



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS SUSTENTABLES EN CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

RONY RICARDO RAMÍREZ VEGA

PROFESOR GUÍA:
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MAURICIO TOLEDO VILLEGAS
ROLF SIELFELD CORVALÁN

SANTIAGO DE CHILE
DICIEMBRE 2010

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo a mi familia: mi mamá, mis dos hermanos, mi hermana y mis sobrinos, a quienes les debo todo lo que soy, son ellos quienes me guiaron y motivaron en la decisión de estudiar Ingeniería Civil y han sido fundamentales en cada uno de mis logros, apoyándome incondicionalmente en cada una de las etapas de mi vida. No debo dejar de mencionar a mi Padre que aunque ya no está con nosotros, sé lo orgulloso y feliz que se sentiría en este momento. Me encantaría que estuviera aquí.

También agradezco a Gaby, mi polola y compañera, con quien he aprendido mucho y ha sido un apoyo fundamental en lo personal y académico, siempre tiene las palabras y consejos adecuados para sacar lo mejor de mí, te amo.

Muy importantes han sido en esta etapa de mi vida los amigos de siempre: Marcelo, Hermes, Claudio, Esteban, Tapia, Paco y Negro ojalá nuestra amistad perdure en el tiempo y nunca nos falten motivos por los cuales celebrar y compartir.

No debo dejar de mencionar a todos los profesores que formaron parte de mi vida universitaria y en particular a los integrantes de mi comisión, por su apoyo y confianza brindada en este Trabajo de Título.

Muchas gracias a todos.

A mi Mamá y mi Papá,
que por fin les doy esta gran alegría.

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: RONY RAMÍREZ VEGA
FECHA: 30/11/2010
PROF. GUÍA: Sr. Carlos Aguilera G.**

**“ESTUDIO, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS SUSTENTABLES EN CHILE”.**

Dados los altos porcentajes que presenta la industria de la construcción, en el consumo energético y emisiones de CO₂ a nivel mundial, es que esta se debe reformular y buscar maneras más limpias de continuar con su actividad.

Frente a estos antecedentes, es que surge la construcción sustentable, la cual se basa en la utilización de aplicaciones y tecnologías que permitan a los inmuebles reducir su huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida, utilizar mayoritariamente energías renovables y mejorar significativamente su eficiencia energética.

Los objetivos de este Trabajo de Título corresponden a catastrar seis de los más importantes edificios sustentables, diseñados y construidos en nuestro país en los últimos cinco años y describir las tecnologías utilizadas en éstos, para disminuir su perturbación al medio ambiente a causa de su construcción y ciclo de vida. De forma complementaria se confeccionaron fichas técnicas que resumen las aplicaciones que presenta cada uno de los proyectos. También se realizó una representación sistemática de cada edificio estudiado denominada “*gPOP Model*”, con el propósito de distinguir los procesos y consideraciones organizacionales que se llevaron a cabo para realizar los proyectos, además de indicar sus requisitos, soluciones escogidas y posteriores desempeños alcanzados.

Como resultado del Trabajo de Título se presentan las fichas técnicas de cada edificio estudiado donde se especifican sus características generales y tecnologías empleadas, las cuales junto a la descripción que se realizó de las distintas tecnologías y variantes que éstas poseen, pueden ser de gran ayuda a los diseñadores, proyectistas y mandantes de futuros proyectos sustentables.

Del análisis generado por medio de los *gPOP Model* se concluye que las consideraciones sustentables de los edificios en estudio, corresponden mayoritariamente a los elementos constructivos utilizados y a la forma en que se satisfacen los requerimientos de los proyectos. Por lo que se recomienda que las consideraciones se repartan de manera más equilibrada en las categorías de *Product*, *Organization* y *Process* para alcanzaran mejores desempeños sustentables.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1- INTRODUCCIÓN GENERAL	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Antecedentes.....	10
CAPITULO 2- EDIFICIOS SUSTENTABLES.....	11
2.1 Edificio Habitacional Inteligente Bicentenario.....	11
2.2 Edificio Homecenter Copiapó.....	17
2.3 Edificio Hotel Explora Rapa Nui.....	24
2.4 Edificio Titanium La Portada.....	29
2.5 Edificio Costanera Center	33
2.6 Edificio Transoceánica.....	37
CAPITULO 3- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.....	41
3.1 Sitio Sustentable	41
3.2 Eficiencia en el uso de agua.....	54
3.3 Energía y Atmósfera	66
3.4 Materiales y Recursos.....	89
3.5 Calidad del Aire Interior.....	95
CAPITULO 4- FICHAS TÉCNICAS DE LOS EDIFICIOS ANALIZADOS.....	102
CAPITULO 5- GPOP MODEL.....	109
5.1 Construcción de un <i>gPOP Model</i>	109
5.2 <i>gPOP Model</i> de los Edificios Analizados	110
CAPITULO 6- CONCLUSIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	127

CAPÍTULO 1- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Introducción

En el último tiempo, temas como el cambio climático y el calentamiento global han tomado mucha fuerza a nivel mundial y nuestro país no es la excepción a esto. Dichos problemas surgen principalmente por las emisiones masivas de CO₂ a la atmósfera, producto de las actividades industriales productivas intensivas y la quema masiva de combustibles fósiles para la obtención de energía.

Dado que la industria de la construcción es responsable de un 36% del consumo energético mundial y del 30% de las emisiones de CO₂ (Montoya, 2009), es que ésta se debe reformular frente al panorama mundial actual y buscar maneras más limpias de continuar con su actividad. Así es como la eficiencia en los recursos energéticos y ambientales en las construcciones serán los aspectos de diseño y construcción primordiales, que deberán enfrentar los ingenieros y arquitectos en los próximos años.

En este marco es que surge la denominada construcción sustentable, la cual se basa en que los inmuebles cuenten con aplicaciones y tecnologías que les permitan tener grandes ventajas medio ambientales, al reducir su huella de carbono en todo su ciclo de vida, usar mayoritariamente energías renovables y mejorar significativamente su eficiencia energética.

Debido a lo anterior, nace la necesidad de realizar un estudio que, en primera instancia, efectúe un catastro de los principales edificios sustentables de nuestro país, posteriormente identifique y analice las tecnologías que se están utilizando en éstos, para poder describir el estado del arte sobre esta materia y permita visualizar los alcances que se pueden obtener con el uso de dichas tecnologías y finalmente realice una comparación de los proyectos estudiados.

La primera parte de este estudio presenta 6 edificios sustentables de nuestro país, junto con las tecnologías sustentables utilizadas en estos, además de sus respectivos desempeños. Las tecnologías utilizadas se catalogan según el elemento del proyecto al cual están enfocadas. Para dicha tipificación se utilizaron las categorías manejadas por la certificación de edificios sustentables *LEED v2.2 (Leadership in Energy and Environmental Design)*, pues ésta es la certificación más utilizada a nivel mundial y es la que está estableciendo los lineamientos generales en construcción sustentable a nivel internacional (Maldonado, 2009).

En el tercer capítulo se realiza una descripción en detalle de cada una de las tecnologías utilizadas, además se especifican sus posibles variantes, características de uso y los resultados que se pueden obtener con la utilización de estas.

El cuarto capítulo corresponde a una síntesis de las tecnologías empleadas por cada edificio estudiado, la cual se presenta como una ficha técnica correspondiente a cada proyecto, donde se especifican las características generales de estos y las tecnologías empleadas según las categorías antes mencionadas.

A modo de especificar, dar más claridad al análisis de las tecnologías utilizadas y facilitar la comparación de los proyectos, en el quinto capítulo se aplicará a cada edificio estudiado una metodología denominada “*gPOP Model*”, la cual, por medio de una representación sistemática, permite distinguir tanto los procesos, como las consideraciones organizacionales que se realizaron para llevar a cabo el proyecto, además de señalar claramente los requisitos y las soluciones escogidas, junto con los posteriores desempeños obtenidos y no quedarse solamente con las descripciones de las tecnologías incorporadas.

El denominado “*gPOP Model*” surge de la necesidad de hacer comparable los proyectos sustentables y se basa principalmente en los “*POP model*” desarrollados para la utilización de modelos multidisciplinarios de comportamiento para proyectos de diseño y construcción.

A continuación se presenta un esquema indicativo de los contenidos del trabajo de título que permite tener una visión global de los temas tratados en éste.

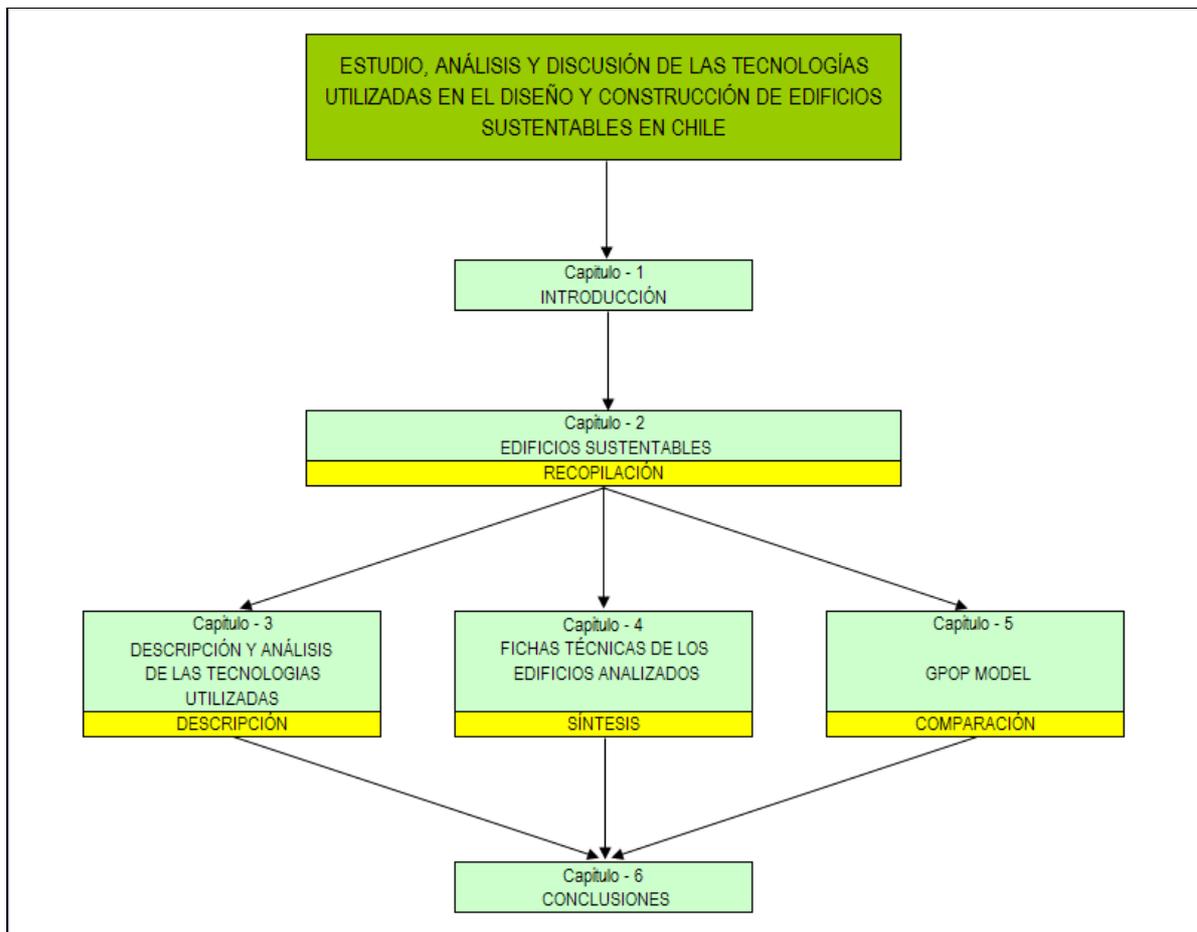


Figura 1.1 Esquema trabajo de título.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Generales

Los Objetivos Generales de este Trabajo de Título corresponden a catastrar seis de los más importantes edificios sustentables diseñados y construidos en nuestro país en los últimos cinco años y describir las múltiples tecnologías utilizadas en éstos, para disminuir su perturbación al medio ambiente a causa de su construcción y ciclo de vida; y disminuir los efectos negativos que provocará en los que la llevarán a cabo y en los que posteriormente vivirán en ellos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las tecnologías utilizadas en seis edificios sustentables del país.
- Analizar cada una de las tecnologías y clasificarlas según las categorías manejadas por la certificación de edificios sustentables *LEED v2.2*.
- Las categorías de las mencionadas tecnologías son:
 - Sitio sustentable.
 - Eficiencia en el uso de agua.
 - Energía y atmósfera.
 - Materiales y recursos.
 - Calidad del aire interior.
 - Innovación en el diseño.
- Describir las ventajas y desempeños que se pueden obtener con cada una de estas tecnologías.
- Confeccionar una ficha técnica de cada uno de los edificios analizados, donde se resuman las aplicaciones con las que éste cuenta desde el punto de vista de la sustentabilidad.
- Confección de *gPOP model* para cada edificio.

1.3 Antecedentes

Los antecedentes con los cuales se confeccionará este estudio corresponden a los entregados por los propietarios, proyectistas, arquitectos y/o ingenieros, a través de los informes de proyecto. Además, se realizaron una serie de entrevistas con los proyectistas y desarrolladores de los edificios para lograr especificar los objetivos que éstos buscaban y los resultados que finalmente obtuvieron.

Para la descripción de las tecnologías, se cuenta con la información obtenida de los informes antes mencionados y se consultó literatura técnica especializada.

CAPÍTULO 2- EDIFICIOS SUSTENTABLES.

Estos últimos años, en nuestro país se ha construido gran cantidad de edificios que se designan como proyectos de construcción sustentable, sin embargo, algunos de éstos no poseen ningún tipo de consideraciones en ese sentido, y utilizan este término de manera equívoca o de forma de darle algún tipo de publicidad a sus proyectos.

En las siguientes páginas se presenta la descripción de seis edificios sustentables en nuestro país, con sus respectivas metodologías, tecnologías y resultados obtenidos, en el marco de la sustentabilidad.

2.1 Edificio Habitacional Inteligente Bicentenario.



Proyecto:	Edificio Habitacional Inteligente Bicentenario.
Ubicación:	Antofagasta, II Región.
Arquitectura:	- sin Información -
Calculo Estructural:	Rodrigo Cuevas.
Construcción:	Constructora Cuevas Ltda.
Superficie Terreno:	- sin información -
Superficie Construida:	3.000 m².
Inversión:	US\$ 3.000.000
Costo / Superficie:	24 UF/m²
Certificación:	No Posee.
Consultor LEED:	- no aplica -
Estado:	Construido.
Año Término Construcción:	2007.
Uso:	Residencial.

Este edificio es el primero de los llamados Edificios Habitacionales Inteligentes Sustentables (E.H.I.S.). Dicha denominación nace de su creador, diseñador y calculista, el Ingeniero Civil Sr. Rodrigo Cuevas, la cual se refiere a aquellos edificios cuya regularización, supervisión y control del conjunto de sus instalaciones eléctricas, de seguridad, informática, transporte y todas las formas de administración de energías que pueda poseer, se realizan en forma eficiente, integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficiencia operativa y al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros. Esto se logra a través de un diseño arquitectónico y estructural totalmente funcional, sustentable, modular y flexible, en donde se requiere del trabajo en conjunto de expertos en diversas áreas, tales como,

ingeniería, computación, telecomunicaciones, construcción, diseño de interiores, maquetistas virtuales, simulación asistida virtual y ecologistas.

Los principales parámetros que se consideraron en su concepción fueron:

- Eficiencia en el uso de energéticos y consumibles renovables.
- Adaptabilidad, a un bajo costo, a los continuos cambios tecnológicos requeridos por su entorno y ocupantes.
- Proveer un entorno ecológico tanto interior como exterior, que sea a la vez habitable y sustentable.
- Niveles óptimos de confort para sus ocupantes en el diario vivir.
- Altamente seguro.
- Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento. Máxima automatización.
- Lograr eficacia, a través de optimización para predicción y prevención.
- Uso de materiales que han necesitado la menor energía posible para ser obtenidos.
- Uso de materiales que han generado la menor cantidad de residuos posibles.
- Uso de materiales que en su gran mayoría se biodegraden una vez cumplido el ciclo de vida del edificio.
- Utilización de mano de obra local.

Eficiencia en el uso de agua

En esta categoría el proyecto se centró en disminuir al máximo su consumo de agua potable.

Estrategias sustentables:

- Control del riego de cubiertas ajardinadas.
- Cuenta con tecnología de punta que disminuye a cero filtraciones de agua mediante electro-válvulas.
- Sanitarios y grifería de bajo consumo de agua (doble descarga). Se instalaron 2 sanitarios de este tipo por cada departamento

Energía y Atmósfera

Un punto de suma importancia es el bioclimatismo, en cuyo diseño se cuidó la perfecta forma ergonómica oeste, la estructura espacial, la disposición de cristales y canales de ventilación natural y el diseño de espacios intermedios, de forma que sólo a través de estas herramientas, el edificio logra una importante ganancia térmica en la temporada invernal y gracias a la ventilación natural, logra mantener condiciones adecuadas en la temporada estival, sin ningún tipo de sistema electro-mecánico.

En estas viviendas se ha conseguido una alta eficiencia energética. Se estima que los edificios consumen alrededor de un 50% menos de lo que consumen edificios convencionales de la misma superficie (Cuevas, 2009). Asimismo, se ha aplicado el uso de energías alternativas. Un ejemplo de ello, es el agua de la piscina, la cual se tempera por medio de un calefactor electrónico, diminuto dispositivo que controla la temperatura según las condiciones del ambiente, además, el Ph del agua se maneja con ionización electrónica.

Estrategias sustentables:

- Control de intensidad de las luminarias de bajo consumo (dimerización en todas las áreas).
- Control de las luminarias en baños y sectores comunes, utilizando detectores ultrasónicos (mientras exista presencia humana el sistema encenderá la luces, siendo controladas también por la intensidad y horario de la ubicación de la vivienda).
- Ascensores que por medio de una membrana de pesaje detectan su máxima capacidad, evitando detenciones innecesarias entre pisos.
- Iluminación Led, con elevada eficiencia de conversión en dormitorios, vida útil desde las 100.000 horas.
- Dispone de cubiertas con jardines que permiten una inercia térmica y aislamiento del edificio (sobre todo en verano).
- Su construcción es sencilla y empleó menos de la mitad de la energía usada en edificios similares.
- Muros de carga (de alto aislamiento e inercia térmica).
- Cubiertas refractantes y carpinterías con compuertas para permitir el paso del aire (efecto chimenea).

Algunos resultados obtenidos:

- Ahorro de 40% de la energía total que consumen normalmente edificios de similares características en su etapa de construcción (Cuevas, 2009).
- Ahorro de un 80% energía eléctrica, 60% en agua potable y 50% en gas licuado (Cuevas, 2009).
- 90% ahorro directo en electricidad por iluminación (Cuevas, 2009).
- Deja de emitir al espacio 15,5 toneladas de Dióxido de carbono (CO₂) por año (Cuevas, 2009).

Materiales y Recursos

En esta categoría se buscó privilegiar el uso de materiales tales, que han necesitado la menor energía posible para ser obtenidos, además de aquellos que han generado la menor cantidad posible de residuos.

Estrategias sustentables:

- Materiales no emiten sustancias nocivas para la salud.
- Utiliza materiales reciclados y materiales que son reciclables.
- Sus elementos resistentes están dotados de nuevas tecnologías de aumento de resistencia en el tiempo, basado en soluciones químicas no contaminantes.
- Se favoreció la utilización de materiales que fueran biodegradables, pensando en la demolición del edificio una vez cumplido el ciclo de vida.

Calidad del aire interior.

Utilizando ecuaciones de temperatura efectiva y temperatura media de la piel, junto con otros valores de confort, y comparándolos con mediciones efectuadas con termómetros ambientales digitales de alta precisión, higrómetros digitales, termómetros infrarrojos y anemómetros, se demostró una óptima zona de confort en todas las dependencias del edificio, indicando que la temperatura promedio fue de 21 °C, con una humedad relativa del orden de 48%. Con todos los estudios previos realizados en la concepción de Edificio Bicentenario, se han disminuido costos inmediatos de calefacción y salud.

Respecto de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), el edificio se encuentra totalmente libre de éstas, dado que los materiales usados para su construcción se escogieron precisamente con ese criterio.

Estrategias sustentables:

- Control de la temperatura de los ambientes por medio de sistemas automatizados.
- Sistema de ventilación natural, a base de ventilación cruzada y canales que obtienen aire de la cara oeste, y lo distribuyen por el interior y exterior de las viviendas.
- Purificador de aire, mediante la dispersión de nano-partículas de plata, tecnología neoplasma.

Innovación en el diseño.

Todos los departamentos del Edificio Bicentenario están equipados con sistemas automáticos de monitoreo.

Estrategias sustentables:

- Control del consumo energético y manejo de la temperatura deseada mediante micro partículas de plata.
- Control remoto en las persianas de los departamentos, de los electrodomésticos, iluminación, electro-válvulas, detectores de humo y gas.
- Todo el edificio está controlado por una unidad central, que monitorea el buen funcionamiento de éste.

2.2 Edificio Homecenter Copiapó.



Proyecto:	Homecenter Copiapó.
Ubicación:	Copiapó, III Región.
Arquitectura:	José Manuel Figueroa y Arquitectos Asociados.
Calculo Estructural:	- sin información -.
Construcción:	- sin información -.
Superficie Terreno:	24.662 m².
Superficie Construida:	11.348 m².
Inversión:	- sin información -.
Costo / Superficie:	- sin información -.
Certificación:	LEED NC, Silver (34 Puntos).
Consultor LEED:	Miranda & Nasi.
Estado:	Construido.
Año Término Construcción:	2008.
Uso:	Retail.

Este proyecto corresponde al primer edificio *retail* en Chile en recibir la certificación *LEED* en agosto de 2009. Pertenece a la conocida cadena Homecenter Sodimac y es el nuevo local que se inauguró en la tercera región del país. Ésta cadena se ha caracterizado en los últimos años por su fuerte relación y compromiso, tanto con sus trabajadores, como con la comunidad, a través de campañas solidarias, de reciclaje y otras que se enfocan principalmente en el cuidado del medio ambiente, lo cual los llevó a la decisión de construir este proyecto bajo alguna certificación medio ambiental, debido a lo cual, junto con la seriedad y credibilidad que otorga el *U.S. Green Building Council*, es que escogieron la certificación *LEED* para alcanzar su propósito.

Los principales parámetros que se consideraron en su concepción fueron:

- Estudio de la ubicación mediante análisis bioclimáticos.
- Lograr una arquitectura que permita una disminución en los consumos de energía eléctrica superior a un 80% respecto de un consumo promedio en estas tiendas.
- Ubicación respecto a servicios públicos y uso de transporte público.
- Manejo de las aguas lluvias.
- Rechazo del calor solar.
- Aprovechamiento de la luz natural.
- Ahorro en consumo de agua potable y energía.
- Estímulo al uso de energías renovables.
- Control de la polución durante el proceso constructivo.
- Manejo de desechos sólidos, junto a reutilización y reciclaje de materiales.
- Reducción de emanaciones nocivas en el interior del local.
- Proyección de equipos de climatización de acuerdo a condiciones de la zona climática.
- Uso de equipos de iluminación de última tecnología.

Sitio sustentable

Se escogió con especial cuidado el emplazamiento de este proyecto, de modo de obtener una eficaz cobertura de las vías de transporte público y lograr que éste interviniera lo mínimo posible el ambiente.

Estrategias sustentables:

- Se tomaron medidas de mitigación para controlar la erosión y contaminación de la tierra y del ambiente durante el período de construcción y la posterior operación.
- Tiene un adecuado acceso a los buses de transporte público de la ciudad.
- Recuperación de terreno contaminado. El terreno donde se emplaza la tienda contenía gran cantidad de relave minero.
- Luces exteriores instaladas, las que se dispusieron de manera de evitar la contaminación lumínica hacia el cielo y los terrenos aledaños.



Figura 2.1 Terreno recuperado para la construcción.

Eficiencia en el uso de agua

En esta categoría los mayores esfuerzos se enfocaron en el paisajismo para disminuir el uso de agua, ya que en este ítem se tenía los mayores porcentajes de consumo.

Estrategias sustentables:

- Se implementaron en el proyecto de paisajismo 3550 m² de área de jardines con especies autóctonas y adaptadas.



Figura 2.2 Sector de jardín con especies autóctonas.

- Utilización de grifería especializada de bajo consumo instalada en vanitorios, WC, urinarios, y duchas.

Algunos resultados obtenidos:

- Los jardines no han requerido de riego, a casi un año de su implementación.
- Se ha logrado una reducción de un 23% del consumo de agua potable

Energía y Atmósfera

En esta categoría se buscó el mínimo consumo energético, junto con privilegiar el uso de energías renovables.

Estrategias sustentables:

- Se implementa el uso de 45 unidades de paneles solares para el calentamiento del agua, gracias a las cuales se logra un ahorro de 84% de energía para este propósito.



Figura 2.3 Paneles solares.

- Se utilizan 33 unidades de equipos humidificadores a base de agua para enfriar el aire de la sala de ventas, con un mínimo impacto ambiental, a diferencia de los equipos de aire acondicionado tradicionales.
- Se instalaron ventanas abatibles automáticas que liberan aire caliente del interior de la sala de ventas.



Figura 2.4 Ventanas abatibles.

- Techos blancos y sombreamientos conforman parte del aislamiento del edificio.



Figura 2.5 Sombreamiento del edificio.

- Se incorporó en el diseño el uso de un sistema de energía geotérmica, a través de un sistema de torre de enfriamiento, la cual es capaz de enfriar 500 m³ de agua, los que se utilizan para enfriar la zona de oficinas y permite un ahorro del 80% en este ítem.
- Se instalaron ventanas verticales y lucarnas para permitir el ingreso de luz natural; este diseño permite el ingreso de la luz directa del sol sólo en invierno.
- Se usan lámparas de alta eficiencia energética que poseen sensores para dimerizarlas cuando aumentan los niveles de luz natural.

Algunos resultados obtenidos:

- Se han reducido en un 50% las necesidades de energía respecto a un equipo tradicional de enfriamiento de aire.

Materiales y Recursos

Se privilegió la reutilización de los materiales de la antigua tienda de esta cadena en la misma ciudad, junto con el uso de materiales de origen regional producidos a una distancia no mayor a 800 km.

Estrategias sustentables:

- Los desechos de la etapa de construcción se manipularon de manera de evitar la polución a los terrenos aledaños y fueron enviados posteriormente a rellenos sanitarios, previo a su clasificación para reciclaje.
- Se reutilizaron algunos elementos de la tienda antigua.
- Los materiales de la obra fueron en un 40% de origen regional.
- Los residuos producidos en la etapa de operación se clasifican diariamente para enviar a centros de reciclaje.

Calidad del aire interior

Dado que este complejo está diseñado para la atención de un gran número de clientes, es que en esta categoría se utilizaron múltiples alternativas, con el fin de mantener un ambiente interior adecuado, dadas las altas temperaturas que se alcanzan en el exterior en los meses de verano.

Estrategias sustentables:

- Se cuenta con un control centralizado para sensores de temperatura y humedad, instalados en la sala de venta y en las oficinas de todo el edificio.
- Se realizan renovaciones del volumen de aire por sobre los valores mínimos indicados en la norma, a través de equipos evaporativos.



Figura 2.6 Equipos evaporativos.

- Se utiliza el viento predominante (S-W) para generar un efecto *VENTURI*, que colabora con la extracción de aire caliente desde el interior de la tienda. Dicho efecto tiene una capacidad de succión igual a 19,8 Pascales.

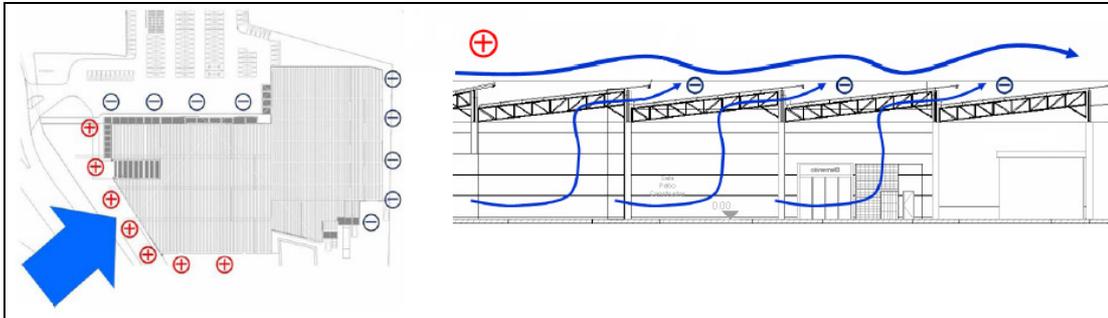


Figura 2.7 Esquema Efecto *Venturi*.

- Para la construcción se usaron maderas aglomeradas sin resina, además de tabiquerías y recubrimientos sin COV, todos certificados por los fabricantes ante el *USGBC*.
- Se instalaron ventanas que permiten ingreso de luz natural a un 93% de los espacios.



Figura 2.8 Ventanas para luz natural.

Innovación en el diseño.

El proyecto contó con un equipo multidisciplinario encargado de su diseño medio ambiental y con la asesoría de un profesional acreditado *LEED*.

2.3 Edificio Hotel Explora Rapa Nui



Proyecto:	Hotel Explora Rapa Nui, Posada Mike Rapu.
Ubicación:	Sector Te Miro O'one, Isla de Pascua, V Región.
Arquitectura:	José Cruz Ovalle y Asociados
Calculo Estructural:	RG Ingenieros y Mario Wagner.
Construcción:	Constructora GHG.
Superficie Terreno:	90.000 m².
Superficie Construida:	5.400 m².
Inversión:	US\$ 15.000.000
Costo / Superficie:	66 UF/m².
Certificación:	LEED NC, Silver (35 Puntos).
Consultor LEED:	Miranda & Nasi.
Estado:	Construido.
Año Término Construcción:	2007.
Uso:	Hotelería.

Este proyecto se convirtió, en febrero de 2009, en el primer edificio en Chile y el segundo hotel fuera de Estados Unidos, en obtener la certificación *LEED*. Corresponde al tercer conjunto de la conocida compañía turística nacional *EXPLORA* y responde fielmente a los principios de ésta, un profundo contacto con la naturaleza junto con un gran espíritu de viaje.

El complejo se levanta en una colina, ubicada aproximadamente a unos 8 Km. de Hanga Roa, en Isla de Pascua, en un sector privilegiado entre los paisajes del océano y los faldeos del volcán Rano Raraku. Si bien desde un inicio no estaba considerado obtener la certificación, su arquitecto José Cruz Ovalle siempre apuntó

al concepto sustentable, debido a las reglamentaciones ambientales de la Isla y a las especificaciones realizadas por la empresa dueña del hotel.

Los principales parámetros que se consideraron en su concepción fueron:

- Crear un edificio que fundiera el paisaje, el relieve, los ecosistemas y los recursos culturales (históricos y arqueológicos) de la Isla.
- Los trazados de arquitectura se realizarían de manera que siguieran la pendiente del terreno y materializados con muros de piedra de la Isla, sobre los que se levantarían estructuras de madera que conforman las paredes exteriores y las cubiertas.
- Realizar los revestidos con materiales opacos para evitar reflejos, de tal forma que la arquitectura se presente atenuadamente en el paisaje.
- Usar materiales mayoritariamente nativos.
- Diseño que privilegie espacios y circulaciones exteriores cubiertas.
- Permitir excelente calidad del aire interior.
- Utilización eficiente de la luz exterior en todos sus recintos.
- Lograr una relación excepcional entre el edificio y su entorno natural.

Sitio sustentable

El área del hotel contempló una superficie total edificada aproximada de 5000 m². El edificio fue proyectado íntegramente en un sólo piso y se adapta cuidadosamente a la topografía del terreno, en base a un conjunto suelo-plataforma.

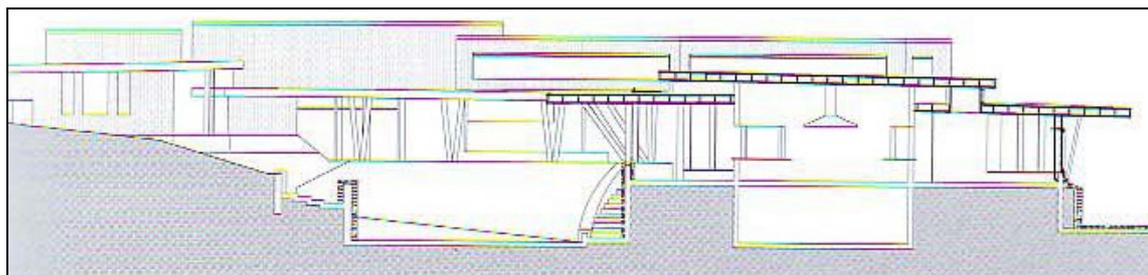


Figura 2.9 Conjunto suelo-plataforma.

Dada la naturaleza del proyecto, un aspecto importante fue el aprovechamiento del entorno natural. En ese sentido, no se proyectaron modificaciones mayores a la vegetación existente, a excepción de raleo y corte parcial de bosquetes de eucaliptos, para evitar caída de ramas en mal estado, garantizar circulaciones y vistas predeterminadas, además de limpieza de malezas y matorrales.

Estrategias sustentables:

- La construcción del proyecto se inició con la remoción de vegetación sólo en aquellas áreas destinadas a contener edificaciones. Solamente en caso de ser necesario se removió la capa de suelo vegetal, la que se acopió en un sector alejado de las obras, para ser reutilizada al término de la construcción en las áreas de jardines.
- Se liberó más del 90% del terreno para áreas verdes, protegiendo las especies nativas. La superficie terreno es de 10 hectáreas y la superficie construida es de 5000 m².
- Transporte para el personal del hotel (70% originario de la isla), evitando uso de vehículos personales.
- Control y medición permanente de las emisiones de polvo, ruido y gases generados durante la construcción.

Eficiencia en el uso de agua

La ubicación de este proyecto ya indicaba que en este ítem se debía poner especial énfasis, lo cual llevó a que se obtuviera la totalidad del puntaje disponible en esta categoría de acuerdo a la certificación *LEED* (5 Puntos).

Estrategias sustentables:

- Cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) del tipo lodos activados, la cual cubre el 100% de sus necesidades correspondientes a la población máxima y a sus dotaciones respectivas.
- El complejo cuenta mayoritariamente con especies nativas de la Isla, y se contempló hacer uso del efluente de la PTAS para el riego en caso de requerirse y los excedentes de estos serán infiltrados. Lo cual implica un 0% de utilización de agua potable para riego.

Energía y Atmósfera

En este aspecto el proyecto se enfoca en reducir al máximo el consumo de energía a través del uso de interesantes alternativas.

Estrategias sustentables:

- Funciona con un sistema de cogeneración por recuperación de gases de escape de grupos diesel.
- Posee sensores de CO₂ en todas las áreas comunes de hotel, en los sistemas que regulan el aire interior.
- De acuerdo al clima subtropical que posee la Isla, la construcción se pensó con una graduación total de los espacios; hay interiores cerrados y abiertos,

exteriores sombreados y exteriores totales para favorecer la ventilación natural.

- Monitoreo de los consumos energéticos.
- Estructura de masa robusta con retención térmica.

Materiales y Recursos

Se utilizó uno de los materiales más abundantes de la Isla para el recubrimiento exterior, la piedra volcánica, con el propósito de enfatizar la estrecha relación del edificio con la Isla. Respecto a los residuos, se siguen altos estándares respecto a su disposición y reciclaje

Estrategias sustentables:

- Los residuos sólidos generados durante la construcción correspondieron a restos de embalajes de equipos, restos de materiales de montaje, restos de construcción y despuntes, los cuales fueron clasificados in situ para posteriormente ser destinados a los vertederos municipales.
- Clasificación de los desechos diarios para su reciclaje.
- Los residuos más tóxicos, como aceite quemado de generadores y grasa de cocina, son entregados a la I. Municipalidad, la cual se encarga de enviarlos a Valparaíso a plantas de tratamientos de hidrocarburos.
- Se utilizó piedra volcánica originaria de la Isla y greda cocida para el recubrimiento del zócalo de hormigón perimetral.



Figura 2.10 Zócalo perimetral en piedra volcánica.

- Utilización de madera laminada certificada

Calidad del aire interior

Dado que el edificio corresponde a un hotel, se necesitaba que éste brindara un excelente confort térmico y calidad interior a sus visitantes.

Estrategias sustentables:

- Ventanas altas hacia el bosque en las habitaciones que favorecen la ventilación natural cruzada.
- Posee sensores de CO₂ para mantener niveles adecuados para sus ocupantes.
- Lucarnas y ventanas con estudiadas ubicaciones para favorecer la luz natural.



Figura 2.11 Lucarnas que favorecen la luz natural.

- Uso de pinturas, selladores y adhesivos de baja emisividad de COV.
- Posee amplias áreas de ventanas que permiten la vista hacia el mar.
- Monitoreos de temperatura e iluminación.

Innovación en el diseño.

Durante todo el proceso, desde la planificación del proyecto se contó con un Jefe de Mantenimiento, Energía y Medio Ambiente, el que posteriormente fue asesorado por una oficina de certificación *Leed*.

Características destacadas en el uso de agua, como la planta de tratamiento de aguas servidas para el 100% de la población y su reutilización para riego, le otorgan puntos adicionales en este aspecto.

2.4 Edificio Titanium La Portada.



Proyecto:	Edificio Titanium La Portada.
Ubicación:	Avenida Isidora Goyenechea 2800, Las Condes, Santiago.
Arquitectura:	Senarq S.A.
Calculo Estructural:	Alfonso Larraín V.
Construcción:	Constructora Senarco S.A.
Superficie Terreno:	12.000 m².
Superficie Construida:	125.000 m².
Inversión:	UD\$ 170.000.000
Costo / Superficie:	32 UF/m².
Certificación:	LEED CS, Pre-Certificado Gold (41 Puntos).
Consultor LEED:	Miranda & Nasi Consultores.
Estado:	Construido.
Año Término Construcción:	2010.
Uso:	Oficinas.

Titanium La Portada, con sus 190 metros de altura, es hasta el momento el edificio más alto construido en nuestro país. El edificio ha renovado uno de los barrios más emblemáticos y hasta hace muy poco, uno de los más deteriorados de la ciudad, La Portada de Vitacura. El proyecto se inició con la idea de ser uno de los edificios líderes, en la categoría de edificios sustentables en nuestro país, debido a lo cual se somete desde su diseño al proceso de certificación *LEED*, siendo el primer proyecto en Sudamérica en ser aceptado por el *USGBC*. Actualmente posee una pre-certificación *LEED (Core & Shell)* en la categoría *Gold* (41 Puntos).

Los principales parámetros que se consideraron en su diseño fueron:

- Diseño bajo las pautas que propone el *USGBC* para edificios de oficinas de plantas libres.
- Amplias superficies destinadas a jardines y uso público.
- Forma que enfrente el viento predominante y evite turbulencias en el entorno.
- Modelación del comportamiento energético del edificio durante los 365 días de año.
- Utilización de ventilación natural.
- Vistas privilegiadas a las áreas verdes que rodean el edificio.
- Uso de materiales que no produzcan efectos nocivos en la salud de sus ocupantes.
- Lograr una alta eficiencia energética.
- Privilegiar el uso de transporte público o vehículos eficientes.
- Reciclar los residuos generados diariamente por el funcionamiento del edificio.

Sitio Sustentable.

En este aspecto el proyecto obtuvo una alta puntuación en la certificación *LEED* (12 de 15 puntos) debido a su excelente localización central, conectividad con servicios de transporte público y accesibilidad peatonal a una serie de servicios básicos tales como supermercados, bancos, restaurantes, etc. Además cabe mencionar que el terreno estaba siendo utilizado por un antiguo edificio muy deteriorado.

Estrategias sustentables:

- Recuperación de un terreno previamente utilizado.
- Edificio de alta densidad, superficie construida respecto a la superficie del terreno.
- Ubicación cercana a variada infraestructura urbana.
- Fácil acceso a transporte público, metro y microbuses.
- 70% áreas libres en el primer nivel.
- Estacionamientos preferenciales para vehículos de bajo consumo.
- Número mínimo de estacionamientos exigidos.
- Estacionamientos para bicicletas.
- Para la techumbre y las terrazas, se utilizaron materiales blancos, para ayudar a evitar el efecto isla de calor.
- Control y medición de las emisiones de polvo, ruido y gases generados durante la construcción.

Eficiencia en el Uso de Agua

En esta categoría los diseñadores se propusieron optimizar al máximo el consumo de agua potable, para lo cual escogieron griferías y sanitarios eficientes, junto con evitar el consumo de agua para riego.

Estrategias sustentables:

- Instalación de sanitarios eficientes de doble descarga.
- Instalación de grifería de bajo consumo
- Elección de especies vegetales que requieren poco riego, para formar los jardines.
- Utilización del agua condensada en los equipos de climatización para riego paisajístico, aporte de un 30% del agua de riego.

Energía y Atmósfera

En este ítem, se busco la racionalización del consumo energético, a través de la utilización de herramientas de última tecnología.

Estrategias sustentables:

- Modelación del comportamiento climático, simulando las energías pasivas durante los 365 días del año.
- Muro cortina de cristal laminado, que disminuye considerablemente la carga térmica solar, lo cual permite ahorros en aire acondicionado.
- Sistema de climatización descentralizado mixto de volumen de refrigerante variable (VRV), en los cuales cada piso se climatiza según sus necesidades y cada oficina paga sus consumos particulares, lo cual incentiva el ahorro energético.
- Ascensores, que permiten recuperar la energía generada al frenar, la cual se re inyecta al sistema.
- Se estima un ahorro de 30% de energía, respecto a un edificio de iguales características.

Materiales y Recursos

En esta categoría los aspectos de interés fueron el reciclaje de los desechos de construcción y la utilización de materiales regionales.

Estrategias sustentables:

- 40% del total de sus materiales extraídos y fabricados regionalmente a menos de 800 km. de distancia del proyecto.

- Desechos de construcción han sido reciclados en un 90%, a través de empresas recolectoras con manejo sustentable comprobado.

Calidad del Aire Interior

Estrategias sustentables:

- Todas las pinturas, sellos y adhesivos utilizados, al interior del edificio son libres de compuestos orgánicos volátiles (COV).
- El muro cortina utilizado, frena el paso de rayos infrarrojos, los cuales son nocivos para la salud, sin desmedrar el paso de luz natural. Ésta también se ve favorecida por la menor profundidad de las plantas del edificio.
- El sistema de climatización instalado maneja de forma adecuada el confort térmico interior.
- Posee aletas inductoras de turbulencias, que favorecen el ingreso de aire por sus entradas de aire horizontales.

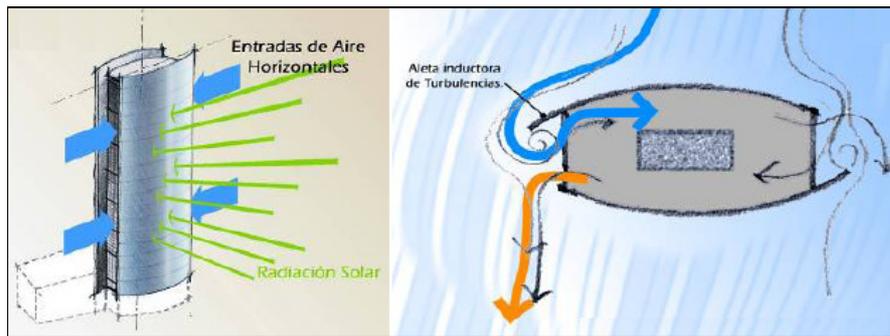


Figura 2.12 Aletas inductoras de turbulencia.

Innovación en el Diseño.

El proyecto contó con la participación de la oficina Miranda & Nasi Consultores desde su planificación. Dicha oficina trabajó activamente con los arquitectos y proyectistas de las distintas especialidades, para cumplir con los requerimientos que exige la certificación en sus distintas áreas.

Dado que el proceso de certificación es bastante extenso, se decidió enviar los créditos de diseño en forma anticipada para su revisión y los restantes se enviaron una vez que el edificio estuvo completamente terminado.

2.5 Edificio Costanera Center



Proyecto:	Costanera Center.
Ubicación:	Av. Andrés Bello con Nueva Tajamar, Providencia, Santiago.
Arquitectura:	Pelli Clarke Pelli – Alemparte Barreda Asoc.
Calculo Estructural:	René Lagos y Asociados.
Construcción:	Salfa Construcciones.
Superficie Terreno:	47.000 m².
Superficie Construida:	700.000 m².
Inversión:	US\$ 600.000.000
Costo / Superficie:	20 UF/m².
Certificación:	En proceso de postulación LEED NC, Gold (44 Puntos).
Consultor LEED:	Poch Ingeniería.
Estado:	En Construcción.
Año Término Construcción:	2011.
Uso:	Oficinas.

Costanera Center es un proyecto que actualmente se encuentra en pleno proceso de construcción y contará con la torre más alta de toda Sudamérica, con 300 metros de altura. Desde su inicio no sólo pretendió ser el edificio más alto de Chile, sino también el más sustentable, objetivo que logró el año 2009, al ser escogido por la consultora *Colliers International* como el edificio de construcción más verde de nuestro país, luego de una investigación que duro casi dos años.

La construcción de esta mega estructura fue iniciada el año 2007, pero a causa de la fuerte crisis económica la obra tuvo que detenerse en 2008 durante casi

un año. El complejo que se espera esté terminado para 2011, albergará a gran cantidad de empresas chilenas y multinacionales, además de un centro comercial, restaurantes, cine y también espacios destinados para vivienda.

Las principales características que rigieron su diseño fueron:

- Utilización de materiales no nocivos para la salud de los ocupantes y de preferencia reciclados.
- Implementación de un buen sistema de aislamiento térmico.
- Utilización de un sistema de climatización eficiente.
- Diseño abocado al uso inteligente tanto del consumo de agua como de energía.
- No generar impactos negativos en el entorno.

Sitio Sustentable

El proyecto cuenta con distintas alternativas, enfocadas todas ellas a no perjudicar el entorno durante su construcción, ni en su etapa de operación.

Estrategias sustentables:

- Ubicación en un terreno previamente urbanizado,
- Excelente conexión con medios de transporte público, metro y buses.
- Control y medición permanente de las emisiones de polvo, ruido y gases generados durante la construcción.
- Reducción de polvo en suspensión a través de riegos sistemáticos con camiones aljibes.
- Cuentan con una planta de hormigones interna, que permite evitar los problemas que provocaría el alto flujo de camiones destinado a abastecerlos.
- Implementación de 30.000 m² de techos verdes, que prevendrán el efecto isla de calor.
- Construcción de alta densidad, superficie construida respecto a superficie del terreno. Construcción de 700.000 m² en terreno de 47.000 m².

Eficiencia en el Uso de Agua

En esta categoría se centran en no desperdiciar el agua proveniente de la lluvia, además de algunas estrategias de ahorro en el consumo.

Estrategias sustentables:

- Especies autóctonas en jardines y cubierta verde en más de un 50%.
- Recuperación de las aguas lluvias a través de los techos verdes, para almacenarlas y utilizarlas en riego de estos mismos.

- Instalación de sanitarios eficientes de doble descarga.
- Temporizadores en todos los sistemas de agua potable de lavatorios, para usar sólo la cantidad de agua necesaria.

Energía y Atmósfera

La mayoría de los sistemas están implementados con el objetivo de ahorrar energía y estar en sintonía con el medio ambiente, por ejemplo, para el sistema de climatización se usan las aguas del Canal San Carlos, las cuales posteriormente a su uso se devuelven purificadas al cauce.

Estrategias sustentables:

- Monitoreo y control de las demandas eléctricas del proyecto.
- Integración de climatización e iluminación por medio de un sistema de control.
- Instalación de iluminación de bajo consumo, la cuales cuentan con sistema de dimerización.
- Se espera ahorrar hasta un 60% de energía eléctrica en iluminación.
- Se contempla el uso de ascensores del tipo doble cabina, los cuales, a través de un sistema de control inteligente, pueden servir a las demandas de los pasajeros de 2 pisos en forma simultánea, lo cual representa un gran ahorro de energía.
- El sistema de climatización utilizará agua del Canal San Carlos, la cual primero pasará por un proceso de decantación, para luego transitar por los equipos enfriadores de aire acondicionado. Este sistema utiliza menos energía eléctrica que un sistema convencional.
- Existirán equipos de cogeneración que permitirán recuperar el calor para producir aire frío.

Materiales y Recursos

En este punto el proyecto optó por la utilización de material reciclado para la construcción y contó con medidas de disposición de los residuos.

Estrategias sustentables:

- Para la construcción se utilizó acero 100% reciclado, y que en un caso eventual podría ser nuevamente utilizado.
- Los residuos de la construcción son llevados a vertederos autorizados donde estos se reciclan.

Calidad del Aire Interior

Se optó por materiales que no afectaran la salud de los ocupantes, además de mantener niveles de confort en los ambientes del edificio.

Estrategias sustentables

- Sistemas de monitoreo y control tanto de temperatura como de luz al interior del edificio, para asegurar el confort de los ocupantes.
- Se utilizaron materiales libres de compuestos orgánicos volátiles.

Innovación en el Diseño

El proyecto contó con la asesoría de la empresa Poch, la cual ha establecido una alianza con la Consultora Internacional *Beca*, para lograr ofrecer los servicios de coordinación y gestión para obtener la certificación *LEED* de las torres de Costanera otorgada por el *USGBC*. El consorcio Beca-Poch ha asumido las tareas de supervisión de los requerimientos exigidos por el organismo certificador, la gestión asociada a la certificación, y la generación de documentación técnica asociada al proceso.

2.6 Edificio Transoceánica.



Proyecto:	Edificio Corporativo Transoceánica.
Ubicación:	Santa María de Manquehue, Santiago.
Arquitectura:	+ARQUITECTOS (Alex Brahm, David Bonomi, Marcelo Leturia, Maite Bartolomé, Felipe Jara).
Calculo Estructural:	Gatica & Jiménez Ingeniería.
Construcción:	SIGRO.
Superficie Terreno:	20.000 m².
Superficie Construida:	12.000 m².
Inversión:	US\$ 15.000.000
Costo / Superficie	30 UF/m².
Certificación:	En proceso de postulación LEED NC, Gold.
Consultor LEED:	IDIEM.
Estado:	En Construcción.
Año Término Construcción:	2010.
Uso:	Oficinas.

Este proyecto corresponde al nuevo edificio institucional de Empresas Transoceánica, la cual es una compañía de inversiones de capitales, cuyas áreas de interés son la inmobiliaria, hotelería y turismo, agroindustrial y logística. El diseño de este edificio se inició alineando la visión de desarrollar un proyecto sustentable e innovador y se tomó la decisión de construirlo con tecnología de punta en aspectos ambientales, de climatización e iluminación y apoyado por sistemas de control de última generación.

Las principales características que rigieron su diseño fueron:

- Contar con un sistema de eficiencia energética, orientado a reducir la demanda.
- Diseño enfocado a evitar ganancias térmicas.
- Contar con la última tecnología en sistemas de climatización e iluminación.
- Lograr un ahorro de energía equivalente de un 20% que un edificio de oficinas de características similares.
- Mejorar la calidad de los espacios de trabajo.
- Adoptar una postura respetuosa con el medio ambiente.
- Instaurar referentes del sistema de ahorro energético en nuestro país.

Sitio Sustentable

En esta categoría el proyecto contempló la liberación de un extenso terreno para espacios públicos.

Estrategias sustentables:

- Terreno de 20.000 m² de superficie. Sólo se utilizaron 6.000 m² para el proyecto constructivo, el resto se liberó para un parque de 14.000 m², que pasará a ser parte de los espacios públicos de la ciudad.
- Control y medición de las emisiones de polvo, ruido y gases generados durante la construcción.

Eficiencia en el Uso de Agua

En esta categoría cuentan con algunas consideraciones que permiten disminuir el consumo de agua potable.

Estrategias sustentables:

- Proyecto de paisajismo únicamente con especies nativas, las que requieren un mínimo de agua para su consumo.
- Utilización de artefactos y grifería de bajo consumo.

Energía y Atmósfera

El primer aspecto abordado por el diseño fue el adecuado emplazamiento, orientación, radiación solar y protección solar de los recintos. En forma posterior a esto, se evaluó un sistema de alta eficiencia energética, orientado en la reducción de la demanda; con este propósito se revisaron experiencias extranjeras, en particular respecto al monitoreo, registro y análisis de la información mecánica del edificio.

En este proyecto los elementos pasivos tales como la adecuada orientación, el aprovechamiento de la luz natural, el aislamiento y protección solar aportan con el 80% de la disminución de energía.

Estrategias sustentables:

- El sistema de iluminación artificial considera principalmente equipos fluorescentes T5, de bajo consumo y con balast digitales.
- Sistema de iluminación está integrado a sensores de luz natural, de forma que entrega sólo luz en caso de ser necesario.
- Termopaneles en la envolvente con cámara de aire de 16 mm, los cuales tienen una transmitancia térmica de $1,4 \text{ [W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C]}$.
- Toldos exteriores de protección solar que responden a una estación meteorológica geo referenciada, la cual examina la radiación solar y su inclinación según la época del año.
- Quiebravistas fijos de madera.
- Aislamiento de cubierta a través de una doble losa.
- Sistema de climatización que obtiene agua desde una napa subterránea, el cual, por medio de un intercambiador de calor, alimenta un sistema de capilares que se dispusieron en el enlucido de las losas, permitiendo una climatización por radiación.
- Sistema de respaldo al de climatización, con chiller eléctrico con bomba de calor.
- Todos los sistemas descritos anteriormente están integrados en un sistema de control que permite su monitoreo y calibración, lo que permite reducir aún más el gasto energético estimado.

Resultados esperados:

- Este edificio, gracias a los sistemas anteriormente mencionados, debería tener un consumo aproximado a los $35 \text{ KWh/m}^2 \text{ año}$, frente a los $180 \text{ Kwh/m}^2 \text{ año}$ que consumen los edificios de oficinas de alto estándar construidos hasta ahora en Chile (Todo Obras, 2010).

Materiales y Recursos

En este punto el proyecto optó por la utilización de materiales reciclados y otros de de origen y elaboración cercano.

Estrategias sustentables:

- Utilización de acero reciclado.

- Áridos y yeso utilizado en la construcción son de origen regional, menos de 800 Km. de distancia.

Calidad del Aire Interior

En este aspecto este proyecto puso mucho énfasis, ya que uno de sus objetivos era lograr una alta calidad de los espacios de trabajo, basado en el confort lumínico, térmico y de ventilación de los recintos.

Estrategias sustentables:

- Se incorporaron al diseño lucarnas de iluminación cenital, para maximizar la penetración de luz natural.
- El flujo de agua fría de la napa, se utiliza para preenfriar el aire fresco de inyección, que se impulsa al edificio a través de una manejadora de aire central con recuperador de calor, bajo piso falso, y a una muy baja velocidad (2 m/s.). La toma de aire se emplaza sobre un espejo de agua, con lo que se humidifica naturalmente el aire fresco y se ingresa al equipo con un par de grados menos de temperatura.
- El sistema de inyección de aire, junto con el sistema de climatización por capilares, aseguran un flujo de aire fresco, a temperatura estable y sin percepción de flujos de aire, permitiendo un ambiente con altos estándares de confort.
- El diseño del sistema de iluminación contempla mayoritariamente el uso de luz natural, y en caso de ser ésta insuficiente, se recurre al uso de iluminación artificial eficiente.

Innovación en el Diseño

El edificio está postulando a la certificación LEED Gold del USGBC, certificación a la que es posible acceder especialmente por bajo gasto energético que permite el diseño y los sistemas integrados al edificio. La consultaría en la administración y coordinación del proceso de certificación está a cargo de IDIEM, específicamente de su área de energía.

CAPITULO 3- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.

En este capítulo se brindará una descripción detallada de cada una de las tecnologías que poseen los seis proyectos en estudio, en cada una de sus categorías y de las posibles variantes que posee cada una de ellas. Además, se analizarán las características comunes que se presentan en los distintos edificios.

3.1 Sitio Sustentable

La localización del edificio es un aspecto central en la construcción sustentable y a menudo no es tenida en cuenta. Aunque algunas recomendaciones sugieren la localización de la vivienda u oficinas en medio de un ambiente totalmente natural, esto no siempre es lo más adecuado, primero porque se interviene un sector que aún se mantiene en su estado natural y en segundo lugar porque al estar aisladas aumentan el consumo de energía requerida para el transporte y conducen generalmente a emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero.

Dado lo anterior, es que se debe buscar una localización urbana o suburbana cercana a vías de comunicación, buscando mejorar y fortalecer la zona. Ésta es la actual tendencia basada en una cuidadosa zonificación mixta entre áreas industriales (limpias), comerciales y residenciales, lo cual implica una mejor accesibilidad para poder viajar a pie, en bicicleta, o usando el transporte público.

Recuperación de Terrenos

Existen numerosos terrenos que fueron anteriormente utilizados para fines comerciales o industriales y simplemente fueron abandonados o se encuentran contaminados con desechos peligrosos, debido a lo cual actualmente están en desuso.

Debido a lo anterior, es que muchos proyectos realizan una evaluación de costos y beneficios frente a la posibilidad de redesarrollar dichos terrenos que generalmente tienen un valor menor a un terreno en uso o no contaminado. En dicha evaluación se deben incluir los precios de los estudios que permiten analizar el nivel de daño de los terrenos y el monto de las labores de recuperación de éstos.

Los resultados que se logran a través de esta estrategia, es disminuir la amenaza de desarrollo de suelos aún en estado natural, volviendo a habilitar terrenos que de manera contraria estarían inutilizados en forma permanente.

Medición y Control de Emisiones Durante la Construcción

Una de las principales fuentes de contaminación, durante el proceso de construcción, es la liberación de partículas de polvo que contaminan el aire. Esta puede ser causada por los procesos propios de las etapas constructivas, por los vehículos transitando en caminos de tierra o por la acción del viento.

Es conocido mediante distintas experiencias, que existen personas más sensibles que otras a la polución de partículas; los niños por ejemplo sienten los efectos de la polución a niveles más bajos que los adultos y los trabajadores de una empresa donde se produce polvo en suspensión, dada la cantidad de horas que están expuestos, pueden presentar problemas a la garganta y los pulmones, incluso en casos extremos presentar enfermedades crónicas como asma y silicosis.

Las metodologías que se utilizan actualmente para disminuir este tipo de contaminación son:

Estabilización química

La estabilización se realiza por medio de riego de productos químicos. Esta tecnología se utiliza con el propósito de la supresión del material particulado arrastrado por el viento, debido a lo cual se recomienda su uso en áreas donde no se realizarán actividades de movimiento de tierra o donde éstas ya se realizaron previamente.



Figura 3.1 Estabilización química.

Humectación

Este procedimiento se realiza por medio de camiones aljibes, manguera o aspersores que entregan agua antes, durante y después a las actividades de

movimiento de tierra. Además se utiliza la aplicación de agua hasta la profundidad propuesta por cortes o la penetración de equipos.



Figura 3.2 Humectación.

Protección de la Cubierta Vegetal

En todos los procesos de construcción se provoca contaminación o daño del terreno donde ésta se emplaza, por lo cual es necesario tomar en cuenta algunas metodologías que permiten disminuir estos efectos.

La erosión es un proceso que corresponde a la pérdida de la capa superficial del suelo, que es donde las especies vegetales se pueden desarrollar, además de permitir la infiltración de las aguas. Ésta se produce principalmente por pérdida de la capa vegetal que cubre el terreno o debido a la escorrentía que corresponde al agua lluvia que no infiltra en el suelo.

Metodologías para el control de la erosión se detallan a continuación:

Siembra temporal

Corresponde a la siembra de alguna especie vegetal en el terreno para que ésta, por medio de sus raíces, evite la erosión. Principalmente se utilizan para esta finalidad las denominadas herbáceas, dado que éstas no alcanzan alturas significativas que impedirían el normal funcionamiento del proceso constructivo y porque poseen raíces suficientemente largas para mantener fija la capa superficial de suelo.

Mantillo

Corresponde a una capa adicional que se aplica sobre el suelo que le permite a éste mantener sus características naturales. Existen variados tipos de mantillo, como el chip de madera, pasto cortado, grava o algún tipo de material orgánico de poca dimensión como trozos de corteza de árboles o paja molida.

Geotextiles

Los geotextiles son mallas compuestas por fibras sintéticas y orgánicas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación, tracción y su capacidad drenaje.



Figura 3.3 Geotextiles.

Presas de retención

Corresponden a cuencas que se construyen en el terreno con el fin de retener las aguas lluvias de los terrenos aledaños y así disminuir la escorrentía superficial.



Figura 3.4 Presa de Retención.

Alta Densidad de Construcción

Se define como la densidad de construcción (m^2/ha), al coeficiente entre la superficie del proyecto (m^2) y la superficie total de terreno (ha). Los beneficios de tener un proyecto con un alto índice de densidad de construcción radica en un aprovechamiento más eficiente de toda la infraestructura existente: agua potable, telefonía, alcantarillados, redes eléctricas, obras viales y lugares de uso público, lo que se traduce además en importantes ahorros en los costos de inversión inicial del proyecto.

Conectividad a Servicios

Se refiere a terrenos ubicado en sectores ya desarrollados que se encuentren en la cercanía de servicios básicos tales como: Bancos, Iglesias, Almacenes, Jardín infantil, Lavandería, Bomberos, Centros de belleza, Ferreterías, Bibliotecas, Centros médicos, Asilos, Parques, Farmacias, Correo, Restaurantes, Colegios, Museos, etc.

Los beneficios de esta alternativa pasan por mejoras en la calida de vida de las personas, ya que, éstas reducen sus tiempos de viaje y pueden acceder a servicios básicos a distancias que no hacen necesario el uso del automóvil o del transporte público.

Transporte Alternativo

Los usuarios de los proyectos tienen necesidades de transporte, las cuales se deben satisfacer en forma adecuada para que éstos no provoquen un aumento en la contaminación ambiental y atochamientos en sus cercanías producto del uso de vehículos particulares.

Un importante número de los usuarios de los edificios dejará de trasladarse en vehículos particulares si se facilita el acceso al transporte público, se provee de instalaciones para ciclistas y se incentiva el uso de vehículos de bajo consumo.

Las estrategias que se emprenden con este propósito se centran en:

Acceso al transporte publico

Se espera que el proyecto se ubique en las cercanías de paraderos de transporte público y líneas del metro, para que éstas permitan satisfacer en forma adecuada las necesidades de transporte de sus usuarios, las cuales se deben conocer por medio de un análisis en base al perfil de los usuarios del edificio.

En caso de no ser posible lo anterior se debe disponer de buses de acercamiento al transporte público.

Estacionamiento bicicletas

Como una manera de incentivar el uso de la bicicleta, el proyecto debe contar con facilidades para los usuarios que opten por este medio de transporte, para lo cual se diseñan áreas de camarines con duchas y lockers, además de estacionamientos para bicicletas.

Estacionamientos

Se deben proveer estacionamientos preferenciales para vehículos de bajo consumo y bajas emisiones de manera de incentivar su uso. Además, la capacidad de estacionamiento para vehículos estándar no debe exceder el mínimo indicado por la ordenanza de construcción.

Intervención del Terreno

Se deberán conservar las áreas naturales existentes y restaurar las dañadas en el lugar donde se instalará el proyecto, además de proveer de espacios abiertos y liberar espacios peatonales de manera de promover la biodiversidad.

Las estrategias utilizadas en este aspecto son:

Protección y restauración del hábitat

Se deberá realizar un levantamiento, con el fin de identificar los ecosistemas presentes en el sitio escogido y adoptar un plan de desarrollo del proyecto sin afectar a éste. Algunas de las estrategias utilizadas son la planificación del edificio en sentido vertical, la construcción de estacionamientos subterráneos y compartir algunas instalaciones con los vecinos. Otras alternativas para sitios ya desarrollados son el reemplazo de áreas de pasto por áreas con vegetación nativa, y áreas de pavimentos por áreas con vegetación.

Maximización del área libre

Para cumplir con este propósito se deben reducir las áreas anexas del proyecto que no sean superficies vegetales, tales como pavimentos, aceras, estacionamientos entre otras. Junto a lo anterior las superficies construidas deben ser en lo posible orientadas a los peatones.



Figura 3.5 Espacios orientados a peatones.

Manejo de Aguas Lluvias

Se debe realizar un manejo de las aguas lluvias para mantener bajo control la perturbación de los cursos naturales tanto en cantidad como calidad. Siendo estos dos ítems en los que se centran las metodologías de manejo.

El control de la cantidad se logra disminuyendo las superficies impermeables del proyecto, de forma de incrementar las infiltraciones in-situ. Las técnicas utilizadas con este fin sirven a modo de filtro y permiten simultáneamente el control de la calidad del flujo de agua.

Trincheras de infiltración

Consisten en un sistema formado por dos tuberías perforadas o a junta suelta de 10 cm de diámetro, las cuales se ubican una sobre la otra en un lecho de grava. Entre los dos lechos se deposita una capa de arena gruesa de 60 cm. de espesor aproximadamente. El agua infiltrada por la grava se depositará en las tuberías, las cuales al tener una pequeña pendiente (0,5- 0,15) llevarán el flujo hasta un curso de agua o a otro sector donde estas se deseen infiltrar.

Las trincheras de infiltración se justifican en zonas de muy baja infiltración o con altos niveles freáticos (inferiores a 1 m).

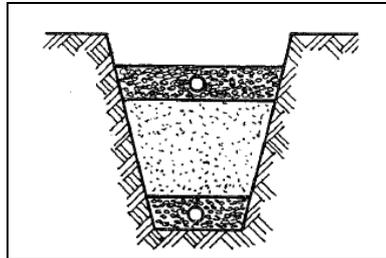


Figura 3.6 Trincheras de Infiltración.

Pavimento permeable

El pavimento permeable es un concreto de alto desempeño fabricado en base a cantidades controladas de cemento, agregado grueso, agua y aditivos. Éste no contiene arena, lo que crea un sistema de vacíos interconectados altamente permeable que drena con rapidez.

El concreto permeable tiene entre 15% y 25% de estructura de vacío, lo que permite el paso de entre 120 a 320 litros de agua a través de cada metro cuadrado, con una tasa de flujo típica de 3,4 mm/s. Esta tasa de flujo es mayor que el generado durante cualquier evento de lluvia, lo que permite al agua fluir a través de este. Por lo tanto, cuando se usan pavimentos de concreto permeables, la totalidad del agua de lluvia se filtra al suelo, recargando la capa freática natural en lugar de fugarse y causar erosión.

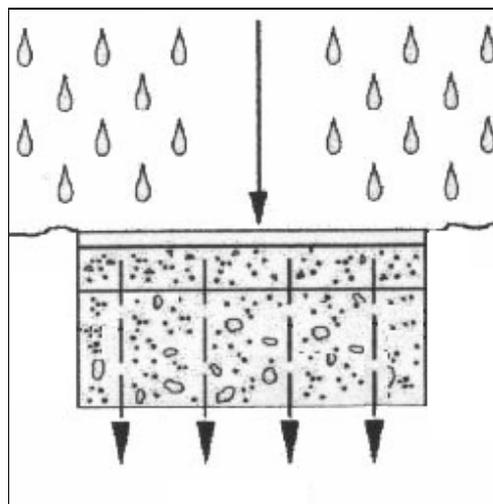


Figura 3.7 Pavimento Permeable.

Efecto Isla de Calor

Isla de Calor es el nombre que describe el aumento de la temperatura, tanto de la atmósfera, como de las superficies en las ciudades, en comparación con terrenos no urbanizados. La isla de calor es un ejemplo de la modificación climática no intencional cuando la urbanización le cambia las características a la superficie y a la atmósfera de la tierra. Ésta puede provocar un aumento de la temperatura de hasta 3°C, lo cual puede significar graves cambios en los regímenes atmosféricos y en los comportamientos de especies animales.

Los principales factores que causan este fenómeno son las extensas áreas faltas de humedad en las ciudades y los materiales con un bajo índice de reflectancia solar (SRI).

Metodologías para evitar el efecto Isla de Calor, se detallan a continuación:

Techos Verdes

Los denominados techos verdes consisten básicamente en revestir total o parcialmente la cubierta de un edificio con vegetación. El sistema consiste en la instalación de elementos especialmente confeccionados para dicho propósito.

A pesar de ser un sistema constructivo excepcional, en el mercado se puede encontrar una gran variedad de productos que permiten conformar el sistema, compuesto principalmente por una membrana impermeabilizante, capas drenantes, sustratos y vegetales.

Los componentes de un techo verde se detallan a continuación:



Figura 3.8 Componentes de un techo verde.

- Soporte: Estructura de la cubierta donde se instalará el sistema, generalmente corresponde a losa de hormigón o plancha de madera.
- Membrana impermeabilizante: Membrana de poliuretano líquido en frío, que se aplica para aislar la humedad del techo con el resto de la estructura.
- Barrera: polietileno de alta densidad con productos químicos que previenen la intrusión de raíces, además de proteger la membrana durante la instalación.
- Aislamiento: Plancha de poliestireno, de unos 5 cm de espesor para aislar térmicamente el sistema.
- Drenaje: Plancha de poliestireno extruido con nódulos, que almacenan agua para que la vegetación no se seque, además de canalizar el agua excedente a canaletas.
- Medio de crecimiento: Mezcla de materiales orgánicos con tierra rica en nutrientes.
- Vegetación: Plantas especialmente seleccionadas, para resistir las extremas condiciones medioambientales de los techos.

Existen dos tipos de soluciones de techos verdes: las intensivas y las extensivas. Para vegetación de bajo crecimiento y con una capa de tierra entre 5 y 15 cm., se denomina sistema extensivo. Para montar una gran variedad de plantas y árboles de mediana envergadura, con un mínimo de 30 cm. de tierra, se requiere un sistema intensivo.

Un techo verde contrarresta los efectos de Isla de Calor, ya que cambia una zona absorbente de calor por otra que lo refleja, las plantas rechazan el calor, generan sombra, retienen partículas del aire, y además refrescan el ambiente por medio del proceso natural de transpiración.

Otros beneficios que se pueden obtener a través de los techos verdes son:

- Un m² de vegetación genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año.
- Un m² de vegetación atrapa 130 gramos de polvo por año.
- Mejora el desempeño y reduce malestares de las personas que tienen vegetación en su lugar de trabajo.
- La absorción de una parte importante de las aguas de lluvia, controlando el escurrimiento superficial de éstas

Uno de los aspectos más importantes que ha impedido un mayor desarrollo de esta metodología, es su valor. Dependiendo del tipo de sistema, los costos pueden ir entre \$20.000 y 40.000 el m² (Maldonado, 2008).

Materiales de alta reflectancia solar

El índice de reflectancia solar es una medida de la capacidad de la superficie construida para reflejar el calor solar, dado una elevación de la temperatura. Por lo cual, la utilización de materiales con un alto índice SRI, permitiría reducir las temperaturas de las superficies de los edificios que se proyectan a la atmósfera y evitar la generación de la isla de calor.

Se recomienda considerar superficies de pavimentos y cubiertas con materiales con un SRI mayor a 29 para pendientes mayores a 2.12, mientras que para pendientes menores se recomienda un SRI mayor a 78 (USGBC, 2006).

Materiales de Pavimentación	Emisividad	Reflectancia	SRI
Pintura Acrílica Blanca.	0,9	0,8	100
Concreto Convencional Gris Nuevo.	0,9	0,35	35
Concreto Convencional Gris Antiguo.	0,9	0,2	19
Concreto Convencional Blanco Nuevo.	0,9	0,7	86
Concreto Convencional Blanco Antiguo.	0,9	0,4	45
Asfalto Blanco cantos rodados.	0,9	0,21	21
Asfalto Nuevo.	0,9	0,05	0
Asfalto Antiguo.	0,9	0,1	6
Pintura Negra Acrílica.	0,9	0,05	0
Materiales de Cubierta	Emisividad	Reflectancia	SRI
EPDM Gris.	0,23	0,87	21
Shingle Asfalto Gris.	0,22	0,91	22
Teja Cemento.	0,25	0,9	25
Superficie Blanca Granular Bituminada.	0,26	0,92	28
Teja Arcilla Roja.	0,33	0,9	36
Árido Liviano sobre techo construido.	0,34	0,9	37
Aluminio.	0,61	0,25	56
Árido Recubierto Blanco.	0,65	0,9	79
Recubrimiento Blanco en techo metálico.	0,67	0,85	82
EPDM Blanco.	0,69	0,87	84
Teja Cemento Blanco.	0,73	0,9	90
Recubrimiento Blanco 8 mm.	0,8	0,91	100
PVC Blanco.	0,83	0,92	104
Recubrimiento Blanco 20 mm.	0,85	0,91	107

Tabla 3.1 Materiales y su índice de reflectancia solar (USGBC, 2005).

Contaminación Lumínica

La contaminación lumínica puede definirse como la emisión de un flujo luminoso desde fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan los elementos lumínicos.

La contaminación lumínica tiene como consecuencia el aumento del brillo del cielo nocturno, a través de la reflexión y difusión de la luz artificial en el aire, de manera que se puede llegar a perder la visibilidad de algunos objetos celestes. De igual forma la sobrecarga lumínica puede causar considerables daños en los ecosistemas nocturnos.

Las técnicas utilizadas para evitar la contaminación lumínica son:

- Las luces interiores se deben ubicar de manera que su ángulo máximo de emisión, no permita que ésta se emita hacia el exterior.
- Las luces exteriores se deben ubicar de manera que ésta intercepte fachadas opacas para así evitar su difusión hacia el cielo, o en caso contrario utilizar pantallas.
- Se debe contar con un sistema de control para que las luces interiores no permanezcan encendidas en horarios en los cuales los recintos están desocupados.

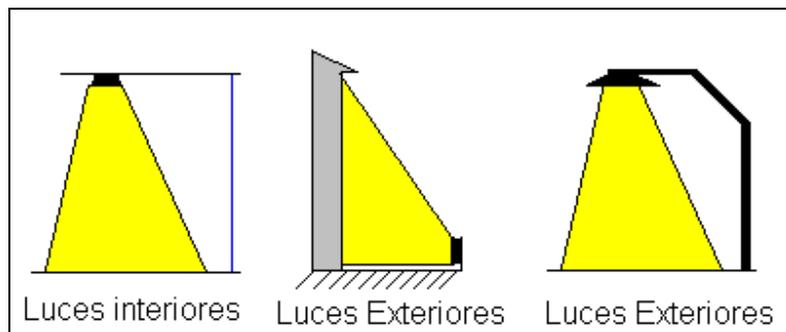


Figura 3.9 Esquema ubicación Luces.

Además de lo anterior, existen algunos requerimientos respecto a los máximos de las emisiones lumínicas, para los proyectos que postulan a la certificación *LEED*, dependiendo de la naturaleza de las instalaciones que se estén iluminando.

Zonas Rurales y Parques	0,1 Lux en deslindes.	-----	2% de lúmenes emitidos por sobre los 90º desde el nadir
Zonas Residenciales	1 Lux en deslindes.	0,1 Lux a 3 metros del límite del terreno	2% de lúmenes emitidos por sobre los 90º desde el nadir
Zonas Comerciales, Industriales y Alta Densidad	2 Lux en deslindes.	0,1 Lux a 4,5 metros del límite del terreno	2% de lúmenes emitidos por sobre los 90º desde el nadir
Grandes Centros Urbanos y de Entretenimientos	6,5 Lux en deslindes.	0,1 Lux a 4,5 metros del límite del terreno	2% de lúmenes emitidos por sobre los 90º desde el nadir

Tabla 3.2 Límites de emisiones lumínicas (USGBC, 2006).

Análisis y Discusión

El proyecto “Bicentenario” no presenta consideraciones relativas a Sitio Sustentable, sin embargo, algunas de ellas hubiesen sido muy importantes de considerar, tal es el caso de las medidas de control de la polución de partículas durante la etapa de construcción, dado que el proyecto se encuentra inserto en un sector residencial y en una zona climática donde predomina un ambiente seco y fuertes vientos, los cuales son factores que acrecientan este tipo de contaminación.

La recuperación de terrenos realizada para la construcción de “Homecenter Copiapó” es bastante interesante, ya que el terreno, si bien no es muy extenso, se encontraba gravemente contaminado por relaves mineros, lo cual significó importantes tareas de descontaminación, sin embargo, de no haber sido por las medidas realizadas por este proyecto, el terreno difícilmente hubiese sido reutilizado.

Respecto a las metodologías que conciernen a los altos índices de densidad de construcción y fácil acceso a servicios y transporte público, destacan los proyectos “Costanera Center” y “Titanium”, dado que se ubican en un sector ya urbanizado y de uso exclusivamente comercial. Lo anterior también explica el por qué estos proyectos no consideran metodologías enfocadas al resguardo de la cubierta vegetal del terreno, ni a la protección y restauración del hábitat, por el contrario, estas metodologías son el eje principal del proyecto “Explora Rapa Nui”, dada su ubicación en un sistema ecológico muy frágil y susceptible a la erosión.

En general, las metodologías en relación a sitio sustentable se desarrollan dependiendo del tipo de uso del terreno. Los proyectos instalados en terrenos urbanos ya desarrollados pondrán más énfasis en prevenir el efecto Isla de Calor, lograr conectividad a servicios y transporte público, mientras que los proyectos instalados en zonas más rurales sin desarrollar, se ocuparán de aspectos como prevenir la pérdida de cubierta vegetal, proteger el hábitat y evitar la intervención del terreno.

3.2 Eficiencia en el uso de agua

Aproximadamente el 97,5 % del agua sobre el planeta es agua salada, lo que solo deja el 2,5 % como agua fresca. Dos tercios de ésta se encuentra congelada en los polos y glaciares, los cuales se están derritiendo rápidamente debido a los efectos del calentamiento global. El resto del agua fresca sin congelar se halla como agua subterránea, con sólo una pequeña fracción presente sobre la tierra o en el aire.

Aunque el agua fresca es un recurso renovable, el suministro de ésta disminuye constantemente, pues los consumos han aumentado en gran manera durante el último siglo. Desde 1900 la población del mundo se ha duplicado, mientras la cantidad de agua fresca utilizada se ha incrementado seis veces (Bloch, 2004.).

Dado estos antecedentes es que la eficiencia en el uso de agua es un punto de interés en la construcción sustentable.

Paisajismo Eficiente

El objetivo de este aspecto es limitar o reducir el uso de agua potable, u otra fuente agua fresca en las cercanías del proyecto, para el riego del paisajismo. A continuación se detallan las estrategias utilizadas para dicho propósito.

Utilización de especies vegetales que no requieren riego

Una de las estrategias más utilizadas es la realización de un análisis de clima y ubicación para efectuar una elección de especies nativas o adaptadas que necesiten la menor cantidad de agua posible y se adapten a las condiciones del terreno, además de la utilización de zonas mixtas de vegetación con árboles y arbustos para otorgar zonas de sombra donde se mantenga la humedad y evitar la evaporación del agua de riego.

También se utilizan para este fin los denominados cubre-suelos, que consisten en materiales inertes que se extienden en grandes áreas de paisajismo y mantienen la humedad natural del terreno y no necesitan riegos.

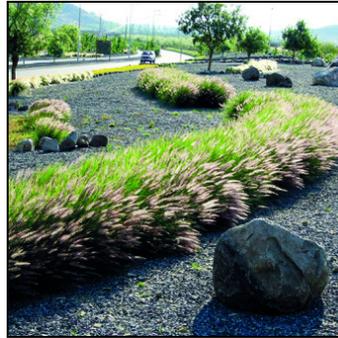


Figura 3.10 Especies Nativas.



Figura 3.11 Cubre-Suelo.

Sistemas eficientes de riego

En caso de ser necesario, en el riego se debe utilizar un sistema altamente eficiente y de preferencia con controladores basados en el clima.

- Riego por Aspersión.

Este sistema consiste en la aplicación de agua en forma de llovizna, producida por aspersores. El agua se distribuye a presión por una red de tuberías que la conduce por el terreno hasta los aspersores, por los cuales sale en forma de rocío a través de orificios que constituyen los puntos de emisión de éstos. En este sistema el agua se distribuye por el aire mediante chorros que varían dependiendo de la presión y de la posición de los aspersores.

Los elementos que forman parte del sistema de riego son:

Presión de agua: Es necesaria debido a que la red de distribución se amplía en proporción a la superficie que se debe regar y el agua debe llegar al mismo tiempo y con la misma presión a todos los aspersores, con el fin de conseguir un riego

uniforme. Otro motivo por el cual es necesaria, es que la presión del agua es la encargada de poner en marcha todos los aspersores, sean fijos o móviles.

Red de tuberías: En general, la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación principal que conducen el agua para suministrar los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores. Todo esto supone un estudio técnico adecuado, ya que de éste dependerá el éxito de la instalación.

Aspersores: Los más utilizados son los giratorios, ya que giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular, impulsados por la presión del agua. Aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance, son parte muy fundamental del sistema de riego, por tanto el modelo, tipo de lluvia que producen y alcance, debe formar parte del estudio técnico mencionado.



Figura 3.12 Aspersores.

Depósito del agua: Desempeña dos funciones, la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y la bomba de impulsión que entrega la presión necesaria para el riego calculado.

- Riego por Goteo

El riego por goteo es un método de irrigación utilizado que permite la utilización óptima del agua.

A diferencia del riego por aspersión, aquí el agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento, a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la vegetación por medio de un gotero. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda restringida a un espacio concreto, espacio que funciona en vertical y horizontal formando lo que se llama bulbo de humedad.



Figura 3.13 Goteros.

El auténtico avance del riego por goteo ha sido conseguir mantener la humedad justa y en la zona estrictamente necesaria. Por consiguiente, no se moja todo el suelo, sino parte del mismo y sólo en la parte necesaria para el desarrollo de las raíces. Ese bulbo húmedo variará según las características del suelo, la cantidad de agua y el tiempo que se haga durar ese constante goteo.

Algunas características de este sistema son que es óptimo para terrenos de cualquier tamaño y forma, adecuado para todas las especies vegetales, adaptable a cualquier tipo de estanque y no necesita una bomba o electricidad para su operación.

Programadores de riego

Constituyen un grupo de equipos electrónicos que manejan los dispositivos encargados del riego de un área verde. Dichos dispositivos pueden ser goteros o aspersores. Su función es coordinar a estos según las preferencias del operador o bien llevar a cabo un programa pre-configurado para dicho fin.

Con estos elementos se puede programar el riego según el tipo de especies que se posee o según la estación del año en que se encuentre.



Figura 3.14 Programador de riego.

Sensores

Consisten en elementos anexos que se deben agregar al sistema de riego para obtener resultados mucho más eficientes de éste.

▪ **Sensores de flujo:** Cierran automáticamente el sistema en caso de que haya un exceso de caudal. Una tubería o un aspersor roto no detectado pueden producir la pérdida de un volumen importante de agua. La instalación de un sensor de este tipo puede ayudar a identificar la rotura de manera inmediata. Éstos se ajustan para su activación con un nivel específico de caudal; una vez que se supera ese nivel, se interrumpe el circuito eléctrico y se cierran las válvulas. Debido a ello, se reducirá sustancialmente la pérdida de agua en caso de una rotura interna seria.



Figura 3.15 Sensor de Flujo.

▪ **Sensores de viento:** La mayoría de los aspersores sigue funcionando con una eficacia casi óptima con algunos tipos de brisa, pero cuando el movimiento del aire comienza a ser más fuerte, la cobertura del agua puede ser un problema, ya que se reduce la uniformidad. Los sensores de viento cierran los sistemas de riego durante los periodos de mucho viento (los niveles de cierre son regulables), luego reajustan automáticamente el sistema cuando las condiciones son más favorables. Este elemento ahorrará agua ya que el sistema de riego estará en funcionamiento sólo en los momentos en los el agua se aplique en la forma correcta.



Figura 3.16 Sensor de Viento.

▪ **Sensores de Lluvia:** Son elementos que paralizan los sistemas de riego al existir la presencia de lluvia y así no gastar agua de riego en forma innecesaria, poseen una alta sensibilidad y logran activarse incluso con algunas tenues lloviznas, se instalan en una ubicación exterior y algunos poseen un sensor de temperatura que también cierra los sistemas en caso de temperaturas bajo 0° C.



Figura 3.17 Sensor de lluvia.

Tecnologías de Manejo de Aguas Residuales

Este aspecto busca disminuir la generación de aguas residuales en el proyecto, esto se puede alcanzar a través de 2 opciones, tratamiento de aguas residuales producidas o utilización de artefactos sanitarios secos.

Urinaríos secos

Se trata de un sistema que implanta un cartucho químico en el fondo del urinario que impide que salga el olor. Corresponde a un sistema perfectamente higiénico que tiene la ventaja de no usar de agua. Requiere un ligero mantenimiento para cambiar los cartuchos periódicamente según el uso que se haga de ellos.



Figura 3.18 Urinario seco.

Además, el agua combinada con orina sirve como medio de cultivo para bacterias, emite olores desagradables y crea depósitos de calcio que obstruyen los desagües. Si se suman los drásticos ahorros de instalación, servicios de alcantarillado y mantenimiento, los urinarios secos se presentan como una buena opción.

Se estima que el ahorro que se puede obtener con la instalación de un sanitario seco para 50 personas es de 135.000 litros de agua por año, ya que en cada descarga un urinario promedio utiliza 3,7 litros y una persona utiliza 2 veces al día este.

Características.	Beneficios.
Operación manos libres.	Mayor higiene y seguridad.
No utiliza agua.	Reduce costos de agua y alcantarillado.
Diseño sin partes mecánicas.	Elimina válvulas y sensores.
Cartucho patentado y sellado.	Reduce olores.
Urinario de cerámica vítrea.	Durabilidad.
Superficie suave y no porosa.	Mínimos cuidados y fácil limpieza.
Compacto.	Versatilidad.

Tabla 3.3 Características y Beneficios Urinario Seco.

Reducción del Uso de Agua

La intención detrás de estas metodologías es lograr reducir la demanda de los edificios al sistema de suministro de agua potable, estos objetivos se pretenden alcanzar a través de uso de artefactos sanitarios y grifería de alta eficiencia o por el uso de accesorios que otorgarían características eficientes a artefactos estándares.

Sanitarios

Los sanitarios (W.C.) convencionales consumen en promedio 6 litros por descarga, mientras que los equipos de doble descarga poseen un sistema de dos botones: el primero activa el empleo de un estanque de 4 litros, mientras que el segundo activa uno de 6 litros. Se activará uno u otro, dependiendo de los residuos que se quiera eliminar.

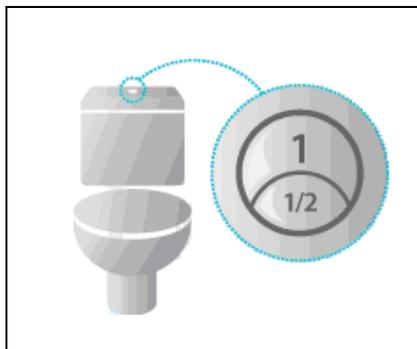


Figura 3.19 Sanitario doble descarga.

Grifería

La grifería estándar consume 12 litros/min., mientras que los equipos eficientes logran reducir este caudal a unos 8 - 6 litros/min. (Observatorio de Ciudades, 2009), a través de aireadores, los que permiten un flujo con abundantes burbujas de aire, lo cual disminuye considerablemente la cantidad de agua consumida. Paralelamente al uso de los aireadores, la grifería eficiente cuenta con reductores de caudal, los cuales no permiten el paso de un caudal mayor al determinado por el fabricante.

Independientemente que la grifería tenga consumos menores, también es necesario que ésta se encuentre entregando el flujo, sólo durante el periodo que el usuario lo necesita, por lo cual se han desarrollado muchas tecnologías que se encargan de este aspecto, entre las cuales se debe destacar:

- Grifería temporizada con presión: Permite establecer el tiempo de apertura de esta (5, 10, 15, 30 segundos), por medio de un sistema que utiliza la presión del agua para activar su detención.



Figura 3.20 Grifería temporizada con presión.

- Grifería temporizada con infrarrojo: Activa el flujo solo cuando un haz de luz infrarroja es interceptado, este se ubica en la zona donde se colocan las manos durante el lavado.



Figura 3.21 Grifería temporizada con infrarrojo.

Duchas

El ahorro de agua de las duchas eficientes se consigue a través de diferentes mecanismos que pueden encontrarse combinados entre sí, en función del modelo y marca escogidos.

- Reducción del caudal a 10 litros/min. (a 3 bares de presión). Este caudal garantiza un servicio adecuado y se aleja bastante de los 20 litros/min. que, a esta misma presión, ofrecen muchos cabezales de ducha tradicionales.
- Mezcla de aire con agua, de manera que el chorro proporciona la misma sensación de mojado consumiendo aproximadamente la mitad de agua.
- La concentración del chorro de salida consigue en las duchas eficientes un considerable ahorro sin reducir la cantidad de agua útil por unidad de superficie.



Figura 3.22 Ducha eficiente.

Accesorios

Estos son elementos que se pueden conectar a un artefacto convencional y permite que estos funcionen con las mismas características de los aparatos eficientes.

Aireador: Entregan una importante cantidad de aire al flujo y otorga la sensación de un chorro mayor.



Figura 3.23 Aireador.

Reductor de caudal: Entrega sólo el caudal determinado por el fabricante, evitando flujos de caudales excesivos.



Figura 3.24 Reductor de caudal.

El centro de estudios “Observatorio de Ciudades UC”, realizó en el año 2009, un informe respecto a la formulación del sello de eficiencia hídrica en Chile, en el cual se analizaron artefactos y accesorios de eficiencia hídrica respecto a sus consumos y precios, cuyos datos se presentan a continuación:

Elementos	Consumo Estándar Lt/min. (Lt/descarga)	Consumo Eficiente Lt/min. (Lt/descarga)	Precio Estándar (\$)	Precio Eficiente (\$)	Ahorro Agua Lt/min. (Lt/descarga)
Artefactos					
Lavamanos (Aireador).	12	5,7	9.000	69.760	6,3
Lavamanos (Reductor Caudal).	12	8	9.000	88.143	4
W.C.	6	4	27.000	70.000	2
Ducha.	22	15	24.000	41.990	7
Accesorios					
Aireadores.	12	10	--	3.000	2
Limitadores de Caudal.	12	8	--	5.000	4
Cabezal Ducha.	22	15	--	10.000	7

Tabla 3.4 Características artefactos eficientes.

Análisis y Discusión

Todos los edificios, con excepción del proyecto “Bicentenario”, cuentan con un diseño de paisajismo de gran superficie, que cuenta con especies autóctonas, las que tienen escasas o nulas necesidades de riego, lo cual delata sus intenciones de mantener un entorno natural agradable para sus ocupantes y beneficiar el medio ambiente, pero de la misma forma preocupados para que esto no signifique un gasto excesivo o innecesario de agua. Sin embargo, el proyecto “Bicentenario” cuenta con áreas de paisajismo y se preocupa de disminuir su consumo de agua a través de un sistema de riego tecnificado. Ambas alternativas son igualmente válidas, pero el diseño de áreas verdes con especies autóctonas logra mejores resultados, ya que, por ejemplo, el proyecto “Homecenter Copiapó” ha logrado mantener sus áreas verdes por más de un año sin necesidad alguna de riego.

La implementación de sistemas de grifería eficiente y sanitarios de doble descarga, son un factor común en la totalidad de los proyectos, esto en cierto modo se debe a lo muy difundido que han sido los beneficios de estas tecnologías en el último tiempo. Incluso en nuestro país se está evaluando la aplicación de un sello de eficiencia hídrica, dado que algunos estudios realizados por el mencionado centro “Observatorio de ciudades UC” indican que la utilización de artefactos eficientes domiciliarios solo en Santiago, aportarían un ahorro de 100.000.000 m³ anuales de agua, equivalente a 61 mil millones de pesos (19% del gasto total anual al año).

En general, las consideraciones relacionadas con el consumo eficiente de agua se centran en disminuir los consumos propiamente tal y en reutilizar los caudales consumidos antes de eliminarlos.

3.3 Energía y Atmósfera

La industria de la construcción consume aproximadamente el 30% de la energía generada anualmente a nivel mundial. Dicho consumo se realiza tanto en la etapa de construcción como en la operación de los proyectos.

La generación de energía por medio de combustibles fósiles impacta el medioambiente por diversos canales, tanto como en su extracción, transporte, refinamiento y distribución. Los ítems en que se producen los principales consumos energéticos en los edificios son calefacción, climatización, luz y agua caliente sanitaria.

Los objetivos de la construcción sustentable en este sentido se enfocan principalmente en establecer detalladamente el consumo energético del proyecto y optimizarlo, junto con promover fuentes de energía renovable.

Los edificios que logran un mejor comportamiento energético, además de disminuir el impacto en el medio ambiente, obtienen importantes ahorros en sus gastos operacionales, dado que día a día aumenta la competencia mundial por el suministro de combustibles, especialmente los de origen fósil.

A continuación se presentan las distintas alternativas utilizadas para satisfacer las diversas necesidades energéticas de los edificios en forma eficiente.

Diseño Solar Pasivo

Las ventanas, paredes y pisos de un edificio pueden ser diseñados para recoger, almacenar y distribuir la energía solar en forma de calor durante el invierno y rechazar el calor solar en verano. Esto es el llamado diseño solar pasivo, el cual a diferencia de los sistemas activos de energía solar, no utiliza dispositivos mecánicos ni eléctricos, tales como bombas, ventiladores, o controles eléctricos para obtener o distribuir el calor solar.

La base en el diseño de un proyecto solar pasivo es aprovechar al máximo su clima local. Este diseño puede aplicar técnicas fácilmente cuando corresponde a un nuevo edificio. Sin embargo, los edificios existentes también pueden ser readaptados para captar y almacenar pasivamente el calor solar.

Para realizar un diseño solar pasivo, es necesario incorporar los que se consideran los cinco elementos de diseño solar pasivo. Cada uno realiza una función separada, pero deben trabajar en conjunto para que el diseño resulte exitoso.

- **Colector (Apertura):** Ventana por donde la luz entra en el edificio. Por lo general, la apertura no debe estar a la sombra de otros edificios o árboles entre las 9 a.m. y 3

p.m. durante la temporada de calefacción. Ya que son las horas de mayor soleamiento.

- **Absorbedor:** La superficie dura y de preferencia opaca del elemento de almacenamiento. Esta superficie que podría ser la de un muro de mampostería, piso o la de un recipiente con agua que se ubica en la trayectoria directa de la luz solar. La energía solar alcanza la superficie y es absorbida en forma de calor.
- **Masa térmica:** Los materiales que retienen o almacenan el calor producido por la luz solar. La diferencia entre el absorbente y masa térmica, aunque a menudo corresponden al mismo elemento, es que el absorbente es la superficie expuesta mientras que la masa térmica es el material por debajo o detrás de esa superficie.
- **Distribución:** Método por el cual circula el calor desde los puntos de almacenamiento a diferentes áreas del recinto. Un diseño pasivo utilizará las tres formas de transferencia de calor; conducción, convección y radiación. En algunas aplicaciones, sin embargo, ventiladores, conductos y ventiladores pueden ayudar con la distribución de calor.
- **Control:** Aleros del techo se puede utilizar para sombrear el área de apertura durante los meses de verano. Otras aberturas operables pueden restringir el flujo de calor en época estival, también se recomienda el uso de persianas y toldos exteriores.

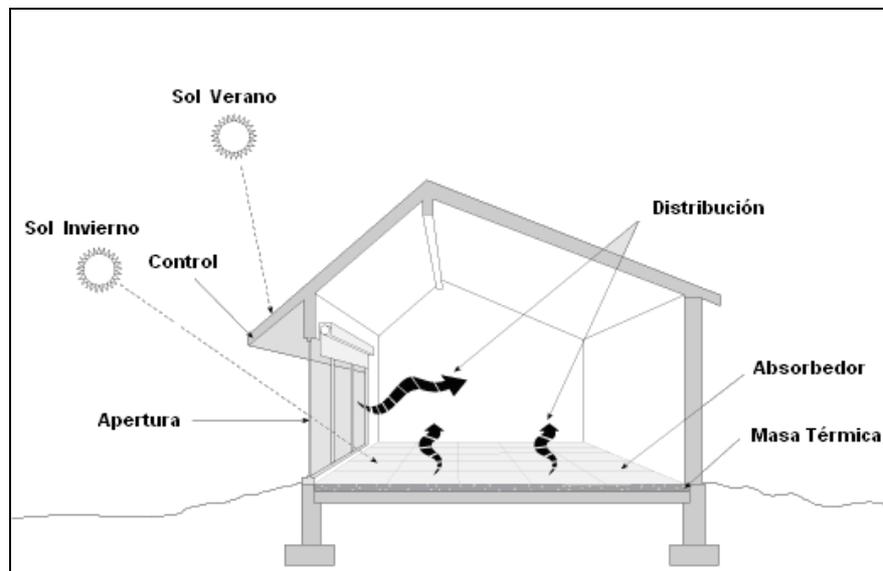


Figura 3.25 Elementos de diseño solar pasivo (US Department of Energy,2010).

Estos elementos de diseño, son aplicados utilizando las siguientes técnicas de diseño solar pasivo:

Ganancia directa

Es la técnica más sencilla para obtener energía solar. La luz del sol penetra en el recinto a través de la apertura, por lo general ventanas orientadas al ecuador con un material de cristal de vidrio transparente o translúcido. La luz del sol a continuación llega a pisos y paredes, que absorben y almacenan el calor solar. El material de estos elementos debe ser de alta inercia térmica (albañilería u hormigón). Las superficies de estos pisos y paredes son típicamente opacas y oscuras, debido a que los colores oscuros absorben más calor por lo general que los colores claros. Posteriormente, cuando la temperatura desciende el calor almacenado en la masa térmica se irradia en la habitación.

La cantidad de energía solar depende del área de apertura y la cantidad de masa térmica. El área de acristalamiento determina la cantidad de calor solar que puede ser recogida y la cantidad de masa térmica determina la cantidad de calor que se puede almacenar. Es posible que la masa térmica sea subdimensionada, lo que provocara el sobrecalentamiento por lo cual se debe tener especial cuidado en su diseño.

Otro tema importante es que la masa térmica debe ser aislada de la temperatura exterior. Cuando la masa térmica no está aislada, el calor solar recogido puede perderse rápidamente. La pérdida de calor es especialmente probable cuando la masa térmica está directamente conectada a la tierra o está en contacto con el aire exterior a una temperatura inferior a la deseada.

Puesto que la radiación no incide con la misma inclinación a lo largo del año, mediante la colocación de aleros y otros elementos se consigue un calentamiento selectivo del interior.

En invierno, cuando los rayos solares son más necesarios, éstos caen más inclinados sobre la superficie terrestre. Este hecho favorece la captación de la energía solar. En verano cuando las temperaturas son altas, se hace necesario evitar que toda la radiación solar llegue al interior. Para lograrlo se disponen aleros o cornisas que detienen los rayos solares en verano cuando son más perpendiculares, y permiten que pasen en invierno cuando son más inclinados.

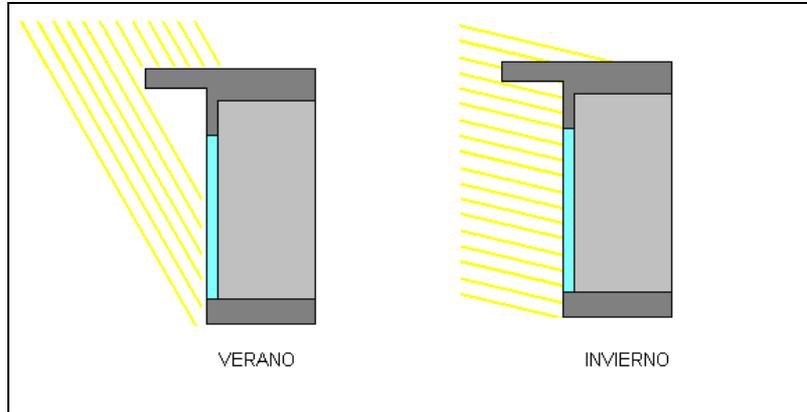


Figura 3.26 Esquema inclinación de rayos solares (Sitio Solar, 2010).

Ciudad	Latitud	Ángulo Incidencia Solar 21 de Diciembre	Ángulo Incidencia Solar 21 de Junio
Antofagasta	- 23° 38´	90°	44°
Santiago	- 33° 26´	80°	34°
Puerto Montt	- 41° 28´	72°	26°

Tabla 3.5 Ángulos de incidencia.

Ganancia indirecta

Las ganancias indirectas de energía solar pasiva tienen su elemento de almacenamiento térmico ubicado entre ventanas captadoras orientadas al ecuador y los espacios habitables.

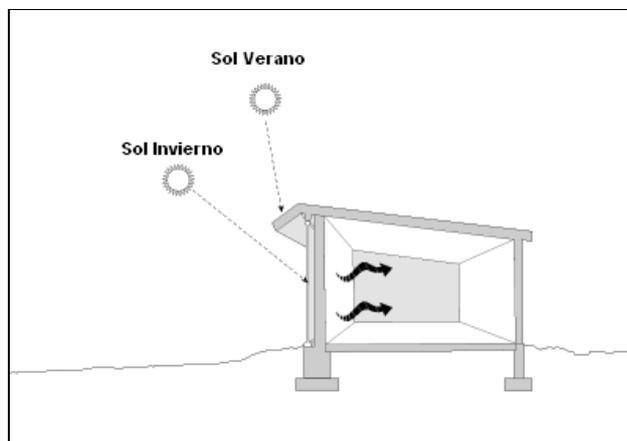


Figura 3.27 Muro Trombe (US Department of Energy, 2010).

El uso de un muro Trombe es el método más común de ganancia indirecta. Está formado por un muro de mampostería de entre 8 y 16 centímetros de espesor en el lado norte de una habitación. Una capa simple o doble de vidrio oscuro se monta alrededor de 2,5 cm. en frente de la superficie de la pared. El calor solar es absorbido por la superficie de color oscuro de la pared exterior y almacenada en la masa del muro, desde donde posteriormente se irradia en las habitaciones.

El muro Trombe libera calor en el hogar durante un período de varias horas. El calor solar se transmite a través de la pared, alcanzando su superficie posterior en la tarde o al anochecer. Cuando la temperatura interior sea inferior a la de la superficie de la pared, el calor se comienza a irradiar y se transfiere a la habitación. Por ejemplo, el calor viaja a través de un muro de mampostería a una tasa promedio de 1 hora por pulgada, por lo tanto, el calor absorbido en el exterior de un muro de hormigón de 8 pulgadas de espesor a mediodía entrará en el espacio interior a las 8 p.m.

Ganancia aislada

Esta técnica también denominada *SunSpace* o sala solar, consiste en instalar numerosas ventanas en una habitación que servirá como colector de calor. Los *SunSpace* pueden experimentar la ganancia o la pérdida de calor a través de su abundancia de cristales. La distribución de calor al resto del recinto se puede lograr a través de los respiraderos del techo, el nivel de piso, ventanas o puertas. La mayoría de los constructores separan el *SunSpace* del resto de los espacios por medio de puertas o ventanas para no afectar demasiado a estos por las variaciones de temperatura.

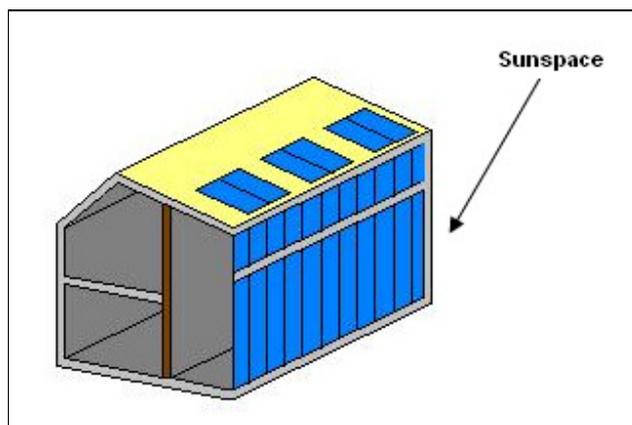


Figura 3.28 Sunspace (US Department of Energy, 2010).

Las siguientes recomendaciones generales se deben seguir en el diseño de edificios climatizados por medio de energía solar pasiva.

- La calefacción solar pasiva funciona mejor en edificios pequeños que en aquellos de grandes dimensiones.
- Abordar temas relacionados con la orientación en la etapa de elección del terreno. En la medida de lo posible, reducir las ventanas hacia el este y el oeste y proteger las aberturas de los vientos dominantes de invierno.
- Especificar un sello hermético alrededor de las ventanas y puertas de las paredes exteriores.
- Emplear vestíbulos de entrada, y formar un conjunto de espacios aislados en el edificio garantiza la integridad térmica.
- Evitar el sobrecalentamiento. En climas cálidos, los edificios con amplias ventanas se pueden recalentar, lo que significara aumentar los costos de refrigeración, más que la cantidad ahorrada en la calefacción de éstos.
- Si es posible, extender el edificio en el eje Este-Oeste para maximizar la elevación orientada hacia el norte.

Envolvente

El diseño de la envolvente del edificio es un punto de gran importancia, ya que esta ofrece la resistencia al flujo de calor. Mientras mayor sea la resistencia a este flujo, mayor será el ahorro en calefacción y refrigeración.

El calor fluye naturalmente de un sector de alta temperatura a un espacio más fresco. En el invierno, este flujo de calor se mueve directamente de todos los espacios habitables que se calientan hasta los espacios fríos. El flujo de calor también puede moverse indirectamente a través de techos interiores, paredes y pisos donde hay una diferencia de temperatura.

Actualmente, en nuestro país la forma de aislar la envolvente de los edificios se realiza por la cara exterior, ya que estos sistemas tienen una mejor eficiencia, una mayor facilidad de instalación y protege los muros de los factores climáticos. Así es como se tienen 3 sistemas ampliamente utilizados: Sistema de Aislación Térmica Exterior o *Exterior Insulation Finish Systems* (EIFS), el Sistema de Fachadas Ventiladas (FV) y el sistema de fachadas vidriadas.

EIFS

El sistema EIFS consta de un sustrato, una capa de aislante, una malla de refuerzo embebida en una capa base y una capa final:

- El sustrato es el material que forma el revestimiento exterior del muro sobre el cual se colocará el sistema. Puede ser albañilería, hormigón, etc.

- Capa de aislante: Esta capa proporciona el aislamiento térmico del sistema. Materiales típicos son el poliestireno expandido (EPS), poliuretano expandido (PUR), poliestireno extruido, placas rígidas de fibra mineral, etc.
- Capa base: Capa que se aplica directamente sobre la placa de aislante rígido.
- Malla de refuerzo: Una malla de fibra de vidrio es incorporada en la capa base. El propósito de esta malla es proporcionar un refuerzo al sistema.
- Capa de terminación: Se aplica después que la capa base se ha curado. Esta capa, al tiempo que añade un segundo refuerzo al sistema, también ofrece el acabado o terminación.

Cuando el sistema EIFS se instala sobre estructuras o sustratos absorbentes, tal como madera, yeso u otros, es necesario adicionar un mecanismo para el drenaje del agua, para lo cual existen soluciones similares denominadas EIFS drenadas.

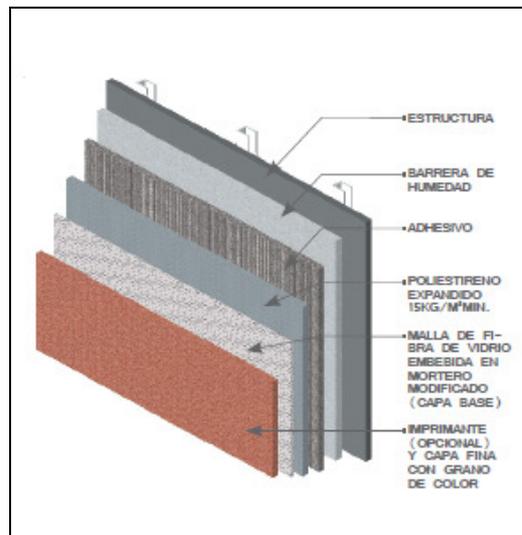


Figura 3.29 Sistema EIFS.

Dependiendo de los proveedores, con esta solución se pueden obtener valores de transmitancia térmica U entre $0,5 [W/m^2 \text{ } ^\circ C]$ y $1,5 [W / m^2 \text{ } ^\circ C]$, lo cual permite cumplir la normativa térmica vigente que especifica un valor de $1,6 [W/m^2 \text{ } ^\circ C]$ en la zona climática más exigente.

Fachadas Ventiladas (FV)

Una fachada ventilada es un sistema constituido por un elemento de revestimiento el cual se fija por elementos soportantes interiores, quedando entre el revestimiento y la zona portante un espacio donde el aire puede circular libremente por convección, evaporando el agua que pudiese haber penetrado y generando de esta forma un aislamiento térmico.

En las fachadas ventiladas se pueden instalar revestimientos opacos los cuales protegen al edificio contra los efectos de la intemperie, ayudando al ahorro energético en invierno y protegiendo de los rayos solares en verano.

La FV está compuesta principalmente por:

- Base: Sistema de muro perimetral del edificio.
- Aislante térmico: Poliuretano expandido proyectado, placa de poliestireno expandido, lana mineral, lana de vidrio u otro material, colocado directamente sobre la pared exterior.
- Cámara de aire confinado que puede variar de 3 a 10 cm. situada entre el aislante y el revestimiento.
- Sistema de fijación: Subestructura soportante de madera o perfiles de aluminio adosados al muro portante.
- Placa de revestimiento: Terminación con resistencia a la intemperie y resistencia mecánica, realizada con mezclas de múltiples materiales, como piedra, fibrocemento, cerámica, aglomerados de mármol, etc.

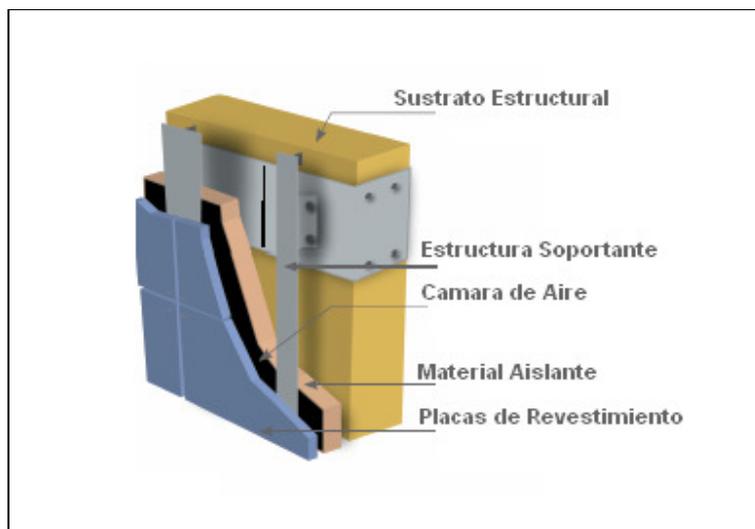


Figura 3.30 Sistema de fachadas ventiladas.

La instalación del sistema de fachada ventilada, tanto para construcciones nuevas como para la remodelación de edificios ya existentes, aporta notables ventajas en lo que respecta a la duración de la envolvente y a la eficiencia energética, sobre todo en caso de edificios de gran altura muy expuestos.

Desde un punto de vista termo energético, los muros ventilados permiten reducir en la estación cálida la carga de calor del edificio, gracias a la reflexión parcial de la radiación solar por parte del revestimiento, a la ventilación del espacio intermedio de aire y a la aplicación del aislante, obteniendo de este modo, una

considerable reducción de los costos de acondicionamiento térmico del edificio. En la estación fría las fachadas ventiladas retienen el calor dentro del edificio, lo que genera importantes ahorros en calefacción.

El “efecto chimenea” generado en el espacio intermedio de aire, activa una ventilación natural eficaz, de la que surge el término de fachada ventilada, aportando notables beneficios en la remoción del calor y de la humedad, garantizando un mejor confort.

Dependiendo de los proveedores, con esta solución se pueden obtener valores de transmitancia térmica U entre $0,3 \text{ [W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C]}$ y $1 \text{ [W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C]}$, variando esto, según el material del revestimiento a utilizar.

Envolvente Vidriada

Corresponde a un tipo de envolvente muy utilizada en la actualidad en edificios de gran altura, la cual está formada mayoritariamente por cristales de alto desempeño térmico.

Este sistema está compuesto por una estructura auxiliar metálica que se ubica por delante de la estructura del edificio sobre la que se acoplan los elementos de vidrio y cristal.

Esta fachada ligera es una estructura que trasmite a la principal, los esfuerzos estáticos y dinámicos que actúan sobre ella. El peso de esta envolvente está entre los 50 y 75 Kg/m^2 , y su espesor es de aproximadamente 10 cm .

Este sistema, como toda envolvente, debe cumplir las condiciones generales de la normativa respecto a la estanqueidad y aislación térmica y acústica.

Algunas características que deben considerarse en su implementación son:

- Debe preverse en la estructura auxiliar y en los elementos envolventes un sistema de evacuación de agua de la condensación.
- La cara inferior de la envolvente debe ser ventilada.
- Entre los perfiles que forman los montantes se ubicarán las correspondientes juntas de dilatación.
- En la perfilería se deberá prever la evacuación del agua de lluvia.

El gran beneficio de la utilización de esta tecnología, es el aprovechamiento de la luz solar que incide en el edificio, la cual permite mejoras térmicas y lumínicas.

Como el principal elemento en esta solución son los cristales, depende en gran manera de su elección, los resultados que se podrán obtener. A continuación se especifican los tipos de vidrios más utilizados:

Vidrio Simple: corresponde al vidrio tradicional transparente de 19 mm. de espesor, el cual tiene una transmitancia térmica de $5,2 \text{ [W/m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$.

Doble Vidriado Hermético (DVH): unidades compuestas por dos vidrios, separados entre sí por una cámara de aire seco y estanco, que es la que aporta la mejora de aislamiento térmico. DVH con una cámara de aire de 12 mm. de ancho permite obtener un valor de $U = 2,8 \text{ [W / m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$. El valor de U para DVH con cámaras de 6 y 9 mm. es respectivamente 3,2 y 3 $\text{[W/m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$.

Doble Vidriado Hermético (DVH) Low E: corresponde a un sistema DVH pero con un vidrio de baja emisividad, en este caso el valor de U alcanzado es de $1,8 \text{ [W / m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$.

Aire acondicionado y climatización

Dos tercios de todos los hogares en los Estados Unidos tienen aire acondicionado y usan alrededor del 5% de la electricidad producida en dicho país, como resultado de este intensivo uso alrededor de 100 millones de toneladas de dióxido de carbono se liberan a la atmósfera cada año.

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX, casi todos los acondicionadores de aire utilizaban clorofluorocarbonos (CFC) como refrigerante, siendo estas sustancias químicas perjudiciales para la capa de ozono, por lo cual se detuvo la producción de CFC en 1995. Ahora, la mayoría de los sistemas de aire acondicionado emplean clorofluorocarbonos halogenados (HCFC) como refrigerante, pero éstos también se están eliminando gradualmente a nivel mundial.

Se estima que el cambio a otro tipo de equipos de climatización de alta eficiencia podría reducir el consumo de energía eléctrica entre un 20% y 50%.

Equipos Evaporativos

En las zonas de baja humedad, el agua evaporada en el aire es un medio natural y energéticamente eficiente de refrigeración. Los equipos evaporativos, consisten en un ventilador centrífugo que toma el aire que proviene de la atmósfera, pasándolo por un filtro de fibra, el cual es bañado por agua que se rocía en éstos, el agua mantiene los filtros húmedos, y al pasar el aire, no sólo retira partículas de polvo, sino que permiten que el aire sufra un enfriamiento evaporativo. El aire así enfriado se inyecta a la habitación que se desea enfriar y empuja el aire caliente a través de las ventanas.

Cuando se opera un enfriador evaporativo, se abren las ventanas para permitir que el aire interior caliente escape ya que se sustituye por aire frío, o se debe contar con un sistema de extracción. A diferencia de los sistemas centrales de aire acondicionado que recirculan el mismo aire, los equipos evaporativos proporcionan un flujo constante de aire fresco en los edificios. Estos equipos se clasifican según el volumen de aire que puede entregar, el cual va desde los 100 m³/min. a 700 m³/min.

Los equipos evaporativos cuestan aproximadamente la mitad de un sistema de aire acondicionado central y usan sólo un cuarto de la energía utilizada por éstos. Sin embargo, sus principales desventajas son que no deben ser utilizados en climas húmedos, porque añaden humedad, no logran disminuir tanto la temperatura como lo haría un sistema de aire acondicionado, requieren de un mantenimiento más frecuente, y necesitan continuamente un flujo de agua por lo cual su uso está limitado por la disponibilidad de ésta.

También existen en el mercado los denominados evaporadores de dos etapas, los cuales utilizan un motor más eficiente y un pre-enfriador de aire, lo cual reduce el aumento de humedad en los espacios a refrigerar, y disminuye en cierto modo las limitaciones del sistema.

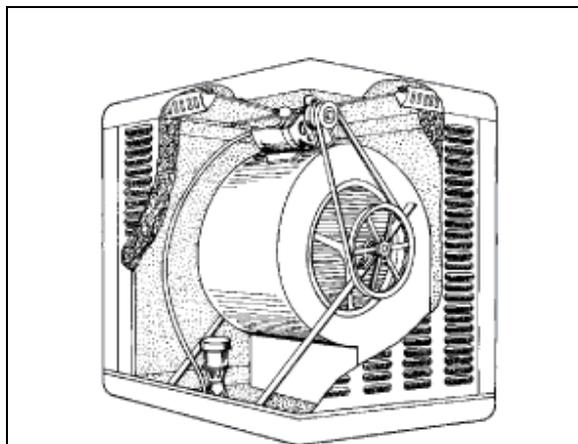


Figura 3.31 Equipo evaporativo (US Department of Energy, 2010).

Refrigeración por radiación

Esta metodología consiste en enfriar el piso o el techo de un recinto, lo cual permite climatizar el resto de la habitación con la energía emitida. Cuando el sistema se instala en el suelo se denomina suelo (losa) radiante; mientras que si la refrigeración se realiza en el techo se denomina como paneles radiantes. Aunque potencialmente adecuada para los climas áridos, la refrigeración por radiación es problemática para las casas en climas más húmedos.

La mayoría de las aplicaciones de esta metodología se han basado en paneles de aluminio suspendidos del techo, a través del cual se distribuye agua. Esta se calienta o enfría dependiendo de la estación en paneles de captación solar o por medio de una bomba de calor. Para ser eficaces en la época estival, la losa radiante deberá ser mantenida a una temperatura muy cerca del punto de rocío y el recinto debe mantenerse deshumidificado. En climas húmedos, la simple apertura de una puerta podría permitir el ingreso de suficiente humedad para que se produzca condensación. Este sistema como se debe instalar en toda el área del techo (o losa) conlleva elevados costos de instalación.

Si el sistema se diseña para ser utilizado tanto para calefaccionar como para refrigerar, resulta ser mucho más económico.

Captación Solar Activa

Existen dos tipos de sistemas activos de calefacción solar en función del tipo de fluido que se calienta en los colectores. Los sistemas que calientan agua con una solución de anticongelante se denominan colectores hidráulicos, mientras los que calientan aire corresponden a un colector de aire.

Estos sistemas de absorción de la radiación solar transfieren el calor solar directamente al espacio interior o a un sistema de distribución. Los sistemas líquidos son más comunes en el caso de contar con un sistema de distribución y están mejor adaptados para los sistemas de calefacción radiante.

Los colectores solares de aire pueden calentar directamente habitaciones o pueden precalentar el aire que pasa por un ventilador de recuperación de calor. A diferencia de los sistemas hidráulicos, éstos no se congelan y las fugas en el colector o sistema de distribución no causarán problemas significativos, a pesar de que disminuirá el rendimiento. Sin embargo, el aire es un medio de transferencia de calor menos eficiente que los líquidos, por lo cual siempre tendrán una menor eficiencia que los sistemas con colector hidráulico.

Los colectores solares de aire están a menudo integrados en las paredes o techos para ocultar su apariencia. Por ejemplo, un techo de tejas podría tener espacios para flujo de aire incorporados para hacer uso del calor absorbido por las tejas.

Los sistemas activos de calefacción solar son más efectivos cuando se utilizan la mayor parte del año, es decir, en climas con buenos recursos solares. Además desplazan la utilización de combustibles más costosos, como la electricidad.

El costo de un sistema de calefacción solar activa puede variar de \$ 150.000 a \$ 450.000 por metro cuadrado de superficie de colector instalado. Por lo general,

cuanto mayor sea el sistema, menos costes por unidad de superficie de captación. Un sistema de calefacción solar también reducirá la cantidad de contaminación atmosférica y los gases de efecto invernadero que resulten del uso de combustibles fósiles como el petróleo, propano y gas natural para calefacción o que puedan ser utilizados para generar la electricidad.

Bombas de Calor

Para climas con necesidades moderadas de calefacción y refrigeración, las bombas de calor ofrecen una alternativa de eficiencia energética frente a sistemas de aire acondicionados u otros sistemas. Las bombas de calor usan electricidad para mover el calor. Durante la temporada invernal, la bomba introduce calor al edificio, mientras en la estación estival la bomba expulsa el calor de los recintos. Como este sistema sólo mueve calor en vez de generarlo, éste puede proporcionar cuatro veces la energía que consume. Comparado con un sistema de calefacción con electricidad, una bomba de calor puede reducir la cantidad de electricidad que usa para la calefacción hasta en un 40%. Bombas de calor de alta eficiencia también deshumidifican mejor que un sistema de aire acondicionado central, dando lugar a un uso menor de energía y más comodidad de refrigeración en los meses de verano.

- *Bomba de Calor Aire-Aire:* corresponden a las más comunes, éstas transfieren calor entre el edificio y el aire exterior. Aunque las bombas con suministro de aire se puede utilizar en casi todas las zonas, por lo general no funcionan bien durante prolongados períodos de temperaturas bajo cero. Estas bombas pueden entregar entre 1,5 y 3 veces más energía en forma de calor que la energía eléctrica que consumen.

Un sistema de bomba de calor de aire consiste en un compresor, una válvula de expansión y dos bobinas de tubo de cobre (interior y exterior), que están rodeadas de aletas de aluminio para facilitar la transferencia de calor. En el modo de refrigeración, el refrigerante líquido se evapora en la bobina interior y absorbe calor, posteriormente el gas pasa por el compresor e ingresa a la bobina exterior donde se condensa liberando calor. Cerca del compresor, también se ubica una válvula de inversión puede cambiar la dirección del flujo de refrigerante para pasar al modo de calefacción.

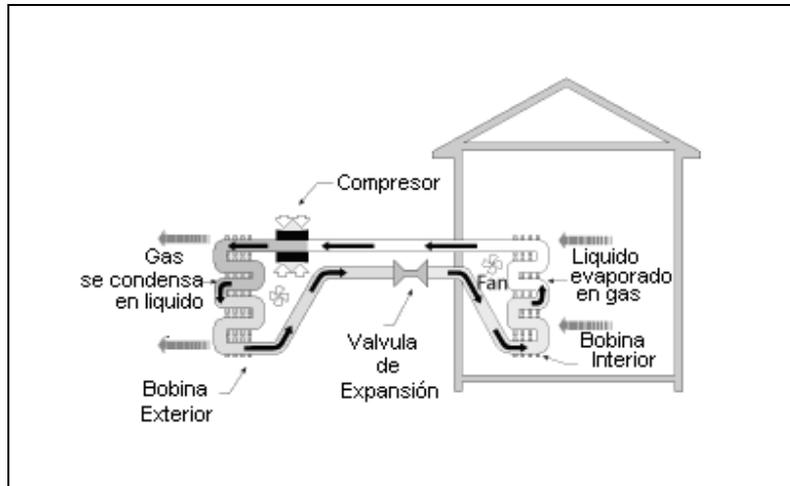


Figura 3.32 Bomba de Calor Aire-Aire, modo refrigeración (US Department of Energy, 2010).

- **Bomba de Calor Geotérmica:** este tipo de bombas de intercambio usan la temperatura de la tierra como medio de intercambio en vez de la temperatura del aire exterior. Las temperaturas de la tierra varían desde 7°C a 21°C. Esta temperatura del suelo es más caliente que el aire sobre él durante el invierno, y más frío que el aire exterior en el verano. Esto permite que el sistema alcance una eficacia muy alta (300% -400%) en comparación con un 175% -250% para bombas de calor de aire.

A pesar de que el precio de instalación de un sistema geotérmico puede ser varias veces el de un sistema de aire de igual capacidad de refrigeración, los costos adicionales se estima se recuperan en un plazo de 5 -10 años, y la vida del sistema se estima en 25 años para los componentes internos y mas de 50 para el circuito de tierra.

Existen 3 tipos básicos de sistemas de bombas geotérmicas, dos de éstos llamados sistemas cerrados y el último tipo de sistema es la opción de ciclo abierto. La elección del tipo depende del clima, condiciones del suelo, el espacio disponible, y los costos locales de instalación. Todos estos enfoques pueden ser utilizados para la construcción de aplicaciones residenciales y comerciales.

Horizontal: Este tipo de instalación es generalmente más rentable para las instalaciones residenciales, especialmente para la nueva construcción donde se dispone de terreno suficiente. Los diseños más comunes utilizan dos tuberías, una enterrada a 2 metros, y la otra a 1,5 mts. El método denominado Slinky genera bucles de la tubería que permite que más tubería se instale en una menor superficie, lo que reduce los costes de instalación y hace que la instalación horizontal sea posible, en zonas que no serían aplicables.

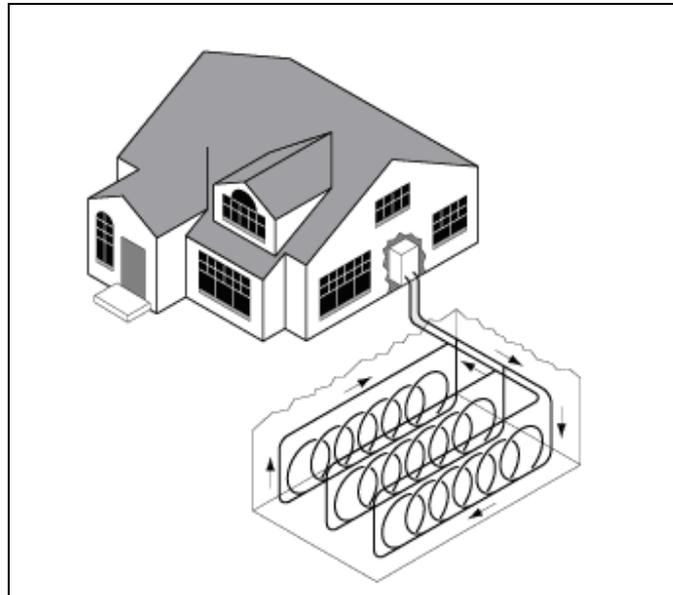


Figura 3.33 Bomba de Calor geotérmica horizontal (US Department of Energy,2010).

Vertical: Grandes edificios y edificios educacionales suelen utilizar sistemas verticales debido a que el área de tierra necesaria para los bucles horizontal sería prohibitivo. Bucles verticales también se utilizan para reducir al mínimo la perturbación al paisaje existente. Para un sistema vertical se realizan perforaciones de 10 cm. de diámetro aproximadamente y con una profundidad de entre 30 y 100 metros. En estos agujeros van dos tubos que están conectados en la parte inferior con una curva en U para formar un bucle. Los lazos verticales se conectan con el tubo horizontal, y luego con la bomba de calor en el edificio.

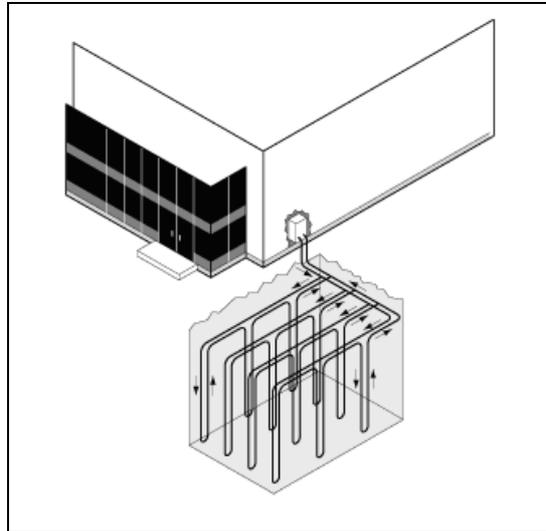


Figura 3.34 Bomba de Calor geotérmica vertical (US Department of Energy,2010).

Sistema de ciclo abierto: Este tipo de sistema utiliza masas de agua como fluido de intercambio de calor que circula directamente a través del sistema. Una vez que se ha distribuido a través del sistema, el agua vuelve a la tierra a través del pozo. Esta opción es evidentemente práctica sólo cuando exista un suministro adecuado de agua relativamente limpia, y todas normativas relativas a la descarga de aguas subterráneas se cumplan.

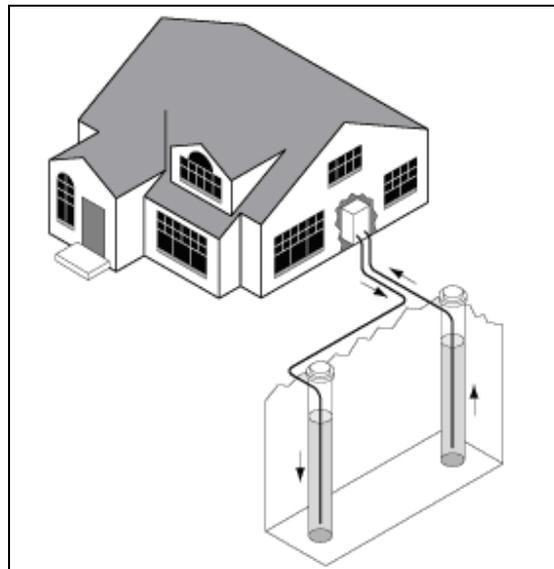


Figura 3.35 Bomba de Calor geotérmica de ciclo abierto (US Department of Energy,2010).

Sistema de refrigeración con volumen variable VRV

Los sistemas de volumen de refrigeración variable, se basan principalmente en que éste controla proporcionalmente la distribución del refrigerante, a través de un circuito en base a la demanda, y por tanto, entrega la cantidad adecuada para cada necesidad de temperatura, sin que el circuito se encuentre operando permanentemente. El VRV responde a las demandas minimizando la operación y en consecuencia, aumentando el ahorro en el consumo eléctrico. Esta tecnología varía la velocidad de los compresores para un eficiente control del flujo refrigerante. El equipo detecta la temperatura del ambiente y en base a esto genera los flujos de refrigerante. Así, se obtiene un ahorro energético sobre el 20%, además, en caso de necesidades de calefacción y refrigeración, este equipo detecta las zonas con exceso de calor, lo absorbe y en lugar de lanzarlo al ambiente, lo distribuye en las áreas más frías. Con esta característica, se puede alcanzar un ahorro del orden del 40% de energía. También destaca del VRV sus reducidas dimensiones y tecnología silenciosa, en comparación con equipos tradicionales. De esta forma, se evitan costosos sistemas de aislamiento para la amortiguación de ruidos.

La mayor dificultad para la masificación del VRV se encuentra en el costo de este equipamiento. La complejidad es mayor cuando se trata de edificios pequeños, pues allí se posicionan otras alternativas más económicas. Sin embargo el VRV resulta muy competitivo en grandes edificios.

Iluminación.

En todo proyecto se debe realizar un análisis detallado respecto al tipo de iluminación a implementar, pues ésta debe responder a los distintos requerimientos, tales como, iluminación de áreas de estudio y trabajo, iluminación de seguridad y emergencias, e iluminación exterior y decorativa. Dependiendo de las necesidades de uso y los tiempos de uso, es que se pueden escoger distintas alternativas las cuales se detallan a continuación.

Iluminación Incandescente

Iluminación incandescente era el tipo más común de iluminación utilizado hasta hace unos años. Las lámparas incandescentes funcionan sin un ballast por lo cual se encienden al instante, proporcionando una luz cálida y excelente reproducción cromática. Sin embargo, las lámparas incandescentes tienen una baja eficacia en comparación con otras opciones de iluminación 10 - 17 lúmenes por watt y una corta vida media de funcionamiento 750 a 2.500 horas.

Los sistemas de lámparas incandescentes son los menos caros para comprar, pero debido a su ineficiencia y vida relativamente corta, por lo general son más caros de operar.

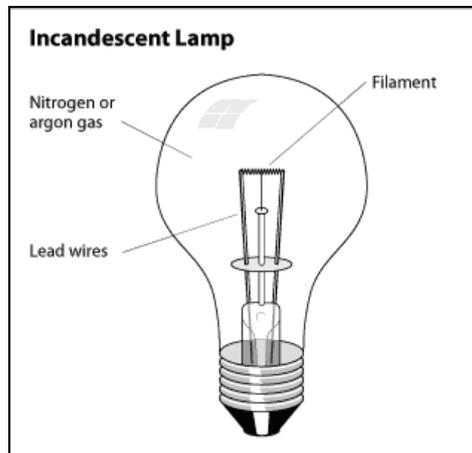


Figura 3.36 Lámpara incandescente (US Department of Energy,2010).

Las lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes utilizan entre el 25% y 35% de la energía consumida por las lámparas incandescentes, entregan entre 30 y 110 lúmenes por watt. También duran 10 veces más, entre 7.000 y 24.000 horas.

La luz producida por un tubo fluorescente es causada por una corriente eléctrica que pasa a través de mercurio y gases inertes. Las lámparas fluorescentes requieren un ballast para regular el funcionamiento y proporcionar un alto voltaje de puesta en marcha. Existen ballast electrónicos que superan a los ballast electromagnéticos estándar, ya que estos funcionan a una frecuencia muy alta que elimina el parpadeo y el ruido. Ballast electrónicos también son más eficientes energéticamente.

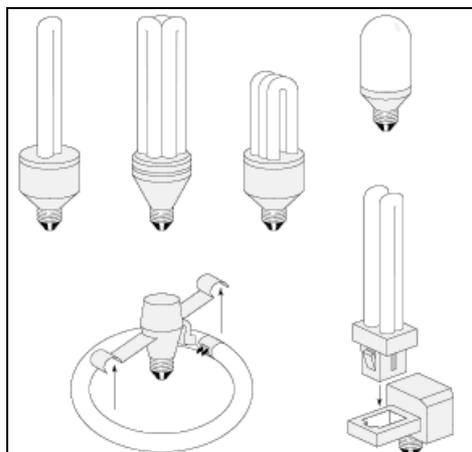


Figura 3.37 Lámparas fluorescentes (US Department of Energy,2010).

Iluminación de alta intensidad de descarga

Lámparas de alta intensidad de descarga (HID) proporcionan la más alta eficacia y larga vida útil de cualquier tipo de iluminación. Se puede ahorrar 75% -90% de la energía de iluminación comparando con la iluminación incandescente.

HID utiliza un arco eléctrico para producir la luz intensa y al igual que las lámparas fluorescentes, requieren de un ballast. Éstas tienen un tiempo de encendido de 10 minutos aproximadamente, porque el ballast necesita tiempo para establecer el arco eléctrico.

Debido a la luz intensa que producen, comúnmente son utilizadas para la iluminación al aire libre y en grandes escenarios interiores.

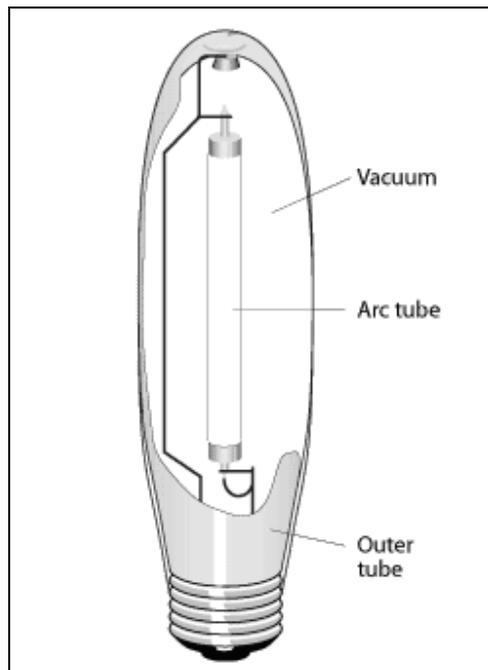


Figura 3.38 Lámparas HID (US Department of Energy,2010).

Iluminación LED

El diodo emisor de luz (LED) es una de las formas más eficientes de iluminación. Esta tecnología es más durable, y ofrece mejor calidad de luz que cualquier otro tipo de iluminación.

La iluminación LED es muy diferente de otras fuentes de luz como las bombillas incandescentes y lámparas fluorescentes compactas. Las diferencias

fundamentales son que el sistema LED es una fuente de luz monocromática que emiten varios colores (excepto el blanco), son direccionales casi como una linterna y no emiten calor. En comparación, las bombillas incandescentes liberan el 90% de su energía como calor.



Figura 3.39 Lámparas LED (US Department of Energy,2010).

Agua Caliente Sanitaria

Este aspecto ha sido cubierto por la utilización de la energía solar mediante paneles solares térmicos, los cuales son sistemas completos de energía solar de alta eficiencia.

Un calentador solar de agua usa la energía del sol para calentar un líquido, el cual transfiere el calor hacia un deposito de almacenado de calor, especialmente diseñado para esto. Los paneles tienen una placa receptora y tuberías por los que circula el líquido, el receptor asegura la transformación de radiación solar en calor, mientras que el líquido que circula se encarga de transportar el calor hacia donde puede ser utilizado o almacenado. El líquido calentado es bombeado hacia un aparato intercambiador de energía, generalmente una bobina, donde deja el calor y luego circula de vuelta hacia el panel para ser recalentado. Esto provee una manera simple y efectiva de transferir y transformar la energía solar.

Existen 3 variaciones de captadores solares térmicos.

Captadores planos protegidos

Son los más utilizados, debido a su buena relación costo/generación. En éstos, el captador se ubica en una caja rectangular, cuyas dimensiones habituales oscilan entre 1 y 2 m² y un espesor de 10 cm., aunque existen en el mercado

modelos más amplios dependiendo de las necesidades de producción y espacio disponible para su instalación. La superficie expuesta al sol está cubierta por un vidrio resistente, mientras que las restantes son opacas y están aisladas térmicamente, al interior de este compartimiento, expuesto al sol, se sitúa una placa metálica unida a una serie de conductos por los que fluye un caloportador generalmente agua, glicol, o una mezcla de ambos.

Captadores planos no protegidos

Son una variante más económica a los captadores protegidos donde se elimina el vidrio protector, dejando la placa expuesta directamente al ambiente exterior, carecen también de aislamiento perimetral. Dada la simplicidad de este tipo de paneles, existen multitud de variantes tanto en formas como en materiales. Generalmente consisten en un circuito de tuberías oscuras con agua en su interior.

Debido a su limitada eficiencia, necesitan una superficie más grande para conseguir las prestaciones deseadas, pero lo compensa con su bajo costo.

Tubos de vacío

Consisten en la instalación de la superficie captadora dentro de tubos al vacío, por tanto se eliminan las pérdidas caloríficas. Estos tubos se agrupan en una estructura para formar el panel. Las ventajas de este sistema son su mayor aislamiento térmico. La desventaja es un coste significativamente mayor y una resistencia inferior a las condiciones climáticas extremas.

Análisis y Discusión

Las metodologías empleadas en relación al diseño solar pasivo, son el diseño de orientación y forma para aprovechar de mejor manera la radiación solar como medio de climatización en los meses fríos y con medidas de control como aleros, toldos y persianas durante la temporada estival. Las medidas existentes respecto a ganancia solar indirecta y aislada son menos usadas por los proyectos, ya que estas soluciones con más eficientes en proyectos de menor superficie, lo que explica el uso de estructura de alta inercia térmica en el proyecto “Explora Rapa Nui”. Debido a lo mismo, es común la utilización de muros Trombe en algunos proyectos de casas sustentables en nuestro país.

La envolvente de los edificios es un tema de gran importancia en los seis proyectos estudiados. En la construcción del proyecto “Bicentenario” se utilizaron cubiertas con aislamiento térmico, mientras en los edificios de oficinas la solución adoptada fue la instalación de cubiertas vidriadas con paneles de cristal de alto desempeño, tal es el caso del proyecto “Titanium La Portada”, el cual cuenta con 6.000 paneles de origen belga, con un costo de US\$ 1000 cada uno, los cuales

corresponden a un doble vidriado hermético Low E con cámara de aire de 12 mm que posee un sistema de aislación acústica.

En el apartado dedicado a climatización y energía, el proyecto “Homecenter Copiapó” destaca, ya que cuenta con equipos evaporativos, los cuales son muy adecuados para la zona climática donde éste se sitúa, además de poseer un sistema de bomba de calor geotérmica. Por otro lado, el edificio “Transoceánica” utiliza paneles radiantes, el proyecto “Titanium La Portada” usa un sistema de climatización VRV y el proyecto “Costanera Center” utiliza un sistema de equipos enfriadores con agua del canal San Carlos. Los mencionados sistemas son muy eficientes desde el punto de vista energético, pero de un costo inicial muy elevado, no obstante esto no fue una limitación en los proyectos, ya que éstos pretendían ser un referente de proyectos sustentables y detrás de ellos hay un gran respaldo económico, lo cual permitió cubrir los elevados costos iniciales y esperar su reembolso por medio de los ahorros significativos en la etapa de operación.

Respecto a la iluminación, en general en nuestro país la utilización de iluminación eficiente pasa por el uso de ampollas fluorescentes y lámparas del tipo HID, sin embargo los proyectos sustentables analizados usan en su mayoría la tecnología LED en sus instalaciones, dadas las características de éstas, y asumiendo el gran costo económico inicial de éstas que es rápidamente recuperado, debido al uso intensivo al que están sometidas en los edificios, principalmente en los de uso comercial.

Sólo el proyecto “Homecenter Copiapó” presenta tecnologías aplicadas en el aspecto de agua caliente sanitaria, con la instalación de 45 paneles solares con los cuales satisface el 100% de sus necesidades.

El costo de un panel solar capaz de calentar aproximadamente 200 litros diarios, cantidad estimada para el uso de 4 personas, es de un millón de pesos aproximadamente.

Actualmente, en nuestro país iniciativas para lograr la masificación de tecnologías de captación solar activa y de energía eléctrica solar están siendo llevadas a cabo en el sentido de subsidiar la instalación de estos sistemas y el mercado presenta un gran potencial de desarrollo reflejado en la cantidad de metros cuadrados instalados cada año.

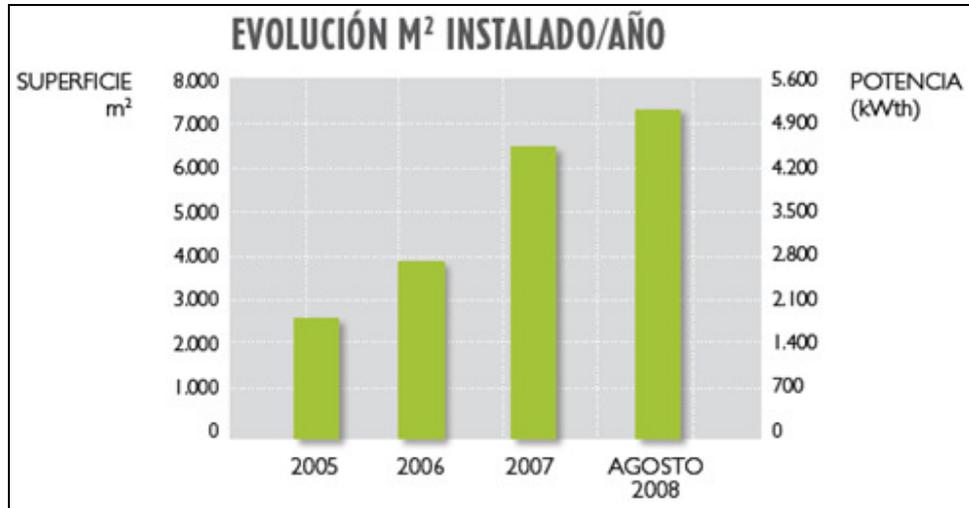


Grafico 3.1 Potencial eléctrico instalado (Sustentabit, 2009).

Las 4 primeras regiones del norte de nuestro país cuentan con uno de los potenciales de energía solar más altos a nivel mundial, con valores de irradiancia superiores a los 2.500 Kwh/m². Lo cual nos indica que, además de paneles solares térmicos, la instalación de paneles fotovoltaicos, que permiten obtener energía eléctrica directamente de la radiación solar, es una gran alternativa energética. Una vivienda situada en zonas con esos niveles de irradiancia, con 10 m² de paneles fotovoltaicos alcanzaría a satisfacer sus necesidades eléctricas anuales.

3.4 Materiales y Recursos

Aunque es conocido que las actividades de procesado de materias primas y la fabricación de los materiales generan un alto costo energético y medioambiental, no ha resultado fácil introducir nuevas estrategias que permitan cambiar el actual sistema de construcción y la utilización irracional de los recursos naturales, donde las prioridades de reciclaje, reutilización y recuperación de materiales, no han sido tomadas en cuenta y sólo en los últimos años han estado posicionándose con más importancia.

Debido a lo anterior es que se hace necesario reconsiderar esta preocupante situación de crisis ambiental, buscando la utilización racional de materiales que cumplan sus funciones sin menoscabo del medio ambiente.

Conocido es que los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo; pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo estos materiales en la edificación.

La fase de extracción y procesado de materias primas constituye la etapa más impactante, dado que la extracción de rocas y minerales industriales se lleva a cabo a través de una minería no controlada generando graves modificaciones topográficas y pérdidas de suelo, además de contaminación atmosférica y acústica.

La fase de producción de los materiales de construcción presenta abundantes repercusiones medioambientales; los problemas derivan del uso de materiales polvorientos y su respectiva contaminación y del gran consumo de energía necesario para alcanzar el producto adecuado.

La fase de empleo o uso de los materiales es la más desconocida, pero no menos importante, dado que incide directamente en la salud de las personas. Los contaminantes y toxinas más habituales en ambientes interiores van desde gases como ozono y radón, monóxido de carbono, hasta compuestos orgánicos volátiles COV.

Por último, la fase final del ciclo de vida de los materiales de construcción coincide con su tratamiento como residuo. Estos residuos proceden, en su mayor parte, de demolición de edificios, la gran mayoría no son contaminantes; sin embargo, algunos pueden ser perjudiciales para la salud. La mayor parte de estos residuos se trasladan a vertederos, donde no son sometidos a ningún de proceso de clasificación para reutilización o reciclaje, lo cual representa una importante pérdida de materias primas y recursos naturales.

En este contexto es que los edificios sustentables cuentan con algunas metodologías que les permiten tener un mejor desempeño en este sentido. Estas se centran principalmente en: reutilización de materiales, utilización de materiales con contenido reciclado, reciclaje de residuos generados, utilización de materiales de origen regional, uso materiales de renovación rápida, y uso de madera certificada.

Reutilización de Materiales

La intención de esta estrategia es reducir el uso total de materiales nuevos en un edificio, reduciendo así la demanda por materiales vírgenes, y ayudando a disminuir la cantidad de desechos generados por la construcción y los costos asociados a la extracción y procesamiento de materias primas y recursos vírgenes.

La estrategia consiste en incorporar en la construcción materiales o elementos constructivos de 2ª mano o reacondicionados, provenientes de los desechos de demolición, generalmente de otros edificios, de modo que estos pasen a formar parte del nuevo proyecto. Generalmente los edificios estudian en la etapa de diseño del proyecto la opción de incorporar materiales con estas características. Dichos materiales pueden corresponder a elementos de terminación como revestimientos de muros, pisos, puertas, ventanas, molduras u otros elementos estructurales como vigas y pilares de madera o metálicos.

Utilización de Materiales Con Contenido Reciclado

Esta estrategia incrementa la utilización de materiales de construcción que incorporen contenido reciclado, de manera de reducir los impactos asociados a la extracción y procesamiento de estos. Estas acciones se llevan a cabo estableciendo como objetivo del proyecto la especificación de materiales con contenido reciclado e identificando aquellos materiales que son factibles de conseguir en el mercado local, de esta forma se favorecerá la industria que incorpora el reciclaje en sus procesos productivos.

Algunos ejemplos de materiales con contenido reciclado son: cubiertas encimeras con vidrio reciclado, acero estructural reciclado, cubiertas de linóleo con plásticos reciclados y cemento Pórtland con agregados de cenizas.

Reciclaje de Desechos

Este proceso se implanta con la intención de reducir los desechos generados durante la operación del edificio que son llevados a los rellenos sanitarios. Por lo general se habilita un área de fácil acceso que permita la recolección y almacenaje de los materiales a reciclar, entre los que se encuentran vidrio, papel, cartón, plásticos y metales.

Comúnmente con el objetivo de brindar mayor funcionalidad y maximizar la eficiencia del proceso se instalan compactadores de metales y cartón, container almacenadores tanto exteriores como interiores y ductos que permiten enviar desde los pisos superiores directamente los materiales a los espacios de almacenaje.



Figura 3.40 Ductos de reciclaje.



Figura 3.41 Compactador de metales.

Materiales de Origen Regional

La intención de esta estrategia es extender la demanda por materiales de construcción y productos que sean extraídos y elaborados localmente, promoviendo así el uso de recursos regionales, lo cual permitirá reducir el impacto generado por el transporte de éstos.

Las certificaciones de construcción verde especifican la distancia máxima de procedencia de los productos, en particular *LEED* exige un porcentaje de materiales extraídos o manufacturados dentro de un radio de 800 Km. a la obra para obtener puntaje en esta categoría.

A continuación se especifican algunas empresas de fabricación y distribución nacional de productos para la construcción:

EMPRESA	PRODUCTOS OFRECIDOS
LIRQUEN	Manufactura y distribución de vidrios para múltiples propósitos.
VOLCAN	Placas yeso cartón, lana mineral, lana de vidrio, fibrocemento, yeso, cielos modulares y tejas asfálticas.
CHILCORROFIN	Pinturas y revestimientos; pinturas intumescentes, impermeabilizantes, antiácidas, vitrificadas y barnices.
INDALUM	Puertas, ventanas y cubiertas de aluminio.
INSTAPANEL	Planchas y laminas de acero para techumbres y cubiertas.
SASEC	Estructuras metálicas tipo mecano, pisos metálicos, escaleras metálicas, barandas y protecciones
LAFARGE	Cementos, hormigones, áridos y morteros para todo tipo de aplicaciones.
POLPAICO	Cementos, hormigones, áridos y morteros para todo tipo de aplicaciones.
HENKEL	Adhesivos, sellantes y tratamientos de superficies.
MASISA	Tableros, puertas y paneles de madera, tanto interiores como exteriores.
DVP	Soluciones en plástico para la obra gruesa y terminaciones.
PIZARREÑO	Revestimientos y cubiertas de fibrocementos.
ARAUCO	Tableros, revestimientos, paneles de madera, madera laminada y molduras.
CORDILLERA	Todo tipo de productos cerámicos; cerámicas de muro, cerámicas de piso, decorativas y porcelanato.
SIKA	Sellos y tratamientos de juntas, adhesivos, estanqueidad, refuerzos y reparación.
CERESITA	Pintura y revestimientos, pinturas industriales, pinturas exteriores y pinturas especiales.
CAP	Soluciones en acero para la industria de la construcción.
GERDAU AZA	Soluciones en acero para la industria de la construcción.
CINTAC	Fabricación y suministro de productos de acero para uso estructural.
CERÁMICA SANTIAGO	Soluciones constructivas y ornamentales en cerámicas y tejas.
ASFALCHILE	Soluciones integrales en asfalto para la pavimentación, impermeabilización y revestimientos.
VEKA	Ventanas de PVC.
LP	Tableros estructurales, revestimientos exteriores y vigas estructurales en madera.

Tabla 3.6 Empresas nacionales de materiales de construcción.

Uso de Madera Certificada

La certificación de la madera es una iniciativa que combina la auditoría de las prácticas forestales con el seguimiento de los productos que salen del bosque. Es un aval que garantiza al consumidor que los productos que adquiere han sido obtenidos de bosques bien gestionados desde un punto de vista económico, social y ambiental. De hecho, asegura que la compra de muebles, papel, tableros o carbón, entre otros, no ha contribuido a la destrucción de la masa arbórea que aún queda en la capa terrestre. Se estima que se pierden alrededor de 14 millones de hectáreas de zonas boscosas al año. A todo ello contribuyen prácticas como la explotación abusiva, la tala ilegal, o la pérdida de la biodiversidad de las zonas verdes.

Bajo estas perspectivas, parece evidente que una medida como la certificación de la madera, basada en criterios de sostenibilidad económicos y ambientales, ayudará a todos los sectores implicados en la explotación de los bosques a mantener sus negocios y a mejorar tanto su imagen como la salud de los bosques explotados.

Frente a estos antecedentes es que los proyectos sustentables que necesiten insumos de madera deben obtenerlos de distribuidores que tengan productos certificados.

A nivel mundial la certificación más reconocida y prestigiosa es la FSC, la cual es una organización no gubernamental sin fines de lucro cuyo objetivo es promover un manejo forestal responsable, socialmente beneficioso y viable en los bosques de todo el mundo.

Para obtener información respecto a los distribuidores de maderas certificadas en nuestro país, dirigirse a la página de FSC donde se mantiene un registro de las empresas registradas en el país. (<http://info.fsc.org/PublicCertificateSearch>)



Figura 3.42 Madera certificada.

Análisis y Discusión

La totalidad de los proyectos presentan metodologías similares, respecto a materiales y recursos, lo cual indica que éstos están al tanto de las implicancias negativas, que malas prácticas en este sentido podrían generar. Por lo tanto, sus preocupaciones se reflejan en tempranos compromisos de reciclaje de los residuos generados en la etapa de construcción y en la operación de los proyectos. Además a lo anterior, todos los diseños privilegian el uso de materiales reciclados, junto con materiales de origen regional. Para respaldar esta iniciativa, los proyectos solicitan a los proveedores certificados tanto de contenido reciclado de los materiales como del origen de éstos.

Respecto al uso de madera certificada, en caso de necesitar de dichos materiales, como es el caso del proyecto “Transoceánica” y “Explora Rapa Nui”, éstos se encargan a proveedores oficiales y registrados en alguna certificación de madera, como por ejemplo FSC.

Una metodología que destaca en el uso de materiales reciclados corresponde al uso de acero estructural reciclado, lo cual significa importantes ahorros económicos y beneficios medio ambientales dados los enormes volúmenes de este material, usados a menudo en los proyectos de construcción.

3.5 Calidad del Aire Interior

La calidad del aire de los ambientes, donde se desarrollan las actividades diarias, impacta directamente en la salud de las personas. La agencia de protección ambiental de Estados Unidos estima que las personas gastan alrededor del 90% de su tiempo en interiores, donde la calidad del aire puede ser muy inferior al que se tiene en el exterior. De ahí es que nace la necesidad de los proyectos sustentables de establecer estrategias y tecnologías que brinden una buena calidad del aire interior, permitan la eliminación de fuentes contaminantes internas, y aseguren la capacidad de control de las distintas variantes de confort en los recintos.

Monitoreo del CO₂ del aire interior

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que en altas concentraciones puede llegar a ser letal, proviene generalmente de artefactos de uso doméstico que usen gas, aceite, carbón o madera, este gas es invisible e inodoro, por lo cual no es fácil de detectar, debido a lo cual se recomienda la instalación de sensores CO₂ en los espacios interiores de los edificios para asegurar la calidad del aire.



Figura 3.43 Detector de CO₂.

Incrementar los niveles de ventilación natural

Esta técnica se implementa con la intención de proporcionar aire fresco adicional para mejorar la calidad el aire interior y de esta forma alcanzar mejores niveles de confort, bienestar y productividad de los ocupantes.

La estrategia más simple para lograr una adecuada ventilación natural, cuando las condiciones del entorno lo permiten, es la ventilación cruzada. Dicha estrategia consiste en generar aberturas estratégicamente ubicadas para facilitar el ingreso y salida del viento a través de los espacios interiores de los edificios, considerando de manera cuidadosa la dirección de los vientos dominantes. Siendo más precisos, la ventilación cruzada implica generar aberturas en zonas de alta y baja presión de viento de la envolvente arquitectónica.

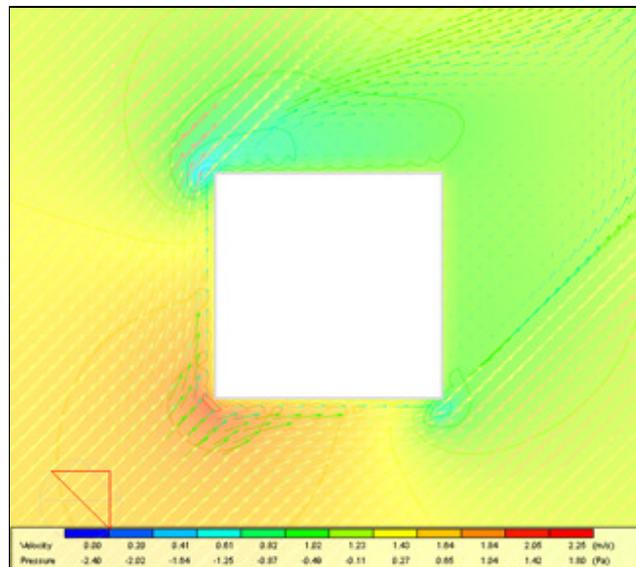


Figura 3.44 Simulación ventilación cruzada.

Es de vital importancia la orientación de los edificios y sus aberturas respecto al viento. Aunque es imposible que el viento provenga siempre de la misma dirección, suele haber direcciones predominantes, que son las que se debiera tomar en cuenta a la hora de definir la orientación del edificio, considerando al mismo tiempo otros factores tales como el soleamiento.

Si bien la ventilación cruzada es la estrategia más simple y económica para lograr una ventilación natural eficiente, resulta bastante común que las características del entorno dificulten su aplicación. Las obstrucciones cercanas pueden hacer prácticamente imposible aprovechar los vientos locales a través de aberturas convencionales. En esos casos es posible aplicar una serie de estrategias de diseño denominadas como ventilación vertical. Desde luego, dichas estrategias también pueden aplicarse cuando la ventilación cruzada es factible, para hacerla más eficiente.

La característica común de los sistemas de ventilación vertical es que involucran el uso de espacios o dispositivos de altura considerable, generalmente bastante mayor que la de los espacios a los que sirven.

Se puede hablar de dos sistemas básicos de ventilación vertical: las torres captadoras y las torres de extracción.

Torres captadoras

Las torres captadoras reciben ese nombre porque su cometido principal es captar los flujos de aire y conducirlos al interior del edificio. La torre captadora consiste en un dispositivo que se eleva sobre las cubiertas del edificio y las obstrucciones del entorno, generando en su parte superior una abertura orientada hacia la dirección de donde provienen los vientos dominantes.

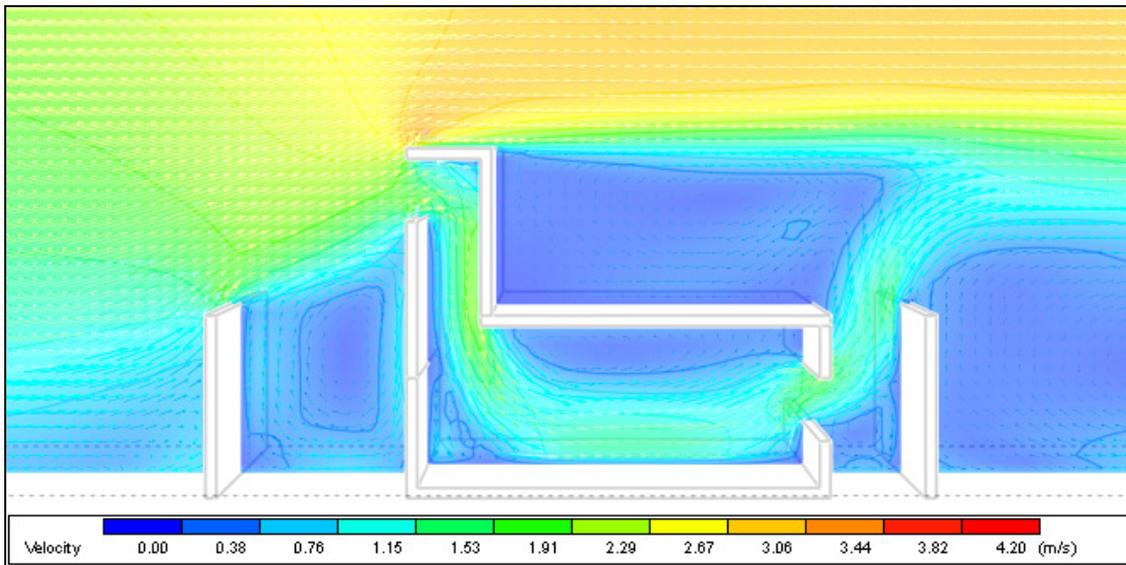


Figura 3.45 Simulación torre captadora.

La abertura superior de la torre, que sobrepasa la altura de la obstrucción, se ve sometida a presiones de viento relativamente altas, mientras que la ventana en la fachada contraria presenta presiones mucho menores. De esa manera, se genera un flujo de aire que ingresa por la parte superior de la torre, atraviesa el espacio, y sale por la ventana contraria para volver a integrarse con las corrientes exteriores. La torre captadora permite así eludir el problema de las obstrucciones y lograr una adecuada ventilación natural.

Torres de extracción

Las torres de extracción, si bien tienen una configuración similar a las torres captadoras, su funcionamiento es el inverso: en lugar de captar y conducir los vientos hacia el interior de los edificios, las torres de extracción lo que hacen es generar bajas presiones de viento para extraer el aire caliente del edificio y propiciar con ello el ingreso de aire fresco.

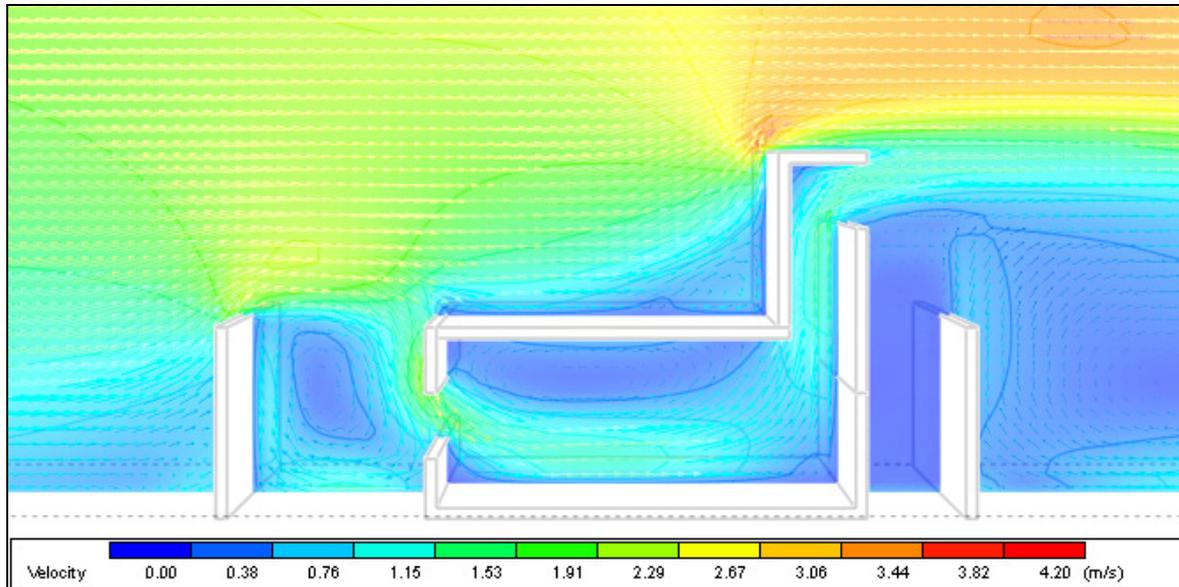


Figura 3.46 Simulación torre de extracción.

En este caso la torre, al elevarse en altura, genera presiones de viento reducidas en su abertura superior y con ello un efecto de succión. Al mismo tiempo propicia la desviación de las corrientes de aire, que ahora ejercen mayor presión sobre la ventana inferior orientada al viento, a pesar de la obstrucción. El resultado final es que el aire ingresa por la ventana orientada al viento, atraviesa el espacio habitable y sale por la abertura de la torre. Aunque con un funcionamiento inverso al de las torres captadoras, las torres de extracción permiten eludir el problema de las obstrucciones y lograr una mejor ventilación natural.

Materiales de baja Emisividad

A menudo los materiales usados en la construcción de los edificios liberan algunos contaminantes que son tóxicos, irritantes y dañinos para el confort y salud, tanto de los instaladores, como de los futuros ocupantes. Debido a esto es que los adhesivos, pinturas y selladores usados en el edificio deben cumplir algunos requerimientos. Los más comunes contaminantes tóxicos son los compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales se convierten fácilmente en vapores o gases. Estos son liberados por disolventes, pinturas y otros productos utilizados en la construcción. La exposición a estos compuestos puede causar en corto plazo mareos o reacciones alérgicas leves, pero en prolongados periodos de tiempo pueden llegar a causar graves lesiones neurológicas.

A continuación se presentan los límites de contenido de COV, según el departamento de gestión de calidad del aire de la costa sur (SCAQMD) de Estados Unidos, cuyos límites son los utilizados por la certificación *LEED*.

Aplicaciones de Arquitectura	Limite COV [g/L sin agua]	Aplicaciones de Especialidades	Limite COV [g/L sin agua]
Adhesivos interiores de moquetas	50		
Adhesivos para rellenos de moquetas	50	Soldadura de PVC	510
Adhesivos para suelo de madera	100	Soldadura de CPVC	490
Adhesivos para suelo de goma	60	Soldadura de ABS	325
Adhesivos para bases de suelos	50	Soldadura de plástico cemento	250
Adhesivos para baldosas cerámicas	65	Imprimador de adhesivo para plástico	550
Adhesivos de asfalto	50	Adhesivo de contacto	80
Adhesivos para yeso-cartón y paneles	50	Adhesivo de contacto de propósito especial	250
Adhesivos de base para calas	50	Adhesivo elementos estructurales de madera	140
Adhesivos multiuso en construcción	70	Operaciones recubrimiento telas de goma	850
Adhesivos acristalamiento estructural	100		
Aplicaciones Específicas Sustrato	Limite COV [g/L sin agua]	Sellantes	Limite COV [g/L sin agua]
Metal a Metal	30	Arquitectónicos	250
Espumas de Plástico	50	Cubiertas sin membrana	300
Material poroso excepto madera	50	Autovía	250
Madera	30	Membrana cubierta chapa simple	450
Fibra de vidrio	80	Otros	420
Imprimadores de Sellantes	Limite COV [g/L sin agua]		
Arquitectónicos no porosos	250		
Arquitectónicos porosos	775		
Otros	750		

Tabla 3.7 Límites de contenido de COV.

Fuentes contaminantes de aire interior

Existen fuentes contaminantes ubicadas dentro de los edificios, las cuales pueden ser perjudiciales para los ocupantes, por lo que es necesario tomar medidas para evitar la contaminación del aire interior.

En los recintos donde se utilicen o se generen gases y productos químicos perjudiciales para la salud (estacionamientos, área de limpieza, lavanderías, salas de impresión) se deben realizar renovaciones de aire como mínimo de 0,15 m³/min/m² para mantener las condiciones mínimas de confort (USGBC, 2006). Al mismo tiempo, se deberán diseñar las áreas antes mencionadas con sistemas de extracción aislados y alto nivel de filtración, además de mantener un aislamiento físico del resto de las áreas del edificio.

Control de sistemas

Se debe proporcionar a los ocupantes del edificio un alto nivel de control, tanto de los sistemas de confort térmico, como lumínico, con el propósito de promover la productividad y el bienestar de los ocupantes.

Control Térmico

El confort térmico se basa en que exista un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas térmicas del cuerpo. La temperatura de confort, en rigor, es una sensación térmica que no sólo depende de la temperatura, sino también de la humedad del aire y de su movimiento. Se denomina “Zona de Confort” al intervalo de condiciones dentro de las cuales un alto porcentaje de los usuarios se sentirán cómodos.

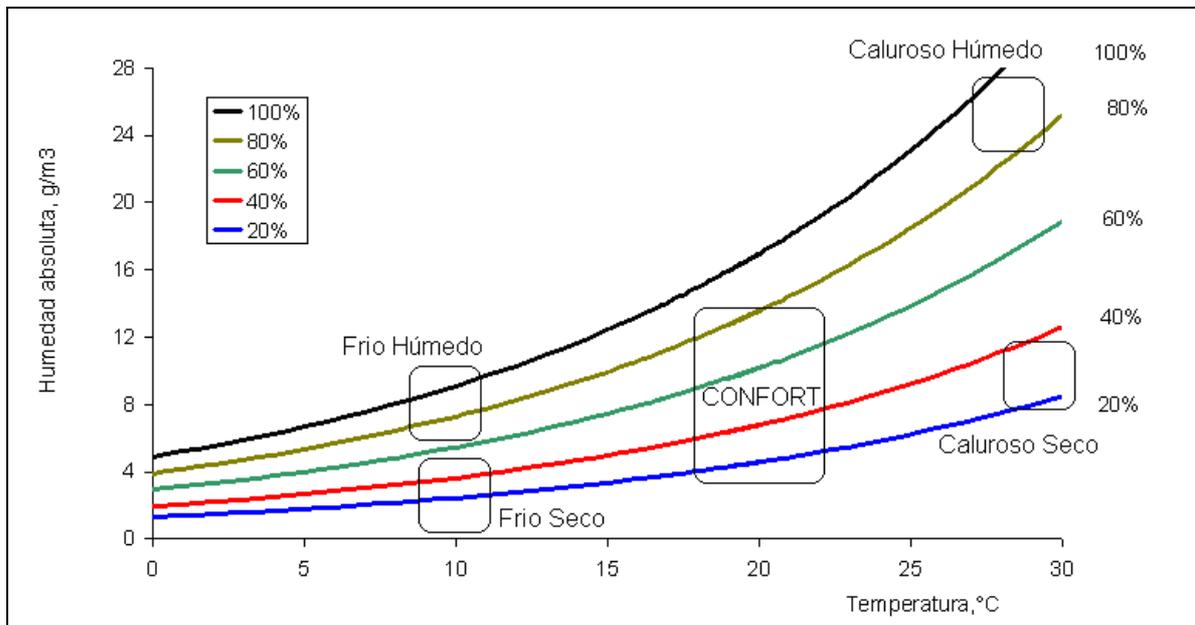


Figura 3.47 Diagrama de confort higrotérmico.

Las estrategias utilizadas deberán basarse en diseñar los sistemas de confort con controles que permitan realizar ajustes a las necesidades individuales o de grupos que comparten espacios comunes, las cuales por lo general estarán contenidas en la denominada zona de confort del diagrama de la figura 3.5-5. Lo anterior puede significar que el diseño incorpore ventanas operables o sistemas híbridos de ventanas y sistemas mecánicos, además de los ajustes individuales pueden suponer controles con termostatos.

Control Lumínico

Se debe proporcionar un alto nivel de control del sistema de iluminación a los ocupantes, tanto individualmente, como para grupos de ocupantes en los espacios de usos comunes como salas de reuniones o áreas de clases.

Las estrategias a aplicar pasan por un diseño que incluya elementos de control de iluminación, además de considerar sensores de ocupación para la iluminación.

Luz natural

Se debe proveer a los ocupantes de los edificios de luz natural y vistas exteriores para mantener un bienestar general y un ambiente grato que puede significar importantes mejoras en la productividad de estos.

Se deberá diseñar considerando desde un principio maximizar la luz natural al interior del proyecto, tomando en cuenta la orientación, dispositivos de sombreado permanentes exteriores e interiores y vidrios de alta calidad que posean bajos índices de emisividad y alta transmitancia lumínica. Respecto a las vistas exteriores, se deberán considerar divisiones interiores translúcidas y de baja altura que aseguren vistas exteriores en la mayor parte de las ubicaciones del recinto.

Análisis y Discusión

En relación a la calidad del aire interior, los proyectos presentan consideraciones en común, en el sentido de usar materiales de baja emisividad, eliminar las fuentes internas de contaminación y permitir el control térmico y lumínico de los sistemas empleados.

Los Proyectos “Bicentenario”, “Homecenter Copiapó”, “Explora Rapa Nui” y “Titanium La Portada”, cuentan con sistemas de ventilación natural, los cuales a través del análisis de los vientos predominantes y la forma del proyecto logran materializar aperturas y ventanas abatibles que permiten excelentes niveles del aire interior, lo cual tiene una importancia adicional al ser una metodología que no utiliza ningún medio mecánico o eléctrico en su operación.

CAPITULO 4- FICHAS TÉCNICAS DE LOS EDIFICIOS ANALIZADOS.

En el siguiente capítulo se presentan las fichas técnicas confeccionadas para cada proyecto, en las cuales se incluyen los principales antecedentes respecto a la construcción de los edificios, las tecnologías utilizadas por estos en cada categoría de las presentadas en los capítulos previos y un breve resumen del proyecto respecto a sus consideraciones sustentables.

El propósito de la inclusión de estas fichas, es permitir una rápida identificación de los proyectos, además de una síntesis clara y concisa de sus consideraciones sustentables y de los desempeños obtenidos o esperados de éstas.

La elaboración de las fichas técnicas permitió identificar las categorías en las cuales se presentan más tecnologías sustentables y cuáles son las que conforman el eje principal en la construcción de cada proyecto en particular, lo cual queda reflejado en el resumen que se presenta en cada ficha.

CAPITULO 5- GPOP MODEL.

El “*gPOP Model*” es una representación sistemática de las consideraciones sustentables en los proyectos de construcción, esta representación permite distinguir, los elementos constructivos, los procesos y las consideraciones organizacionales que se realizaron para llevar a cabo un proyecto de construcción sustentable, además indica claramente los requisitos de diseño, las soluciones adoptadas, los desempeños logrados posteriormente y proporciona valiosa información adicional a la descripción de las tecnologías incorporadas. Todo lo anterior con el fin de proporcionar una idea más global del los proyectos sustentables, ya que éstos suponen aspectos económicos, sociales y ambientales interrelacionándose por medio de estructuras organizacionales que de otra forma serian difíciles de visualizar.

El denominado “*gPOP model*” o “*Green Pop Model*” (Toledo & Fisher) surge de la necesidad de hacer comparables proyectos sustentables y tiene su origen en los “*POP Model*” (Kunz & Fischer, 2006) desarrollados para la utilización de modelos multidisciplinarios de comportamiento para proyectos de diseño y construcción.

5.1 Construcción de un *gPOP Model*

Para la construcción de los modelos se deben identificar las consideraciones de sustentabilidad de cada proyecto en particular, contenidas en el Capítulo 2, en la descripción de cada proyecto.

Estas consideraciones se deben clasificar como:

- **Product:** Elementos constructivos o de diseño.
- **Organization:** Grupos organizacionales o equipo humano que participará en la coordinación para el diseño y construcción.
- **Process:** Actividades que se realizarán para diseñar o construir.

Posteriormente, con el propósito de detallar aun más las consideraciones sustentables, éstas se deben clasificar según:

- **Function:** Funcionalidad, requisito, característica o cualidad que se quiere lograr en un determinado proyecto.
- **Form:** Manera en que se van a satisfacer los requerimientos.
- **Behavior:** Medición de la manera en que se comporta el producto, la organización o el proceso.

Por lo tanto, cada consideración sustentable, ocupará un espacio dentro de una matriz de 3 x 3 que corresponde al *gPOP Model*.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1	1	1
	2	2	2
	3	3	3
FORM	1	1	1
	2	2	2
	3	3	3
BEHAVIOR	1	1	1
	2	2	2
	3	3	3

Figura 5.1 Esquema *gPOP Model*.

Además de las características mencionadas, el modelo especifica un *gPOP Índice* o Índice *gPOP*, el cual se define como la relación entre el número total de consideraciones sustentables divididas por 9. Este índice indica el número medio de consideraciones por categoría. Además, se define un *gPOP Perfil* o Perfil *gPOP*, el cual es una representación tridimensional de la información contenida en la matriz del *gPOP Model*.

5.2 *gPOP Model* de los Edificios Analizados

A continuación se presentan los *gPOP Model* confeccionados para los seis proyectos en estudio, seguidos de sus respectivos *gPOP Índice*. Junto con las especificaciones explicadas en el sub capítulo anterior, para su confección se utilizaron las recomendaciones, presentadas en el documento “*gPOP: Representation of Sustainability Considerations on Building Project*” (M. Toledo & M. Fischer).

gPOP Models:

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Proveer un entorno que sea a la vez habitable y sustentable.	1	1 Desde un comienzo se busco construir edificio sustentable.
	2 Máxima automatización en la operación y mantenimiento.	2	2 Lograr mayor eficiencia operativa.
	3 Elementos que otorguen niveles óptimos de confort ocupantes.	3	3
FORM	1 Utilización de materiales que han consumido la menor energía para ser obtenidos.	1 Trabajo en conjunto de expertos en variadas áreas.	1 Control total del consumo energético.
	2 Electro válvulas que eliminan filtraciones	2	2 Control del variables de confort (temperatura, humedad, etc.)
	3 Grifería y sanitarios de bajo consumo.	3	3
	4 Riego tecnificado en jardines.	4	4
	5 Canales de ventilación natural y ventilación cruzada.	5	5
	6 Luminarias tipo Led	6	6
	7 Cubierta de aislamiento térmico	7	7
	8 Diseño solar	8	8
	9 Uso de materiales con contenido reciclado	9	9
BEHAVIOR	1 80% ahorro consumo eléctrico	1	1 Monitoreos posteriores a ocupacion muestran que se mantienen condiciones de confort.
	2 50% menos uso de energia total que edificio similar	2	2
	3 Deja de emitir 15,5 toneladas de CO2	3	3

Tabla 5.1 gPOP Model. Edificio Bicentenario.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Pretencion de obtener la certificacion ambiental LEED.	1	Desde diseño inicial se pretendio la construcción de una tienda sustentable
	2 Lograr una ubicación cercana a servicios públicos y transporte publico.	2	
	3 Lograr una disminución en los consumos de energía eléctrica superior a un 80% respecto a un consumo promedio en estas tiendas.	3	
	4 Ahorro en consumo de agua y energia.	4	
	5 Usar de energia renovable.	5	
	6 Manejo de aguas lluvias.	6	
	7 Rechazo del calor solar.	7	
	8 Aprovechamiento de la luz natural.	8	
FORM	1 Equipos de climatización de acuerdo a condiciones de la zona climática.	1 Gerente de sustentabilidad	Desechos de construcción y operación se clasifican para su reciclaje.
	2 Luminarias de alta eficiencia.	2 Asesoría LEED	Medición y control de emisiones durante la etapa de construcción.
	3 Reutilización de un terreno previamente utilizado y contaminado	3 Trabajo en conjunto de equipo multidisciplinario.	Estudio de la ubicación mediante análisis bioclimáticos.
	4 Especies autoctonas en areas verdes		
	5 Aleros que evitan solemamiento.		
	6 Sensores de temperatura y humedad interior.		
	7 Uso grifería y sanitarios de bajo consumo.		
	8 Equipos evaporativos de enfriamiento de aire.		
	9 Uso de geotermia para climatización.		
	10 Uso de aperturas para utilizar vientos para intercambio del aire interior.		
	11 45 unidades de paneles solares.		
BEHAVIOR	1 Luces exteriores evitan contaminación lumínica.	1	
	2 Jardines no han requerido de riego.	2	
	3 Reducción del 23% del consumo de agua.	3	
	4 Ahorro 84% energia calentamiento de agua.	4	
	5 Reducción del 50% de energía para enfriamiento de aire.	5	
	6 Luz natural en el 93% de los recintos.	6	
	7 40% de materiales de origen regional.	7	
	8 3550 m2 de areas verdes.	8	
	9 34 Puntos LEED	9	

Tabla 5.2 gPOP Model. Edificio Homecenter Copiapó.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Se propusieron usar materiales mayoritariamente nativos.	1	1 Apuntó desde inicio al concepto de sustentabilidad.
	2 Utilización eficiente de la luz exterior en todos sus recintos.	2	2 Diseño que privilegie espacios y circulaciones exteriores cubiertas.
	3 Permitir excelente calidad del aire interior. Por medio de elementos de alta tecnología.	3	3 Protección de la cubierta vegetal del terreno
	4	4	4 Reducir al máximo el consumo de energía.
FORM	1 Planta de tratamiento para el 100% de sus aguas servidas.	1 Encargado de energía y medio ambiente	1 Manejo de residuos tóxicos durante construcción y operación.
	2 Especies nativas en jardines.	2 Asesoría profesional LEED	2 Monitoreo de los consumos energéticos.
	3 Uso de piedra volcánica local para recubrimiento.	3 Trabajo en conjunto de equipo multidisciplinario.	3 Monitoreo de variables de confort.
	4 Canales de ventilación cruzada.	4	4
	5 Materiales libres de COV.	5	5
	6 Sistema de cogeneración por recuperación de gases de escape de grupo diesel.	6	6
	7 Estructura de masa robusta con alta inercia térmica.	7	7
	8 Uso de madera laminada certificada.	8	8
	9 Lucarnas para ingreso de luz.	9	9
BEHAVIOR	1 0% de utilización de agua potable para riego.	1	1
	2 90% del terreno destinado a áreas verdes.	2	2
	3 35 puntos LEED.	3	3

Tabla 5.3 gPOP Model. Hotel Explora Rapa Nui.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Se quieren tener amplias superficies destinadas a jardines y uso público.	1	El proyecto se inicio con la idea de ser uno de los edificios líderes, en la categoría de edificios sustentables en nuestro país
	2 Pretencion de obtener la certificación ambiental LEED.	2	Simulación de energías pasivas que afectan el proyecto.
	3 Forma que enfrente el viento predominante y evite turbulencias en el entorno.	3	Los diseñadores se propusieron optimizar al máximo el consumo de agua potable.
	4 Lograr una alta eficiencia energética.	4	Racionalización del consumo energético.
	5 Elementos para privilegiar el uso de transporte público o vehículos eficientes.	5	
FORM	1 Reutilización de terreno.	1 Asesoría profesional LEED.	1 Monitoreo de temperatura interior.
	2 Instalaciones vehiculos bajo consumo.	2 Encargado de sustentabilidad.	2 Control y medición de las emisiones de polvo, ruido y gases generados durante la construcción.
	3 Alta densidad de construcción.	3 Trabajo en conjunto de equipo multidisciplinario.	3 Diseño bajo las pautas que propone el USGBC para edificios de oficinas de plantas libres.
	4 Grifería eficiente.	4	4
	5 Materiales libre de COV.	5	5
	6 Ubicación cercana a servicios y transporte publico.	6	6
	7 Techumbre y terraza con alta reflectancia solar.	7	7
	8 Sanitarios de doble descarga.	8	8
	9 Especies en jardines que requieren poco riego.	9	9
	10 Entradas horizontales permiten ventilación natural.	10	10
	11 Muro cortina de cristal laminado de alto estándar. Protege de rajos infrarrojos y permite ingreso de luz natural.	11	11
	12 Sistema de climatización VRV.	12	12
BEHAVIOR	1 30% del agua de riego se recupera de los equipos de climatización.	1	90% de desechos de construcción reciclados.
	2 30% de ahorro de energía respecto a edificios similares.	2	2
	3 40% de materiales de origen regional.	3	3
	4 70% áreas libres en el primer nivel.	4	4
	5 Ahorro de 60% de energía eléctrica.	5	5
	6 41 puntos LEED.	6	6

Tabla 5.4 gPOP Model. Edificio Titanium La Portada.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Utilización de materiales no nocivos para la salud de los ocupantes y de preferencia reciclados.	1	1 Pretención desde un comienzo ser el edificio el más sustentable de Chile
	2 Implementación de un buen sistema de aislamiento térmico.	2	2 Diseño abocado al uso inteligente tanto del consumo de agua como de energía
	3 Utilización de un sistema de climatización eficiente.	3	3 No generar impactos negativos en el entorno
FORM	1 Reutilización de terreno.	1 Asesoría profesional LEED.	1 Medición y control de emisiones durante la etapa de construcción
	2 Ubicación cercana a servicios y transporte público.	2 Trabajo en conjunto de equipo multidisciplinario.	2 Monitoreo de sistema de iluminación y clima.
	3 Planta de hormigones interna, que permite evitar los problemas de atochamiento que provocaría el alto flujo de camiones.	3 Encargado de sustentabilidad.	3 Reciclaje de residuos de construcción.
	4 Jardines con 50% de especies autóctonas.	4	4 Monitoreo de temperatura y luz de los recintos.
	5 Equipos de co-generación.	5	5
	6 Techos verdes con sistema de recuperación de agua lluvia.	6	6
	7 Sanitarios de doble descarga.	7	7
	8 Lavamanos con temporizadores.	8	8
	9 Sistema de climatización que utiliza agua del canal San Carlos.	9	9
BEHAVIOR	1 Alta densidad de construcción.	1	1
	2 30.000 m ² de techos verdes.	2	2
	3 Utilización de acero 100% reciclado.	3	3
	4 Materiales libre de COV.	4	4
	5 44 puntos LEED.	5	5

Tabla 5.5 gPOP Model. Edificio Costanera Center.

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS
FUNCTION	1 Contar con un sistema de eficiencia energética, orientado en la demanda.	1	1 Diseño enfocado a evitar ganancias térmicas
	2 Contar con la última tecnología en sistemas de climatización e iluminación.	2	2 Objetivos calidad de los espacios de trabajo, basado en el confort lumínico, térmico y de ventilación de los recintos.
	3 Adoptar una postura respetuosa con el medio ambiente.	3	3 El diseño del sistema de iluminación contempla mayoritariamente el uso de luz natural.
	4 Mejorar la calidad de los espacios de trabajo.	4	4 Instaurar referentes del sistema de ahorro energético en nuestro país
	5 Lograr un ahorro de energía equivalente de un 20% que un edificio de oficinas de características	5	5 El diseño alineando la visión de desarrollar un proyecto sustentable e innovador.
	6 En proceso de postulación LEED NC, Gold.	6	6
FORM	1 100% de especies autóctonas en jardines	1 Asesoría profesional LEED	1 Medición y control de emisiones durante la etapa de construcción
	2 Obtención de agua desde napa subterránea para riego	2 Trabajo en conjunto de equipo multidisciplinario.	2 Sistemas integrados en un sistema de control para su monitoreo y calibración.
	3 Grifería y sanitarios de bajo consumo.	3 Encargado de sustentabilidad.	3
	4 Aislamiento de la cubierta por doble losa.	4	4
	5 Toldos exteriores con estación geo referenciada de protección solar.	5	5
	6 Orientación y forma de acuerdo a análisis solar.	6	6
	7 Iluminación de bajo consumo. Fluorescentes t5	7	7
	8 Áridos y yeso utilizado de origen regional.	8	8
	9 Utilización de acero reciclado.	9	9
	10 Lucarnas de iluminación cenital.	10	10
	11 Quebravistas de madera.	11	11
	12 Envolvente de paneles con cámara de aire de 16 mm.	12	12
	13 Inyección de aire fresco a baja velocidad y temperatura de confort.	13	13
	14 Materiales libre de COV.	14	14
	15 Sistema de capilares permite climatización por radiación.	15	15
BEHAVIOR	1 14.000 m2 para áreas verdes.	1	1
	2 Elementos pasivos como la orientación, el aprovechamiento de la luz natural y protección solar aportan con el 80% de la disminución de energía.	2	2
	3 Consumo de 35 KWh/m2 año, frente a los 180 Kw h/m2 año de los edificios de oficinas de alto estándar en Chile.	3	3

Tabla 5.6 gPOP Model. Edificio Transoceánica.

Calculo de los *gPOP Index*:

	PRODUCT	ORGANIZATION	PROCESS		
FUNCTION	3	0	2	5	
FORM	9	1	2	12	
BEHAVIOR	3	0	1	4	gPOP Index
	15	1	5	21	2,3

Tabla 5.7 *gPOP Index*. Edificio Bicentenario.

	PRODUCT	ORGANIZACIÓN	PROCESS		
FUNCTION	9	0	1	10	
FORM	11	3	3	17	
BEHAVIOR	9	0	0	9	gPOP Index
	29	3	4	36	4,0

Tabla 5.8 *gPOP Index*. Homecenter Copiapó.

	PRODUCT	ORGANIZACIÓN	PROCESS		
FUNCTION	3	0	4	7	
FORM	9	3	3	15	
BEHAVIOR	3	0	0	3	gPOP Index
	15	3	7	25	2,8

Tabla 5.9 *gPOP Index*. Edificio Hotel Explora Rapa Nui.

	PRODUCT	ORGANIZACIÓN	PROCESS		
FUNCTION	5	0	4	9	
FORM	12	3	3	18	
BEHAVIOR	6	0	1	7	gPOP Index
	23	3	8	34	3,8

Tabla 5.10 *gPOP Index*. Edificio Titanium La Portada.

	PRODUCT	ORGANIZACIÓN	PROCESS		
FUNCTION	3	0	3	6	
FORM	9	3	4	16	
BEHAVIOR	5	0	0	5	gPOP Index
	17	3	7	27	3,0

Tabla 5.11 gPOP Índice. Edificio Costanera Center.

	PRODUCT	ORGANIZACIÓN	PROCESS		
FUNCTION	6	0	5	11	
FORM	15	3	2	20	
BEHAVIOR	3	0	0	3	gPOP Index
	24	3	7	34	3,8

Tabla 5.12 gPOP Índice. Edificio Transoceánica.

A continuación se confeccionan los *gPOP Perfil*, los cuales servirán como herramienta para identificar en que categoría del gPOP Model, se concentran las consideraciones sustentables.

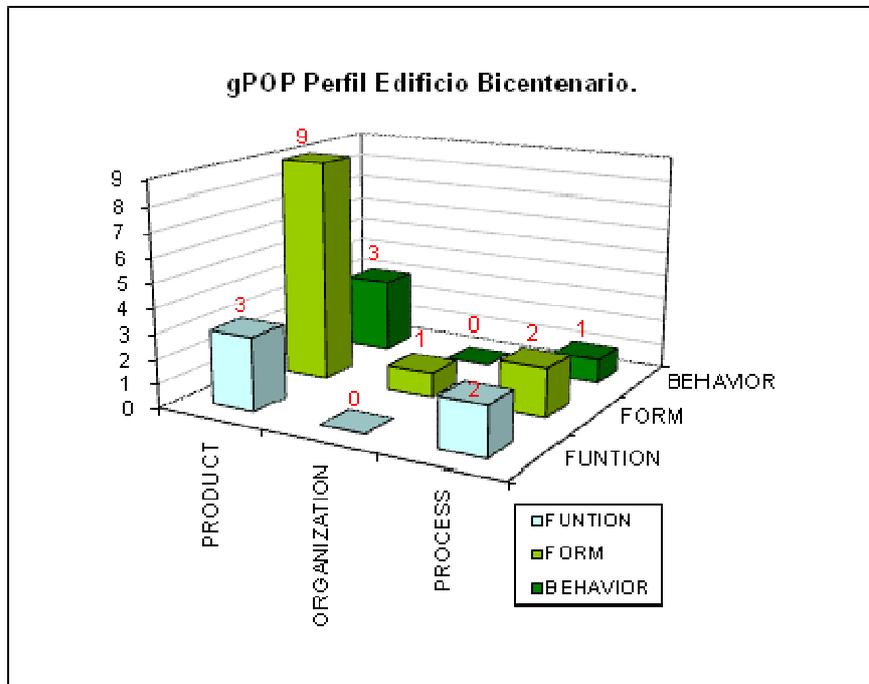


Grafico 5.1 gPOP Perfil Edificio Bicentenario.

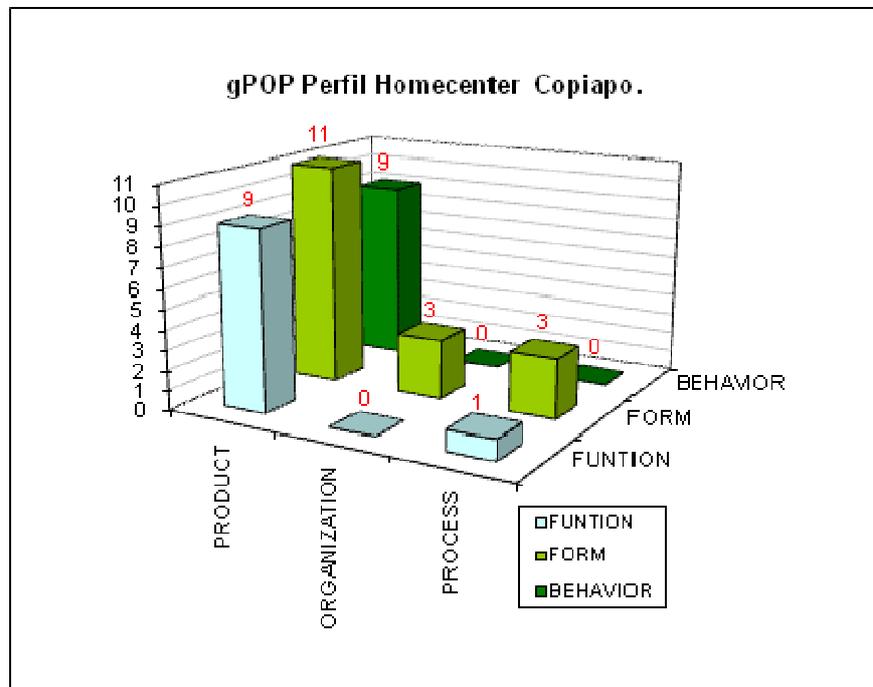


Grafico 5.2 gPOP Perfil Homecenter Copiapó.

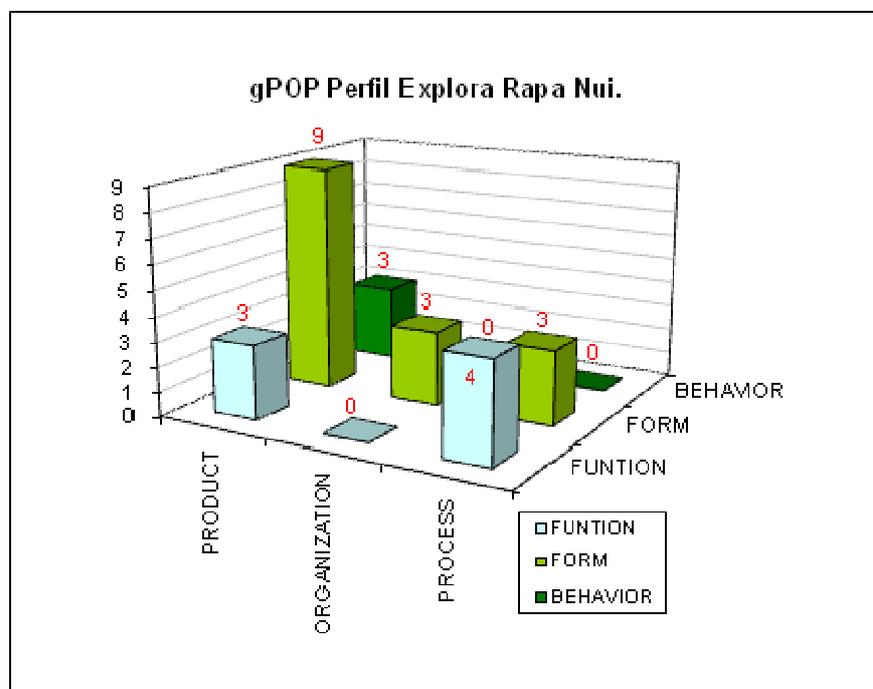


Grafico 5.3 gPOP Perfil Explora Rapa Nui.

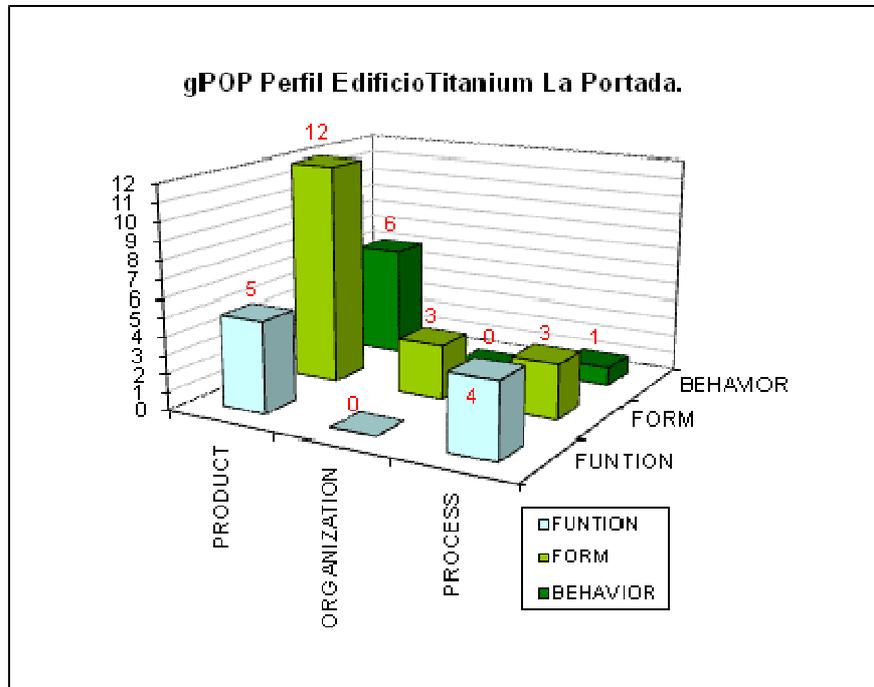


Grafico 5.4 gPOP Perfil Edificio Titanium La Portada.

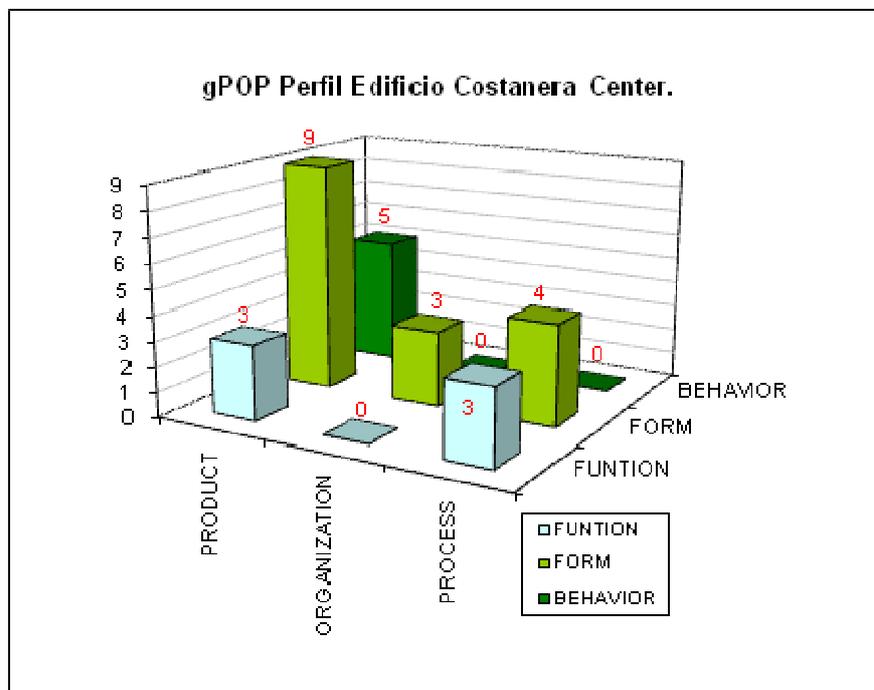


Grafico 5.5 gPOP Perfil Edificio Costanera Center.

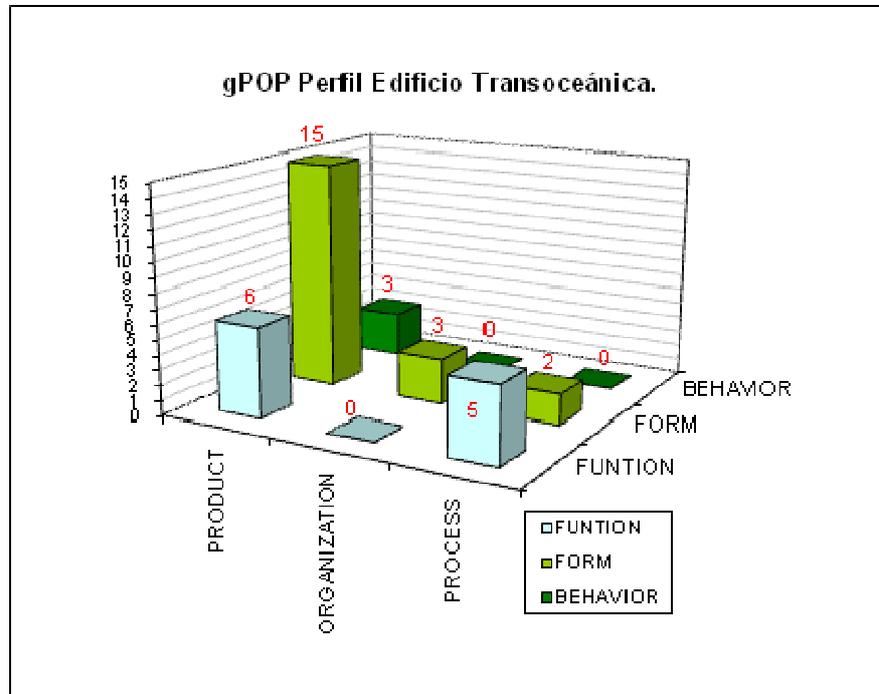


Grafico 5.6 gPOP Perfil Edificio Transoceánica.

Para detallar los resultados obtenidos de los *gPOP Models*, se presenta la siguiente tabla, en la cual se detallan las consideraciones sustentables según su categoría.

PROYECTO	Product	%	Organization	%	Process	%	Funtion	%	Form	%	Behavior	%	Gpop Index
Edificio Bicentenario.	15	71%	1	5%	5	24%	5	24%	12	57%	4	19%	2,3
Homecenter Copiapo.	29	81%	3	8%	4	11%	10	28%	17	47%	9	25%	4,0
Hotel Explora Rapa Nui.	15	60%	3	12%	7	28%	7	28%	15	60%	3	12%	2,8
Edificio Titanium La Portada.	23	68%	3	9%	8	24%	9	26%	18	53%	7	21%	3,8
Edificio Costanera Center.	17	63%	3	11%	7	26%	6	22%	16	59%	5	19%	3,0
Edificio Transoceánica.	24	71%	3	9%	7	21%	11	32%	20	59%	3	9%	3,8
Promedio	20,5	69%	2,7	9%	6,3	22%	8,0	27%	16,3	56%	5,2	17%	3,3

Tabla 5.13 Resumen consideraciones sustentables.

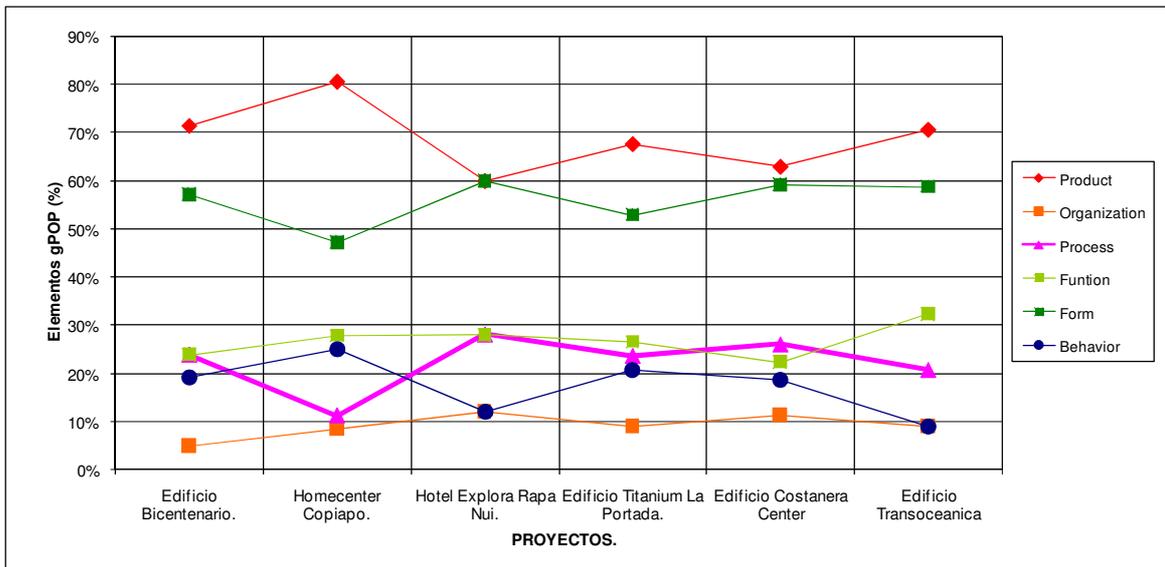


Grafico 5.7 Consideraciones sustentables según categoría (%).

Análisis y Discusión.

Al revisar los *gPOP Perfil*, se observa que se acentúan las consideraciones de sustentabilidad en la categoría de *Product* y *Form*; lo cual nos indica que las consideraciones se centran en elementos constructivos utilizados para satisfacer los requerimientos del proyecto, sin embargo mientras estas categorías contienen numerosas consideraciones otras poseen escasas o nulas, lo cual indica un desequilibrio no menor en el proceso de diseño de los proyectos, pues los elementos correspondiente a *Process* u *Organization* son igualmente relevantes que los *Product* para alcanzar una mejor sustentabilidad en los proyectos. Sin embargo otra causa que pudo haber generado el desequilibrio mencionado en las categorías del *gPOP Perfil*, es la inadecuada documentación de las consideraciones de sustentabilidad relativas a *Process* u *Organization*.

Es interesante observar que aunque el *gPOP Índice* solo es un promedio de las consideraciones en cada casilla de la matriz, este alcanza su máximo en el proyecto “Homecenter Copiapó”, el cual es el que más destacó en los análisis realizados en cada categoría de las tecnologías sustentables, y desde un comienzo se caracterizó como uno de los proyectos más sustentables.

Cabe mencionar, que el análisis realizado mediante el *gPOP Model*, corresponde a un análisis retrospectivo, y para su confección se utilizan antecedentes entregados por sus diseñadores por medio de informes de proyectos y entrevistas, además se obtuvo información de publicaciones especializadas. Debido a lo anterior es que se podría, estar dejando de lado algunas consideraciones sustentables que si fueron consideradas pero no se encuentran documentadas.

CAPITULO 6- CONCLUSIONES.

El presente Trabajo de Título corresponde a un estudio, en el cual se analizaron seis edificios sustentables de nuestro país, los cuales corresponden a:

- Edificio Habitacional Inteligente Bicentenario
- Homecenter Copiapó
- Hotel Explora Rapa Nui
- Edificio Titanium La Portada
- Edificio Costanera Center
- Edificio Transoceánica

El mencionado análisis se efectuó por medio de una compilación de las tecnologías empleadas en los seis edificios, en el marco de la sustentabilidad y posteriormente, se realizó una descripción detallada de cada una de estas tecnologías. De modo de caracterizar de forma sencilla los proyectos, se confeccionaron Fichas Técnicas con las principales características de cada uno de éstos y las consideraciones que éstos poseen en términos de su sustentabilidad. Finalmente, se usaron los denominados *gPOP Model*, de manera de poder realizar un análisis comparativo entre los distintos proyectos para indagar en que ámbito están centrando sus consideraciones sustentables.

La descripción de las tecnologías abordadas en el tercer Capítulo permite conocer el funcionamiento detrás de cada tecnología utilizada y discutir respecto de lo adecuado o no de la aplicación de éstas, dependiendo de distintos aspectos como la ubicación geográfica, facilidad de operación y su costo económico. De igual forma, en este Capítulo se dan a conocer algunas variantes a las aplicaciones usadas, con el propósito de lograr mejores desempeños en caso de futuros diseños que requieran de dichas tecnologías.

El conocimiento en mayor profundidad de las tecnologías sustentables permite comprender la importancia del uso de éstas y los beneficios que otorga su utilización. Por tanto, una mayor difusión en este sentido es de gran importancia en la actualidad, cuando problemas como el calentamiento global y la crisis energética están afectando gravemente las economías y sociedades a lo largo del planeta.

En general, la implementación de las tecnologías sustentables significan importantes costos iniciales, los cuales en el largo plazo son recuperados, no obstante, esto presenta una limitación a la extensión de su uso, por lo que se hace necesaria la existencia de subsidios para su puesta en marcha. Si bien los proyectos estudiados pudieron llevar a cabo esos desembolsos iniciales, no todos los proyectos

están dispuestos, o tienen la capacidad para desembolsar estas grandes sumas de dinero.

Pese a que las tecnologías abordadas en este Trabajo de Título presentan grandes beneficios medio ambientales, no todas pueden ser utilizadas en cualquier proyecto de construcción, lo anterior debido a que se debe tener en cuenta factores como el clima donde se sitúa el proyecto, disponibilidad de terrenos, capacidad de operación, además de las demandas específicas de los usuarios.

Respecto del modelo *gPOP*, cabe destacar que éste no corresponde a una metodología totalmente objetiva, ya que depende del enfoque que le de el investigador para la clasificación de las distintas consideraciones sustentables, no obstante, facilita en gran manera el análisis comparativo de distintos proyectos, ya que constituye una herramienta versátil y proporciona importante información respecto a los proyectos que de otro modo pasaría inadvertida.

El análisis de los resultados de los *gPOP Models* indica que las consideraciones sustentables se concentran en la categoría Producto. Dada la subjetividad que se menciona en el párrafo anterior, esto podría ser provocado por el enfoque que le asignó el investigador a las consideraciones sustentables. Sin embargo, en la etapa de recopilación de antecedentes se tenía conocimiento respecto a este aspecto, por lo cual se prestó especial cuidado en no provocar la mencionada perturbación.

El desequilibrio en las distintas categorías revela una preocupación excesiva en los aspectos relacionados con la solución de requerimientos del proyecto, a través de elementos de diseño o construcción, lo que indica que se están dejando de lado importantes atributos relativos a los procesos y organizaciones. Llama la atención que en ninguno de los proyectos se refieran al *Commissioning* en forma explícita, la cual corresponde a una prestación enfocada a verificar y documentar la planificación, instalación, operación y mantención de los múltiples sistemas empleados en los proyectos, especialmente los relacionados con la eficiencia energética, pues esta entidad es descrita en las consideraciones para obtener la certificación *LEED* y significa la asignación de un puntaje determinado y más importante aun busca verificar que el diseño satisfaga las especificaciones.

En general, los proyectos presentaron tecnologías adecuadas para conseguir los objetivos medio ambientales que estos procuraron obtener, las cuales se escogieron mediante un diseño a cargo de un equipo multidisciplinario. Este equipo de cierta forma centró sólo en uno, de los múltiples aspectos su diseño, lo cual se exhibe en el resultado de los proyectos. De manera que las consideraciones sustentables contempladas en los diseños, sean cada vez más y se repartan de forma más equilibrada en las categorías de *Product*, *Organization* y *Process* los proyectos alcanzaran mejores desempeños sustentables.

Puede ser de gran ayuda para comprender mejor el proceso de diseño de los proyectos sustentables, el seguimiento de éstos a partir de la etapa de diseño, ya que la metodología seguida en este estudio corresponde a un análisis retrospectivo.

La preparación de este estudio puede ser un aporte a los diseñadores, proyectistas y mandantes de futuros proyectos sustentables, especialmente brindándoles una aproximación a la elección de las soluciones a implementar en sus proyectos, dada la descripción que se realizó de las distintas tecnologías utilizadas en los seis edificios sustentables estudiados y de las variantes que éstas poseen, junto a sus desempeños medio ambientales.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Montoya, H., 2009. Conferencia LEED, Asociación Colombiana de Ingenieros.
2. Maldonado, D. 2009. El Sello Verde. Revista BIT 68: 14-20.
3. Cuevas, R. Diciembre de 2009. EHIS: EDIFICIO HABITACIONAL INTELIGENTE SUSTENTABLE .
4. Maldonado, D. 2008. Techos Verde Esperanza. Revista BIT 61: 48-53.
5. Todo Obras, 2010. Eficiencia y Sustentabilidad. Revista Todo Obras Nº 89.
6. USGBC, 2006. Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles Para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones V2.2.
7. USGBC, 2005. Guía de Referencia LEED-NC V2.2.
8. Bloch, R. 2004. El Valor Del Agua Dulce en la Supervivencia de la Humanidad. Obtenido de <http://www.agendainternacional.com/numerosAnteriores/n5/0507.pdf> [Consulta: Julio de 2010].
9. Observatorio de Ciudades, 2009. Formulación Sello de Eficiencia Hídrica.
10. US Department of Energy , Energy Savers. Obtenido de <http://www.energysavers.gov/> [Consulta: Agosto de 2010].
11. Sitio Solar, La Arquitectura Solar Pasiva. Obtenido de [http:// www.sitiosolar.com/arquitecturasolarpasiva.htm](http://www.sitiosolar.com/arquitecturasolarpasiva.htm) [Consulta: Agosto de 2010].
12. Sustentabit, 2009. Cifras que Iluminan. Revista SUSTENTABIT I: 16-17.
13. Toledo & Fischer, GPOP: REPRESENTATION OF SUSTAINABILITY CONSIDERATIONS ON BUILDING PROJECTS.
14. Kunz & Fischer, 2006. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions.
15. 12 Obras Resistentes,2009. ARQUITECTURA VIVA N°12 :29-32.
16. Martinez, P.,2003. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable.

17. Descripción del Proyecto Transoceánica. Obtenido de <http://www.transoceanica.cl/home/sustentabilidad.html> [Consulta: Septiembre de 2010].
18. Diseño de Sistemas Pasivos. Obtenido de <http://sol-arq.com> [Consulta: Septiembre de 2010]
19. Ediciones Especiales: Camino a la Certificación. Obtenido de <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=20091004189729> [Consulta: Septiembre de 2010].
20. Edificio Transoceanica.
Obtenido de <http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/07/30/edificio-transoceanica-arquitectos/> [Consulta: Septiembre de 2010].
21. EFICIENCIA ENERGETICA EN VIVIENDAS, 2005 . BIT julio 2005 .
22. EL MAYOR PROYECTO DE NEO URBANISMO EN CHILE. (s.f.). Obtenido de http://seguridadempresarial.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=673:costanera-center-el-mayor-proyecto-de-neourbanismo-en-chile&catid=56:enseguridad&Itemid=112 [Consulta: Septiembre de 2010].
23. El Norte También Existe. BIT 54 : 112-119.
24. El Sueño De Pedro Ibañez. 14 de Noviembre, 2006 .EL SABADO :14-16.
25. En que Consistió la Certificación LEED de Titanium la Portada. Obtenido de <http://www.revistatc.com/?p=3056> [Consulta: Septiembre de 2010]
26. Energía y Agua. Obtenido de <http://duranarquitectos.cl/2009/02/23/agua-y-energia/> [Consulta: Septiembre de 2010].
27. Experiencia en Proyectos.. Obtenido de <http://www.pochcorp.com/main/proyecto/92> [Consulta: Septiembre de 2010].
28. Explora Con Alma Rapa Nui. Obtenido de <http://diario.elmercurio.cl/detalle/index.asp?id={13ffbee5-76ac-424b-ad37-934f69e6bb18}> [Consulta: Septiembre de 2010].
29. EXPLORA RAPA NUI. Obtenido de <http://www.explora.com/explora-rapa-nui/> [Consulta: Septiembre de 2010].

30. EXPLORA RAPA NUI CUIDA EL AMBIENTE. Obtenido de <http://www.extend.cl/comunica/2009/08/explora-ropa-nui-cuida-el-medioambiente-con-iniciativas-sustentables/> [Consulta: Septiembre de 2010].
31. GG00: TITANIUM LA PORTADA. Obtenido de http://www.cchc.cl/DATA/Fotos_Link/Noviembre09.pdf [Consulta: Agosto de 2010].
32. GUIA DE CONSTRUCCION SUSTENTABLE. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) . España.
33. Huenchunir, M. EDIFICACION SUSTENTABLE :MODULO ARQUITECTURA Y CALIDAD FISICO ESPACIAL.
34. INFORME SUSTENTABLE 86. Obtenido de <http://www.codelco.cl/desarrollo/86/4.asp> [Consulta: Abril de 2010].
35. Las ciudades y el calentamiento global. Obtenido de <http://www.docstoc.com/docs/21000188/LAS-CIUDADES-Y-EL-CALENTAMIENTO-GLOBAL> [Consulta: Septiembre de 2010].
36. LOS EDIFICIOS MAS VERDES DE CHILE. Obtenido de http://www.quepasa.cl/articulo/16_2121_9_2.html [Consulta: Septiembre de 2010].
37. Los materiales de construcción y el medio ambiente. (s.f.). Obtenido de http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html
38. Mena, K.,2009. HOMECENTER COPIAPO :Primer edificio retail certificado LEED en Latinoamérica.
39. NAHB Research Center. Obtenido de <http://www.toolbase.org/> [Consulta: Junio de 2010].
40. OBRA DESTACADA: TITANIUM LA PORTADA. REVISTA TyC 45 .
41. Primer edificio retail certificado LEED en Latinoamérica. Obtenido de <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=20091004189726> [Consulta: Marzo de 2010].
42. REVISTA D+A: Especial Costanera Center. Obtenido de <http://www.dma.cl/revistas/DMA16.pdf> [Consulta: Septiembre de 2010].
43. Revista Frio y Calor. Obtenido de <http://www.frioycalor.cl/100/ficha%20tecnica.html> [Consulta: Septiembre de 2010].
44. Sistemas de fachada con aislacion termica transparente. BIT Marzo 2002 .

45. Techos Verdes. Obtenido de <http://www.minuevohogar.cl/index.php/?p=4141> [Consulta: Septiembre de 2010].
46. Techos Verdes: Una mirada desde el aire. Obtenido de <http://www.revistaca.cl/2008/04/techos-verdes-una-mirada-desde-el-aire/> [Consulta: Septiembre de 2010].
47. The knowledge report. Obtenido de http://issuu.com/cotero/docs/green_building_report_2009 [Consulta: Septiembre de 2010].
48. UN NUEVO MISTERIO. BIT 66 , 88-93.
49. Whole Building Design Guide. (s.f.). Obtenido de <http://www.wbdg.org/> [Consulta: Junio de 2010].

