

CONJUNTO DE VIVIENDAS BIOCLIMÁTICAS SOCIALMENTE SUSTENTABLES EN SANTIAGO DE CHILE: PROPUESTA DE UN MODELO CON CRECIMIENTO INTERIOR

J. Roldán¹, B. Díaz², P. Andrade³, C. Castro⁴, C. Gutiérrez⁵, S. Uribe⁶.
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile (FAU – U. de Chile)
 Portugal 84 – Santiago Centro
 Tel. 56-2-9783020 – Fax 56-2-9783061 e-mail: jroldan@uchile.cl

RESUMEN: En el marco del Segundo Concurso Nacional para Vivienda Social y Eficiencia Energética, convocado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), el Ministerio de Energía y el programa País Eficiencia energética, propuestas en nuevos terrenos urbanos, se presenta la propuesta de diseño urbano y viviendas colectivas. El objetivo principal es lograr alta eficiencia energética y calidad ambiental. Se trabaja de acuerdo al presupuesto inferior destinado a vivienda social equivalente a 15.750 dólares. De acuerdo a la metodología de análisis bioclimáticos, se establecen los criterios y estrategias aplicados al diseño apropiado en la ciudad de Santiago de Chile.

La proposición del conjunto se fundamenta en la conformación de diferentes escalas de espacios comunitarios de acuerdo al agrupamiento de las viviendas; la ampliación de la vivienda se desarrolla en su interior, protegido por una envolvente de alta eficiencia térmica y funcionamiento bioclimático, logrando un ahorro de un 50% de energía.

Palabras clave: vivienda social, sustentabilidad, eficiencia energética.

INTRODUCCION

El proyecto se emplaza en la comuna de Lo Prado, en el sector nor- poniente de la ciudad de Santiago latitud -33.45, longitud -70.7. Corresponde a la zona climática habitacional centro interior y la zona térmica 3; con 750 a 1000 GD (base 15°C).



Figura 1: Vista aérea del emplazamiento del terreno

	Enero	Julio
Temperaturas medias	20,7 °C	7,9 °C
Oscilación diaria	17 °C	11,3 °C.
Humedad Relativa	52 %	79 %
Viento	S-W	S-E y N
Pluviometría anual	367 ml	
Radiación solar media diaria	15,8 MJ/m ²	
Grados días de calefacción	18,3 °C	

Tabla 1: Antecedentes meteorológicos.

El clima es mediterráneo, presenta estaciones bien definidas con un período seco prolongado entre septiembre y abril. Los antecedentes climáticos fueron consultados en Instituto Meteorológico Nacional para la estación de Pudahuel y en la NCh 1079 of. 77. Estos antecedentes nos permiten extraer las características principales de las variables del clima en la ciudad.

¹ Autor artículo. Arquitecto, académico Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.

² Autor artículo. Arquitecto Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; benjamindi@zaz.com

³ Arquitecto Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; pedroandradeh@yahoo.com

⁴ Arquitecto Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; ccastroalbornoz@gmail.com

⁵ Arquitecto Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; cgutierrezvera@gmail.com

⁶ Ing. Mecánico Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; uribebarrera@hotmail.com

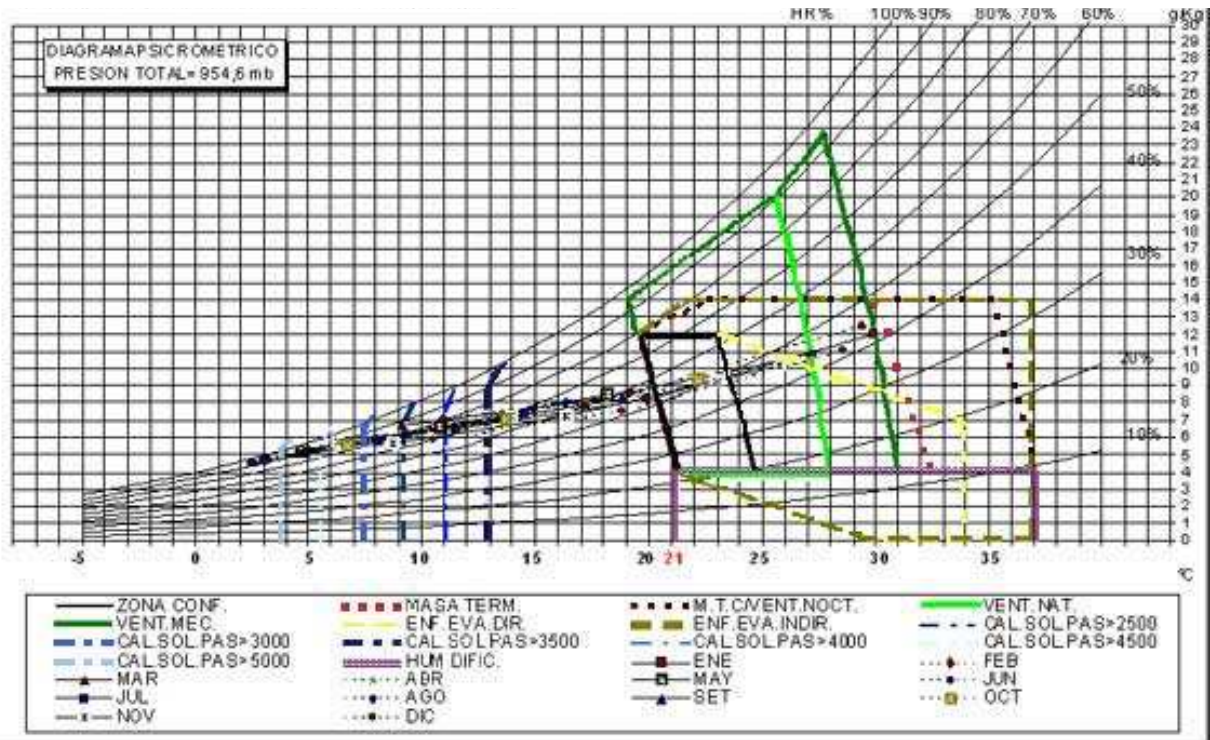


Figura 2: Diagrama bioclimático de Givoni para Santiago

Se estudian las variables del clima en el diagrama bioclimático de Givoni (Gonzalo G. 1998) de acuerdo a las características de las temperaturas templadas en media estación, la comodidad resulta muy fácil de alcanzar; sin embargo, en invierno y en verano las estrategias de diseño permiten acomodaciones ambientales para permanecer en la zona de bienestar. Las técnicas del diseño bioclimático se acentuaron especialmente para lograr el objetivo principal, ahorro de energía en la estación más fría; ya que en verano, las oscilaciones térmicas diarias permiten ventilación nocturna resultando más demandante la ventilación de las horas de mayor calor.

Los principios bioclimáticos se consideran en el diseño del conjunto de acuerdo al máximo aprovechamiento solar en las viviendas y la ventilación de verano.

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Location: CHL_Santiago_IWEC.epw, (-33.4°, -70.8°)

Date: 1st December - 28th February

Time: 00:00 - 24:00

© Weather Manager

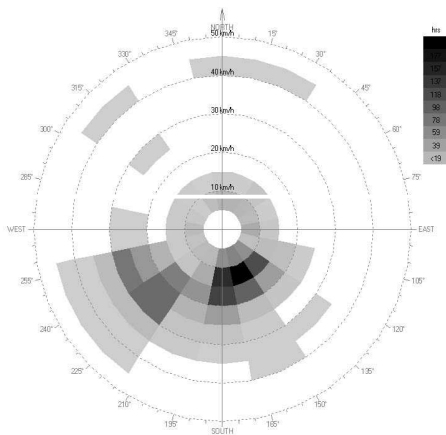


Figura 3: Estudio vientos en verano

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Location: CHL_Santiago_IWEC.epw, (-33.4°, -70.8°)

Date: 1st June - 31st August

Time: 00:00 - 24:00

© Weather Manager

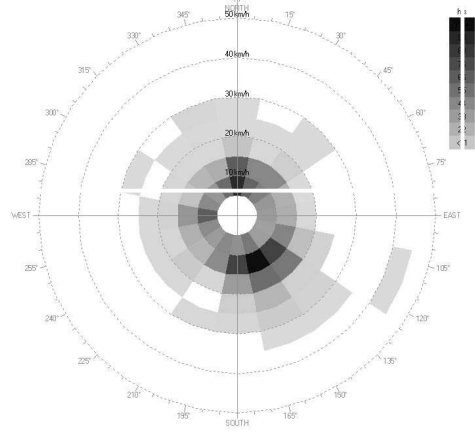
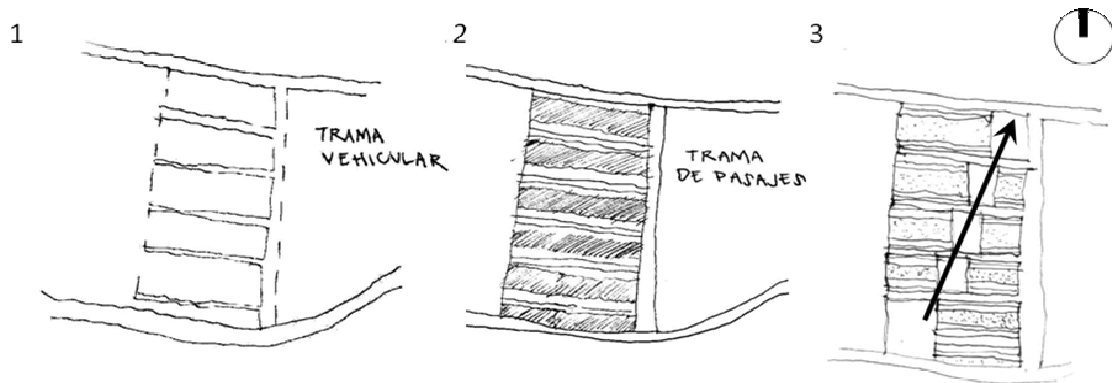


Figura 4: Estudio vientos en invierno

Diseño urbano y propuesta del conjunto



1. Trama vehicular. 2. Trama de pasajes peatonales. 3. Trama de plazas en dirección predominante del viento en verano.

Figura 5: Desarrollo del trazado

La estructura espacial del conjunto se fundamenta a partir de insertar una nueva trama donde sus ejes incorporan a la ciudad y el clima.

A. Longitudinal: calle principal en el borde nor-oriental que vincula las avenidas existentes al norte y al sur.

B. Transversal: se intercalan ejes vehiculares con ejes peatonales privilegiando un distanciamiento entre las unidades para permitir un soleamiento continuo en la fachada norte durante todo el año, se determina esta medida a través de un estudio de proyección de sombra.

C. Diagonal: a partir de la observación de los vientos predominantes sur – este en verano, y en busca de refrescar con ventilación natural el conjunto. Se ordenan a modo de eje diagonal una sucesión de plazas, que permite recorrer el conjunto en su largo mayor dominando la totalidad espacial en este recorrido, generando una situación de continuidad y totalidad. Este eje remata en sus extremos en dos plazas mayores que dan cabida una a un espacio deportivo y otro espacio comunitario.

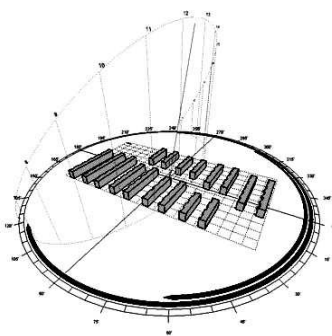


Figura 5: Estudio solar 21 de Dic. generado en el programa ecotect

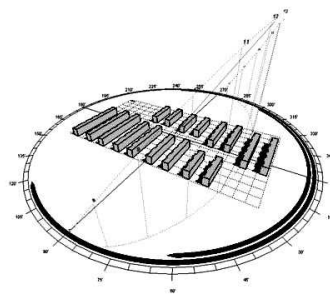


Figura 6: Estudio solar 22 de Sept. generado en el programa ecotect

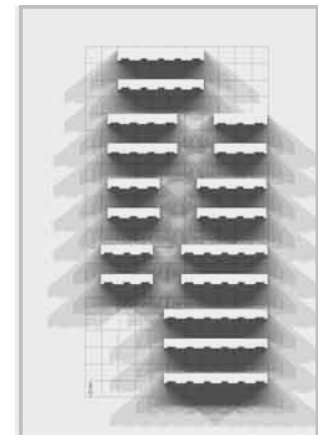


Figura 7: Estudio de sombra 21 de Jun. generado en el programa ecotect

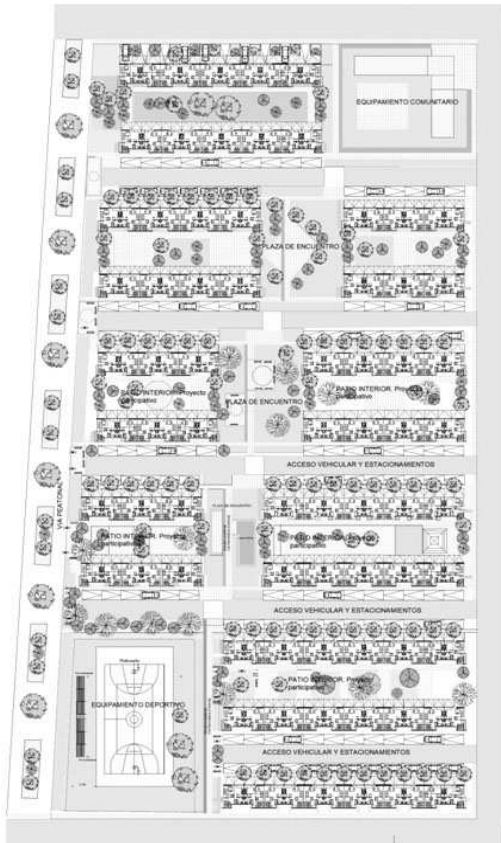
Sustentabilidad social.

El adecuado manejo del entorno físico, requiere de las condiciones medioambientales y diseño del lugar, mejorando la seguridad objetivas y disminuyendo el efecto negativo de la percepción de inseguridad (Jeffery C. R.; Jacobs J., Newman O.; posteriormente Ronald Clark, entre otros). Se han introducido los principios de prevención situacional en diferentes áreas del desarrollo del hombre⁷, para esto se cuenta con una clara metodología y herramientas operativas, basada en las siguientes estrategias que son aplicadas en esta propuesta:

1. Participación comunitaria en la creación del entorno: los patios interiores tomarán distintas características, dependiendo de los proyectos que los vecinos impulsen mediante postulaciones a fondos concursables para el mejoramiento de entorno.

2. Identidad de lugar y sentido de pertenencia: los patios interiores son espacios para manifestar identidad y apropiación territorial, están pensados para que sean los propios vecinos quienes decidan que harán en ellos. Para esto diseñamos accesos desde cada vivienda, de modo que el espacio público no sea ajeno y desconectado de la funcionalidad de la vivienda, alcanzando la calidad de patio comunitario.

⁷ En la vivienda social se planea incorporar los estándares mínimos de prevención situacional en las fichas de calificación de los proyectos de viviendas sociales de la DPH del MINVU.



3. **Mantenimiento y cuidado.** Los patios interiores entre los bloques de vivienda están conectados visualmente hacia la zona central, no así funcionalmente, estos son solo para el uso de los residentes de los bloques que lo conforman. Esta relación visual busca una continuidad espacial, generando la sensación de entrada desde el parque al interior de la zona de vivienda. Definidos por elementos de pavimento, entregan a los vecinos un espacio acotado en sus dimensiones, para mejor manejo y cuidado. Como también el reconocimiento de un espacio de pertenencia e identidad. El espacio verde central del conjunto (parque, espacio de estar, pista recreativa etc.) se plantea como un lugar que reúne en sus

Figura 8: Conjunto

borde actividades recreativas y de esparcimientos, plazoletas de estar, juegos, lugares de descanso o encuentro. Esto permite distribuir estas actividades a lo largo de todo el conjunto, evitando así concentraciones de actividad que dejan otras áreas abandonadas. Por otro lado permite una integración funcional y visual desde las viviendas del borde. Las dimensiones de este espacio permiten tener campos visuales despejados para generar condiciones de seguridad.

4. **Participación comunitaria en la seguridad:** capacidad de ver y ser visto en el espacio público. Se plantea en esta proposición 3 niveles para el buen manejo de los elementos de diseño que favorezcan los campos visuales despejados. El bloque de viviendas tiene ventanas y puntos de acceso en sus 4 costados, facilitando la vigilancia natural del entorno a ella. Los estacionamientos, se ubican frente a cada vivienda para facilitar la vigilancia y observación natural entorno al espacio público y común. Se define una secuencia de límites: público, semi público y privado, a la manera de un cruce de umbrales permitiendo el control natural de acceso. Cada sector del parque central tiene un ingreso, conformado por elementos simples, un parrón, una pérgola, una escultura.

Figura 8: Conjunto



Figura 9: Parrón vinculo vivienda patio comunitario.

Figura 10: Plazas centrales en eje diagonal.

LA VIVIENDA.

El proyecto se basa en la siguiente observación: las viviendas sociales son ampliadas en extensión, de esta forma la envolvente se rompe y se agrega una nueva parte.

Luego se plantea por este motivo, que en esta vivienda debe permanecer intacta una envolvente térmica de alta eficiencia ya que esto garantiza un comportamiento ambiental de bienestar. A partir de esta idea se piensa una vivienda de crecimiento interior, donde exista un vacío a ser completado, habilitado según los requerimientos del propietario, por lo cual se propone una vivienda en tres niveles. El primero de acceso, estar, cocina y baño; el segundo dispuesto a ser habilitado y un tercero de dormitorios.

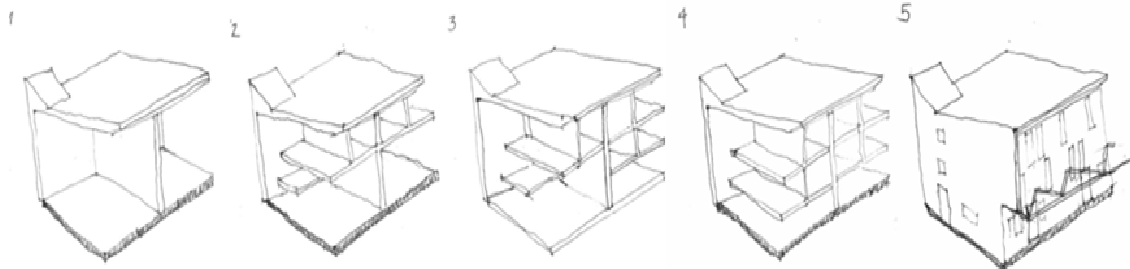


Figura 11: Desarrollo interior.

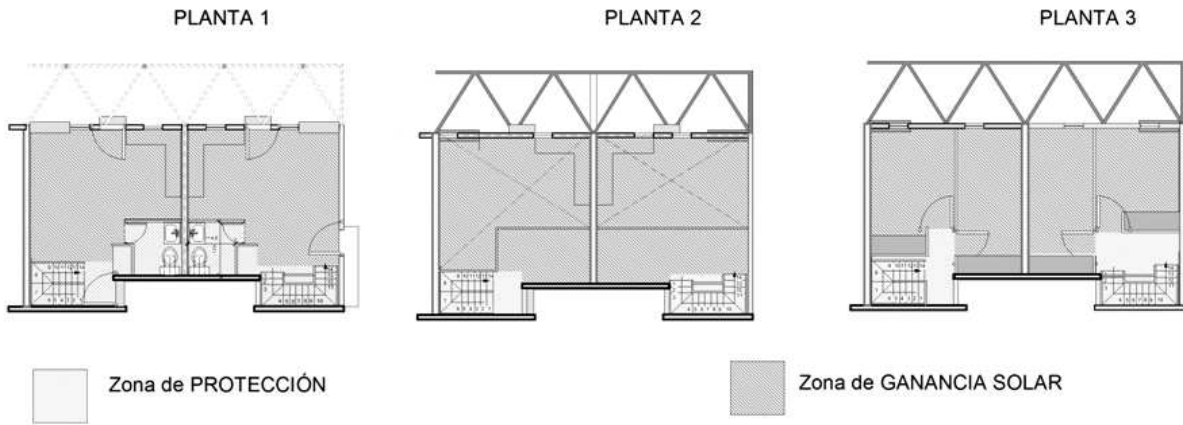


Figura 12: Esquema conceptual de organización.



El equipo plantea como principio fundamental de alta eficiencia energética una envoltente térmica, Figura 13. Reforzada por el agrupamiento de las viviendas en un factor forma compacta que permite optimizar la eficiencia energética del volumen.

Al interior de esta envoltente la vivienda crece sin modificar las condiciones de habitabilidad (propias de ampliaciones espontáneas y desordenadas que alteran el perímetro). La organización del programa genera una zona tapón que integra la circulación vertical, el baño y el acceso. Los espacios nobles actuales y futuros en su totalidad se ubican al norte. La orientación es fundamental tanto para el planteamiento de las estrategias solares de calefacción e iluminación natural como las estrategias de ventilación sanitaria y enfriamiento. La fachada norte expuesta al aprovechamiento solar de invierno incorpora en el primer nivel un muro trombe termo ventilado, el color de la superficie exterior será rojo oscuro facilitando la absorción de la máxima radiación solar. La ubicación del muro trombe otorga un ritmo secuencial a la fachada

Figura 13: Envoltente térmica.

A partir del modelamiento bajo parámetros de cielo cubierto y uniforme, mediante comparación, se determino que las ventanas dispuestas de forma vertical tienen una captación de la radiación solar con menor variación a lo largo del día y durante el año, que las ventanas horizontales, la superficie de ventanas se determino en busca de un equilibrio entre iluminación interior, pérdidas y ganancias térmicas de acuerdo al comportamiento del vidrio monolítico. En base a la medida constructiva de montantes de 122 x 244cm. se determino medio panel de ancho como medida de la ventana, lo que es coincidente con el ancho de una persona 61 cm.

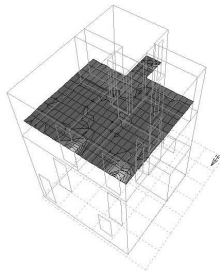


Figura 14: 21 junio 12:00 N3

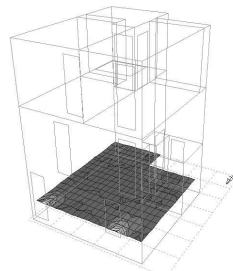


Figura 15: 21 junio 12:00 N1

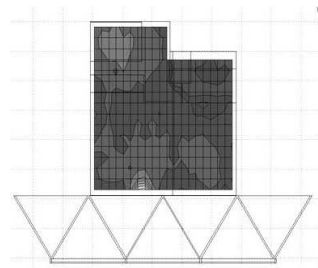


Figura 16: 21 dic 12:00 protección solar

Para controlar el sobrecalentamiento de verano en esta fachada se incorpora un parrón, para crecimiento de vegetación de hoja caduca. En el segundo nivel se incorpora un “brise soleil ” que permitirá filtrar bloqueando gran parte de la radiación solar de verano.

En términos de la fachada, las ventanas se han dispuesto en un orden que permita evitar la repetición monótona e interprete la libertad otorgada por la modulación de montantes a 122 cm, estas permiten una lectura del volumen de mayor unidad e integridad.

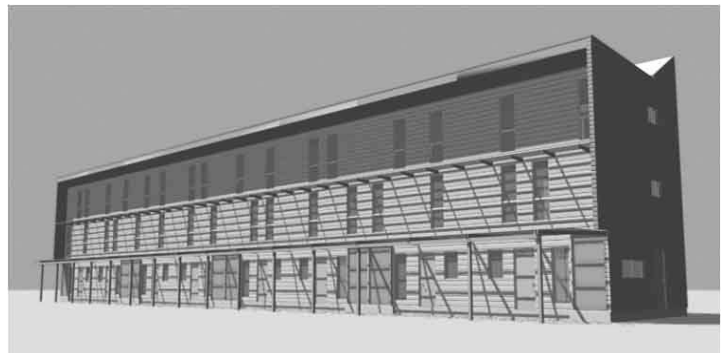


Figura 17 : fachada con elementos de protección solar

COMPORTAMIENTO PASIVO ESTACIONAL

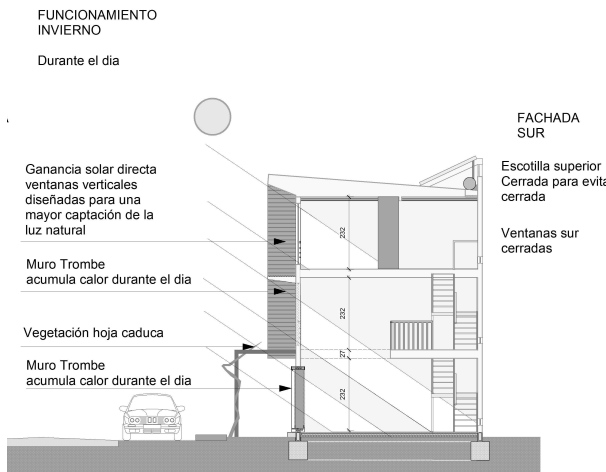


Figura 18: diagrama operación invierno día

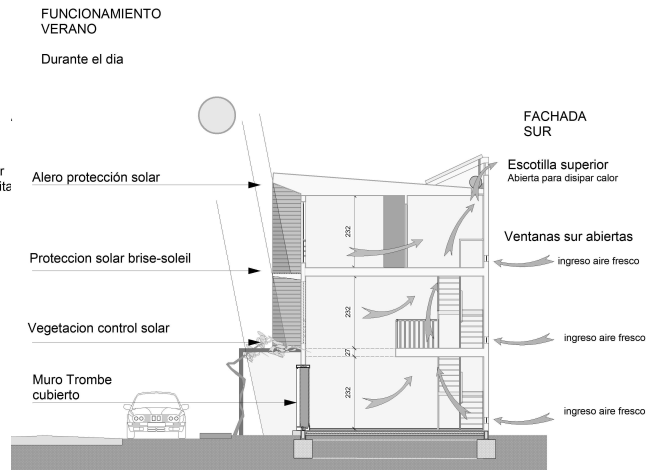


Figura 19: diagrama operación verano día

La fachada sur se compone de recintos a modo de tapón. Domina la envolvente térmica; las ventanas son escotillas que permiten el ingreso de aire fresco y húmedo, especialmente en verano. El ingreso de aire controladamente permite satisfacer los requerimientos de ventilación sanitaria en invierno. En esta fachada la incorporación de los paneles solares, permite una chimenea controlada de enfriamiento constituida desde el primer nivel por el vacío de la escalera.

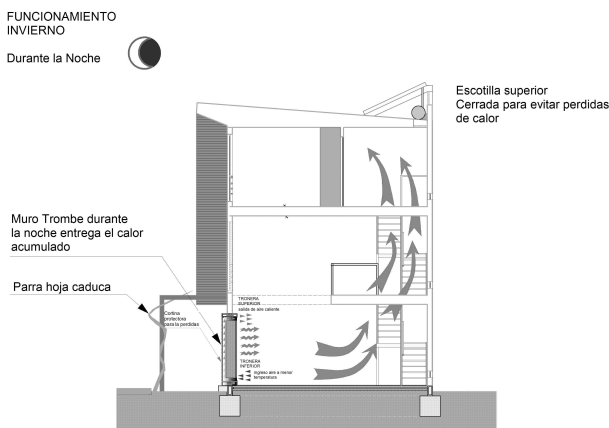


Figura 20: diagrama operación invierno noche

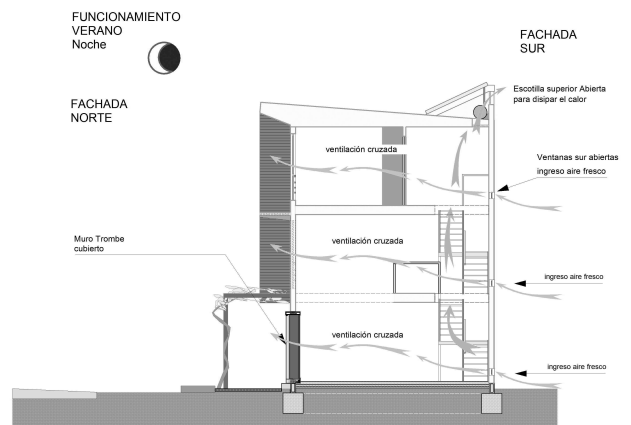


Figura 21: diagrama operación verano noche

DISEÑO CONSTRUCTIVO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

La envolvente de alta eficiencia térmica de las viviendas se resolvió de acuerdo a la tabla 2.

Muro $U=0,58 \text{ W/m}^2\text{°C}$	Techumbre $U=0,48 \text{ W/m}^2\text{°C}$	Ventanas $U=5,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$	Piso $KI=1 \text{ W/m}^2\text{°C}$
yeso cartón 10mm	plancha metalica zinc alum	vidrio simple 5mm.	radier afinado
poliestireno expandido 30mm	lana mineral 80mm	perfilería de aluminio	poliestireno 30mm
plancha osb 10mm.	plancha yeso cartón 10mm		polietileno
asbesto cemento			ripió compactado

Tabla 2: Soluciones constructivas de los elementos y coeficientes térmicos.

La pérdida de calor por ventilación fue calculada para 1 renovación horaria, de acuerdo a $0,35nV$; resultando $68,5 \text{ W/°C}$. Las pérdidas totales de calor Q_p , dependiendo la ubicación de cada modelo, en la esquina vivienda A, son $216,3 \text{ W/°C}$ y vivienda pareada B; $194,2 \text{ W/°C}$. La demanda de energía fue simulada durante el año completo, Grafico 2; se trabajó con los grados días en la ciudad de Santiago base $18,3 \text{ °C}$, resultando menor que cualquier modelo de construcción tradicional en albañilería de valor $U=2,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ en muros.

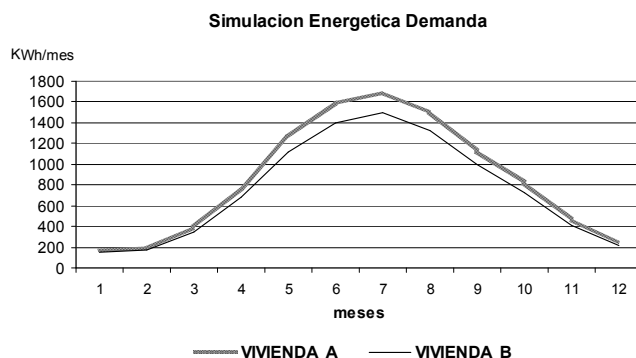


Grafico 2: Simulación demanda anual de energía.

En esta simulación de la demanda se consideraron los siguientes aportes, Tabla 2.

APORTES	Cantidad [W]	Total Unidades	Aportes [Watt]	Total [kWh]
ILUMINACION	20	6	120	0,12
PERSONAS	70	4	280	0,28
TROMBE	112,2	1	112,2	0,1122
VENTANAS	759	1	759	0,759
APORTES VENTANAS + TROMBE + PERSONAS + ILUMINACION				1,2712

Tabla 3: Aporte de energía anual

Se constata que el muro trombe aporta una pequeña parte de calor, sin embargo se considera necesario tomando en cuenta el alto costo de energía para calefaccionar. Los sistemas utilizados habitualmente en las viviendas sociales son altamente contaminantes; una tecnología pasiva ofrece una alternativa limpia y económica.

Luego, considerando la diferencia de temperatura entre interior (20°C) y exterior (0°C), planteada en el concurso; la potencia de energía demandada en la vivienda de esquina A, es 4,3 [kW] y en la vivienda pareada B, 3,8 [kW]. Finalmente la potencia demanda anual de energía por superficie unitaria construida; es baja resultando un ahorro orden del 50% respecto a un modelo tradicional, Tabla 4.

VIVIENDA	Potencia kW	Aportes	Total demanda-aportes	Potencia W	Superficie m2	W/m2	kWh anuales	kWh /m2 anuales
A	4,32	1,2712	3,05	4.450	78	57,05	4.116	53
B	3,88	1,2712	2,61	3.970	75	52,93	3.522	47

Tabla 4: Demanda anual de energía según superficie construida.

CONCLUSIONES

El equipo constata que la sustentabilidad se incorpora desde múltiples áreas de intervención, la calidad medioambiental además de estar ligada a variables climáticas y de eficiencia energética se encuentra con variables sociales que pueden ser abordadas desde el diseño a partir del manejo de diferentes escalas graduando la secuencia de lo público a lo privado.

A partir de generar un crecimiento interior y utilizando una envolvente térmica de alta eficiencia, es posible hacerse cargo de la ampliación de la vivienda, manteniendo todos los recintos nobles orientados al norte y conservando la eficiencia energética a lo largo de la vida útil de la edificación.

El modelamiento de la iluminación natural, bajo parámetros de cielo cubierto y uniforme, permitió verificar mediante la comparación de resultados que las ventanas dispuestas de forma vertical tienen una captación de la radiación solar de mejores niveles de iluminancia a lo largo del día y durante el año.

La demanda de energía fue modelada para la vivienda sin ampliación. Si consideramos la ampliación en un modelo final, la demanda de energía disminuiría en 15%, según los aportes de nuevas luminarias y ocupación; sin embargo, la calidad ambiental disminuirá demandando mayor ventilación, con la consiguiente pérdidas de calor. Es una tarea futura evaluar esta situación.

REFERENCIAS

- Gelardi y Estevez, 2004, La dimensión ambiental de la arquitectura como eje organizador del procedimiento proyectual para una arquitectura sustentable, artículo publicado en Asades, "avances en energías renovables y medio ambiente"
- Sarmiento, P., 1999, Energía solar en Arquitectura y construcción. Editorial Ingesol Ltda., Viña del mar Chile.
- Lavigne, P., 1994, Architecture Climatique, Une contribution au developpement durable. Tome 1: bases physiques. La Calade, Aix en Provence, edisud.
- Nch 853, 2007, Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Calculo de resistencias y transmitancias térmicas. Editorial Inn.
- Nch 1079 Of.77, 1971, Arquitectura y Construcción, Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico". Editorial Inn.

Givoni, B., 1969, Man Climate an Architecture, Elsevier Publishing Company Limited, England.

Gonzalo, Guillermo. Ed. Tucuman. 1998. "Manual de Arquitectura Bioclimática"

Olgiay, V., 1998, "Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas". Ed. Gustavo Gili.

BIOCLIMATIC SUSTAINABLE GROUP HOUSING IN SANTIAGO DE CHILE: PROPOSAL FOR A INTERIOR GROWTH MODEL

ABSTRACT: In the context of the Second National Energy Efficiency Award for Social Housing Energy Saving, congregated by the Housing and Urbanism Department (MINVU), The Energy Department, and the program País Eficiencia Energética, proposed for new urban sites. The proposal for urban design and collective housing is developed according to methodology on the bioclimatic principles appropriate to the city of Santiago de Chile. The main goal is to achieve high energy efficiency and environmental quality. We worked with the lowest budget assigned for social housing, equivalent to \$15.750 us dollars.

The whole proposition is based on the development of different scales according the house grouping, in which the house enlargement happens inside a protected high thermal efficiency envelope and bioclimatic operation, achieving 50% energy savings.

Keywords: Social housing, energy saving, sustainability.