de Derecho Ambiental. Facultad de Derecho. Universidad de Chile. 2009 pag. 85-91 ISBN 978-956-332-269-9.

CAPELUTO, Guedi, YEZIORO, Abraham, BLEIBERG, Tamar y SHAVIV, Edna. Solar Rights in the Design of Urban Spaces. En: PLEA2006. (23, 2006, Geneva, Switzerland). The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland. 2006. Pp. 6-8

CNE Política energética: Nuevos Lineamientos. Santiago, Chile. Editado por la Comisión Nacional de Energía, 2008. 108 pags. [en línea][consulta: 15 Junio 2012] Disponible en: http://www.cne.cl/archivos_bajar/Politica_Energetica_Nuevos_Lineamientos_08.pdf

CDT Estudio de Usos finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile. Editado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010. 404 pags. [en línea][consulta: 22 Junio 2012] Disponible en: www.cdt.cl

CDT Sistemas Solares Térmicos. Manual de Diseño para el calentamiento de agua. Santiago, Chile. Editado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2007. 144 pags. ISBN 978-956-7911-09-7

Chapple, Paula. Eficiencia Energética. Calificación de viviendas. SustentatBit (7):18-21, Santiago de Chile, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Diciembre 2010. ISSN 0718-7661

DDU-ESPECIFICA N°71 Sombras. Aplicación Art. 2.6.11 retranqueos en el cálculo del volumen teórico. Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 30.08.2007. 2 pags.

DDU-ESPECIFICA N°80 Normas Urbanísticas, Rasantes (Sombras). Aplicación de los Arts. 2.6.3 y 2.6.11 de la OGUC Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 11.09.2007. 2 pags.

DDU-ESPECIFICA N°85 Normas Urbanísticas, Rasantes. Aplicación del Art. 5.1.13 de la OGUC, determinación del suelo natural. Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 26.10.2007. 2 pags.

DDU-ESPECIFICA N°16 Sombra proyectada en un predio de forma irregular en zona sin límite de altura. Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 23.06.2008. 2 pags.

DDU-ESPECIFICA N°5 Rasantes (sombras). Aplicación de los Arts. 2.6.3 y 2.6.12 de la OGUC Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 27.03.2009. 2 pags.

DDU-ESPECIFICA N°8 Aplicación Art. 2.6.11 OGUC con relación a la determinación del volumen teórico edificable en el predio. Santiago, Chile. Publicado por la División de Desarrollo Urbano. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. 20.05.2009. 2 pags.

GONZALO, Guillermo. Manual de Arquitectura Bioclimática. (2ª edición). Buenos Aires, Argentina. Editado por Nobuko. 2004. 469 pags. ISBN 987-1135-07-6

KNOWLES, Ralph and VILLECO, Margarita. Big in the '70's: energy conservation. AIA journal (1-2): 42-49 y 70. USA. 1980. ISSN 0001-1479

KNOWLES, Ralph. The Solar Envelope. California, USA. University of Southern California. 1999. [en línea][consulta: 19 Junio 2012] Disponible en: http://www-bcf.usc.edu/~rknowles/sol_env/sol_env.html

Ley 20571. Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. Ministerio de Energía. Publicada en D.O. 22.03.12. Biblioteca del Congreso Nacional. Santiago. Chile.

MINISTERIO DE ENERGIA. Estrategia Nacional de Energía 2012-2020. Santiago, Chile. Editado por el Ministerio de Energía, 2012. 38 pags. [en línea][consulta: 15 Junio 2012] Disponible en: <http://www.minenergia.gob.cl/>

MINVU. Normas urbanísticas. Santiago, Chile. Publicado por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, 2012. [en línea][consulta: 29 Junio 2012] Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20070523160543.aspx

MINVU. D.S. 47 de 1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (actualizada al 13 de Diciembre del 2011), 2011. [en línea][consulta: 29 Junio 2012] Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20070404173759.aspx

MULLER, Hanna. Solar Access: Recommendations for the City and County of Denver. 2009. [en línea][consulta: 19 Junio 2012] Disponible en: http://www4.eere.energy.gov/solar/sunshot/resource_center/sites/default/files/solar_access_recommendations_city_and_county_of_denver.pdf

Navarrete, Carola. 2012 Portal Cruz del Sur. Primer barrio solar. SustentatBit, (13):52, CDT, Junio 2012. ISSN 0718-7661

SANDOVAL, Hugo; PRENDEZ, Margarita; ULRIKSEN, Pablo. Contaminación Atmosférica de Santiago. Estado actual y soluciones. Santiago, Chile. Editado por Universidad de Chile, Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana y el Banco Santander, 1993. 185 pags. ISBN 9561901854

Szokolay, S.V. Arquitectura Solar. Barcelona, España. Editorial Blume. 1983. 278 pags. ISBN 84-7031-518-8

VIGLIZZO, Ernesto. Huella de Carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica. Montevideo, Uruguay. Editado por el Instituto Interamericano para la agricultura. 2010. 39 Pags. ISBN 978-92-9248-321-0

WWW/Adena, Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España. Madrid, España. Publicado por WWW/Adena con el Patrocinio de *European Climate Foundation*. 2010. 60 pags.