



Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Proyecto de Titulación 2010

# Centro de Investigación en Energía Solar

Parque temático de las energías renovables

Ingrid Soto Libano

**Profesor Guía: Manuel Amaya Díaz**

# Agradecimientos

Dedico este trabajo a mis padres Margarita y Jorge, por su incondicional apoyo, confianza y cariño entregado durante todo el proceso académico de mi vida. Gracias por permitirme llegar a ser quien soy.

Agradezco :

A mis hermanos Dafna, Ignacio e Iván, por su ayuda y confianza entregada a través de los signos de apoyo que constantemente me dieron durante este año.

A mis amigos y amigas por las sonrisas los abrazos y la fuerza transmitida en cada oportunidad, para poder seguir adelante. En especial a Natalia, Nixie, Barbara y Mónica, gracias por siempre estar apoyándome y brindándome momentos de alegría y en especial por haberme ayudado a llevar a cabo este proyecto.

A mi profesor guía, Manuel Amaya por confiar en el buen término del proyecto y por su constante ayuda durante todo este año.

A todas esas personas que desinteresadamente me brindaron su ayuda en temas técnicos y de especialidades contenidas en este trabajo y a los docentes involucrados que a través de sus consejos me guiaron para llegar a buen término con el proyecto. A los funcionarios de la Municipalidad de Antofagasta, MINVU Antofagasta, don Claudio Pavéz, Ximena Ponce, Haroldo Henriquez.

A los docentes Marcos Crutchik , Gino Perez, Pilar Cereceda, y Alfredo Schnell, por su ayuda y conocimiento entregado.

El mas extenso de los agradecimiento es a mi mas incondicional amigo, confidente y compañero Alejandro Vidal Dominguez, por cada una de las jornadas que trabajaste junto a mi, por todas esas charlas de análisis y tertulias compartidas . Muchas gracias por tu paciencia, tu comprensión y por tu ayuda.

**A todos Ustedes,  
¡¡MUCHAS GRACIAS!!**

*Noviembre - 2010*

**Ingrid Soto Libano**



Presentación

<b>1. Agradecimientos</b> .....	03
<b>2. Índice</b> .....	04
<b>3. Introducción</b> .....	09
<b>4. Motivaciones</b> .....	10
<b>5. Problemática</b> .....	11
- <i>Global: Situación mundial</i>	11
- <i>Local: Situación país Chile - Antofagasta</i>	12
<b>6. Hipótesis</b> .....	15

Energía

<b>1. Matriz energética</b> .....	19
- <i>Las energías renovables en Chile</i>	20
<b>2. Potencial energético del Norte Grande</b> .....	21
- <i>Factores de Análisis del consumo energético</i>	21
- <i>Factibilidad Energía Geotérmica</i>	22
- <i>Factibilidad Energía Mareomotriz</i>	23
- <i>Factibilidad Energía Eólica</i>	24
- <i>Factibilidad Energía por Biomasa</i>	26
- <i>Factibilidad Energía Solar</i>	26
<b>3. Energía Solar: oportunidad de desarrollo económico</b> .....	28
<b>4. Investigación y Desarrollo tecnológico en Chile</b> .....	32

Ciudad

<b>1. Antofagasta: condición Solar, Clima y Geografía</b> .....	39
- <i>Características Solares</i>	39
- <i>Características de Clima Y Geografía</i>	39
<b>2. Evolución urbana: Crecimiento de la ciudad</b> .....	41
<b>3. Terreno</b> .....	42
- <i>Seccional La Chimba</i>	42
- <i>Accesibilidad</i>	44
- <i>Usos de Suelo</i>	44
- <i>Áreas Verdes</i>	44
- <i>Plano Vialidad</i>	45
- <i>Plano Usos de Suelo</i>	46
- <i>Plano Construido - No construido</i>	47

- <i>Plano Áreas Verdes</i>	48
- <i>Terreno emplazamiento CIES</i>	49

<b>4. Parques Urbanos en Antofagasta</b> .....	50
- <i>Los Parques Urbanos de Antofagasta</i>	51
<b>5. Gestión</b> .....	52
- <i>El Proyecto</i>	52
- <i>Financiamiento</i>	53
- <i>Costos Asociados</i>	54
- <i>Administración</i>	55

Proyecto

<b>1. Propuesta</b> .....	59
<b>2. Parque temático de las energías renovables</b> .....	60
- <i>Idea Arquitectónica</i>	61
- <i>Simbiosis Urbano - Naturaleza - Energías</i>	62
<i>Urbano</i>	62
- <i>Análisis tramas</i>	64
- <i>Áreas Temáticas Imagen Objetivo</i>	66
- <i>Circulaciones Imagen Objetivo</i>	67
- <i>Vegetación</i>	70
<i>Naturaleza</i>	70
- <i>Sistema Eólico</i>	71
- <i>Sistema energía solar</i>	71
- <i>Sistema captación de agua de rocío y aguas lluvias</i>	71
- <i>Sistema desalinizador de agua</i>	71
<i>Energías</i>	72
- <i>Usuario</i>	73
- <i>Referentes</i>	74
<b>3. Centro de Investigación en Energía Solar</b> .....	74
- <i>Idea Arquitectónica</i>	74
- <i>Usuario Objetivo</i>	75
- <i>Programa</i>	76
- <i>Partido General</i>	79
- <i>Criterio Estructural</i>	80
- <i>Materiales y expresión</i>	81
- <i>Paisajismo</i>	82
- <i>Criterio Bioclimático</i>	83
- <i>Criterios de Confort (Térmico - Acústico - Lumínico)</i>	84
- <i>Referencia Normativa</i>	85
- <i>Referentes</i>	86
- <i>Planimetría</i>	88

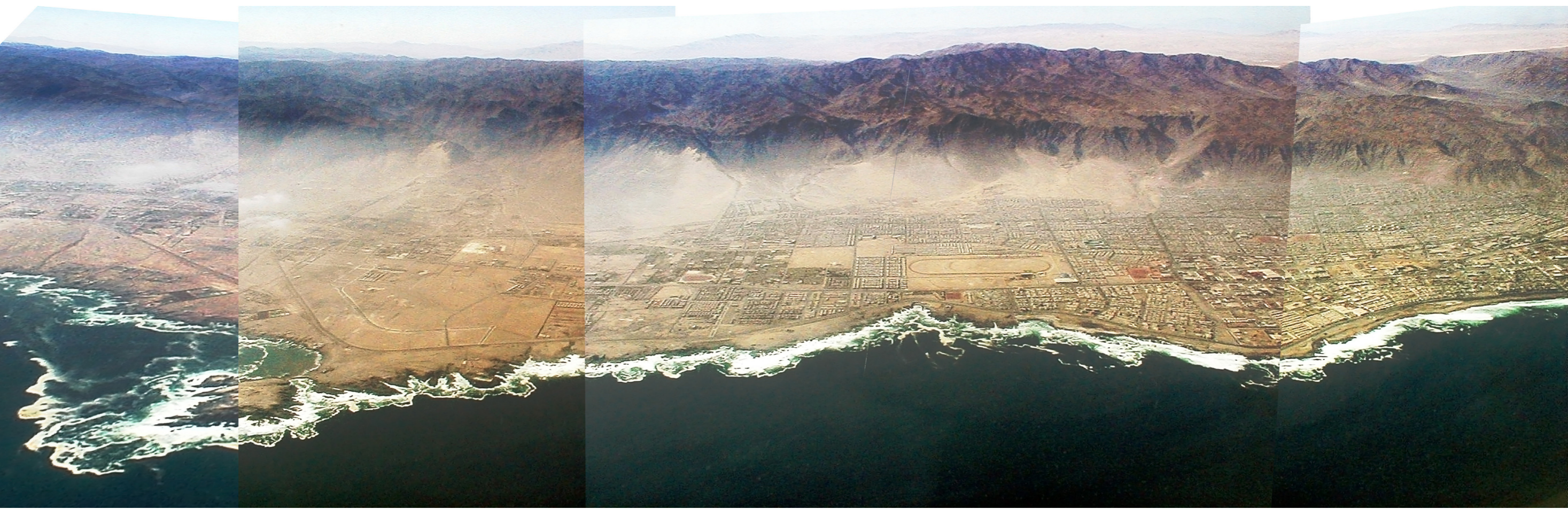
Bibliografía y Anexos

<b>1. Bibliografía</b> .....	95
- <i>Libros y Documentos</i>	95
- <i>Sitios Web</i>	95
- <i>Arquitectos Consultores</i>	95
- <i>Entrevistas</i>	95
<b>3. Créditos Finales</b> .....	96

**"...Entonces sobre el vacío del mundo se abrirá completamente el verdor infinito del Desierto de Atacama.."**

En Desiertos de Purgatorios - Raúl Zurita

**Fotografía: Vista aérea Sector Norte Ciudad de Antofagasta- Claudio Pavéz**



## **"Transformando la crisis energética en una oportunidad"**

Marcelo Tokman - Ex ministro de Energía

La situación mundial energética, se enmarca dentro de las siguientes temáticas:

- El agotamiento de los recursos combustibles fósiles y
- El daño generado a través del calentamiento global, producto de la excesiva emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, principalmente por las ciudades e industrias.

Esta situación mundial no es ajena a la realidad chilena. Chile ha ratificado el protocolo de Kyoto<sup>1</sup>, comprometiéndose a ser parte de este instrumento en pos de disminuir el daño producto de la emisión de gases de efecto invernadero.

Chile es un país en vías de desarrollo con todo el potencial climático para mejorar las prácticas energéticas y ser parte de una producción limpia y amigable con el medio ambiente. Para ello se deben enfocar los esfuerzos en re-formular los procesos productivos de empresas con importantes impactos al medio y principalmente cuidar el uso de la energía en ciudades, desde la producción limpia hasta el uso doméstico de ella. Las energías renovables son la mejor opción de Chile, para reducir y evitar la actual dependencia energética de otros países.

El deber de la arquitectura hoy en día es lograr la perfecta integración de las tecnologías asociadas al cuidado del medio ambiente y la opciones de energías renovables en los edificios de toda índole.

Al mismo tiempo, Chile está en vías de mejorar los procesos vinculados a la innovación + desarrollo + innovación, en las áreas de la energías limpias y renovables, para lo cual la arquitectura que acoja a estos programas debe responder de manera íntegra las necesidades propias de la actividad.

El centro de Investigación en Energía Solar + Parque de las energías renovables, nace a raíz de las distintas iniciativas de fortalecer Antofagasta como una ciudad con una riqueza climática singular y única dentro de nuestro país.

El proyecto, conjuga la captación de energía solar con la arquitectura del edificio, constituyéndolo como un gran captador de radiación que finalmente transforma, acumula y distribuye esta energía, para el uso del mismo y del parque .

La principal propuesta es la vinculación que se genera entre el Centro de Investigación y el Parque Temático de las Energías Renovables, convirtiendo al edificio en un referente de la integración de la comunidad en la enseñanza y educación de los métodos de captación de las energías limpias, además de generar un espacio público por medio de las áreas verdes en conjunción con una secuencia de plazas de recreación y educación en torno al tema de la sustentabilidad y las energías, tan primordiales hoy en día para nuestra vida diaria.

1. Instrumento creado para reducir las emisiones de gases invernadero de los países desarrollados en un 5,2% al año 2012, según las emisiones existentes en 1990. - CONAMA, [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

consumo energético . generación de contaminantes . contexto urbano . **decadencia medioambiental** . arquitecto consciente . habitabilidad . edificios eficientes . **sustentabilidad** . confort . economía . sistemas no convencionales de obtención energética

Las motivaciones personales que llevan a desarrollar el presente trabajo nacen del interés por resolver y comprender a cabalidad las temáticas y conceptos expuestos en la gráfica superior. Se desprenden de estas palabras claves tres directrices que generan las ideas principales y motivadoras de la elección del tema de trabajo para este proyecto académico:

- La **crisis energética mundial** con su incidencia en la economía local de Chile y a menor escala en el diario vivir del habitante.

- Los **sistemas de obtención energética** no convencionales, que permiten una integración en la arquitectura contemporánea a diferencia de los sistemas tradicionales. Así, estos sistemas limpios abren las **posibilidades de diseño** en las nuevas construcciones.

- De acuerdo a lo anterior, la **arquitectura** genera una **oportunidad** de crear un vínculo más cercano entre el habitante común y estas nuevas tecnologías que se incorporan hoy en día a los edificios. Da pie para la educación del usuario, factor fundamental para

la adaptación de las energías renovables a las matrices eléctricas.

La oportunidad que genera la arquitectura vinculada a estos sistemas y la situación energética a nivel país nos llevan a la observación del medio natural que nos ofrece el territorio nacional.

La principal observación recae en el norte de nuestro país para lo cual apoyo mis intenciones de llevar a cabo este proyecto, en el trabajo de seminario de investigación realizado en año 2009, titulado "*Sistemas energéticos solares en Antofagasta, hacia una vivienda energía cero*".

Del mismo modo en los aprendizajes obtenidos por medio de la experiencia laboral en el área de energía y sustentabilidad y unidad de simulación energética de IDIEM (Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales) de la Universidad de Chile, resumidas en el informe de práctica profesional "*Evaluación de sistemas de simulación energéticas en edificios*", que me permitió principalmente comprender las posibilidades en la construcción actual para mejorar los niveles de confort y habitabilidad en los edificios.

**Global: Situación Mundial y País**

**El Mundo**

"El consumo energético crecerá un 2% cada año"<sup>1</sup>. Y la principal materia prima para la generación de energía, los combustibles, están disminuyendo en reservas y aumentando de costo. Las reservas de petróleo en el mundo están cuantificadas y Chile al no ser un productor relevante de esta fuente y otros combustibles, se encuentra en una posición de dependencia energética frente a otras potencias mundiales en el mercado del petróleo. Para sobrellevar esta dependencia, Chile está en la búsqueda de las mejores opciones en la diversificación energética, al igual que el mundo entero.

La oferta en el campo de las fuentes energéticas está en pos de la demanda y su aumento está estudiado y establecido. Se estima que la demanda eléctrica aumentará en un 85% en un rango de tiempo entre el 2004 y el 2030.

Aunque las proyecciones mantienen que las principales

materias primas para la producción energética seguirán siendo a través de fuentes tradicionales, no obstante progresivamente las tecnologías basadas en fuentes renovables aumentarán su aporte.

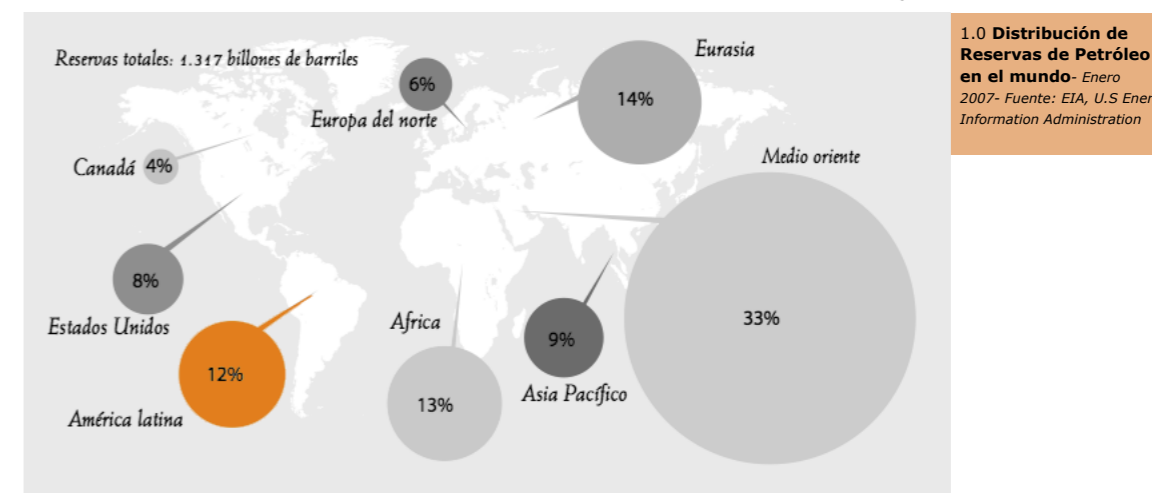
**Chile**

**Energía:** Chile basa su matriz energética en las hidroeléctricas con un 37,2% de la capacidad instalada total y en el gas natural con un 35,2%<sup>2</sup>. Las expectativas respecto de las nuevas tecnologías que formarán parte de la producción país incluyen a las energías renovables actualmente formando parte con un 2,7% de la producción total. Se espera que en la próxima década Chile pueda alcanzar los estándares internacionales y lograr el 5% promedio mundial de la instalación por energías renovables no convencionales (ERNC).

Las oportunidades otorgadas frente al campo de las energías son múltiples en cuanto a las posibilidades que ofrecen las energías limpias o ERNC. Aún así los inconvenientes frente a la mayoría de estas opciones

1 Ministerio de la Industria de España .

2 CNE Comisión Nacional de Energía -2008



## Problemática

están en su factibilidad económica.

Aún presentando nuestro país un considerable potencial climático para diferentes de las energías no se pueden considerar una real competencia en cuanto al costo frente a las fuentes convencionales. Por lo tanto, la necesidad frente a esto es el desarrollo de las tecnologías que a largo plazo repercuten en la disminución de los costos asociados.

**Investigación y Desarrollo:** Chile se manifiesta como un comprador de tecnología, principalmente por la escasa inversión en proyectos de investigación y Desarrollo, en comparación a otras naciones. En el mercado de las energías renovables actualmente el kwh cuesta el doble que un kwh de fuentes convencionales. Se requiere abrir el mercado de las energías limpias y para ello la investigación, desarrollo e innovación son un punto clave. Chile al año 2004 presenta un 0,68% de gasto en I+D como porcentaje del PIB. A la misma fecha Finlandia, presentándose como uno de los mayores desarrolladores de I+D presenta un 3,48%.<sup>3</sup> (ver gráfica 1.1)

En la actualidad los proyectos de I+D en el área de las ingeniería y la tecnología alcanza el 16% del gasto anual, siendo el área de mayor inversión las ciencias agrícolas.

Según la actualidad y las necesidades del país de incursionar en otras áreas de la ciencia, recientemente se presentan variadas iniciativas en torno a la continuación en el desarrollo investigativo de las energías renovables, al igual que en países como Alemania, España, y Estados Unidos, principales desarrolladores en innovación en torno a las energías alternativas.

Dadas las cifras y la oportunidad que estos campos de la economía nacional presentan, es fundamental

destacar y trabajar en pos de mejorar los indicadores, desarrollar tecnología nacional aprovechando los recursos de nuestro medio natural tan diverso y extenso que ofrece el territorio nacional, haciendo crecer la economía en torno a la tecnología y no a las materias primas y principalmente mejorar la calidad de vida de los chilenos.

### Local: Situación Norte Grande - Antofagasta

**Energía:** El SING, Sistema Interconectado del Norte Grande, uno de los 4 sistemas eléctricos de Chile cuenta con un 99,63% de producción correspondientes a termoeléctricas a base de combustibles como carbón<sup>4</sup>, fuel, diesel y de ciclo combinado a gas natural. El restante 0,37% corresponde a dos unidades hidroeléctricas, consideradas como energía renovable. De la producción total, el 90% es para consumo de las industrias, principalmente mineras en la II Región. Es por ello, que son las mismas industrias las que hoy presentan interés por diversificar la matriz energética local.

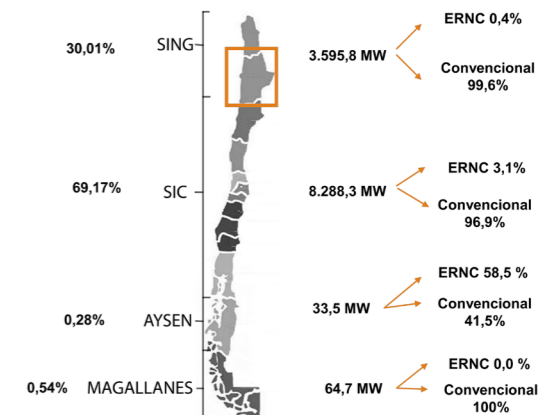
El desaprovechamiento del importante potencial solar de la segunda región es motivo para la inversión en análisis de factibilidad de aplicación de las tecnologías solares como lo son el Proyecto CORFO gestionado por la Universidad de Chile: "Fortalecimientos de Capacidades Regionales - Centro de Investigación en energía solar para la minería", proyectándose en la ciudad de Antofagasta. Proyecto que obedece a la tendencia de potenciar las posibilidades del norte del país en el ámbito de la investigación y desarrollo.

**Ciudad:** Es un factor de suma importancia el altísimo índice de radiación solar presente en la ciudad del orden de los 4,8 kcal/m2día, que implica la mayor ventaja y

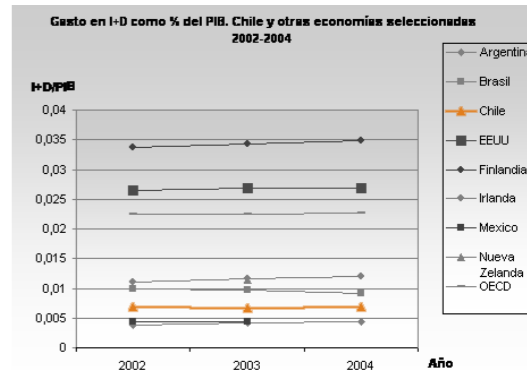
<sup>4</sup> El carbón es el combustible que produce más CO<sub>2</sub> por Kwh generado, del orden del 1,44 Kg por Kwh.

<sup>3</sup> Último dato disponible - Fuente Conicyt - www.conicyt.cl

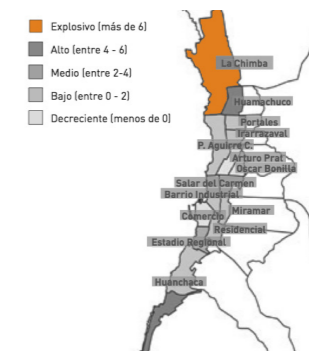
## Problemática



1.2 Capacidad Instalada de Generación eléctrica por sistema - 2008 - Fuente: CNE



1.1 Gasto en I+D como % del PIB Chile y otras economías seleccionadas - 2004 - Fuente: Conicyt



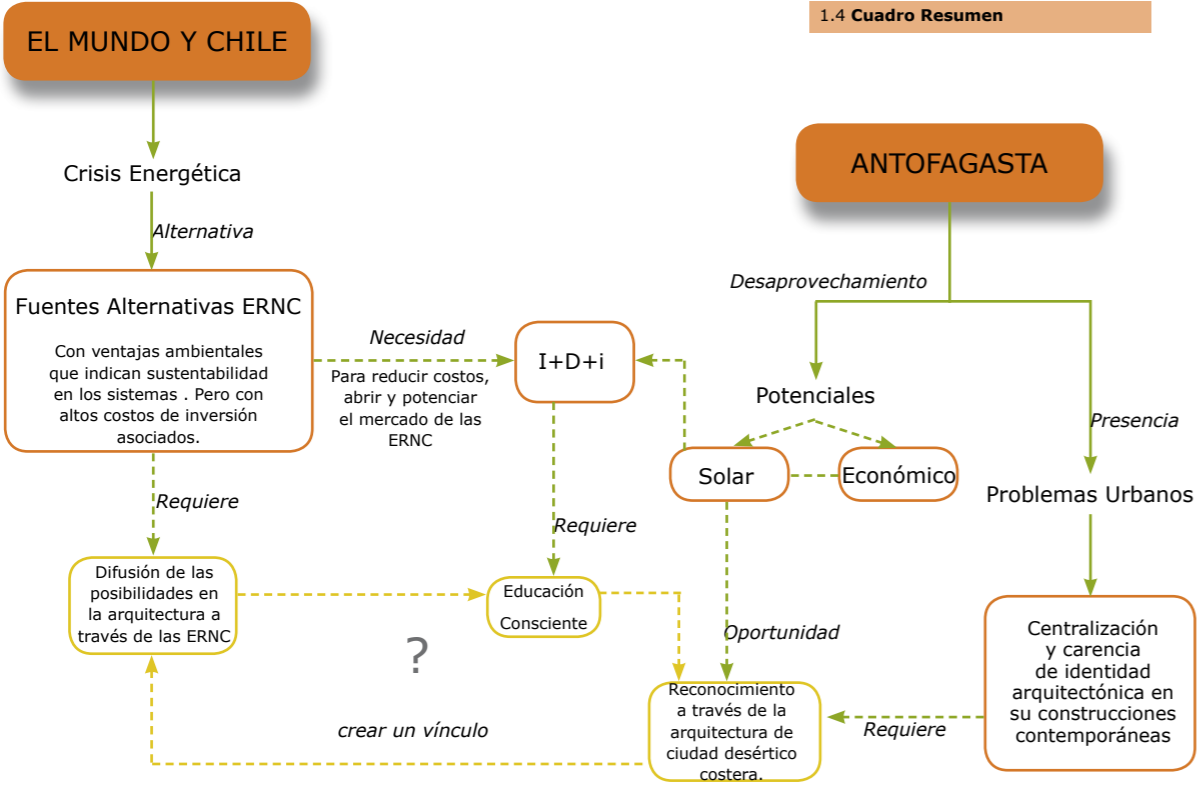
1.3 Crecimiento de la población a nivel de distritos - 1992-2002 - Fuente: Texto Chile 2010 Visión Ciudad Bicentenario

potencial climático de Antofagasta para la aplicación e incorporación de la energía solar en la matriz energética. Siendo este un factor sumamente característico de la capital regional, por causa de su condición climática de ciudad desértico costera, actualmente no es condicionante de la arquitectura del lugar, no formando parte de la identidad arquitectónica de la ciudad.

Uno más de sus potenciales, es la actividad económica que representa la ciudad de Antofagasta como la capital de la II región, tanto para su misma región como para el país completo. Esto debido principalmente a la actividad minera y la pequeña y mediana industria asociada a ella, principales fuentes económicas en la región. Hoy en día las grandes actividades de cooperación empresarial como seminarios o encuentros respecto al tema energía y al desarrollo de las tecnologías vinculadas, están teniendo lugar en Antofagasta, principalmente por el trabajo académico representado por las universidades locales, en torno a la investigación y difusión del tema. Reflejando la evidente necesidad de dar a conocer y tomar conciencia del uso de la energía, siendo esta *educación consciente* un factor fundamental para la aplicación de sistemas renovables en la matriz eléctrica de manera óptima.

Paralelamente a los factores ya mencionados, Antofagasta representa una oportunidad de desarrollo dado por sus cualidades de crecimiento urbano y expansión territorial de la ciudad. Buscando la solución a la des-centralización dada por su morfología urbana y a las condiciones geográficas naturales presentes en el terreno de emplazamiento de la ciudad, Antofagasta se plantea un zonal de crecimiento al norte que ofrece amplias extensiones de terrenos disponibles para la construcción. La situación del crecimiento representa una valiosa oportunidad de crear arquitectura contemporánea que represente la identidad de ciudad desértico costera y que realce los valores de su lugar de emplazamiento.

1.4 Cuadro Resumen



**PROBLEMÁTICA**  
 COMO DESARROLLAR ESPACIOS DE EDUCACIÓN URBANA Y EXPERIMENTACIÓN FRENTE AL TEMA DE LAS NUEVAS ENERGÍAS Y LA SUSTENTABILIDAD EN ANTOFAGASTA

**Incorporación Arquitectura + Energía Limpia**

La sustentabilidad, comprendida como la capacidad de un proceso o cosa de mantenerse por sí mismo en el tiempo, es una de las consecuencia de la eficiencia energética en las edificaciones y ambos conceptos deben ser inherentes al diseño arquitectónico.

Antofagasta posee un clima privilegiado y óptimo para la aplicación de energía solar y esta es una cualidad que representa una situación de la localidad y debe ser parte del diseño arquitectónico de la misma, contribuyendo además a la creación de una arquitectura que reconoce su medio y se hace característica de un lugar.

**Educación Urbana : Parque Temático**

Las áreas verdes y de recreación son el escenario perfecto para una educación urbana donde la ciencia se hace parte de la ciudad y la arquitectura cumple la función de materializar estos objetivos a través del diseño.

Las energías limpias no sólo se vinculan a las grandes productoras de energía sino que representan una importante oportunidad de vinculación a la construcción y al diseño eficiente, que implica un nuevo aprendizaje en la forma de entender la energía como una necesidad en la construcción para ello hacer didácticos espacios públicos es una herramienta factible e interesante para una ciudad en crecimiento de gran importancia nacional por su rica economía.

*ES POSIBLE INCORPORAR LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS SOLARES EN LA ARQUITECTURA DE ANTOFAGASTA COMO PARTE DE UNA RESPUESTA EN LA BÚSQUEDA DE LA ARQUITECTURA LOCAL . LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DA PIE PARA LA EXPERIMENTACIÓN Y PERMITE CREAR EL VINCULO ENTRE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS Y FORMAS DE CONSTRUIR CIUDAD, POR MEDIO DE LA EDUCACIÓN URBANA, ACERCANDO AL HABITANTE COMÚN A LA INTERACCIÓN CON ESTOS RECURSOS QUE A FUTURO SERÁN PARTE DE NUESTRO DIARIO VIVIR.*



1.5 Dongtang, ecociudad energéticamente eficiente en China. Fotografía: www.plataforma urbana.cl



# 2. Energía

*"A plena luz del sol sucede el día  
el día sol, el silencioso sello  
extendido en los campos del camino..."*

El Sol - Pablo Neruda

*Fotografía: Planta solar Fotovoltaica Amareleja en Portugal*



La demanda, los consumidores, es la primera pregunta antes de considerar una producción o la generación de un producto. En el caso de la arquitectura los usuarios, en el caso de la necesidad energética toda la población.

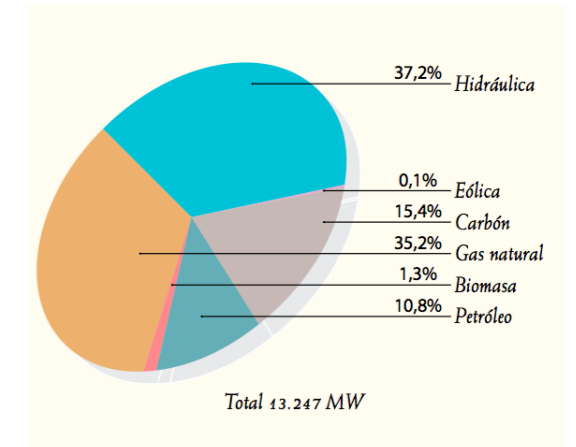
El escenario energético nacional, presenta una alta dependencia de fuentes energéticas importadas, y por lo tanto, tiene una exposición no sólo a problemas de suministro, sino también, a las fluctuaciones de precios.

En el marco de una economía abierta y globalizada donde Chile se está insertando de forma cada vez más estructural en la economía mundial, el país ha enfocado recientemente su atención sobre la innovación tecnológica, como parte de su estrategia para dinamizar la economía.

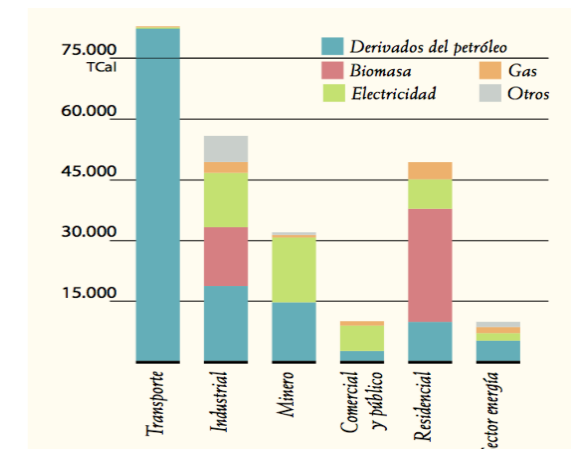
De acuerdo a los usos finales de la energía, la industria ocupa el segundo lugar en el consumo, después del transporte. La minería se encuentra en el cuarto lugar de los consumidores, después del sector residencial. El mismo sector minero destaca en el consumo y usos finales de la energía para la segunda región de Antofagasta, donde la industria minera corresponde al 90 % del consumo y el restante 10% al área residencial y comercial.

La segunda región y en general todo el norte grande, requiere una diversificación en la matriz energética, debido a que las plantas generadoras en su mayoría no son por fuentes renovables, sino mas bien convencionales a base de combustibles, que generan un importante impacto ambiental y considerables emisiones de CO<sub>2</sub> al aire, además de corresponder a los problemas de dependencia internacional en los suministros.

La solución frente al abastecimiento energético más utilizada en Chile son las hidroeléctricas, pero la posibilidad de instalación de hidroeléctricas es escasa



2.0 Capacidad SING + SIC - CNE - Diciembre 2008.



2.1 Consumo Final de energía Chile - CNE -2007.

en la segunda región, debido a la falta del recurso hídrico. Por lo tanto, las alternativas frente a la producción eléctrica en el norte del país deben estar enfocados en las características y bondades del medio, siendo para ello esencial la evaluación de la factibilidad de aplicación de energías alternativas en la región, es decir, las energías renovables no convencionales (ERNC).

## Las energías Renovables en Chile

Para comprender la aplicación de las energías renovables en la II región de Antofagasta es necesario conocer como ha sido la aplicación de éstas en todo el territorio nacional.

En la actualidad, existen en Chile una matriz energética por fuentes renovables con una capacidad instalada de 519,8 MW. Y se espera aumentar a la cifra de 350.000 MW de potencial bruto de aquí al año 2025.<sup>1</sup>

Para poder llegar alcanzar esa cifra, Chile está trabajando en el marco de una nueva política energética, la cual ya ha dado muestras de desarrollo con las distintas iniciativas que incluye. Las directrices de la nueva Política Energética son las siguientes:

- El perfeccionamiento de la institucionalidad y el marco regulatorio que considera las particularidades de las ERNC en su incorporación al mercado y sistemas eléctricos.

Pertenece a estas directrices las promulgaciones de la ley 19.940 que establece subsidios en costos de transmisión a pequeñas productoras por fuentes renovables; la creación del Centro de Energías

Renovables, y los subsidios a vivienda para la instalación de colectores solares, entre otras.

*-La implementación y ampliación de los instrumentos de apoyo directo que mitiguen las barreras específicas para que compitan en igual de condiciones.*

Pertenece a esta directriz, los cofinanciamientos a estudios de preinversión, apoyados por CORFO; promoción de las inversiones en energías renovables, instrumentos de financiamiento de largo plazo facilitados por CORFO; concursos subsidiados por el estado.

El escenario político, indica un crecimiento en el interés por proyectos que trabajen las energías renovables, a través de los subsidios y cofinanciamientos.

Por lo tanto, la situación en el norte grande se enmarca dentro de esta realidad político administrativa. Y para que las ciudades nortinas sean abastecidas por energía limpia se deben realizar estudios de factibilidad. Las energías que son consideradas como renovables en Chile son todas aquellas cuya fuente primaria se renueva en una escala de tiempo, comparable a la vida humana, estas son:

- Energía Hidráulica no convencional
- Energía Solar
- Energía Eólica
- Energía Geotérmica
- Energía del Mar
- Energía de Biomasa.

<sup>1</sup> Según el Centro de Energías renovables. Datos obtenidos en [www.cer.gov.cl](http://www.cer.gov.cl)

## Factores de análisis del consumo energético

La aplicación de las energías renovables deben estar analizadas, desde el factor de la necesidad. Entendiendo a la energía eléctrica como la de mayor consumo en la región de Antofagasta, y teniendo en cuenta que el mayor porcentaje del consumo de la misma (90%) es el correspondiente al área de la industria, queda en evidencia que son las empresas y en especial las mineras, las que corresponden a los mayores consumidores de electricidad en la II Región. Y es de acuerdo a las necesidades y requerimientos de las mineras que se busca solucionar la problemática de la generación de energía.

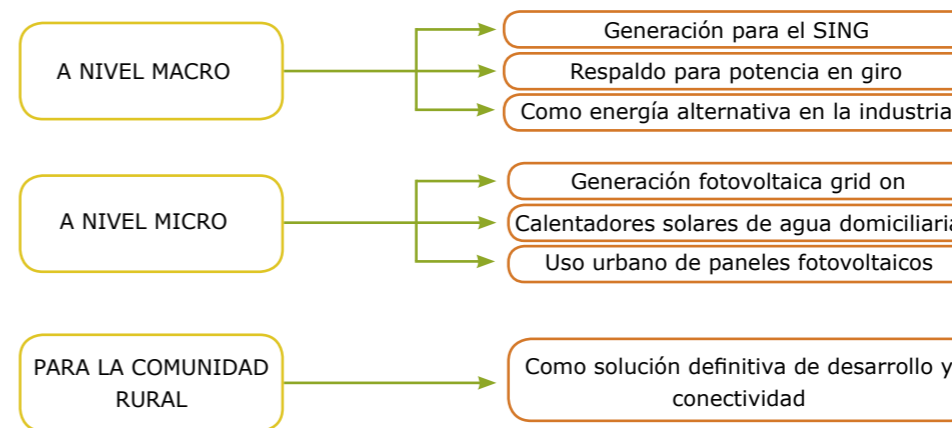
Principalmente, los requerimientos de la industria minera en cuanto a su matriz eléctrica son:

- Abastecimiento directo y constante
- Ausencia de bajas en el suministro (black out)

Estos factores podrían perfectamente corresponder al de una ciudad, o comunidad, la diferencia está en la constancia en cuanto a la demanda, de acuerdo a su uso. Una ciudad no utiliza constantemente la misma cantidad de MWh, existen alternancias en la demanda, altos y bajos debido a que no todos utilizan los artefactos al mismo tiempo o durante todo el día, la variación día y noche también es influyente. En una empresa minera la situación es diferente, estas requieren cifras constantes en su suministro debido a que su funcionamiento es continuo durante todo el día y todo el año. Por el mismo motivo la presencia de un black out se traduce en importantes pérdidas monetarias para una minera, para lo cual ellas requieren de plantas secundarias en caso de emergencia además del suministro base.

Por lo tanto, el usuario número uno para la generación eléctrica será la industria minera. Observando las necesidades de la II región.

## EL ÁMBITO DE USO DE LAS ERNC EN LA ZONA NORTE DE CHILE



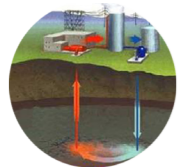
2.2 Alternativas de las ERNC en la región de Antofagasta - 2009 - Marcos Crutchik

A nivel país, los usuarios serán los centros urbanos, con sus propias necesidades como requisitos para la incorporación de las energías limpias. Necesidades energéticas para:

- Cocina
- Agua caliente sanitaria
- Calefacción - Refrigeración
- Iluminación
- Electrodomésticos

En base a esas necesidades del consumidor y a las características climáticas de la región que se han realizado análisis de factibilidad respecto a la aplicación de las ERNC en la segunda región. <sup>1</sup> De acuerdo a aquellos estudios, al tipo de consumidor descrito y a los requerimientos específicos del mismo es que se presentan a continuación la real factibilidad de aplicación de 5 tipos de fuentes de obtención por energías renovables no convencionales. Estas son:

- Energía Geotérmica
- Energía Mareomotriz
- Energía Eólica
- Energía por Biomasa
- Energía Solar



### Factibilidad Energía Geotérmica

La energía geotérmica es utilizada tanto para la producción de energía eléctrica como para energía térmica, en escala macro (producción como planta generadora) y en escala micro con aplicación directa en

los edificios para calefacción y refrigeración.

Esta energía funciona en base a la temperatura estable de la tierra. Esta temperatura se aprovecha en las grandes centrales geotérmicas, a través del vapor que se extrae de la tierra y por medio de una turbina generar electricidad, para ello es necesario encontrar yacimientos geotérmicos donde se aseguren la presencia de vapores de altas temperaturas. En la segunda región existen proyectadas dos plantas geotérmicas en el Soldado y Apacheta ( Cercanas a San Pedro de Atacama) de 40 MW cada una, pero se encuentran con problemas con la exploración. Para este tipo de casos es fundamental la etapa de exploración y prospección lo que regularmente no es viable económicamente.

En el caso de la aplicación urbana o directa en edificios no se requiere de un yacimiento como tal ya que no son necesarias altas temperaturas para la calefacción o refrigeración de un edificio o vivienda. Este tipo de obtención geotérmica se utiliza para refrigeración entregando el excedente de temperatura al subsuelo en verano, y para la calefacción extrayendo el calor de la tierra en invierno.

Su mayor desventaja y principal motivo para ser considerada como no viable en la segunda región es la escasa probabilidad de recuperar la inversión, en la primera etapa de exploración en el caso de las centrales geotérmicas, que sería el requerimiento en la situación de abastecimiento para una empresa minera. Hoy en día debido al alto costo de las excavaciones previas de inspección, no es viable de aplicar en nuestro país.

A pesar de la existencia de proyectos y terrenos concesionados para la investigación, no han sido

<sup>1</sup> Datos en base a los entregados en el "Seminario de Energías Renovables en el norte de Chile", en octubre del 2009 por la U. de Antofagasta

posibles de llevar a cabo principalmente por el alto costo que implica, y la falta de inversionistas que quieran arriesgar sus capitales.

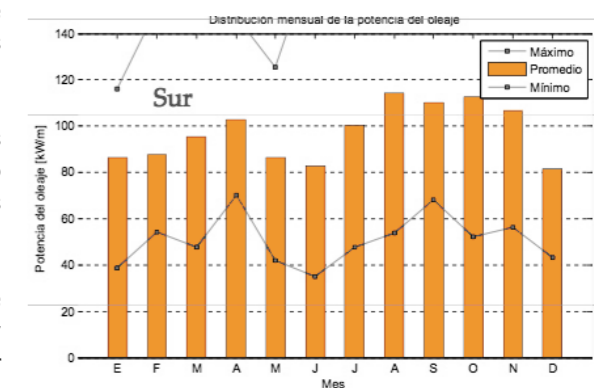
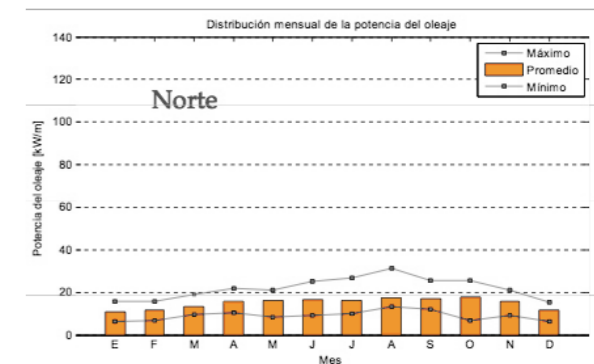
Este hecho aleja la posibilidad de invertir en investigación en los métodos geotérmicos en la actualidad de la región de Antofagasta y no forma parte del principal interés de los científicos e ingenieros vinculados a la investigación de las ERNC para la II región.



### Factibilidad Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz aprovecha la fuerza del oleaje para generar electricidad. Es una fuente de obtención ventajosa debido a su cercanía a las fuentes de consumo, lo que implica ahorros en transporte; el oleaje es predecible con días de anticipación; posee una alta densidad de energía comparada con otras fuentes renovables y por supuesto es ventajosa por su bajo impacto ambiental. Aún así, posee ciertas desventajas que afectan la viabilidad de este tipo de obtención energética. Sus desventajas incluyen, la variabilidad del oleaje en el tiempo, lo que no asegura una constante entrega de potencia; la tecnología es aún incipiente y existe solo para pequeñas plantas (2 a 5 MW); y por último otra de sus desventajas es la posibilidad de condiciones extremas en el mar.

En el caso de la II región, la energía mareomotriz no es posible de aplicar con resultados óptimos. Los estudios realizados al oleaje actual reflejan valores demasiado bajos para poder utilizarlos como fuerza base.



2.3 Distribución mensual de la potencia del oleaje- 2009 - Ingeniero Civil Hugo Acuña Sfrasani

Debido a que el oleaje no es el adecuado, no existen en la II región condiciones para su aplicación. Por lo tanto no son factibles de investigar, desarrollar o aplicar en el norte del país, a diferencia de la zona sur, donde las condiciones naturales del oleaje permitirían la práctica para esta fuente de energía renovable.



### Factibilidad Energía Eólica

Esta fuente de producción es la más económica en términos de inversión, pero su mayor desventaja es la inestabilidad de las plantas generadoras, ya que depende directamente del viento, el cual es completamente variable en cualquier zona del país. Aún así, un sistema eólico presentará constantes altos y bajos en la transmisión del potencial, será factible en redes que presenten a la vez inestabilidad de consumo, como las ciudades, a diferencia de las industrias que requieren un constante de potencia.

Es por ello que esta es una de las mejores energías a aplicar en ciudades, aún así, sólo con pequeños potenciales, ya que no pueden ser fuentes de generación base. El proyecto eólico de Canela, en la IV Región consta con una potencia instala de 80 MW que conectado al SIC<sup>2</sup>, abastece alrededor de una cantidad de 80 mil personas. Aún así, actúa como un aporte al SIC y no como una fuente base de abastecimiento de energía.

Sin embargo, en el caso de la segunda región, uno de

los mayores proyectos eólicos, se está realizando para la minería. La división CODELCO Norte tiene proyectado un parque eólico en Calama principalmente para abastecer de manera secundaria las minas de Chuquicamata y Radomiro Tomic con un parque eólico de 100 MW de potencia instalada. Teniendo en cuenta que el principal y mayor objetivo de la Dirección CODELCO Norte es fomentar los procesos productivos limpios, amigables con el medio ambiente y coincidente con el objetivo del país de promoción de ERNC, se entiende la decisión de incorporar este sistema a la matriz energética de la minera.

La factibilidad de aplicación depende siempre principalmente del recurso eólico y del promedio de velocidad del viento en el lugar de emplazamiento. En el caso de CODELCO según las mediciones hechas a lo largo de 6 años se cuenta con una velocidad promedio de los 7,5 m/s, y en caso de canela existe una velocidad constante de 5,5 m/s.

En Antofagasta la velocidad promedio del viento es en promedio de los datos tomados a lo largo de 10 años de 3,5 m/s, a una altura de 135 msnm.<sup>3</sup>

Para su aplicación es necesario hacer mediciones específicas en el lugar de trabajo, pero aún así, sigue siendo la más rentable económicamente de las ERNC expuestas, lo que hace viable de aplicar para los inversionistas, aunque debido a su inestabilidad en la velocidad de los vientos no podría en la actualidad formar parte de la matriz energética como una fuente base de producción energética.

<sup>2</sup> Sistema interconectado Central, el más importante de los 4 sistemas eléctricos de Chile.

<sup>3</sup> Datos obtenidos de las mediciones de la estación Meteorológica 854420 SCFA - Antofagasta



2.4 Parque Eólico de Canela I y II - Ubicado en la IV Región, con una capacidad de 80 MW de potencia.



2.5 Instalación colectores de tubos al vacío en escuela de Carabineros - Antofagasta - Ejemplo de sistema no adaptado a la arquitectura



## Factibilidad Energía por Biomasa

La biomasa es materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado que se utiliza como fuente de energía, es decir, es la materia prima empleada en la fabricación de biocombustibles, aunque debido al desarrollo de la tecnología se pueden plantear una gran cantidad de posibles aplicaciones entre las que destacan, energía térmica, energía eléctrica, biocombustibles y gases combustibles.

Este tipo de energía está siendo utilizada en el sur del país, existiendo una matriz instalada de 166,4 MW en el SIC y con una proyección de 14000 MW de potencia bruta para el 2025, según el Centro de Energías Renovables de Chile. Este tipo de energía cuenta con la más baja de las estimaciones en comparación al resto de las ERNC, esto a causa de la falta de materia prima para poder llevarla a cabo.

En la región de Antofagasta existen pocos desechos orgánicos, producto de la industria que hagan posible una aplicación en grandes potencias. Por lo tanto, la generación de energía por medio de la Biomasa no es factible en la zona norte por la falta de material orgánico producto de la industria que sirva de combustible.



## Factibilidad Energía Solar

La energía solar se puede utilizar tanto para generar electricidad a través de sistemas fotovoltaicos como

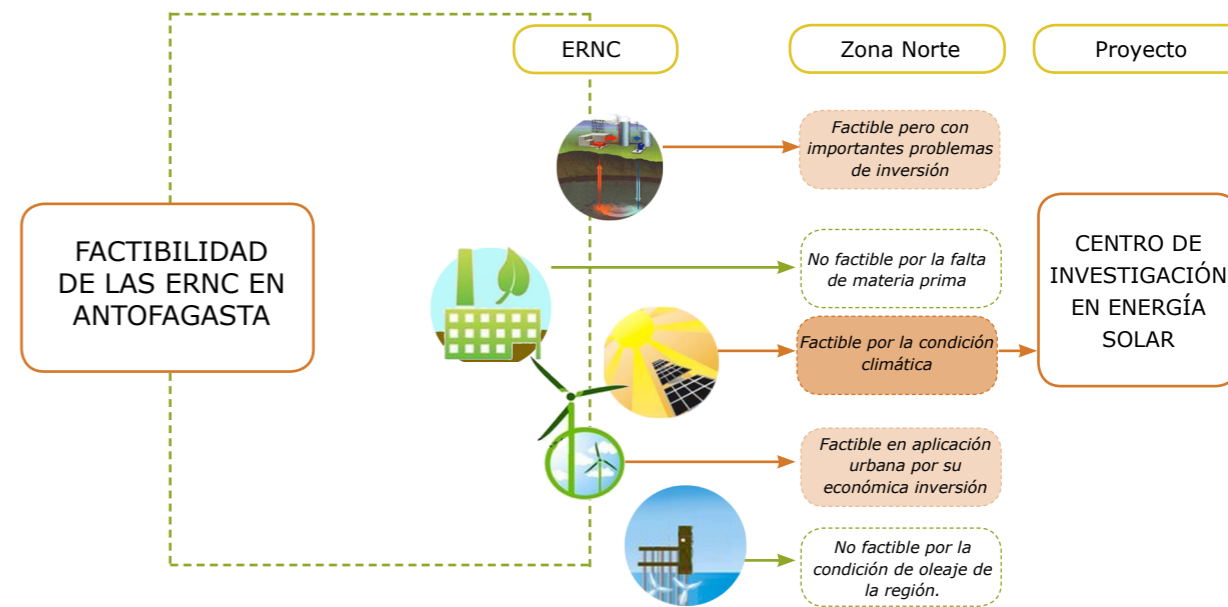
para producir energía térmica para calefacción, y agua caliente sanitaria. La radiación emitida por el sol es recibida en toda la faz de la tierra. Los sistemas solares FV (Fotovoltaicos) transforman esa energía en electricidad, mientras que los captadores solares utilizan la energía calórica directa de la radiación para calentar otro componente como líquido o aire, que recircula por medio del colector hasta llegar a un acumulador y luego ser distribuido en la fuentes de consumo.

Según el funcionamiento de los colectores solares, estos dependen principalmente de la radiación recibida, y por otra parte de la eficiencia del tipo de equipo utilizado para la captación. Este punto sólo se puede optimizar por medio de la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren los equipos. Hoy en día el promedio de eficiencia de un equipo fotovoltaico es de alrededor del 10%, lo que significa que transforma en electricidad el 10% del total recibido por la radiación. Lo que al mismo tiempo implica que a mayor radiación recibida mayor energía transformada. Por lo tanto, las condiciones de radiación de una locación específica es fundamental.

El norte grande posee el desierto más árido del mundo, con una radiación promedio anual de 4,8 kcal/m<sup>2</sup> día. Lo que en la práctica implicaría la utilización de equipos menos eficientes y por lo tanto de menor costo para llegar a producir lo que plantas de producción solar generan en Europa con equipos de última generación.

La energía solar es de producción constante a excepción de las noches, lo que implica el uso de acumuladores en energía solar térmica o baterías para fotovoltaicos. Aún así, sus capacidades permiten abastecer de manera secundaria la matriz energética en una minera tanto para las necesidades eléctricas como para las térmicas (procesos de fundición).

Estas características y requisitos de los sistemas solares para su buen funcionamiento, permiten que el norte de Chile sea un escenario ideal para la aplicación y experimentación de los sistemas energéticos solares. La aplicación de ellos en Antofagasta es totalmente factible, para su uso en el SING y como potencial exportador de tecnología.



2.6 Cuadro resumen factibilidad de aplicación de las ERNC en Norte del País

“Estudios señalan que una superficie de 20x20 km. de nuestro desierto donde se utilice la tecnología de concentración solar o CSP<sup>1</sup>, podría satisfacer el total de la demanda energética de nuestro país”<sup>2</sup>

La contingencia habla del gran potencial de las diferentes ERNC en todo Chile, para poder contribuir de manera limpia a la matriz energética, y solucionar en parte los problemas de abastecimiento de las materias primas combustibles vinculados a producción de energía nacional.

Sin embargo, el importante potencial en investigación y desarrollo que presenta en forma específica la energía solar en Chile, plantea a esta fuente renovable como un motivo de desarrollo económico para el país que podría transformar a la región de Antofagasta, en el futuro, cuando se agoten los minerales no renovables, en una zona exportadora de electricidad, potenciando un nuevo sector productivo y generando un encadenamiento o

clúster en torno a tan importante sector de la economía nacional y regional. Esta es una situación evidente en las áreas de desarrollo investigativo de las diferentes instituciones que en la actualidad están trabajando esta temática.

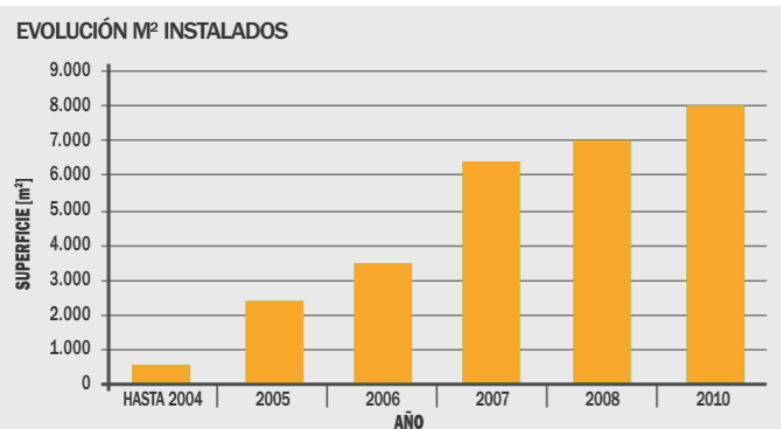
**“Chile tiene la posibilidad de convertirse en un país exportador de conocimientos y tecnologías asociadas a la energía solar”<sup>3</sup>**

El norte de Chile cuenta con las condiciones naturales suficientes para el desarrollo en investigación solar dónde no sólo se utiliza la radiación sino que se desarrolla tecnología en torno a ella abriendo de esta forma un nuevo mercado de energía solar, a través de la tecnología y la producción como tal.

El primer paso para ello es el establecimiento de los lugares físicos de trabajo, que darán cabida a los proyectos e iniciativas que mantienen diferentes instituciones y empresas.

1 Concentrated Solar Power  
2 Extracto reportaje “La era de la energía solar”- EL Mercurio Antofagasta - 16 de mayo del 2010.

3 Marcos Crutchik Noramuela, Decano Facultad de Ingeniería Universidad de Antofagasta.



2.7 Aumento del Total de M<sup>2</sup> instalados de Colectores Solares Térmicos en Chile- 2010 - Anuario Solar 2011 CDT



2.8 Noticia Económica El Mercurio Antofagasta - Publicada el 28 de octubre del 2010



2.9 Noticia Económica El Mercurio Antofagasta - Publicada el 24 de abril del 2010 www.mercurioantofagasta.cl

## Energía Solar: oportunidad de desarrollo económico

Hoy en día ya están trabajando el tema, principalmente las universidades, en lo que ha investigación implica. Una de las instituciones nacionales referente en el desarrollo y en el trabajo de potenciar la energía solar en Chile y en la segunda región es El Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta vinculado a la universidad del mismo nombre, con un importante trabajo académico realizado hasta el momento y llevando a cabo el emblemático proyecto de la futura "Plataforma Solar Antofagasta", en la cual serán clave la instalación de los Centros de Investigación y Desarrollo de la energía solar en el norte de Chile, como parte de una primera etapa.

En el sector público y privado, destacan las acciones del proyecto Nodo Solar, correspondiente a la Cámara Chilena de la Construcción; y el Programa Solar: Programa nacional de Chile bajo la iniciativa global de fortalecimiento y transformación del mercado de colectores solares térmicos, realizado por el gobierno de Chile, a través del ministerio de energía. Ambos programas trabajan en pos de la vinculación de la tecnología solar a la construcción en Chile, y

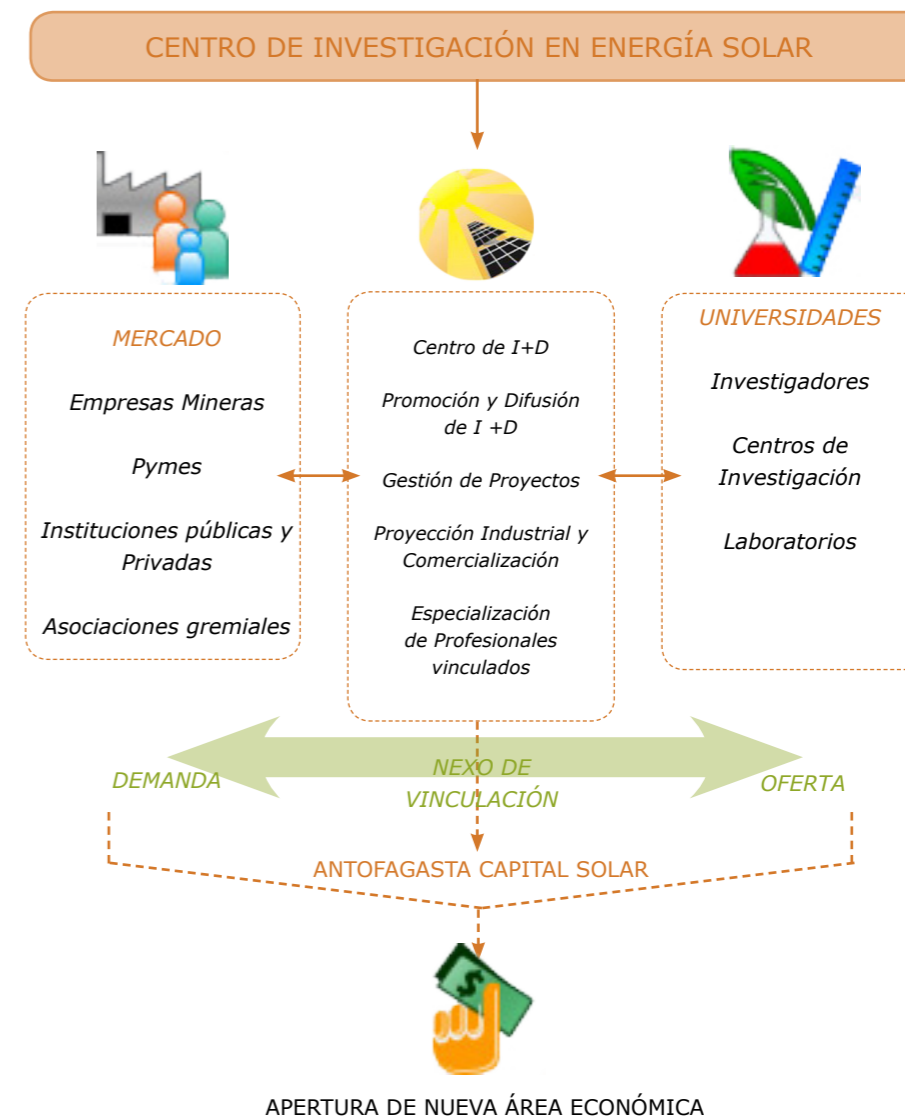
principalmente el desarrollo de la energía solar como un área económica para el país.

El mercado solar es incipiente, pero el potencial de Chile, de la II Región es indiscutible.

En este contexto nace la iniciativa del Centro de Investigación de Energía Solar en Antofagasta, donde no sólo se vincula la investigación al desarrollo de la incorporación de sistemas solares a la matriz energética sino también se promueve el desarrollo de tecnologías y productos finales que contribuyen a establecer a la ciudad de Antofagasta como una capital de desarrollo solar, fortaleciendo y apoyando a la apertura de una nueva área en la economía nacional.

## Energía Solar: oportunidad de desarrollo económico

2.10 Esquema Energía Solar: Oportunidad de Desarrollo Económico - Elaboración propia





La sigla I + D + i es sumamente importante para el desarrollo tecnológico del país, debido a que representa Investigación, Desarrollo e innovación, conceptos claves para emprender un proyecto o empresa, y fundamental para la gestión del Centro de Investigación en Energía Solar.

La investigadora Araceli Jaqueih Nieto (CONICYT) describe los conceptos de investigación y desarrollo señalando que:

"La **investigación básica** considera todos aquellos trabajos originales cuyo objetivo es adquirir conocimientos científicos nuevos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables; **investigación aplicada** corresponde a aquellos trabajos originales cuyo propósito es adquirir conocimientos científicos nuevos, pero orientados a un objetivo práctico determinado; finalmente, **desarrollo tecnológico** abarca la utilización de distintos conocimientos científicos para la producción de materiales, dispositivos, procedimientos, sistemas o servicios nuevos o mejoras sustanciales"<sup>1</sup>

"La **innovación** es el proceso en el cual, a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad, se desarrolla un producto, técnica o servicio útil hasta que sea comercialmente aceptado"<sup>2</sup>

Estos conceptos sobre la investigación, desarrollo e innovación, ejemplifican mejor aún la relevancia que tienen para el progreso de la economía, y en consecuencia para el desarrollo de la energía solar en Chile.

La oportunidad existe, el potencial solar es inigualable y Chile debe apostar por el desarrollo tecnológico, evitar por ejemplo lo ocurrido con el cobre, que desde el año 1873, es el principal producto de exportación de Chile, posicionando al país como el primer productor mundial del valioso metal, poseemos la más avanzada tecnología en los procesos de extracción y procesamiento de cobre, y aún así, a la fecha luego de más de 137 años de extracción, el producto final sigue siendo Cobre metálico, implicando que aunque Chile posee una rica reserva del mineral, este es vendido como materia prima y se compra al extranjero, por ejemplo en forma de cables u otros artefactos.

Las nuevas políticas de gobierno y las instituciones vinculadas al área de la investigación, no pretenden que ese sea el destino de la energía solar, y que simplemente seamos exportadores del recurso en su forma básica. Las intenciones van más allá de vincularlas a la producción de energética de la matriz.

"Sin excepción, todos los países con un alto y sostenido **crecimiento económico** en las últimas décadas han desarrollado una **actividad importante en investigación** en ciencias básicas y aplicadas... La **incorporación** de ciencia y tecnología a la **actividad productiva** aparece como requisito ineludible para ese gran salto, puesto que se ha demostrado que dicha incorporación constituye un elemento importante para la **generación de riqueza**."<sup>3</sup>

1 Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología + Conicyt + Banco Mundial - Documento: "Las Regiones de Chile ante la ciencia tecnología e innovación: Diagnósticos regionales y lineamientos para sus estrategias". www.conicyt.cl  
2 Sherman Gee - fuente: idem (1)

3 Chile- Ciencia 2000 Ciencia, Tecnología y Sociedad: Un encuentro necesario, unio 2000 - Conicyt.

## Distribución Porcentual del Gasto en I+D en Chile por Fuentes de Financiamiento 2002-2004

Fuentes de Financiamiento	2002	2003	2004
Sector Empresas	33%	44%	46%
Sector Estado	55%	43%	44%
Otras Fuentes Nacionales	1%	1%	1%
Sector Extranjero	11%	12%	9%

2.11 Distribución porcentual gasto I+D en Chile por fuentes de financiamiento- Conicyt - Publicado en www.conicyt.cl

## EL MERCURIO

DE ANTOFAGASTA

Nuestros Sitios Multimedia Tu Noticia Blogs Club de Lectores El Tiempo

Usted está en: Portada Reportajes

Domingo 15 de agosto de 2010

### Innovadoras celdas solares con tecnología nortina

Amplias perspectivas abre la investigación y desarrollo en esta área que impulsa la UCN

La ventaja comparativa de estar situados en una de las zonas con mayor radiación solar del planeta, sumada a la necesidad de obtener nuevas formas de energía en el país, motivó a científicos de la Región de Antofagasta a trabajar en el desarrollo de un sistema eficiente de celdas solares que permitan aprovechar esta reserva energética no contaminante.

Los académicos del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica del Norte, doctores Antonio Zárate y Sandra Fuentes, investigan sobre el uso del óxido de cobre y óxido de zinc como base para la construcción de prototipos de celdas solares eficientes, que entre sus aplicaciones incluye la generación de electricidad.

Los cielos de la región permanecen despejados durante la mayor parte del año, situación que favorece el uso de tecnología solar, la que tiene entre sus particularidades ser limpia y



#### Art. Relacionados

- Cruzada para ayudar a indígenas por ola de frío "Hospital Norte" en el ojo del huracán
- Preparazzi: la profesión más odiada del mundo
- 10 sectores de riesgo por sustancias peligrosas
- Acusaciones por negligencias acorralan a médicos
- Fantasma de monja conmovió a Colegio Providencia

#### Art. Destacados

La importancia de los ácidos grasos

2.12 Noticia Reportajes El Mercurio Antofagasta- Publicada el 15 de agosto del 2010 en www.mercurioantofagasta.cl

## Investigación y Desarrollo tecnológico en Chile

*¿Por qué Chile no puede desarrollar nuevas tecnologías en colectores solares o placas fotovoltaicas?*

La respuesta es evidente y clara, Chile sí puede. Cuenta con el recurso natural solar, fundamental para la investigación, se cuenta con el financiamiento proveniente del gobierno y de las mismas industrias que se interesan por diversificar sus fuentes de abastecimiento energético, y cuenta con el recurso humano.

Aunque las últimas cifras en cuanto a la dotación científico- tecnológica humana del país son relativamente bajas, estimándose alrededor de 6700 investigadores (equivalentes de jornada completa), contra 28 mil en Brasil, 24 mil en Argentina, y 20 mil en México al año 2001<sup>4</sup>.

Chile ha demostrado su interés por revertir estas cifras contribuyendo de manera activa en generar investigación y conocimiento en torno a la energía solar, en esta áreas son las Universidades las que juegan un rol fundamental, tanto para el desarrollo del capital humano como el desarrollo investigativo.

Proyectos como la "Plataforma Solar Antofagasta", que pretende igualar a la exitosa Plataforma Solar de Almería (España); la investigación en el área de nuevos conductores para su aplicación en paneles FV (ver gráfica 2.12); nuevas tecnologías para la captación a través de colectores solares de concentración solar; y muchas más iniciativas, no son sólo teoría, son proyectos con expectativas reales de progreso económico y factibles de aplicación en Antofagasta, en todos los factores de análisis. Es por ello que El Centro de Investigación

en Energía Solar se formula con tal de contribuir de manera óptima en el crecimiento científico del país y en consecuencia como base para un avance y crecimiento en la economía local.

<sup>4</sup> Chile: Informe sobre capacidad tecnológica - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. José Joaquín Brunner- 2001

# 3. Ciudad

*"En el Desierto y mirando hacia el mar, Antofagasta NACE, VIVE y CREA, integrando a la minería a nuevos procesos económicos y sociales, ambientalmente sustentables"*

El sueño comunal - PLADECO Antofagasta

*Fotografía: Antofagasta , desde Avenida Argentina, sector sur.*



## Antofagasta: condición Solar , Clima y Geografía

**Provincia:** Antofagasta

**Región:** II Región de Antofagasta

**Ubicación geográfica:** latitud 23°38'39"S; longitud 70°24'39"O

**Población:** 285.155 hab (Censo 2002)

**Población Urbana:** 295.792 hab (Censo 2002)

**Población rural :** 1.113 hab (Censo 2002)

**Densidad:** 113,5 háb/hectérea

*"La región de Antofagasta espera convertirse en la capital latinoamericana de explotación de energía solar, siendo un nuevo polo de desarrollo científico del mundo."*<sup>1</sup>

Según los expertos, esta ciudad del norte de Chile representaría las características ideales para el uso e investigación de energías no convencionales, incluso más que España que es mundialmente reconocida por eso. La alta radiación de la ciudad, certifica aquellas afirmaciones. La radiación recibida durante todo el año es un factor clave y determinante en la elección del lugar. Del mismo modo es necesario conocer las virtudes y desventajas climáticas que otorga Antofagasta como lugar de emplazamiento del Centro de Investigación en Energía Solar.

Los ángulos de inclinación solar de invierno y verano condicionan las posibilidades de los instrumentos y captadores solares; la determinación de las horas días son fundamentales para el aprovechamiento de la luz solar; la llegada del viento determina aspectos en la orientación del edificio.

• **Características Solares:** El Ángulo Inclinación solar invierno verano va desde los 45° en

invierno a 90° en verano. Estos valores se pueden ratificar de acuerdo a la carta solar de Antofagasta. Según Dial Solar para la ciudad se indica una variación de al menos una hora entre el solsticio de invierno con el de verano, con un rango de 10 hrs luz en la estación invernal y de 12 hrs en verano, cuando en Santiago, por ejemplo se tienen promedio 9 horas luz en invierno, con un ángulo de inclinación solar de 33°.

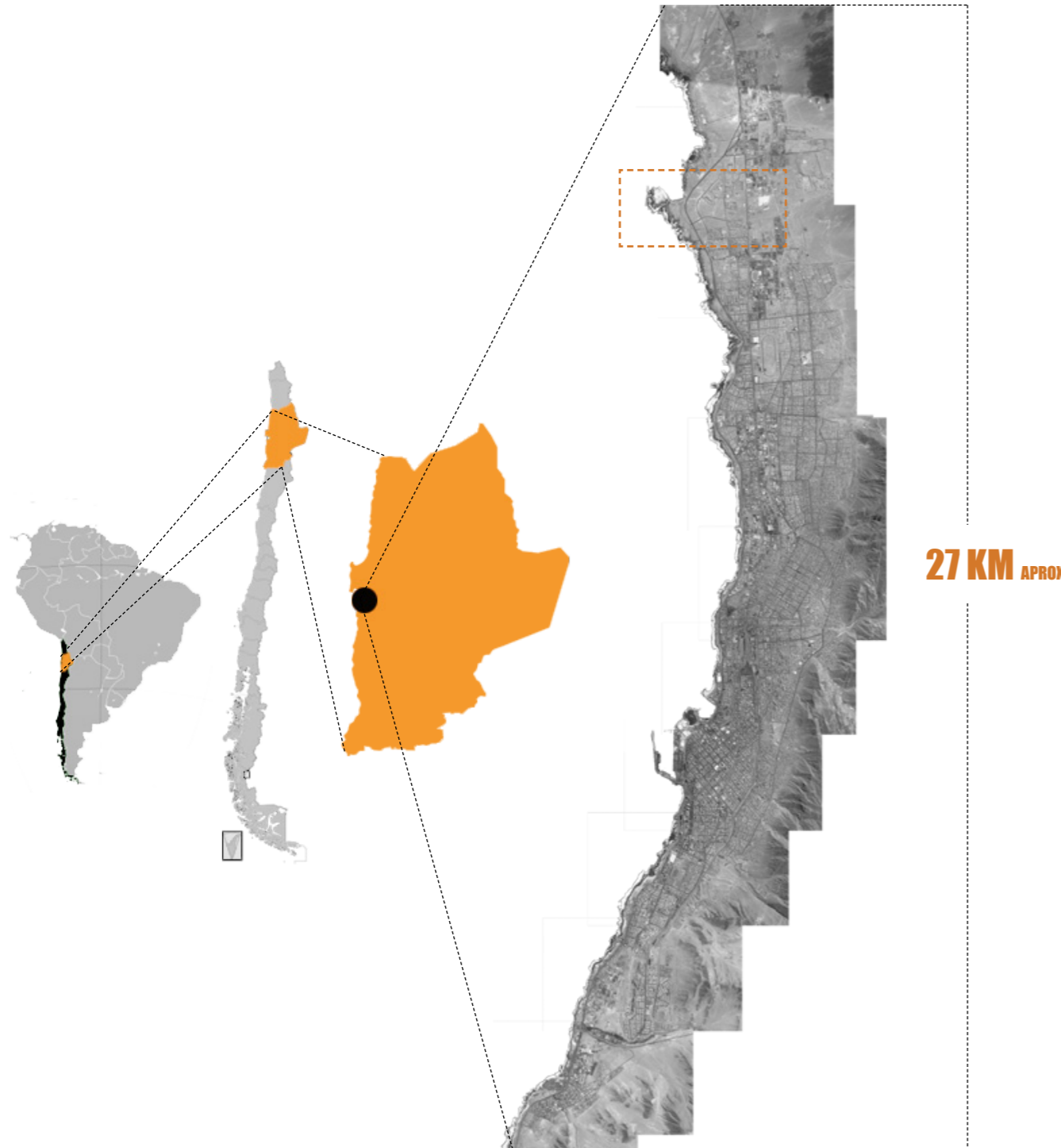
### • Características de Clima y Geografía:

La ciudad se emplaza en las planicies litorales. Está fuertemente presente la alta cordillera de la costa, llegando a tener una diferencia de 140 m en la zona centro con respecto al nivel del mar. Esta misma cordillera al mantenerse alta y continua, se convierte en un biombo climático que impide el paso de los vientos húmedos provenientes desde el pacífico hacia la depresión intermedia, explicando la constante nubosidad y humedad salina proveniente del océano.

El Anticiclón del Pacífico afecta en la llegada de los vientos, que tiene dirección norte (vienen desde el sur y suroeste). La velocidad del viento se ve diferenciada en la parte norte y sur de la ciudad, debido a que las planicies litorales desaparecen en la zona sur de la ciudad provocando que sea mayor el viento en el sector sur al chocar de forma inmediata con la cordillera de la costa, a diferencia de la zona norte donde circula libremente ya que la expansión del terreno lo permite.

El Anticiclón del Pacífico, además, influye en la ausencia de precipitaciones, obteniendo una media anual de 4 mm, con precipitaciones que pueden extenderse hasta noviembre y diciembre como consecuencia del

<sup>1</sup> CNN Chile Junio 2010, publicado en [www.cnnchile.com](http://www.cnnchile.com)

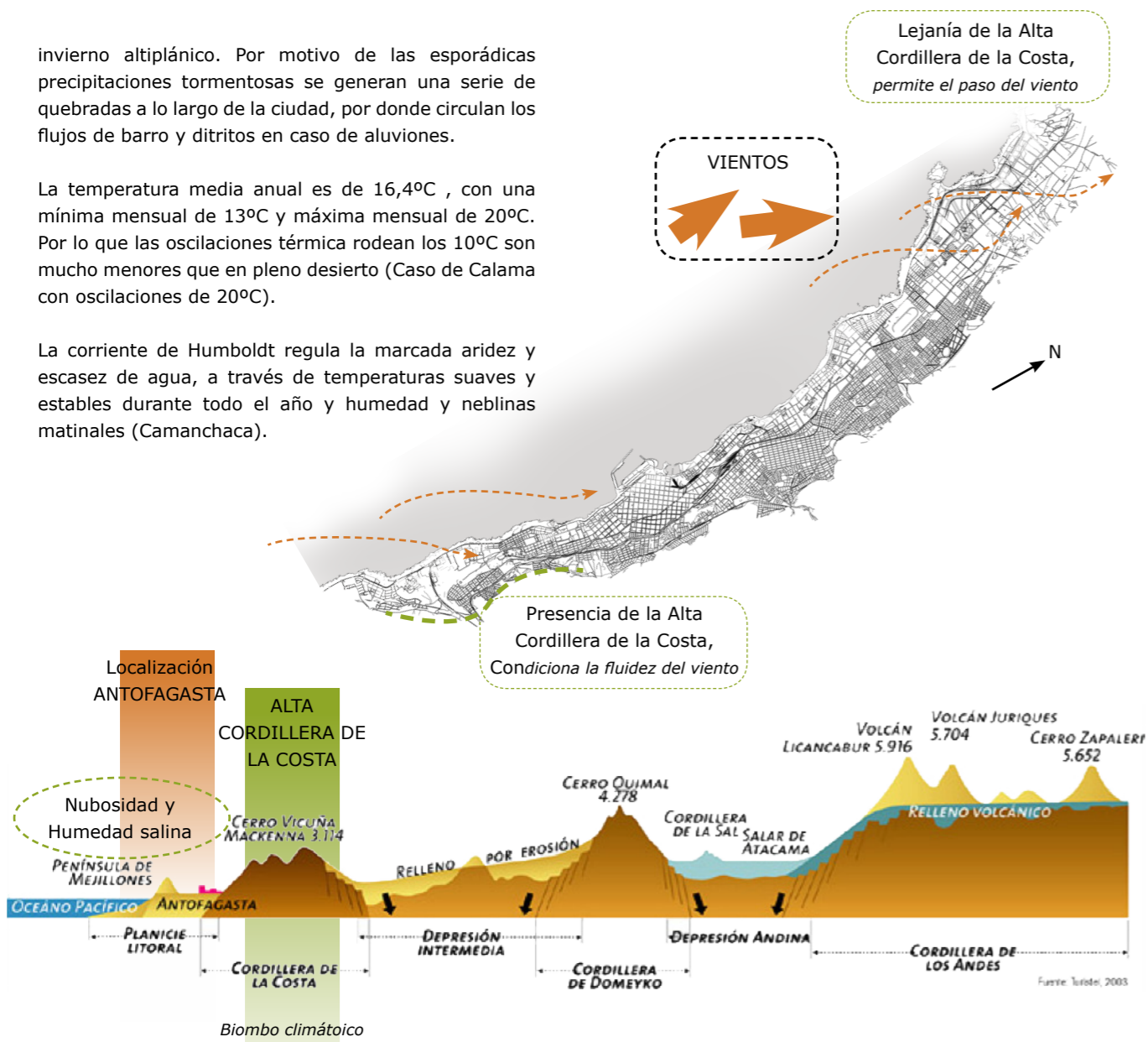


## Antofagasta: condición Solar, Clima y Geografía

invierno altiplánico. Por motivo de las esporádicas precipitaciones tormentosas se generan una serie de quebradas a lo largo de la ciudad, por donde circulan los flujos de barro y ditritos en caso de aluviones.

La temperatura media anual es de 16,4°C , con una mínima mensual de 13°C y máxima mensual de 20°C. Por lo que las oscilaciones térmica rodean los 10°C son mucho menores que en pleno desierto (Caso de Calama con oscilaciones de 20°C).

La corriente de Humboldt regula la marcada aridez y escasez de agua, a través de temperaturas suaves y estables durante todo el año y humedad y neblinas matinales (Camanchaca).



3.1 Relieve de la Región de Antofagasta-

## Evolución Urbana: Crecimiento de la ciudad

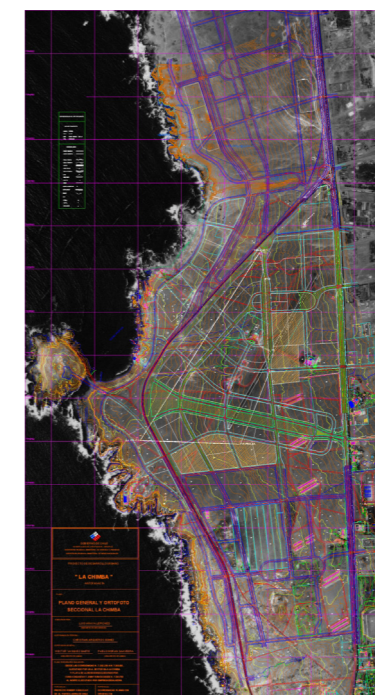
El crecimiento acelerado de la ciudad, no ha sido trabajado de manera óptima en su diseño y planificación. Los buenos indicadores de la macro- economía regional no se ven reflejados en e desarrollo de su capital urbana (Antofagasta) presentando la ciudad deficiencias importantes en su urbanidad como infraestructura pública y desarrollo inmobiliario.

En la ciudad de Antofagasta se puede observar que el crecimiento natural de la ciudad se dio de manera expansiva creciendo con dos brazos, de forma lineal hacia el norte y sur y limitado en los otros extremos oriente- poniente por importantes barreras geográficas como los son el océano y los cerros. Debido a la ocupación portuaria el centro entró en una obsolescencia

de infraestructura y terminó siendo un sector vacío y mal aprovechado. Se han planteado una serie de planes e iniciativas público-privadas para reactivar la zona central. Por otro lado se busca reactivar también la actividad del centro por medio de una serie de intervenciones puntuales como paseos y edificios, logrando así atraer el interés de privados en el centro. El sector sur, crece a modo de densificación, dado que las planicies litorales desaparecen y la cordillera de la costa conforma una barrera natural, apareciendo en su mayoría edificación en altura. En el sector norte, el crecimiento se entiende por la gran cantidad de terreno disponible para ello. Por este motivo se ha querido marcar los lineamientos generales en la expansión urbana a través del Seccional La Chimba.



3.2 Sector La Chimba año 2005



3.2 Sector La Chimba, Seccional



3.3 Sector La Chimba, año 2010

**Seccional La Chimba**

El seccional La Chimba (1999) nace con el objeto de crear un instrumento normativo que regule el crecimiento urbano de este sector del área de expansión urbana de Antofagasta, fundamentándose en los siguientes puntos:

- Las presiones inmobiliarias por usos industriales, y residenciales necesarios de ordenar e incorporar en un proceso de desarrollo planificado para darle sustento y compatibilidad a los probables usos que se emplacen en el territorio.

- Existencia de grandes terrenos fiscales, administrados por el Ministerio de Bienes Nacionales, posibles de utilizar en planes de vivienda y construcción de equipamiento .

- De acuerdo a los puntos anteriores una oportunidad de planificación urbana y puesta en marcha de un proyecto urbano de beneficio social (para la ciudad) y privados (proyectos específicos)

Con el Plan Seccional La Chimba se pretende:

- Modificar el Plan Regulador Comunal, para adecuarlo a los requerimientos urbanos que se plantean por la excesiva longitud de la ciudad.

- Contribuir a la densificación y descentralización de Antofagasta.

- Compatibilizar diferentes usos de suelo con las áreas productivas adyacentes.





- Reconocer en la estructura urbana del Plan, el concepto de los transeptos urbanos propuestos en el Plan regulador en proceso de actualización.

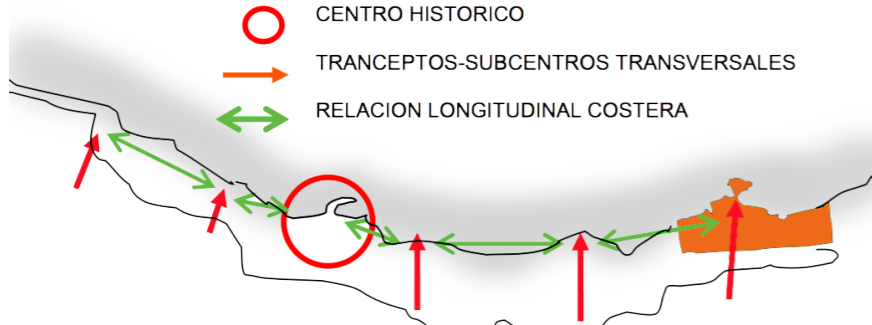
- Abrir el borde costero a un uso multitudinario posible con una explotación racional, de manera de preservarlo como recurso turístico, ambiental y recreativo.

- Proponer posibles proyectos urbanos estratégicos tanto de la gestión municipal como del Ministerio de Vivienda y Urbanismo u Obras Públicas.

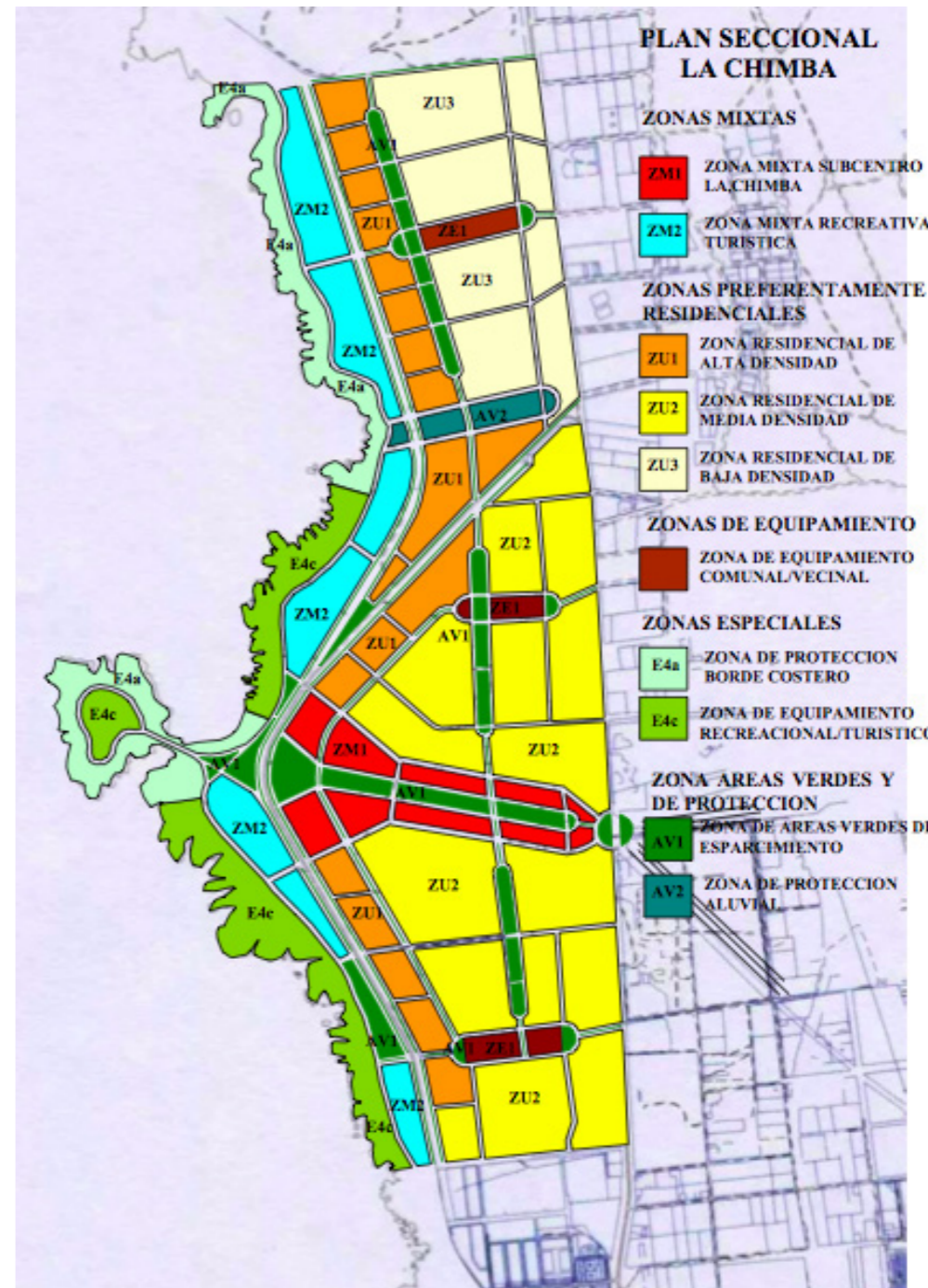
El área del plan seccional cuenta con una superficie de 417, 7 hás. con un total de 205,41 correspondientes a bienes nacionales.

La condición geográfica del sector, hace de él un punto de inflexión del borde costero, que hace volcar las direcciones visuales al interior, hacia el sector de LA Portada de Antofagasta (Monumento Natural), y los cerros adyacentes, en una condición de contemplación de la bahía de la Portada como atributo paisajístico.

-  AREA DE ESTUDIO
-  CENTRO HISTORICO
-  TRANCEPTOS-SUBCENTROS TRANSVERSALES
-  RELACION LONGITUDINAL COSTERA



Proyecto de Titulación 2010 - Ingrid Soto Libano



Centro de Investigación en Energía Solar - Parque Temático de las Energías Renovables

**Accesibilidad**

El sector de la La Chimba, se presenta como un espacio de reserva y área de expansión urbana, que requiere una planificación diferente para contribuir a una descentralización de los servicios de Antofagasta y una mejoría en la calidad urbana de los espacios públicos que la generan, debido a que la expansión Norte y Sur de la ciudad, ha traído como consecuencia una ciudad muy extensa (27 Km de largo aprox.) y muy dependiente del centro actual por la falta de subcentros hacia el norte fundamentalmente.

Este sector presenta un emplazamiento estratégico respecto de la tensión Antofagasta- Mejillones que se realza con la puesta en marcha del proyecto Megapuerto en esta última ciudad. El sector de La Chimba se plantea generar como un nuevo polo de desarrollo urbano.

Estas cualidades del emplazamiento, a través de su conectividad hacia el centro de la ciudad y su cercanía al aeropuerto de la ciudad permiten que la localización del Centro de Investigación de Energía solar sea idónea, enfréntandose a la costanera que es la vía colectora de mayor importancia ya que conecta toda la ciudad.

**Usos de Suelo**

Los usos de suelo han sido establecidos por el Plan Seccional La Chimba (1999) creado para el sector. Luego de 11 años, desde la planificación se han logrado mantener en su mayoría los lineamientos del diseño establecido. Importante es decir que la ocupación total del terreno aún no es posible. De los terrenos que han sido licitados, en su mayoría han correspondido a las zonas residenciales, (ZU2- ZU1 -ZU3) de manera lógica

ya que principalmente corresponden a condominios cerrados, que en efecto son una fuente económica de las inmobiliarias.

Se han constituido en segundo lugar Colegios y otros recintos educacionales como Liceos y Universidades (INACAP).

En su mayoría, las área destinadas a equipamientos, servicios, zonas recreativo turísticas y áreas verdes (correspondientes a las zonas ZM1, ZM2, AV1, AV2 en el Plan Seccional La Chimba) no han sido ocupadas hasta la fecha.

**Áreas Verdes**

Las áreas verdes destinadas según el plan seccional han sido construida de manera muy escasa. (Plano Áreas Verdes pág. 48).

Destaca el Proyecto del eje Parque Rica Ventura Norte, ubicado en el sector norte del seccional en la avenida del mismo nombre, dónde se construyeron 3,1 há, y se siguió el diseño propuesto por La Municipalidad.

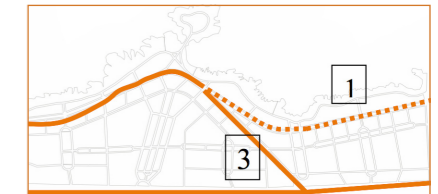
Las áreas verdes del sector son fundamentales para el establecimiento real de este, en especial para complementar las zonas residenciales, puesto que las áreas verdes constituyen espacios sociales de encuentro, recreación, deporte, educación e integración, generando un beneficio económico indirecto, como la mejora en la calidad de vida de los habitantes y su contribución al incremento del valor comercial de la tierra. No obstante en la zona norte del país constituyen un desafío en términos de fertilización de la tierra y mantención, en especialmente por la falta del recurso hídrico.

**Vialidad**

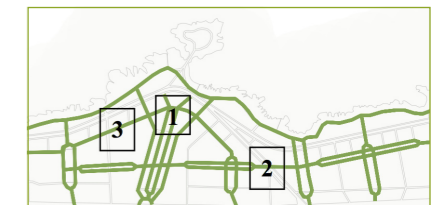


**Legenda**

- Vías Troncales
- Vías Colectoras
- Vías de Servicio
- Zona emplazamiento Parque Temático y Centro de Investigación Energía Solar



- 1.** Costanera Pérez Zujovic y su continuación hacia La Portada por el borde costero.
- 2.** Avenida Pedro Aguirre Cerda
- 3.** Diagonal Costanera-Pedro Aguirre Cerda



- 1.** Avenida Guamán- Bonilla Trancepto La Chimba
- 2.** Avenida Rica Ventura
- 3.** Avenida Nº4 y su prolongación por subcentros vecinales

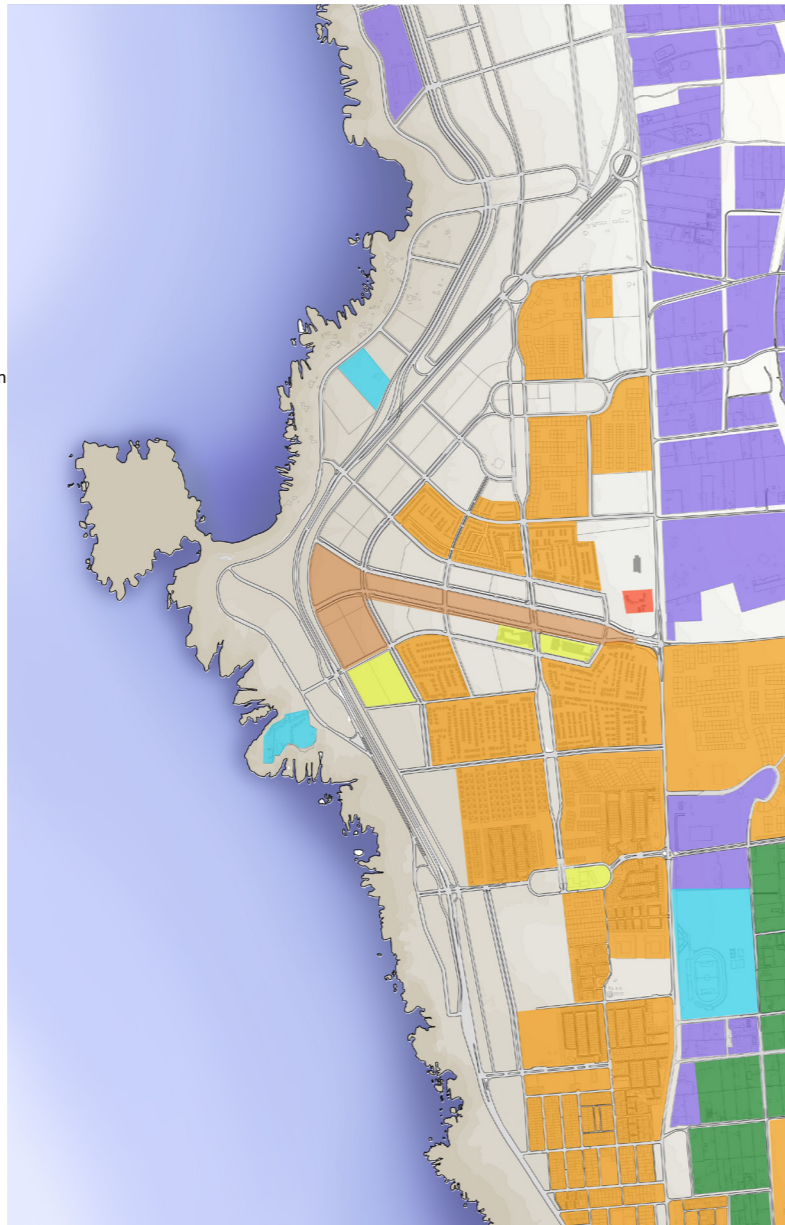


Vías de servicio: complementan las vías anteriores, otorgando accesibilidad interna a cada sector.

Usos de Suelo (Ocupación del Terreno)

Leyenda

- Residencial
- Industrial
- Agrícola
- Educacional
- Deportivo - recreativo
- Zona de emplazamiento Parque Temático y Centro de Investigación en Energía Solar



Construido - No construido

Leyenda

- Construido
- Zona de Emplazamiento Parque Temático y Centro de Investigación en Energía Solar





**Leyenda**

- Áreas Verdes
- Zona de emplazamiento Parque Temático y Centro de Investigación en Energía Solar

**Áreas Verdes**



**Terreno de emplazamiento Centro de Investigación en Energía Solar**

Una vez contemplado el proyecto del Centro de Investigación de Energía Solar para la minería en la ciudad de Antofagasta, de acuerdo a sus beneficios climáticos y económicos, el terreno escogido para el emplazamiento del Centro, obedece a los siguientes requisitos de acuerdo a los usos del proyecto:

- Buena radiación
- Ausencia de sombras importantes
- Buena conectividad hacia el centro de la ciudad como hacia las salidas de la misma.
- Disponibilidad de terreno para las instalaciones del edificio como áreas libres al aire libre para la experimentación e investigación.

El terreno seleccionado corresponde al loteo efectuado

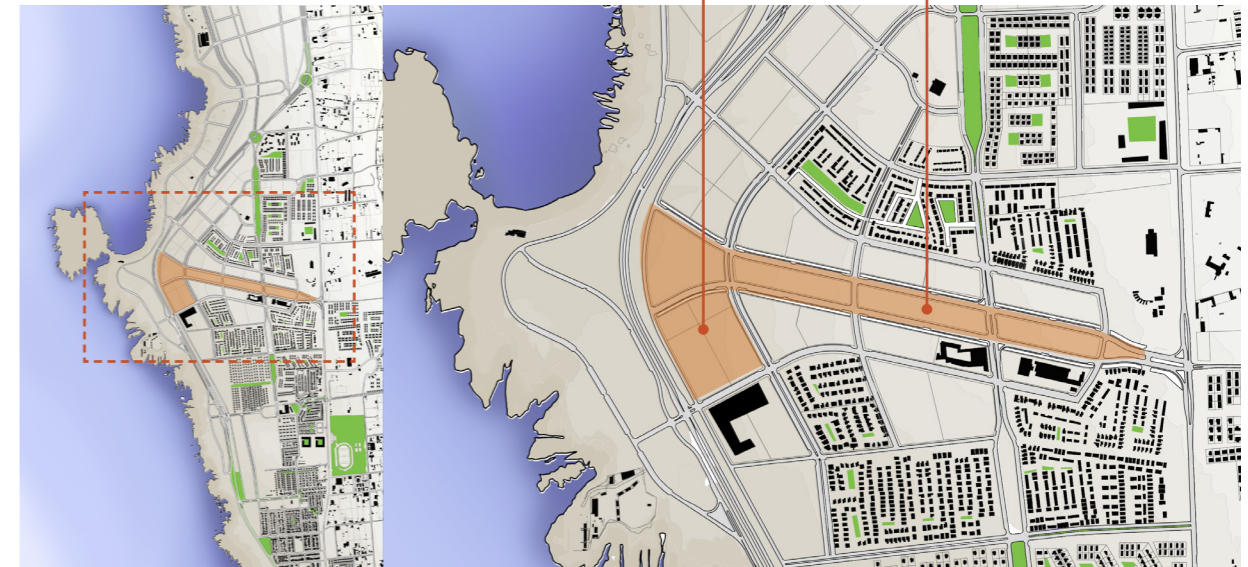
para la zona ZM1 ( Zona Mixta, Subcentro La Chimba), en el Trancepto sub-centro de mayor envergadura del seccional. Adicionando de este modo el Parque Temático de las energías renovables en el eje oriente-poniente (AV1, según plan Seccional) anexo al terreno seleccionado, que esta destinado según el seccional para áreas verdes de esparcimiento.

La manzana correspondiente al Edificio cumple con los requisitos nombrados y se emplaza en un sector que de acuerdo a los edificios ya construidos se está planteando como un nuevo polo educacional, homologando a lo ocurrido en el sector sur de Antofagasta, (Barrio Universitario).

El terreno completo del proyecto es un terreno privilegiado y seleccionado estratégicamente, para obtener la mejor conectividad con el resto de la ciudad y fortalecer este nuevo polo de desarrollo urbano.

**Manzana CIES: 3,1 hás.**

**Manzana Parque Temático: 5,9 hás.**





### Borde Costero

Como parte del "Plan Bicentenario", realizado para el mejoramiento urbano de la ciudad, se estimó la recuperación del borde costero urbano, el cual trabaja las **áreas verdes como elemento conector entre la zona construida habitada y el borde mar**, incluyendo áreas de esparcimiento y recreación, además de la constitución de las playas artificiales que se emplazan a lo largo de Antofagasta. Por medio de este trabajo se rescata la **"mirada hacia el mar"** de la ciudad.

### Parque Brasil

Es una de las áreas verdes más reconocidas en la ciudad, con casi 100 años de existencia. Generando una mayor plusvalía de los terrenos aledaños residenciales y comerciales. A pesar de los problemas producto de la bohemia y vida nocturna, este sigue siendo una de las áreas verdes de esparcimiento de mayor uso en la ciudad. Su vegetación hace referencia a un **oasis en el desierto**, utilizando principalmente medianas extensiones de pasto y plantaciones de palmeras.

### Parque Nicolás Tirado

Los lineamientos del PRC, establecen la creación y fortalecimiento de los **"tranceptos"** oriente-poniente, que unen las dos vías principales de conectividad norte sur (Costanera y Av. Pedro Aguirre Cerda). El Parque Nicolás Tirado (2006) cumple dichos lineamientos y trabaja sus áreas mayoritariamente en zonas duras, donde se da lugar a las zonas programáticas del parque, con diferentes anfiteatros unidos por **recorridos** marcados por diferentes hitos.

### Las parques urbanos en Antofagasta

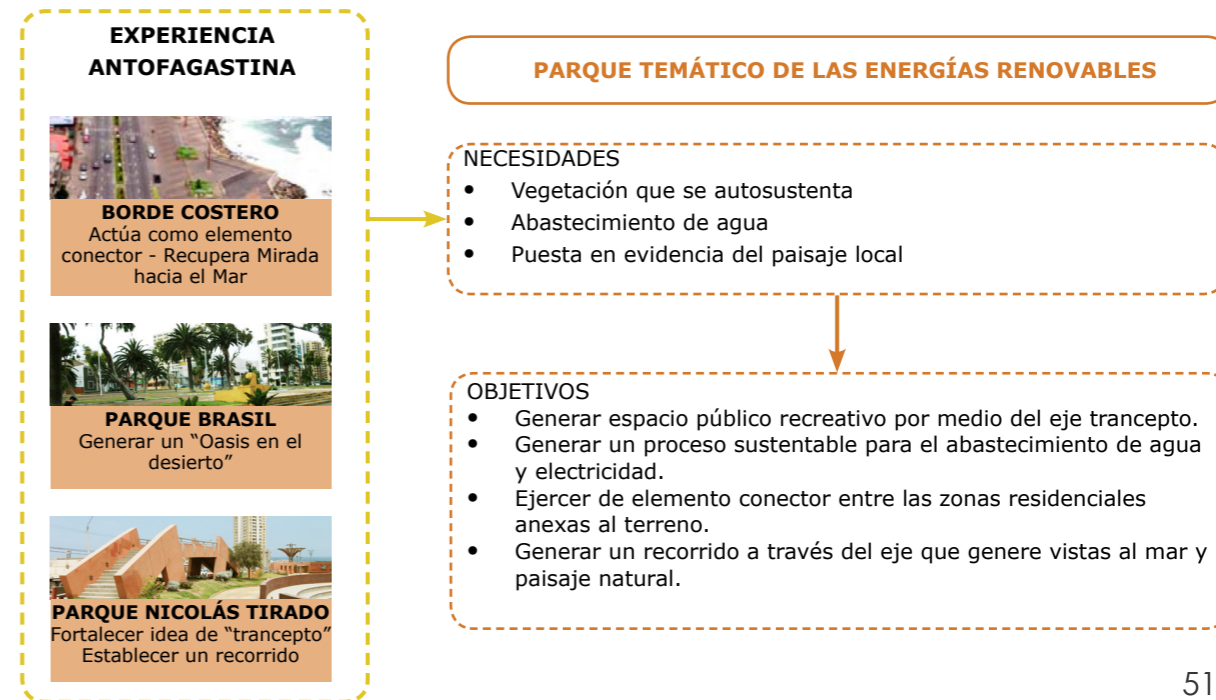
Antofagasta se destaca por su carácter desértico y es de notar la falta de áreas verdes para la comunidad. Este hecho principalmente a causa de la falta de agua en la región. Hoy en Antofagasta se están utilizando exitosos métodos de desalinización de aguas marinas para el abastecimiento de la matriz local.

Los parques urbanos de la ciudad se manifiestan de manera muy similar a las utilizadas en otras ciudades (no necesariamente del norte del país), por la características de algunas especies de rápido crecimiento y bajos costos asociados en la inversión, así como su comprobada adaptación al contexto urbano; los llamados árboles de ciudad.

Los parques de la ciudad, por lo tanto, no están definidos desde la perspectiva de generar una imagen

representativa de la ciudad (oasis en el desierto), sino que más bien estas representan una imagen de área verde y recreativa adoptada de zonas, donde la situación hídrica es abundante. Y en consecuencia, los costos de mantención de áreas verdes en Antofagasta, se acrecientan considerablemente. Tan solo con mirar algunos de los barrios de la ciudad se puede corroborar que el habitante común no invierte en áreas verdes por el alto costo asociado, las áreas verdes corresponden en su mayoría a las construidas por el Municipio.

De estos parques, (los comentados en la página anterior) son tomados algunos de sus fundamentos, características de localización, funcionalidad y aplicación de especies vegetales, para el Parque temático de las Energías Renovables, el aporte de este último está en la incorporación de criterios de sustentabilidad y la aplicación de las energías limpias para su mantención.



## El Proyecto

En consecuencia al panorama económico, científico tecnológico y climático de la Región de Antofagasta es que nace el proyecto del Centro de Investigación de Energía Solar<sup>1</sup>, vinculado a la investigación para la aplicación de métodos solares en los procesos productivos de la minería. Bajo el alero de la Universidad de Chile, IDIEM ( Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de estructuras y materiales) y de empresas privadas vinculadas a la energía solar, se embarca este ambicioso proyecto.

Bajo la línea de financiamiento de Fortalecimiento y Formación de capacidades regionales y a través de Innova Chile, se presenta el proyecto : "Energía Solar en Minería: Opciones de Desarrollo para el siglo XXI, en Antofagasta. Cuenta, en su etapa inicial de dos años, con un financiamiento FIC<sup>1</sup>-R de M\$ 29.980, sólo para investigación de factibilidad de aplicación del proyecto en el norte. En una segunda etapa, (contemplada en un

plazo de 5 años) se contempla la construcción del Centro de Investigación en Energía Solar, para el cual aun no se han definido todas las líneas de financiamiento ni otras particularidades como lugar de emplazamiento<sup>2</sup>.

El proyecto desarrollado por la Universidad de Chile se describe brevemente como sigue:

"La FCFM (Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas) de la Universidad de Chile, el centro IDIEM (investigación, desarrollo e innovación en estructuras y materiales) y el CTM (Centro de Tecnología de la Minería), se han reunido con el objeto de desarrollar un ambicioso proyecto que permita introducir la Energía Solar en las faenas mineras. Esta iniciativa cuenta con financiamiento parcial del CTM y cuenta con el apoyo de diversas Instituciones. La motivación está dada por las insuperables ventajas comparativas que Chile posee tanto en sus condiciones solares, como en su condición de principal productor minero. Por ello es que se busca innovar en esta industria haciendo sinergia entre dichas

condiciones, la capacidad técnica y el conocimiento que se tiene en esta área."<sup>3</sup>

Como parte de la gestión del plan regulador comunal de la ciudad de Antofagasta y del seccional "La Chimba", se plantea la creación del eje verde, el Parque Central transversal de Subcentro/ Trancepto de La Chimba, entre Av. Costanera y Av. Pedro Aguirre Cerda frente a la isla Guamán, por lo cual este área verde pública pertenecerá y se encargará su mantención a largo plazo a la I. Municipalidad de Antofagasta.

Frente a la creación del Centro de Investigación de Energía Solar se plantea la extensión de sus objetivos educativos y de instrucción de la comunidad en las temáticas tratadas a través de "educación urbana", el parque forma parte esencial para poder llevar a cabo aquellos objetivos y es por ello que se plantea como el Parque temático de las Energías Renovables. De este modo, para su gestión y mantención, a corto plazo se ve vinculado al Centro de Investigación de Energía Solar, en caso de la aplicación de la Ley FUC.

## Financiamiento:

### Ley FUC (Financiamiento Urbano Compartido)

**Nº19865:** El objetivo de esta ley es adicionar recursos financieros para enfrentar el pasivo urbano, el déficit creciente en aspectos como las áreas verdes, la vialidad, los espacios públicos y la infraestructura urbana. Es por ello que se otorgan a los SERVIU y a los municipios facultades para celebrar *contratos de participación*, con objeto de captar la inversión privada para las obras urbanas.

Esta ley, por lo tanto, implica que la municipalidad, en este caso, hace entrega en propiedad de un bien inmueble y la institución adjudicataria de dicho inmueble, hace la prestación de la ejecución, operación o la mantención total o parcial de una obra por un periodo determinado, en este caso el Parque temático de las Energías Renovables, que quedaría en manos de la institución encargada del Centro de Investigación (Universidad de Chile).

La aplicación de esta Ley ya ha sido utilizada en el mismo sector de La Chimba, con exitosos resultados. Como es el caso de Parque Rica Aventura Norte- Antofagasta, donde la prestación fue la construcción de dicho parque más la acción de realizar un estudio de urbanización an la Chimba II, recibiendo a cambio la entrega en propiedad de 4,72 Hás brutas macrourbanizadas.

Se plantea que para llevar a cabo el Parque Temático de las Energías Renovables, la Universidad de Chile, se adjudica los terrenos correspondiente al lote donde se emplazaría el edificio a cambio de llevar a cabo las obras de ejecución, operación y mantención parcial por un periodo determinado, pasando luego a la municipalidad una vez acabado el periodo.

**Los Fondos:** La obtención de los fondos para llevar las obras de construcción tanto del Parque como del Centro de Investigación se conseguirán a través de las instituciones pertinentes, por medio de fondos concursables y el aporte de privados.

Las Posibles Financiadores del proyecto serian:

**InnovaChile** **FIC (Fondo de Innovación para la Competitividad) Regional:** A través de CORFO

Innova Chile, se obtuvieron los fondos para la primera etapa de investigación y

<sup>1</sup> Fondo de Innovación para a Competitividad

<sup>2</sup> El terreno ha elegir, dependerá de los resultados finales de la primera etapa de analisis de factibilidad.

<sup>3</sup> Descripción en : Ley de Presupuesto año 2009, Ministerio de Economía Fomento y Turismo. Tabla Proyectos beneficiados con recursos FIC Regional Presupuesto 2009 y a Junio 2010.



3.4 Fotografía aérea Sector La Chimba, año 2010

Factibilidad del Proyecto "Energía Solar en Minería: Opciones de Desarrollo para el siglo XXI, en Antofagasta", por lo que se mantiene la posibilidad de la adjudicación de fondos para una segunda etapa de construcción y equipamiento.

**Fondef FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico):** Organismo estatal que financia proyectos

de investigación y desarrollo científico- tecnológico. El aporte sería para el abastecimiento técnico y equipamiento de los laboratorios. Son fondos concursables por lo que el éxito de la primera etapa de análisis de factibilidad es fundamental para continuar el proceso de la obtención de fondos para llevar a cabo el proyecto.



**FNDR (Fondo Nacional de Desarrollo Regional):** Instrumento financiero, mediante el cual el Gobierno Central transfiere recursos fiscales, para la materialización de proyectos y obras de desarrollo e impacto regional, provincial y local. Características propias del Centro de Investigación, con lo cual a través de una buena gestión puede obtener los fondos por medio de FNDR.



**Ilustre Municipalidad de Antofagasta:** La Municipalidad puede destinar fondos directos y se ve involucrada en la gestión y financiamiento en el caso de la aplicación de la Ley FUC, donde debe financiar o reembolsar los gastos de investigación o prospecciones

de los terrenos concedidos para áreas urbanas. A través del FNDR, la municipalidad podría contribuir en la obtención de fondos para la construcción del Centro.



**Privados:** EL aporte de la industria minera a los proyectos de toda índole en la II Región y en Chile son de una altísima importancia. Para el caso del Centro de Investigación en Energía Solar es indudable el

aporte que se puede obtener al conseguir un acuerdo de trabajo transversal y de cooperación entre la labor científica y la labor industrial en las mineras, objetivo por los cuales se plantea el proyecto inicial con tal de contribuir a los procesos productivos mineros.

**Costos Asociados:**

Proyectos similares en la envergadura y programa del Centro de Investigación de Energía Solar dan una referencia sobre los posibles costos asociados a los trabajos de ejecución de la construcción del edificio como tal. El principal referente hasta fecha realizado en Chile es el Parque Científico y Tecnológico de Antofagasta, llevado a cabo por la Universidad de Antofagasta en Conjunto con la Universidad Católica del Norte y el Gobierno regional. Este proyecto consta de un conjunto de edificios que desarrollaran las diferentes áreas de la ciencia, y por lo tanto difiere en m<sup>2</sup> construidos con e Centro de Investigación de Energía Solar.

Para poder apreciar en igualdad de condiciones la referencia de costo total del edificio, los valores a continuación, sólo hacen referencia a la segunda etapa del Proyecto del Parque Científico y Tecnológico en Antofagasta.

El proyecto consta de unos 6.332 m<sup>2</sup> y con un presupuesto de 4.932 millones de pesos, financiamiento que se ha conseguido principalmente por el Gobierno regional, MINECON<sup>4</sup> y la UCN (Universidad Católica del Norte). Según los valores entregados el presupuesto por metro cuadrado estaría alrededor de 36 UF cada uno.

**La Administración**

La administración del Centro de Investigación en Energía Solar estaría a cargo de las siguientes instituciones:



**La Universidad de Chile:** dentro de rol educativo y de ente público generador del conocimiento, la universidad juega un rol fundamental en la administración y gestión del Centro de Investigación. Son los principales gestores de la iniciativa y la institucionalidad



más prestigiosa que posiciona al Centro y al Parque dentro de un estándar nacional y mundial de calidad.

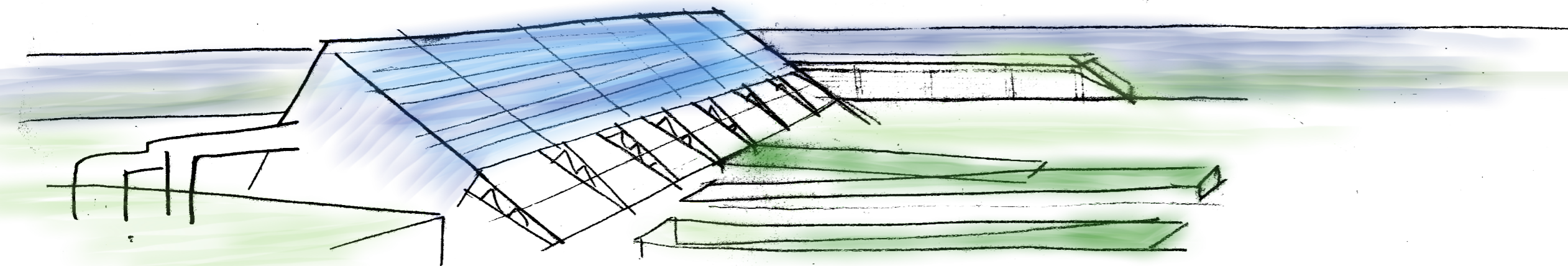
En un rol más competitivo y de entrega y venta de servicios interviene y se administra a través de la institución IDIEM, dependiente de la U. de Chile. Es a través de IDIEM que se crean los vínculos con las empresas y privados y por medio del cual los servicios otorgados por el Centro de Investigación en Energía Solar se manifiestan sustentables en el tiempo (en términos económicos) ya que a través de los fondos obtenidos, invierte luego en el desarrollo investigativo de las labores de experimentación dentro del Centro. Incentivando de esta manera la industria local, nacional y las áreas de conocimiento a través de la representación de la Universidad de Chile, cubriendo y abarcando todas las actividades de extensión del Centro de Investigación en Energía Solar.

Como se menciona anteriormente la **Municipalidad de Antofagasta** tomaría partes en el proyecto a través de los esfuerzos de mantenimiento y cuidado del Parque Temático de Las energías renovables, luego de transcurrido el periodo de gestión y mantenimiento establecido para la Universidad de Chile en el caso de aplicación de la Ley FUC, explicada en el punto anterior (pag, 53).

4 Ministerio de Economía, Fomento y Turismo



# 4. Proyecto



*"Los arquitectos no inventan nada, sólo transforman la realidad"*

Alvaro Siza

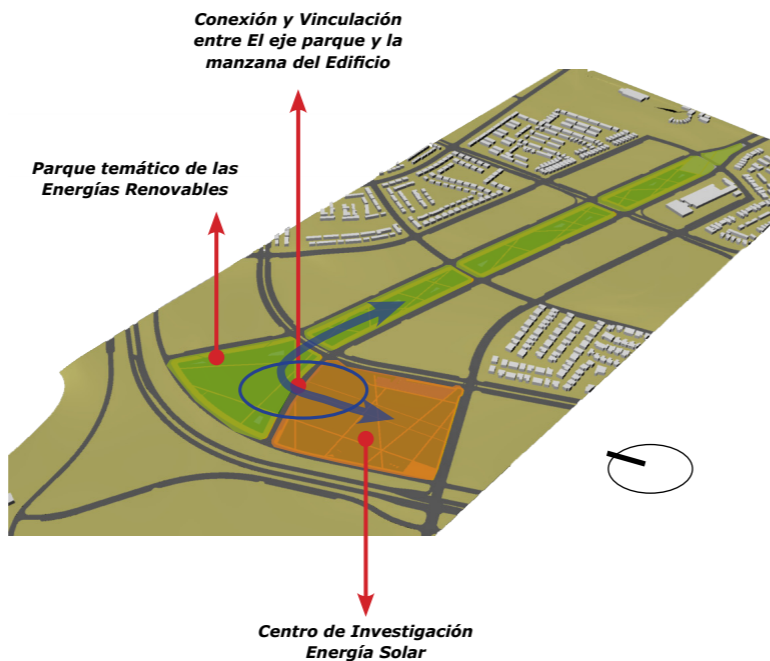


### Parque Temático de las Energías Renovables

El parque temático de las energías renovables encabeza el Plan Master que contiene al Centro de Investigación en Energía Solar.

En el Parque Temático de las energías renovables se busca la incorporación de las energías limpias y la sustentabilidad ambiental al habitante común, haciendo de él un foco referente de identidad regional y local para Antofagasta.

Para ello, el eje verde se compone de una serie de elementos como Plazas Temáticas y ejes de: vegetación, recreación e incorporación de las energías. Además se inserta dentro de su contexto visualizando el crecimiento inminente del sector a través de una propuesta de conectividad entre distintos puntos seleccionados en dicho contexto, tanto de los edificios existentes así como de las propuestas para los terrenos aun desocupados.



4.0 Fotografía Terreno de emplazamiento proyecto - 2010

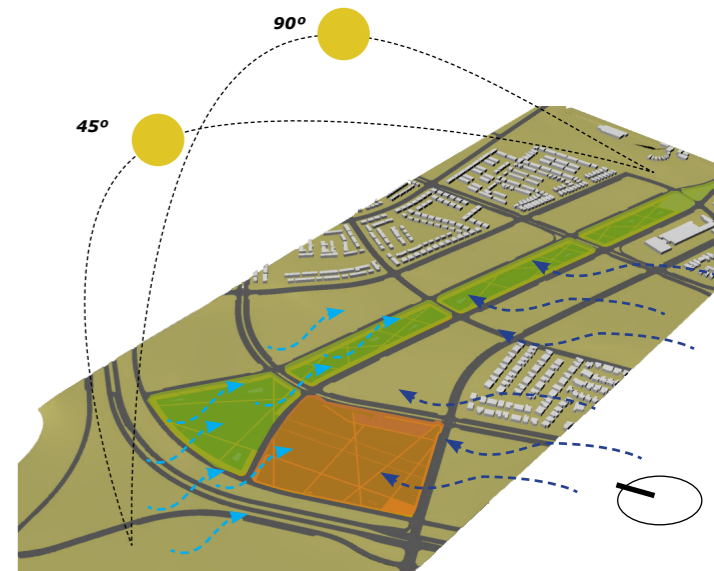
### Idea Arquitectónica

La idea arquitectónica del parque es la **SIMBIOSIS**. El Parque Temático debe formularse como una simbiosis entre la naturaleza y el contexto urbano; entre la naturaleza y las energías limpias; entre la naturaleza y la arquitectura.

Para ello, y de acuerdo a las características de los lotes a intervenir, se plantean una serie de ejes a lo largo del parque que se generan por medio de un estudio de posibilidades de incorporación y utilización de los recursos naturales. Estos son :

- Vientos
- Luz Solar
- Agua de Rocío y aguas Iluvias
- Agua Marina

Cada uno de estos elementos formara parte de los métodos de sustentabilidad incorporados en el proyecto por lo que forman un factor fundamental a la hora del diseño. Y son los que formaran parte de la simbiosis junto con el diseño arquitectónico



**SIMBIOSIS**  
 NATURALEZA- URBANO  
 NATURALEZA - ENERGÍAS LIMPIAS  
 NATURALEZA Y ARQUITECTURA



4.1 Izq. - Der.: **Templo Ta Prohm**, Complejo Angkor - Camboya ; **Casa en la Cascada** - 1939 ,Frank Lloyd Wright; **Academia de Ciencias de California**- 1999, Renzo Piano

# Parque Temático de las energías renovables

## Simbiosis Urbano - Naturaleza - Energías

### URBANO:

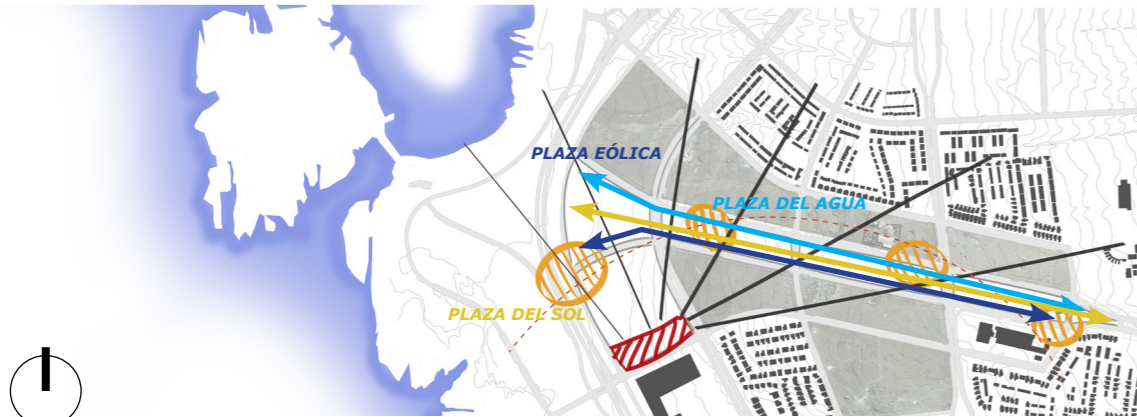
El plan Master del proyecto contempla la integración de la propuesta en el contexto urbano por medio de un análisis de las circulaciones y recorridos entre los accesos de los edificios existentes y los accesos a los condominios particulares.

Paralelamente un estudio de las tramas que se desprenden del contexto (en planta), ayudan a manifestar las directrices del diseño en planta del Parque completo.

El plan master incluye la ocupación de los predios anexos al eje verde comprendido por el parque, los cuales en su mayoría están desocupados, a excepción de los ocupados por dos liceos (Colegio Antofagasta y Liceo Municipal La Chimba) y la Universidad INACAP.

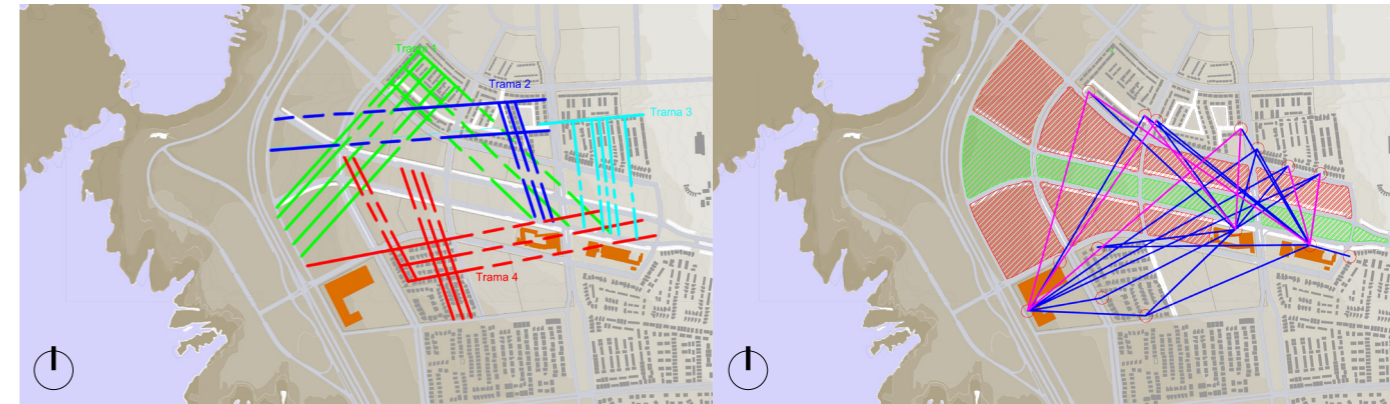
Por este motivo, se manifiesta una propuesta de posibles usos para aquellos lotes, en congruencia a la conformación de tres ejes principales en el terreno de ocupación: Un eje educativo (con el CIES); el eje de las áreas verdes (con el PTER); y el eje de los servicios. Con esta propuesta se reafirma los objetivos del plan seccional de establecer el terreno de trabajo como un sub-centro de la Chimba, creando el polo de desarrollo urbano estipulado.

La localización de las plazas temáticas y zonas de recreación en el eje verde estarán definidas de acuerdo a una analogía entre el movimiento solar, en congruencia con las zonas de encuentro de acuerdo a las circulaciones, para de este modo dar ubicación a las plazas, respetando el eje central y generando recorridos con tal de manifestar al Centro de Investigación en Energía Solar como un remate del recorrido principal en el eje verde.



4.2 Esquema, CIES como fuente generadora que distribuye al parque. PTER, ubicación de las plazas temáticas

# Parque temático de las energías renovables

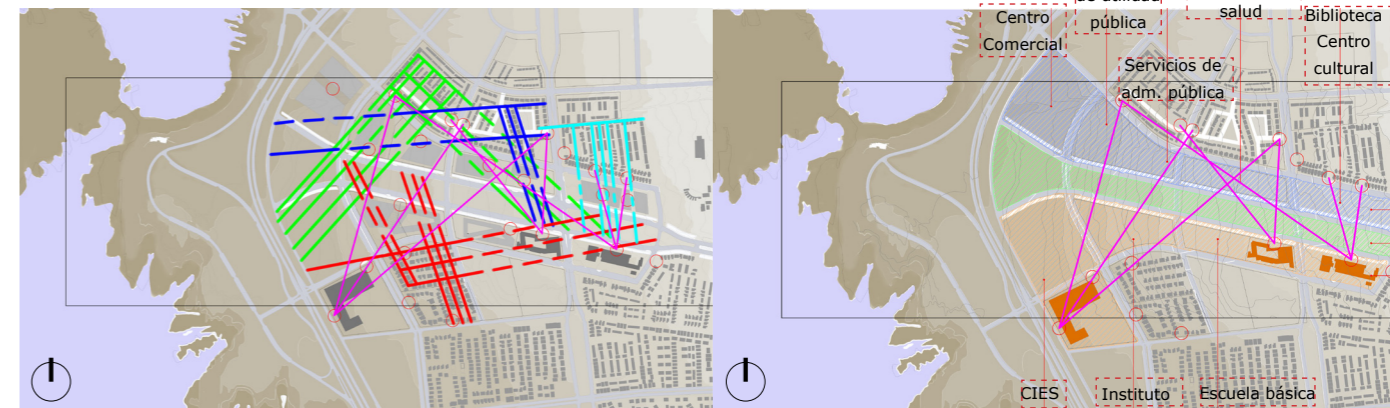


## TRAMAS

- TRAMA 1
- TRAMA 2
- TRAMA 3
- TRAMA 4

## ZONIFICACIÓN

- ▨ Zona de Áreas Verdes de esparcimiento
- ▨ Zona Mixta subcentro La Chimba (loteos)
- ▨ Edificios educacionales
- ▨ Programa residencial
- Conexión edificios educacionales- accesos condominios



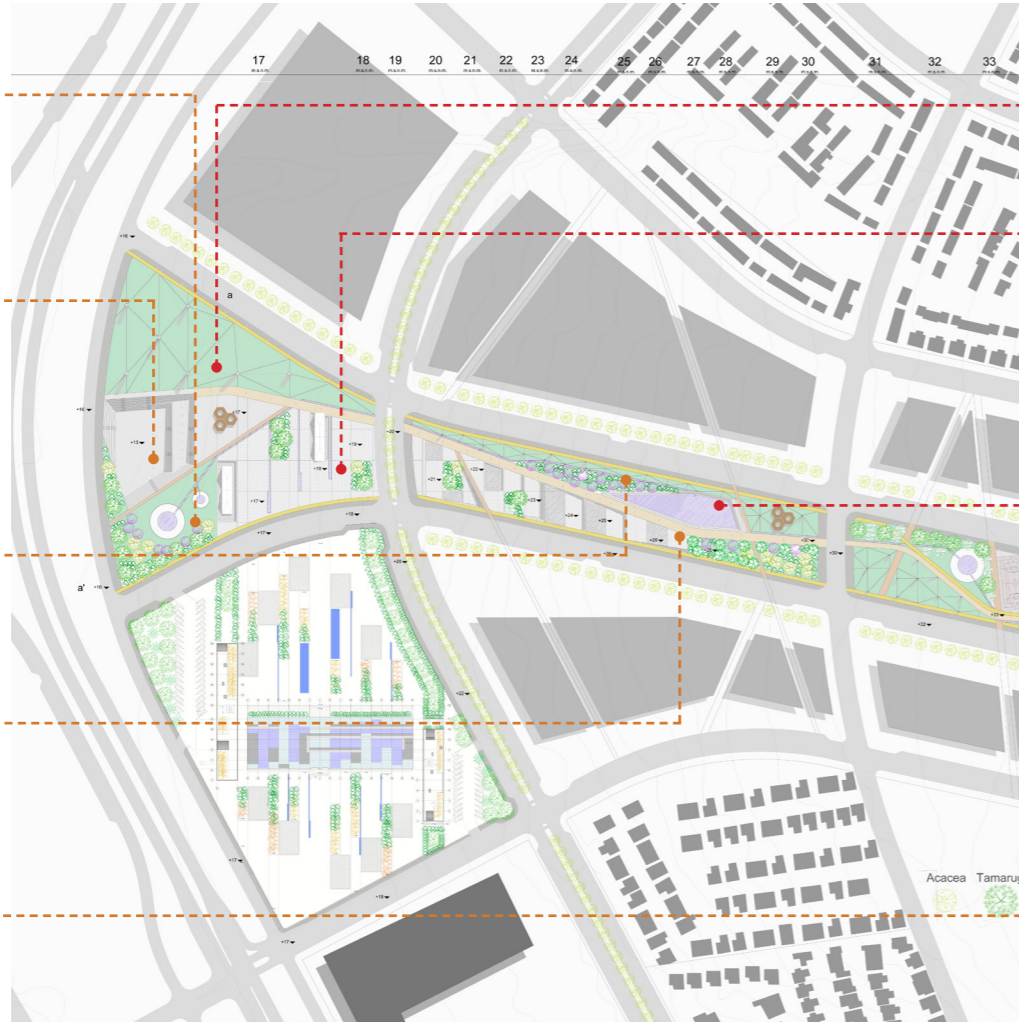
## CONEXIONES

- ▨ Propuesta edificios Plan Maestro
- ▨ Edificios educacionales
- ▨ Programa residencial
- Dirección eje predominante
- Acceso edificios y condominio cerrados

## PROPUESTA PROGRAMA

- Eje Servicios
- Eje Verde
- Eje Educativa





4.3 Plano Plan Maestro (Desarrollo previo, correspondiente a la entrega del PASE)

## ÁREAS TEMÁTICAS Imagen Objetivo



**Plaza de los Vientos**  
Instalaciones urbanas de colectores eólicos (3m diam.)

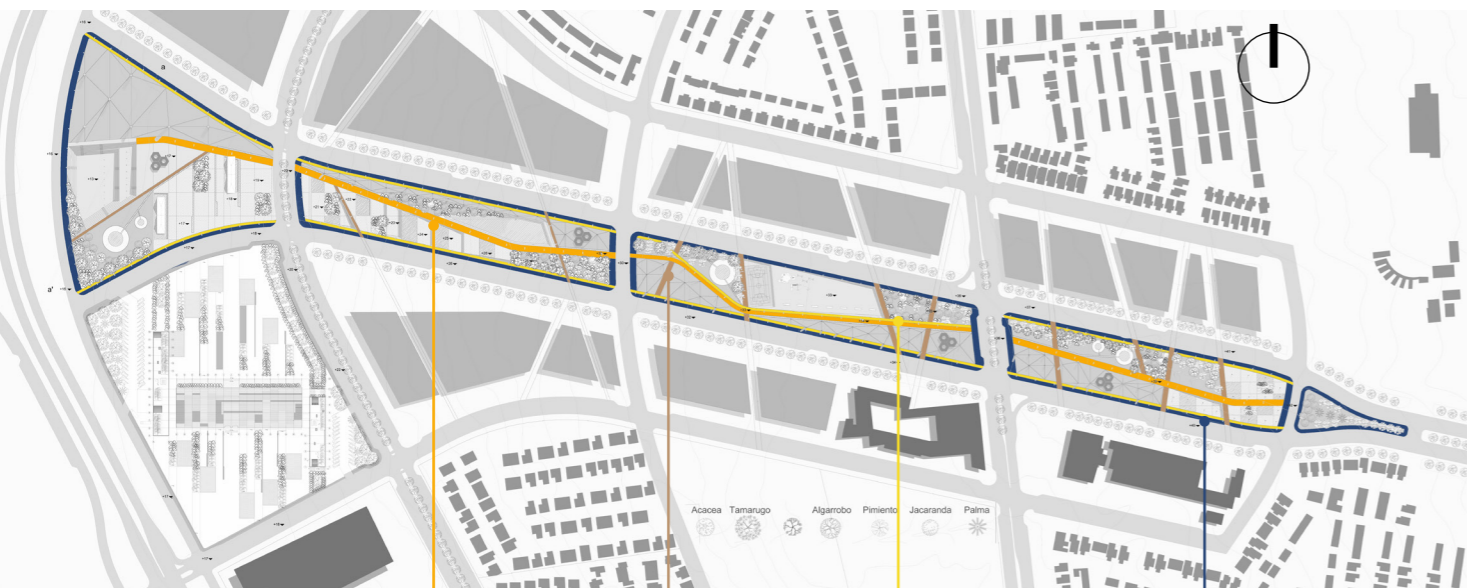
**Plazas recreativas**  
Zonas de permanencia, plazas duras. Suelos de adoquines e instalaciones de sombradores.

**Plaza del Agua**  
Laguna artificial a donde llegan todos los senderos de agua que recorren el parque.

**Plaza deportiva**  
Complementa los circuitos a lo largo del parque. Instalación de una cancha y maquinaria deportiva.

**Eje de las Energías**  
Instalaciones de luminaria solar y elementos de captación de agua de rocío y aguas lluvias.

## Parque Temático de las energías renovables



### CIRCULACIONES Imagen Objetivo



Sendero Principal



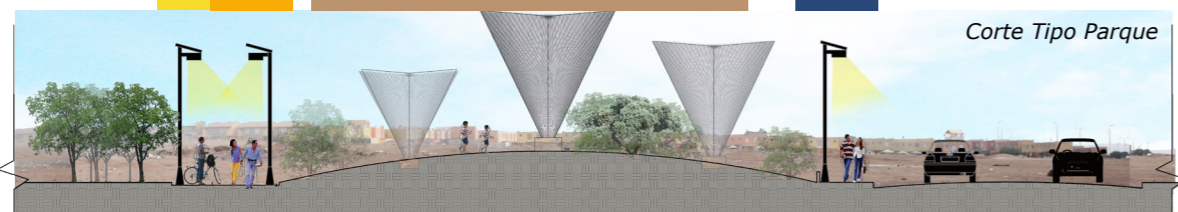
Transectos



Ciclo vías



Senderos laterales



Corte Tipo Parque

## Parque temático de las energías renovables

### NATURALEZA

#### Vegetación

Las áreas verdes que compondrán el Parque Temático de las Energías Renovables, son escogidas de acuerdo al clima de la región, en este caso, a lo largo de la costa el clima es desértico costero nublado.

Las especies arbóreas seleccionadas se basan en el bajo consumo de agua anual, consiguiendo de esta forma hacer factible su mantención a base de la autoproducción de agua en el parque, a través de los métodos artesanales de desalinización de agua marina y captación de agua de rocío y lluvia a lo largo del eje verde.

El tipo de jardín planteado para la instalación en el parque es de tipo xerófito<sup>1</sup>, es decir compuesta con vegetación adaptada a ambientes secos, con tal de facilitar la auto-mantención del parque.

La mayoría de las especies de árboles escogidos poseen raíces largas que profundizan en la tierra hasta alcanzar niveles freáticos o simplemente húmedos. Además resisten altos niveles de salinidad en la tierra, como es el caso de los Pimientos y Tamarugos.

Por su parte, las Acacias se destacan por contribuir a la nitrificación del suelo, contribuyendo a que este sea ideal para plantas que requieren de suelos básicos como las plantas ornamentales.

Por todo lo anterior, la distribución de estas distintas

<sup>1</sup> Xerófito, RAE - Vigésimo segunda edición. Se dice de los vegetales adaptados por su estructura a los medios secos, por su temperatura u otras causas.



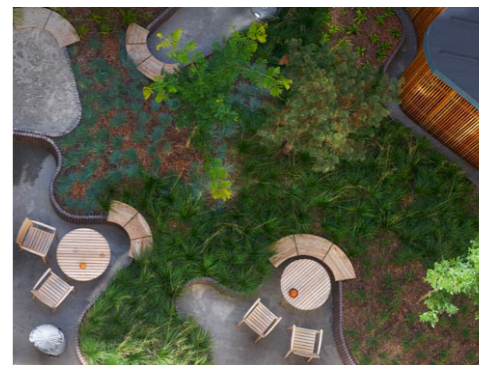
**Carpobrotus**, de rápido crecimiento y se expone a plena luz de sol



**Gramineas** para cubrir grandes extensiones, pueden crecer a pleno sol



**Krameria Cistoidea** arbusto ramoso endémico de Chile, (II región)



4.4 Jardín Xerófito, jardín cubierto con gramíneas y especies propias de los climas áridos

## Parque Temático de las energías renovables

especies arbóreas seleccionadas, se basa tanto en sus características de crecimiento y condiciones de supervivencia frente al clima del sector, así como también por sus características ornamentales y estacionales.

De acuerdo al último punto, se toman medidas básicas, así como lo son: la utilización de especies perennes y caducas según la funcionalidad de los sectores que se quieren conformar a lo largo del parque. Es decir, en sectores de permanencia, las especies caducas generan sombra durante el verano y aportan con su colorido de acuerdo a la producción de frutos y flores, y en invierno dejan pasar la luz de manera de contribuir con la llegada de luz solar en las épocas de frío.

En otros sectores se privilegia la plantación de especies

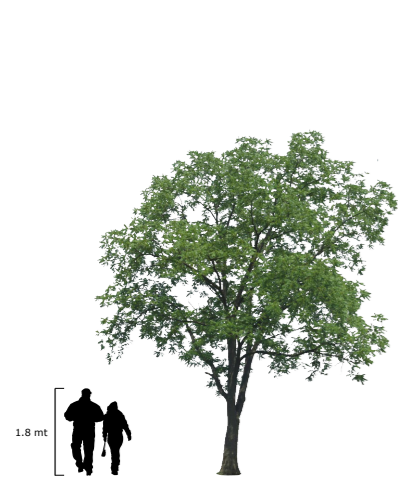
perennes que aportan con una permanente imagen verdes en el parque a lo largo de todo el año, como lo son las Acaceas, los Algarrobos y los Pimientos.

La incorporación de arbustos y sectores florales, es fundamental para la consolidación de las áreas verdes del parque. En estos casos también se respeta la incorporación de especies aptas para el clima desértico. En especial para las especies que ejercen de base verde en estas áreas, evitando, por ejemplo la cobertura total con "pasto", debido a su alto costo de mantención, y reemplazándolo por gramíneas o carpobrotus, que se caracterizan por su supervivencia en largos periodos sin lluvias de (6 a 10 meses).

## Parque temático de las energías renovables



4.5 Plano Especies Arbóreas (Desarrollo previo, correspondiente a la entrega del PASE)



**Acacia Dealbata**  
(Aromo del País)

Diaméto de copa: 5-8 mts  
Simpódico- Perenne



**Prosopis Tamarugo**  
(Tamarugo)

Diaméto de copa: 6-14 mts  
Simpódico- Caducifolio



**Geoffroea Decorticans**  
(Chañar)

Diaméto de copa: 6-8mts  
Simpódico- Caduco



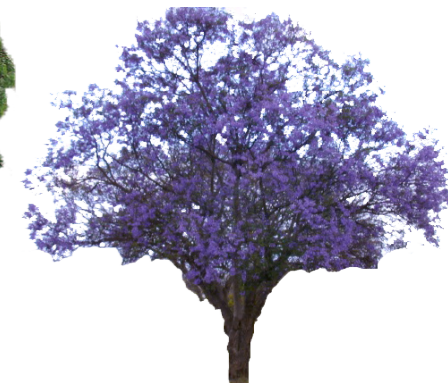
**Prosopis Chilensis**  
(Algarrobo)

Diaméto de copa: 6-10 mts  
Simpódico- Perennifolio



**Schinus Molle**  
(Pimiento)

Diaméto de copa: 5-8 mts  
Simpódico- Perennifolio



**Jacarandá Mimosaefolia**  
(Jacarandá)

Diaméto de copa: 5-8 mts  
Simpódico- Perennifolio

## ENERGÍAS:

### Sistema Eólico

El sistema eólico del Parque funciona a través de la Plaza de los Vientos, que es dónde ocurre la captación. Allí se aprovecha la llegada del viento Sur, (en dirección norte) que en Antofagasta fluctúa en una velocidad de: 3,5 m/s y 4, 0 m/s.

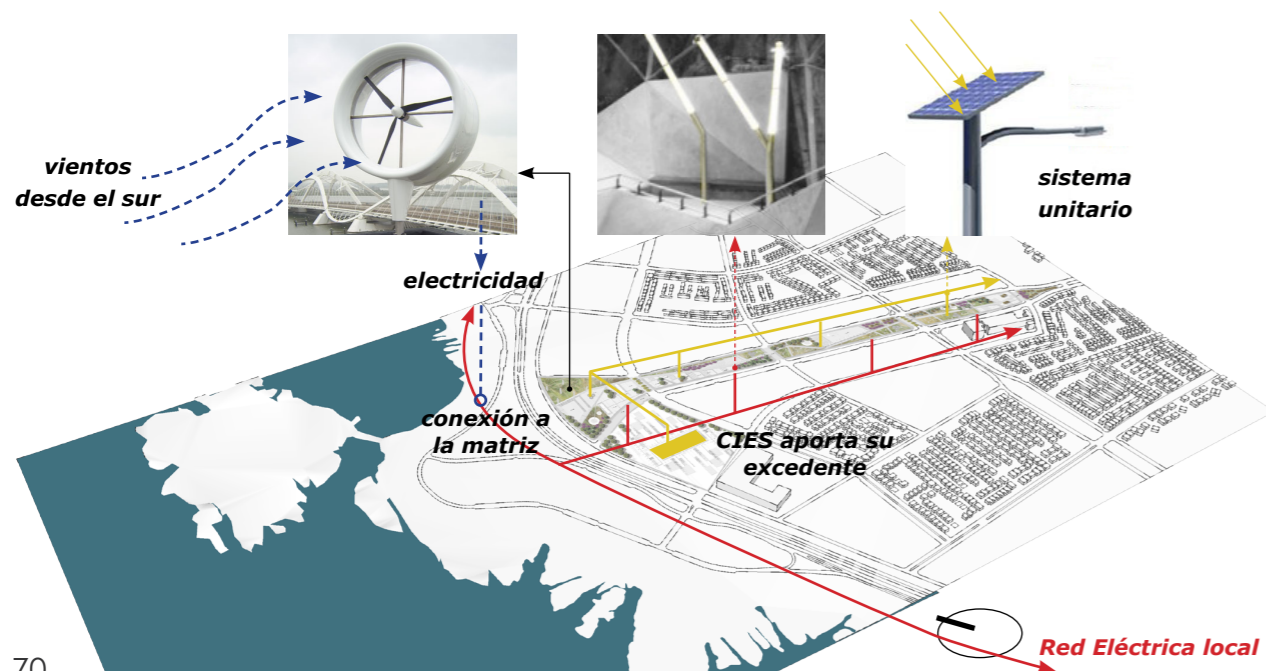
La plaza se posiciona cercana a la costa para aprovechar los vientos que vienen del océano.

Para su aplicación se consideran modelos de aerogeneradores urbanos **Donqi**, los cuales para la velocidad de viento dada generan una cantidad de 435 KWh/año, posee un diámetro de turbina de 2 mts y la altura del mástil puede llegar a las 12,5 mts. Esta diseñado para su conexión a la red y posee silenciadores que eliminan el ruido y vibraciones. Viene con un inversor incluido.

### Sistema Energía Solar

El sistema de captación de energía solar, se considera para el circuito de iluminación del parque, en dónde la luminaria pública ejerce de captador y almacenador, para luego ser utilizadas en el periodo nocturno.

Para estos efectos se consideran equipos de luminarias Leds, que consumen un 70% menos de energía que las tradicionales de sodio utilizadas en la vía pública. El alumbrado funciona como un sistemas unitario independiente dónde el panel Fotovoltaico se integra al poste y las baterías y sistemas de control en un gabinete también adosado al poste. Al ser independientes se producen ahorros en los costos de instalación del tendido eléctrico tradicional, y aunque la inversión inicial en fotovoltaicos es mayor se recupera la inversión a largo plazo al disminuir el consumo con luminarias eficientes y la producción es de forma renovable.



### Sistema de Captación de agua de rocío y aguas lluvias

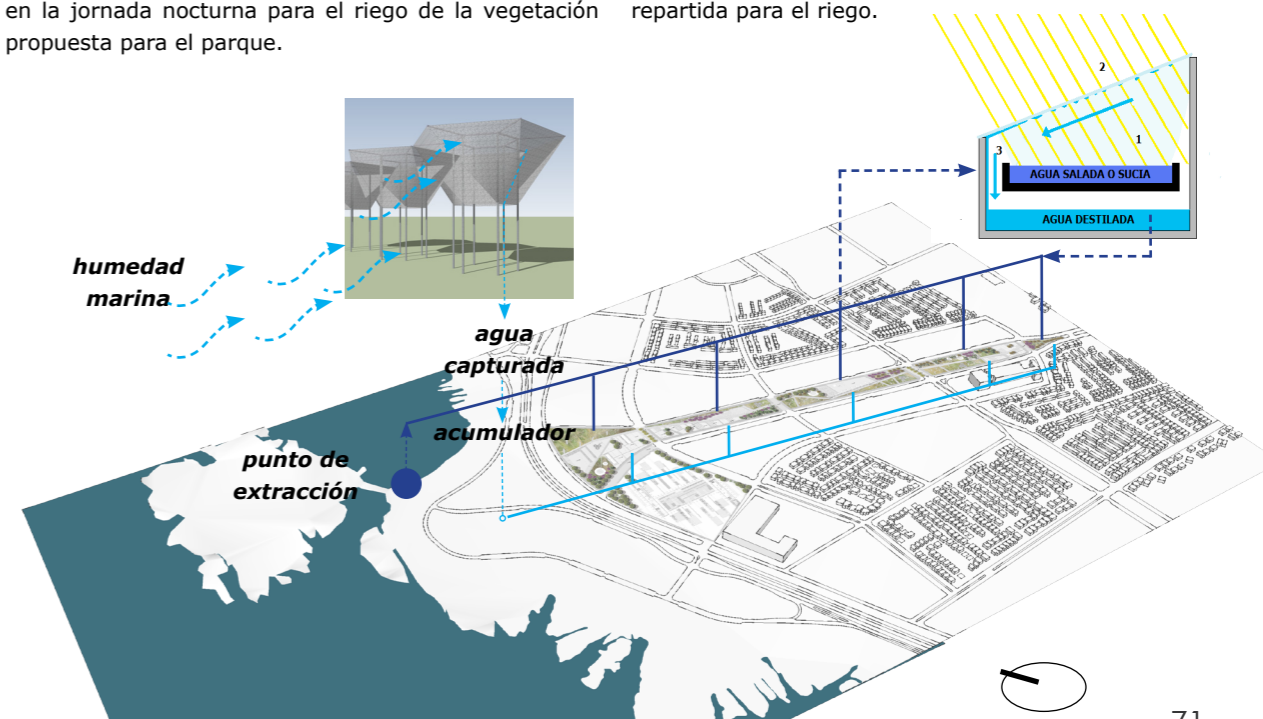
Para la mantención de las áreas verdes del parque Temático, además de la utilización del agua proveniente de la matriz de agua local, se proponen dos sistemas complementarios de abastecimiento para reducir los costos de mantención del parque.

La captación de agua de rocío es efectiva, ya que día a día la presencia de la camanchaca matutina provoca humedad ambiental. Esta agua normalmente se pierde ya que al salir el habitual sol de medio día, esta se evapora y se pierde. Para aprovechar esta humedad se propone un sistema de mayas en los sombreaderos propuestos a lo largo del parque que dispuestos con un ángulo suficiente, permitan conducir el agua de rocío a pequeños estanques acumuladores y ser utilizados en la jornada nocturna para el riego de la vegetación propuesta para el parque.

### Sistema Desalinizador de Agua

La desalinización de agua ya es un recurso estable y efectivo en la región de Antofagasta. Para el caso del parque se propone la utilización de desalinización de agua de mar por condensación, donde se hace uso de la energía solar para realizar la desalinización.

El sistema se compone de una bomba extractora de agua marina que desde la costa impulsa el agua marina hasta un estanque acumulador que distribuye el agua a los distintos puntos de ubicación de los desalinizadores solares, dónde luego es repartida el agua destilada a las zonas de riego. El desalinizador funciona por medio de dos pequeños estanques internos; el primero para el agua salada que recibe la radiación desde una placa inclinada de vidrio inclinada hacia el norte, y un segundo estanque que recibe el agua condensada que luego es repartida para el riego.



# Parque Temático de las energías renovables

## Usuarios

El Parque Temático de las Energías Renovables, es de uso público por lo que está destinado a toda la población. Toda persona que desee relajarse, hacer deporte, descansar, etc, puede hacer uso del parque.

El radio de influencia del mismo podría reducirse a los habitantes del sector La Chimba, en especial dónde la ciudad muestra serios problemas de conectividad por lo cual esta iniciativa busca la descentralización a través del establecimiento del nuevo polo urbano. Aún así, la influencia del parque en un segundo grado abarca a toda la ciudad, como un referente e icono asociado al centro de Investigación y al uso eficiente de la energía dentro de la ciudad.

Los usuarios directos están determinados de acuerdo a los usos actuales que encontramos en el sector:

- *Las familias:* El 70 % de los terrenos ocupados corresponde a áreas residenciales, por lo que serían

los usuarios de mayor presencia en el parque, para los cuales están la mayoría de los usos propuestos en el eje verde, como la zona deportiva, de picnic, juegos infantiles y el anfiteatro al mar.

- *Científicos e Investigadores:* Ya que en parte el parque depende del Centro de Investigación, estos extienden sus labores a las áreas del parque haciendo uso de él, en especial en la franja de las energías, realizando pruebas, mantenimiento u otras actividades, además de las recreativas de las cuales también forman parte.
- *Estudiantes:* La presencia de dos liceos y una Universidad, ya es motivo para un constante uso por parte de una masa joven de estudiantes desde educación básica a superior, que frecuentarán las instalaciones del parque, en especial cuando dos de los nombrados colegios dirigen su fachada principal a él.

De este modo, luego se complementa con el uso de global de cualquier otro ciudadano.



## Referentes

### 1. Parque Botánico Barcelona

Arqts: Carlos Ferrater y Jose Lluís Canosa  
Monjuïc- Barcelona

### 2. General Parque Memorial Park - Slovenia

Arqts: Bruto (Matej Kučina, Tanja Maljevac)  
Slovenia  
1500m2  
2007

### 3. ACXT Parq - Bilbao

Arqts: ACXT  
Bilbao- España  
10760 m2  
2007



## Idea Arquitectónica

La idea conceptual que da forma al Centro de Investigación en Energía Solar, es de forma casi evidente: **la captación solar**. El edificio, su complejo y su conexión formal y programática al parque temático, lo enmarcan como un **elemento capador**, el cual dentro de su programa: capta, transforma, almacena y distribuye energía.

Tal como un girasol que busca captar la energía solar para utilizarla en su proceso de fotosíntesis, la captación de radiación solar para producir energía tanto eléctrica como calórica, entendiéndolas como nuestra necesidad, es que se genera la volumétrica inicial del Centro de Investigación en Energía Solar.

Y ya que el concepto, en otras palabras, significa que el edificio recrea la acción de un captador solar ordinario, es necesario identificar ciertos aspectos claves que

forman parte de una correcta captación de la radiación.

El recurso natural está disponible, de ahora en adelante son los esfuerzos humanos los que deben realizar la acción de la forma más eficaz. Por lo tanto, los aspectos a considerar serán los siguientes:

- La orientación del edificio, que debe ser **Norte**, ya que la radiación viene en esa orientación
- La posición de horizontalidad frente al norte apoya la buena captación de la superficie colectora.
- Se debe disponer de la mayor superficie disponible de instalación para generar la mayor captación posible.
- No deben afectar sombras a la superficie destinada a la captación
- El ángulo de inclinación ideal de un captador en la ciudad de Antofagasta es de  $23^\circ$ , aumentando en  $10^\circ$  para alcanzar el ángulo ideal en invierno y disminuyendo  $10^\circ$

## Proceso NATURAL de Captación



4.6 **Fotografía Girasol** (realizan un movimiento (fototropismo) en busca de la radiación solar en su etapa inicial de vida, para realizar su proceso de fotosíntesis)

## Proceso ARTIFICIAL de Captación



4.7 **Fotografía Paneles Fotovoltaicos** A través de un material semiconductor (silicio) captan la radiación solar y la transforman en electricidad.

## Usuario Objetivo

Los usuarios específicos del seccional comprenden mayoritariamente a la población residente y flotante (estudiantes) del sector La Chimba.

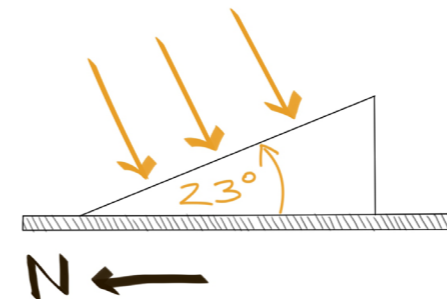
Para el caso del Centro de Investigación, esto se restringe, en parte, a la comunidad científica de la región y del país; y al mismo tiempo se extiende a toda la comunidad por medio del área de extensión planteada como parte del programa del Centro., y más aún al pertenecer a la Universidad de Chile, donde debe manifestarse como un centro disponible para el uso de cualquier ciudadano, donde la educación se extiende de manera nacional e internacional.

El **área de investigación**, incluye los departamentos de experimentación, evaluación de equipos, laboratorios, y administración de energía solar FV (Fotovoltaica) y EST (Energía Solar Térmica), donde los usuarios permanentes, es decir los funcionarios serán principalmente profesionales vinculados a las áreas del conocimiento involucradas, específicamente ingenieros y técnicos.

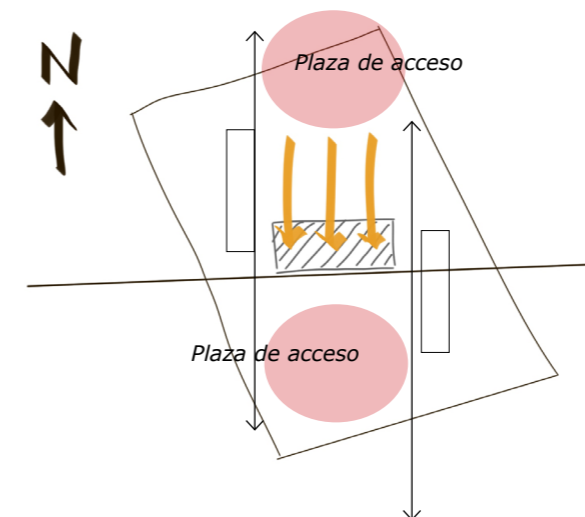
El **área de extensión**, que incluye programa como auditorio, biblioteca o aulas, está dedicada para la difusión y entrega del conocimiento a la comunidad. Con lo cual la ocupación de los recintos asociados será para una "población flotante", de visitantes y de quienes realicen actividades educativas y docencia como: estudiantes, profesionales capacitándose, profesores, etc.; además del personal permanente que se requiere en la administración y mantención de dichos recintos.

De igual manera las áreas correspondientes a exteriores del edificio en la manzana de emplazamiento son de carácter público, permitiendo en ellas el acceso a cualquier persona.

4.8 Esquema Captador solar y ángulo propicio para Antofagasta



4.9 Esquema posición del elemento captador en la manzana de ubicación, Planteamiento general de ubicación de las plazas de acceso



## Programa

Tal como se indicaba en el texto de los tipos de usuarios que conformarán el centro de Investigación en Energía Solar, las principales áreas que destacan en su funcionamiento son la de Investigación y la de Extensión y Difusión. Aún así, este programa se ve complementado por una serie de departamentos y recintos necesarios para la correcta labor del centro.

Dentro del área de **Investigación** se desglosan Tres departamentos de trabajo:

- Departamento de Energía Solar Fotovoltaica
- Departamento de Energía Solar Térmica
- Departamento de Arquitectura Bioclimática

Cada uno de los cuales se compone de una :  
**-Plataforma Instrumental :** que corresponde a todos aquellos recintos que hacen complemento a las áreas

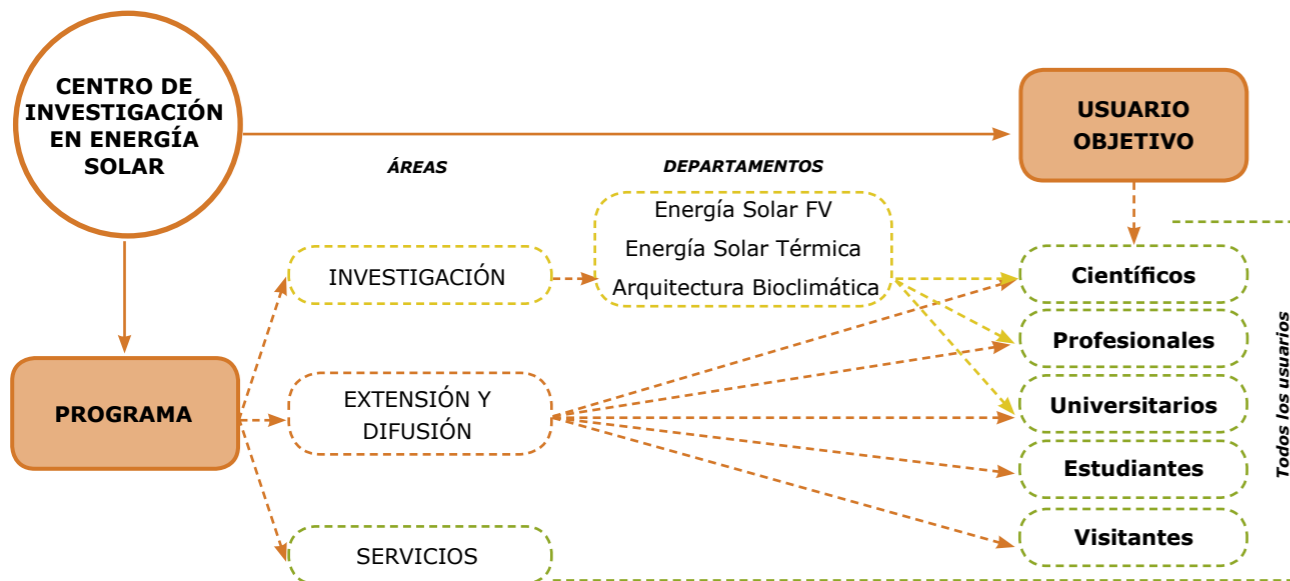
de investigación como son talleres de materiales, salas de acumulación u otros.

**-Plataforma de Investigación:** corresponde a todos aquellos recintos en dónde se realiza la investigación, experimentación y prueba de equipos, es decir todas los laboratorios, salas de pruebas y análisis.

**-Plataforma de Administración:** Corresponde a todos aquellos recintos donde se desarrollan las actividades de administración de cada uno de los departamentos, como son las oficinas, salas de reuniones, salas de archivo, secretaria, etc.

En el área de **Extensión y Difusión** se clasifican los recintos de: Auditorio, biblioteca y salas de clases.

Un última área, corresponden al **Área de Servicios**, dónde se encuentran todas las zonas comunes (casino, baños) y las de mantención del edificio.



4.10 Esquema de relación Programa - Usuarios Elaboración propia

## Programa M<sup>2</sup>

Las tablas a continuación indican la cantidad de metros cuadrados estimados, según el desglose de cada uno de los recintos del centro de investigación.

Además se indica la carga de ocupación correspondiente, según los coeficientes de m<sup>2</sup> x personas indicados en la O.G.U.C, contemplados en el artículo 4.2.4, específicamente en la "Tabla de cargas de ocupación".

	Energía Solar FV					Energía Solar Térmica				
	Denominación	Cantidad	m2	Total m <sup>2</sup>	Carga de Ocupación	Denominación	Cantidad	m <sup>2</sup>	Total m2	Carga de ocupación
<b>Plataforma Instrumental</b>	Taller de Materiales ESFV	1	100	<b>100</b>	20	Taller de Materiales EST	1	102	<b>102</b>	20
	Sala de Acumulación Baterías	2	96	<b>192</b>	2	Sala Acumulación ACS-EST	1	98	<b>98</b>	2
<b>Plataforma de Investigación</b>	Laboratorio de Prueba de Instrumentos	1	209	<b>209</b>	10	Laboratorio de Prueba de Instrumentos	1	80	<b>80</b>	10
	Laboratorio Meterológico	1	5	<b>5</b>	1	Estación Metereológica	1	25	<b>25</b>	2
	Laboratorio Electrónico	1	25	<b>25</b>	2	Laboratorio Energía Solar Térmica	1	25	<b>25</b>	2
	Laboratorio Óptico	1	25	<b>25</b>	2	Laboratorio de Ensayos y Módulos	1	60	<b>60</b>	10
	Prototipos y Ensayos	1	200	<b>200</b>	10	Prototipos y Ensayos EST	1	200	<b>200</b>	10
	Recepción de archivos	1	8	<b>8</b>	1	Recepción de Archivos	1	8	<b>8</b>	1
<b>Totales</b>			<b>1035</b>	<b>102</b>				<b>869</b>	<b>111</b>	

Arquitectura Bioclimática						Extensión y Difusión				
	Denominación	Cantidad	m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>	carga de ocupación	Denominación	Cantidad	m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>	Carga de ocupación
Plataforma Instrumental	Taller de Materiales Arquitectura Bioclimática	1	120	120	24	Auditorio (200 pers.)	1	300	300	200
						Foyer	1	100	100	
Plataforma de Investigación	Departamento de Estrategias de Ahorro y EE en la Edificación	1	90	90	9	Salas de Clases	2	42	84	28
	Departamento Sistemas y Soluciones constructivas bioclimáticas	1	90	90	9	Biblioteca	1	212	212	50
	Departamento materiales energéticamente eficientes	1	90	90	9	Baños	2	10	20	2
	Departamento de Integración de Sistemas Renovables en la edificación	1	90	90	9	Área de Gestión Inegrada	1	25	25	2
	Prototipos y ensayos	1	200	200	10	Oficinas	2	25	50	4
	Recepción de Archivos	1	8	8	1	Estar/Kitchenet	1	30	30	3
	Sala de Reuniones	1	28	28	20					
	Secretaría	1	30	30	2					
	Estar	1	20	20	4					
	Baño	1	25	25	6					
Bodega	1	25	25	1						
<b>Totales</b>				<b>821</b>	104				<b>821</b>	289

## Partido General

De acuerdo a la idea arquitectónica, para generar este elemento captador, es necesario posicionarse en el terreno seleccionado de acuerdo al análisis urbano.

La manzana de emplazamiento del proyecto cuenta con un total de 31.000 m<sup>2</sup>. Según el programa necesario para el centro de investigación se requieren de 5.423 m<sup>2</sup> para la construcción del edificio (sin considerar estacionamientos).

Es por ello que la principal estrategia de ocupación de esta macromanzana, es definir el espacio público de el (correspondiente a las áreas verdes) a través del posicionamiento de los volúmenes que compondrán el centro.

Es por ello, que el posicionamiento en el terreno se compone del volumen principal que contiene en el a las áreas de experimentación en su plataforma de investigación junto con los recintos del área de extensión, mas dos volúmenes anexos que ejercen de cuerpos complementarios donde se localizarían

los programas correspondientes a la plataforma de instrumentación.

El edificio principal, el captador, ejerce de **colector** que **transforma** la energía para luego **almacenarla** en sus volúmenes anexos, y estos la **distribuyen** a los puntos de consumo (las plazas de acceso, los edificios y al parque en caso de excedente). este edificio se emplaza de manera perpendicular al norte con tal de obtener la mayor radiación posible y se destaca por su ángulo de inclinación en su fachada principal, donde se efectúa la captación.

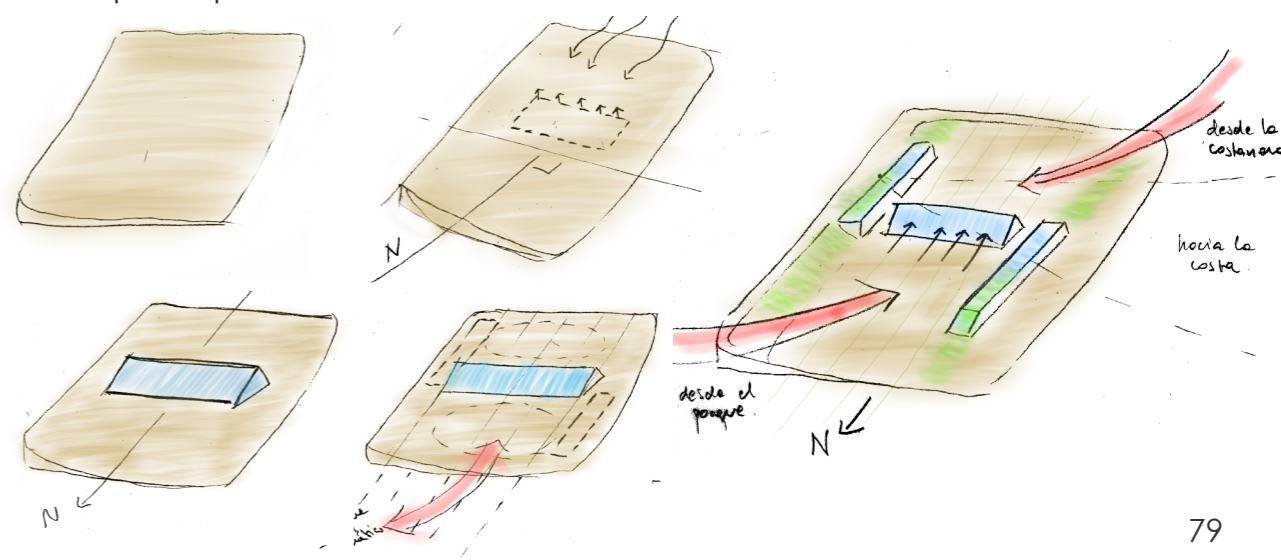
Los volúmenes anexos se conectan al edificio principal de manera formal a través de conexiones de instalación, no volumétricamente donde en los puntos de encuentro de los edificios se forman espacios de conexión entre las dos plazas que se generan en los extremos norte y sur del volumen principal. Los volúmenes anexos, de manera formal, apoyan a la conformación y contención de estas plazas, desarrollando vistas del edificio para quienes vienen desde la costanera y desde el eje del Parque Temático de la Energías Renovables.

Áreas de Servicios					
	Denominación	Cantidad	m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>	Carga de ocupación
	Hall de acceso	1	100	100	35
	TIC	1	50	50	5
	Casino	1	200	200	50
	Cocina casino	1	70	70	5
	Baños	2	5	10	2
Mantenión	Primeros Auxilios	1	20	20	2
	Bodega	1	20	20	1
	Sala de Maquinas (electromecánica)	1	70	70	2
	Sala de carga descarga	2	160	160	4
	Sala de Basura y Reciclaje	2	12	12	1
	Área Personal				
	Sala de Descanso	1	28	28	5
	Camarin Mujeres	3	7	21	4
	Camarin Hombres	3	7	21	4
	Control y Seguridad	1	10	10	1
	<b>Totales</b>			<b>792</b>	<b>121</b>

Paisajismo			
Denominación	%	uni	Total m <sup>2</sup>
Áreas verdes			
Estacionamientos	1c/65m <sup>2</sup>	67	427,29
<b>TOTAL</b>			<b>427,3</b>

	m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>4338</b>
<b>CIRCULACIONES (25%)</b>	<b>1084,5</b>
<b>TOTAL + CIRCULACIONES</b>	<b>5422,5</b>
<b>Total + estacionamientos</b>	<b>5849,8</b>
<b>Total carga de ocupación</b>	<b>727,0</b>





### Criterio estructural

Como sistema estructural del volumen principal se optó por el uso de dos sistemas independientes: un pórtico de acero para la gran cubierta captadora y un sistema interior de pilar-viga para las áreas programáticas internas, el mismo utilizado en los volúmenes anexos.

#### El pórtico:

El gran pórtico de acero que soporta la cubierta del edificio, consiste en una sección triangulada tridimensional, es decir cuenta con 3 perfiles circulares que se arriostan entre sí por medio de una triangulación interior por un perfil de menor sección (figura 4.11). Luego cada uno de los pórticos se conectan entre sí por medio de 3 vigas de las mismas características (triangulada) que conecta los 9 pórticos que componen la estructura.

Esta se posiciona en tres puntos estratégicos del pórtico principal, en los extremos de la sección norte y la sur y en el punto de unión de ambos brazos del pórtico. De este modo cada una de las vigas trianguladas tiene distinta sección puesto que adoptan la triangulación del punto dónde se instalan.

El elemento final en la conformación estructural del pórtico es el arriostamiento a través de tensores de cable de acero, en tres posiciones: a los extremos y en el centro del pórtico. Vale decir, que el hecho de que la cubierta no conforme por sí sola una estructura estereométrica, es debido a que se busca que resulten espacios abiertos entre los componentes estructurales que permitan el trabajo al aire libre sobre la misma cubierta, a través de secciones móviles en el revestimiento.

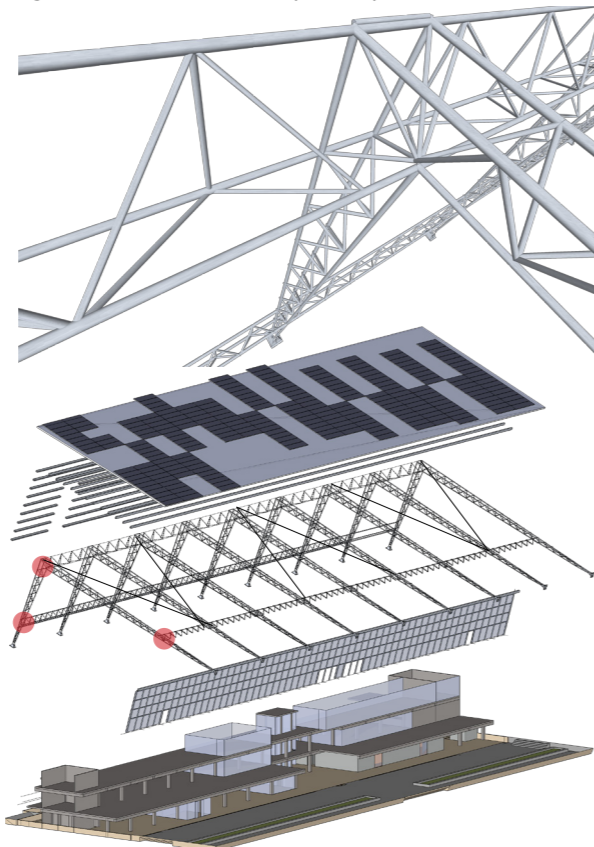
#### Sistema Pilar-Viga:

El sistema de estructuración para los recintos interiores es en un sistema de pilar- viga en hormigón en función de soportar las losas habitables también de hormigón armado. Los distanciamientos son de acuerdo a las dimensiones que pueden alcanzar las losas superiores,

para lo cual el módulo más adecuado es el de 6x6, siendo la mitad de las secciones propuestas por el distanciamiento de los pórticos (12 mts).

Los pilares son de una sección de 40x40 cm y las vigas de 20 cm x 60, esta dimensión varía en el caso de la luz que se proyecta para el auditorio. (Se recuerda que las dimensiones nombradas en esta memoria pueden variar al momento de la entrega final).

El sistema pilar -viga también es el utilizado en los volúmenes laterales, variando las dimensiones de las vigas en relación a la luz que se quiere salvar.



4.11 Esquema propuesta estructural

### Materiales y Expresión

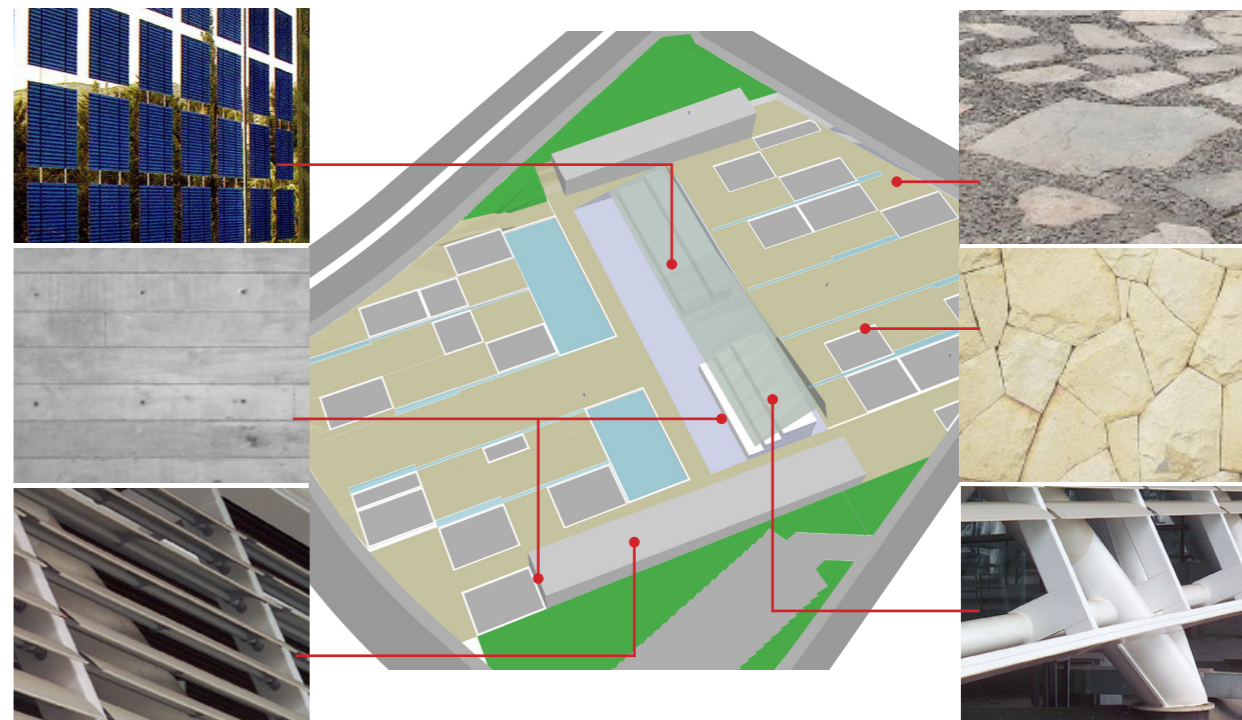
La expresión del edificio esta determinada por dos factores: en primer lugar **la función**, en su imagen de centro desarrollador de tecnología, un edificio "industrial"; y en segundo lugar la observación del **medio natural**, el paisaje que lo rodea.

Del primer punto se abstrae la utilización del acero como primer material, donde los sistemas de ventilación de extracción e inyección, sistemas de conexión de las instalaciones solares estarán a la vista y formaran parte esencial de su expresión como centro tecnológico. Los materiales de revestimiento serán en gran parte

colectores fotovoltaicos y captadores solares de tubos al vacío (o placa plana). La fachada en gran parte será vidriada, para permitir la iluminación interior del recinto cuando no hay instalaciones solares.

Los edificios anexos, muestran sus fachadas principalmente con celosías de aluminio, a raíz de protegerse del excesivo sol poniente.

Los tratamiento de pisos en las zonas exteriores de ambas plazas de acceso, rescatan los coloridos deserto y las texturas del borde costero ser trabajados en piedras naturales.



## Paisajismo

El trabajo de paisajismo en el proyecto corresponde a las zonas exteriores que circundan los edificios. La labor con el terreno se enfoca en resaltar la presencia del edificio principal por medio de su materialidad industrial que este presenta, destacándolo del resto del medio natural, en este caso el trabajo con las áreas verdes que resaltan los coloridos, vegetación y texturas del desierto.

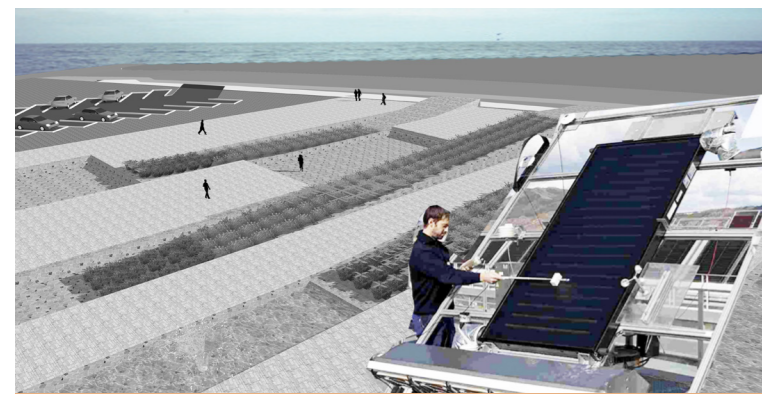
### Las Plazas de Acceso- Plaza del Sol

La intención en el trabajo de paisajismo de las plazas de acceso al Centro de Investigación se enfoca en la poética del sol y del desierto en donde elementos como las dunas, llanuras y la escasa vegetación son los únicos componentes del contexto. El edificio junto con los espejos de agua que se anteponen al acceso principal en su fachada norte, evocan a un oasis en este desierto artificial.

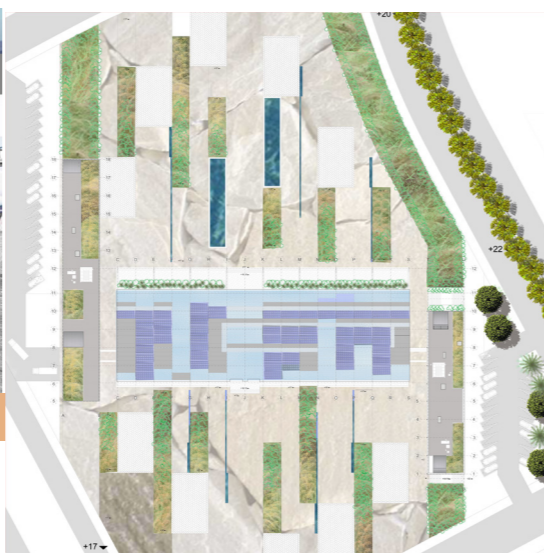
Por lo tanto, las plazas se componen de granjas de vegetación de baja altura, solo gramíneas y arbustos como carpobrotus, compondrán estas franjas de vegetación xerófila, que al mismo tiempo generan un juego con el terreno al subir o bajar en sus pendientes en un juego sinuoso al igual que las dunas en la inmensidad del desierto.

### Edificios laterales- cubiertas vegetales

Los edificios anexos, son complementarios al edificio central y se diseñan de manera muy sutil incorporándose en el caso del edificio oriente a la pendiente del terreno, y generando en su quinta fachada una superficie verde, con plantaciones del mismo tipo de las propuestas para las jardineras en las plazas de acceso. En el caso del edificio poniente, este presenta su cubierta vegetal de manera tal que se une al terreno descendiendo hasta formar parte de él. Este techo verde no forma parte de toda la extensión de cubierta ya que se reserva cierta superficie como zona de experimentación.



4.12 Imagen objetivo plazas de acceso (Corresponde a la entrega de Pase)



4.13 Planta de techos y paisajismo Centro de Investigación (Corresponde a la entrega de Pase)

## Criterio Bioclimático

Los aspectos bioclimáticos incluidos en el sistema de funcionamiento de los edificios que componen el centro de investigación son los siguientes:

**Incorporación de la fachada solar:** la captación de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos y colectores solares para ACS. Para ello el edificio está ubicado en dirección perpendicular al norte.

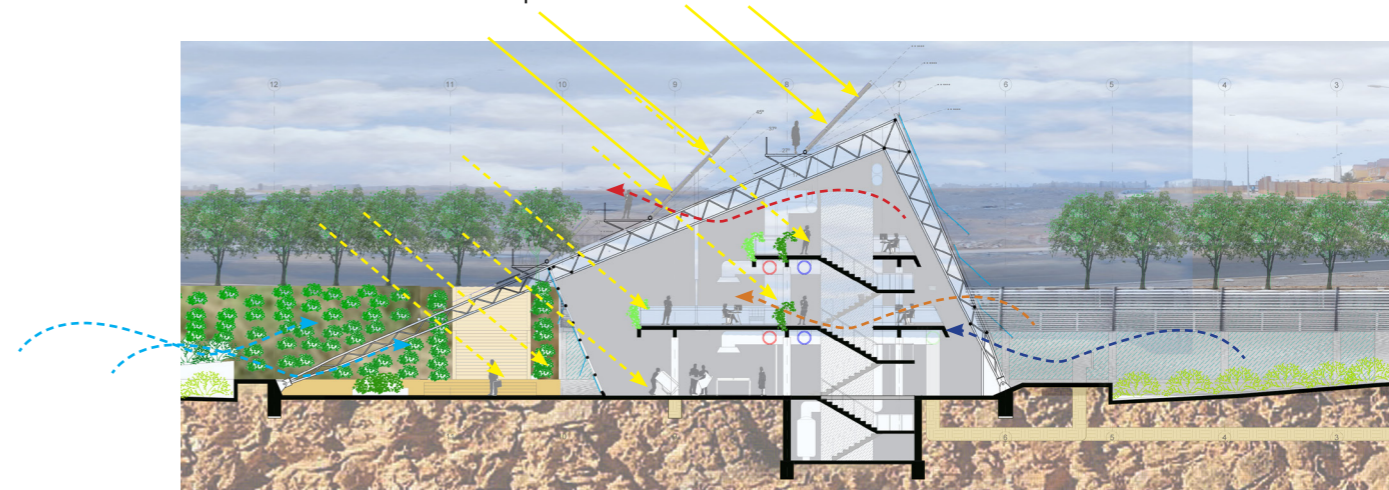
**Uso de fuentes de agua:** el uso de fuentes de agua frente a las fachadas, así como también la vegetación ayuda a refrescar el aire que ingresa a los recintos, contribuyendo a la refrigeración de los espacios de manera pasiva.

**Aprovechamiento de viento sur:** principalmente para permitir la ventilación cruzada dentro de los edificios, de esta manera ayudar a mantener los niveles adecuados de renovaciones de aires necesarios en los recintos habitables.

**Iluminación Natural :** El aprovechamiento de la

iluminación natural es fundamental para mantener buenos niveles de concentración en los ocupantes de un edificio y los niveles de lux adecuados de acuerdo a las funciones ejecutadas, al realizar el mayor aprovechamiento posible de la luz natural se evita el gasto excesivo de iluminación artificial contribuyendo a disminuir costos de consumo. Es por ello que el edificio mantiene gran parte de su fachada norte acristalada y al mismo tiempo se protege de la excesiva radiación haciendo uso de cristales DVH Low-e, en su fachada norte. Las fachadas poniente y oriente de los volúmenes anexos presentan un tratamiento de celosías móviles de aluminio que permiten sombrear los espacios y a la vez dirigir la luz a zonas deseadas, ahorrando energía.

**Captación de aguas lluvias:** A pesar de las escasas lluvias anuales en Antofagasta (4 mm promedio anual), es necesario considerar el aprovechamiento de este recurso en caso de lluvias, para lo cual se dispone los techos inclinados contribuyen a dirigir las aguas caídas a fuentes acumuladoras que las distribuyen directamente a las áreas de vegetación incluidas en el terreno.



4.14 Sección tipo bioclimático (N-S) Centro de Investigación (Corresponde a la entrega de Pase)

## Criterios de Confort

**Térmico:** como se mencionó anteriormente, la refrigeración es de suma importancia para lograr el confort térmico del edificio, donde se propone un sistema de aislamiento térmico exterior que reduce significativamente la transmisión de calor al material constructivo, es decir, la ganancia térmica, planteando su instalación en todas las fachadas, y en especial en la fachada sur, que es por dónde se “escapa” la ganancia térmica recibida, al mismo tiempo que se propone la utilización de cristales DVH en las zonas acristaladas. Además, se considera aislación térmica (poliestireno expandido) en todos los revestimientos de la construcción, pisos y techumbres. En el caso de los volúmenes anexos el uso de techumbres verdes, ayuda de manera considerable a disminuir transmitancia térmica de la techumbre.

**Acústico:** El aislamiento acústico es necesario que las zonas de extensión o recintos de oficinas estipulados en el programa del edificio no se vean afectadas por los trabajos de laboratorio o talleres de trabajo. Para responder a esta necesidad se considera aislamiento

acústico (lana mineral) para mantener los decibeles necesarios en aquellas zonas que según su uso requieren mayor aislación. El recinto del auditorio se considera el uso de un material absorbente en superficies que generan reflexiones molestas y dejar como reflectantes aquellas que refuerzan el sonido directo.

**Lumínico:** Tal como se menciona en las estrategias bioclimáticas, la llegada de luz natural a los recintos es fundamental para lograr el confort. Para lo cual se considera la llegada de iluminación natural a la gran mayoría de los recintos por medio de la fachada-cubierta norte que junto con las losas de los dos niveles superiores ayudan a conformar el gran espacio de conexión entre todos los niveles. Ya que las losas van disminuyendo en área en los pisos superiores contribuyen a la llegada de buena iluminación a los recintos inferiores.

El confort lumínico estará, igualmente por las características de iluminación artificial, para lo cual se efectuará uso de luminarias eficientes como iluminación led y tubos fluorescentes, y la incorporación de sistemas dimmer para mantener los niveles adecuados de lux.



4.15 Escantillón (detalle) se destaca aislación propuesta en muro sur (Corresponde a la entrega de Pase)

## Referencia Normativa

El instrumento normativo que existe y se aplica en primer lugar, al terreno de emplazamiento del centro de Investigación es el seccional La Chimba establecido por la municipalidad en el se indica para el sector ZM1, correspondiente al terreno:

**ZM1:** Zona Mixta Subcentro La Chimba - La idea de subcentro tiene relación con la dirección visual hacia el océano y la isla Guamán de la Chimba, por lo que se genera un borde continuo a ambos lados del eje-parque, actuando además como separador y límite entre macro áreas.

-Profundidad Adosamiento y pareo: 100% del deslinde común a partir de la línea de edificación.

-Altura Edificación: Mínimo de 9 mts

-Rasante: 80° entodos los deslindes a partir de la altura mínima y 70° desde el eje de la calle que enfrenta

-Sup. Edificada: Coeficiente de constructibilidad: 4 (con aumento de un 20% al enfrentar 2 vías opuestas si consideran en su ocupación de suelo nivel de la calle, pasajes peatonales públicos descubiertos de un ancho equivalente a 1/6 de la altura máxima de edificación, con un mínimo de 5mts)

% de Ocupación de suelo: 75%

## Instalaciones contra incendios

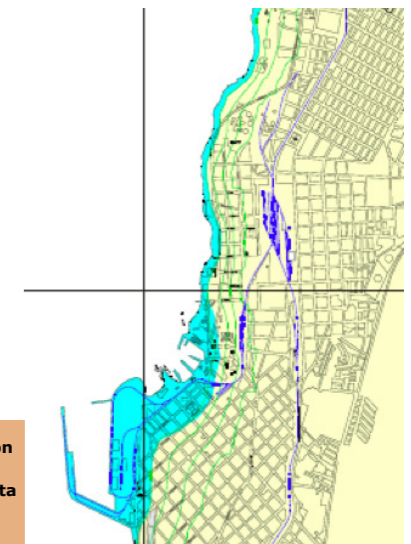
Las instalaciones contra incendios considera un sistema de detección en base a sensores térmicos y de humo y un sistema de extinción de fuego por medio de rociadores automáticos (sprinklers) conectado a la red húmeda en todos los recintos del edificio. Además se considera una red seca para bomberos.

## Protección contra tsunamis

La carta de inundaciones por Tsunami elaborada por el SHOA para la ciudad de Antofagasta no considera el área costera del Plan seccional Norte de Antofagasta, de acuerdo a las características topográficas de la costa, es posible extender el área de riesgo hacia el norte, siguiendo la forma del acantilado costero.

Se considera que no existe en el área de planificación del seccional Norte riesgo de inundaciones por tsunamis, ya que en caso de ocurrencia de un tren de olas de grandes magnitudes generado por un sismo de origen cercano a la costa, el avance y, en consecuencia, los posibles efectos de este fenómeno se vería interrumpido por el efecto de barrera natural que cumple acantilado costero debido a su pendiente vertical y su altura sobre los 50 metros.

Independiente de lo anterior el terreno de emplazamiento del proyecto es por sobre la cota de seguridad de los 20 msnm.



4.16 Mapa Inundación por Tsunami para la ciudad de Antofagasta - SHOA 1997

## Centro de Investigación en Energía Solar

### Centro George Pompidou

Arqto: Renzo Piano y Richard Rogers  
Año: 1977

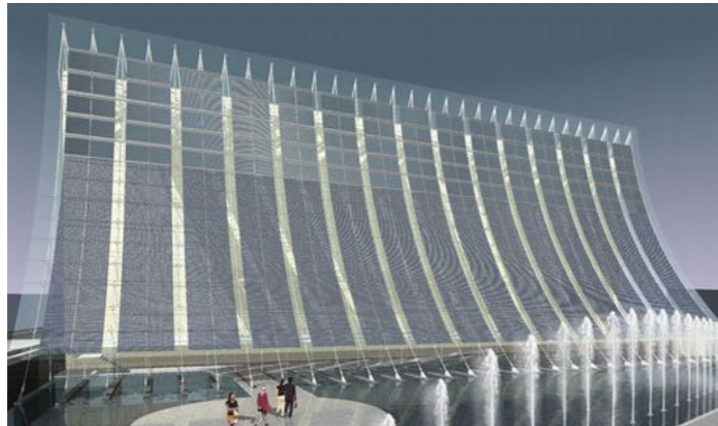
Este ícono de la arquitectura High Tech, el manejo de sus componentes estructurales e forma explícita y como parte de su fachada son lo hacen un modelo a seguir para la incorporación de la ciencia solar al centro de investigación.



### Departamento de Energía de los Estados Unidos

Arqto: Solomon Cordwell  
Año: 2010  
M2: 3000 m2

Edificio que involucra las instalaciones solares como elemento fundamental de su expresión y en planteamiento de su volumetría de acuerdo al tipo de soleamiento que debe recibir. Estas son sus características relevantes para el desarrollo del proyecto



### Acros Fukuoka Prefectural International Hall

Arqto: Emilio Ambasz  
Año: 1994

Se destacan la interacción lograda entre las áreas verdes y el edificio. Además la espacialidad lograda por medio de su escalonamiento de la fachada que hacia el interior



## Centro de Investigación en Energía solar

### National Renewable Energy Laboratory

Estados Unidos  
Año: 2007

Es dependiente del departamento de energía de los estados unidos, referente en la investigación aplicada en métodos solares. Posee certificación de edificios verdes LEED Platinum.



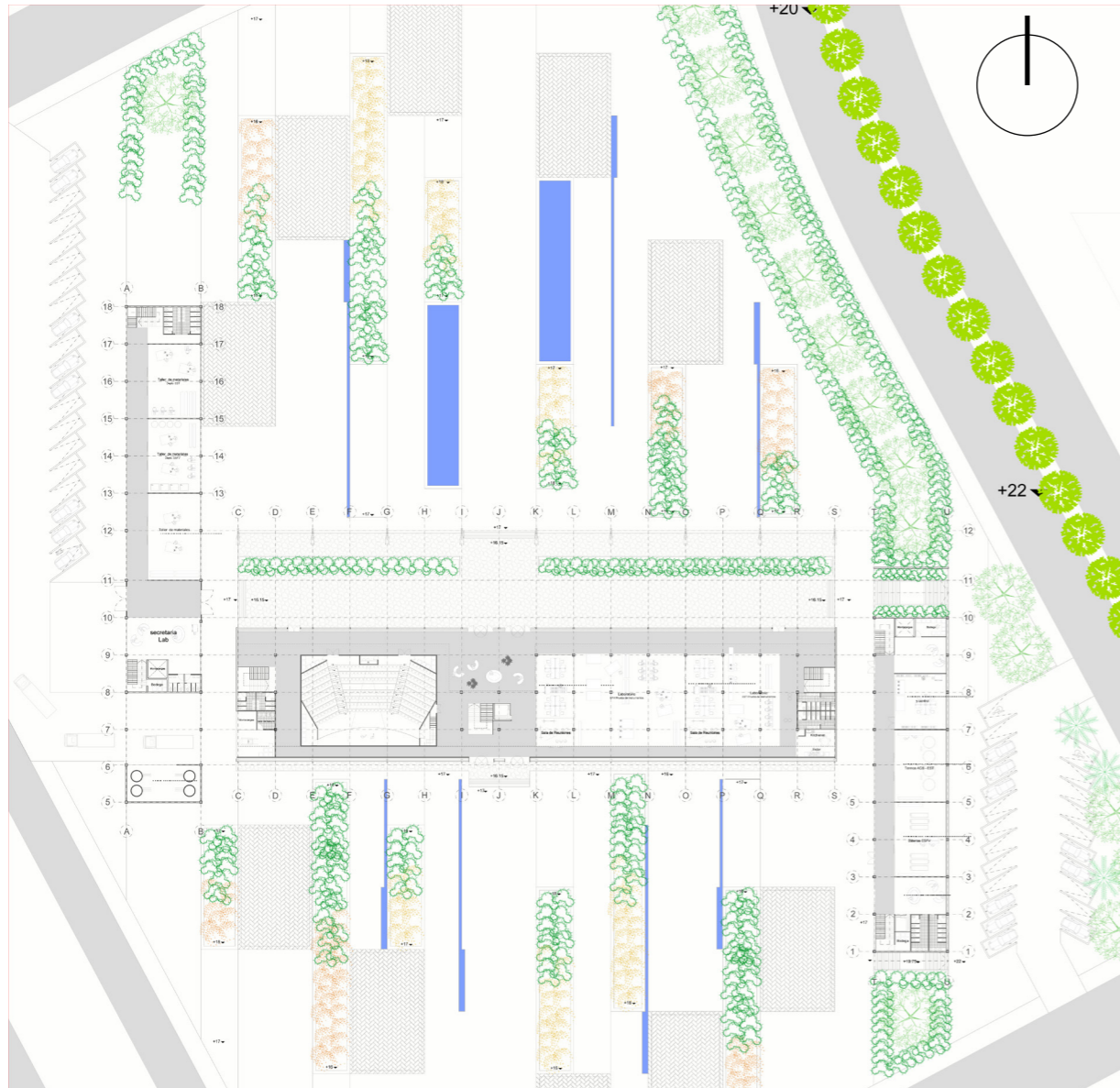
### CENER Centro Nacional de las energías renovables

Navarra - España  
Arqto: César Ruiz-Larrea, Luis Miguel y Antonio Guitierrez  
Año: 2004

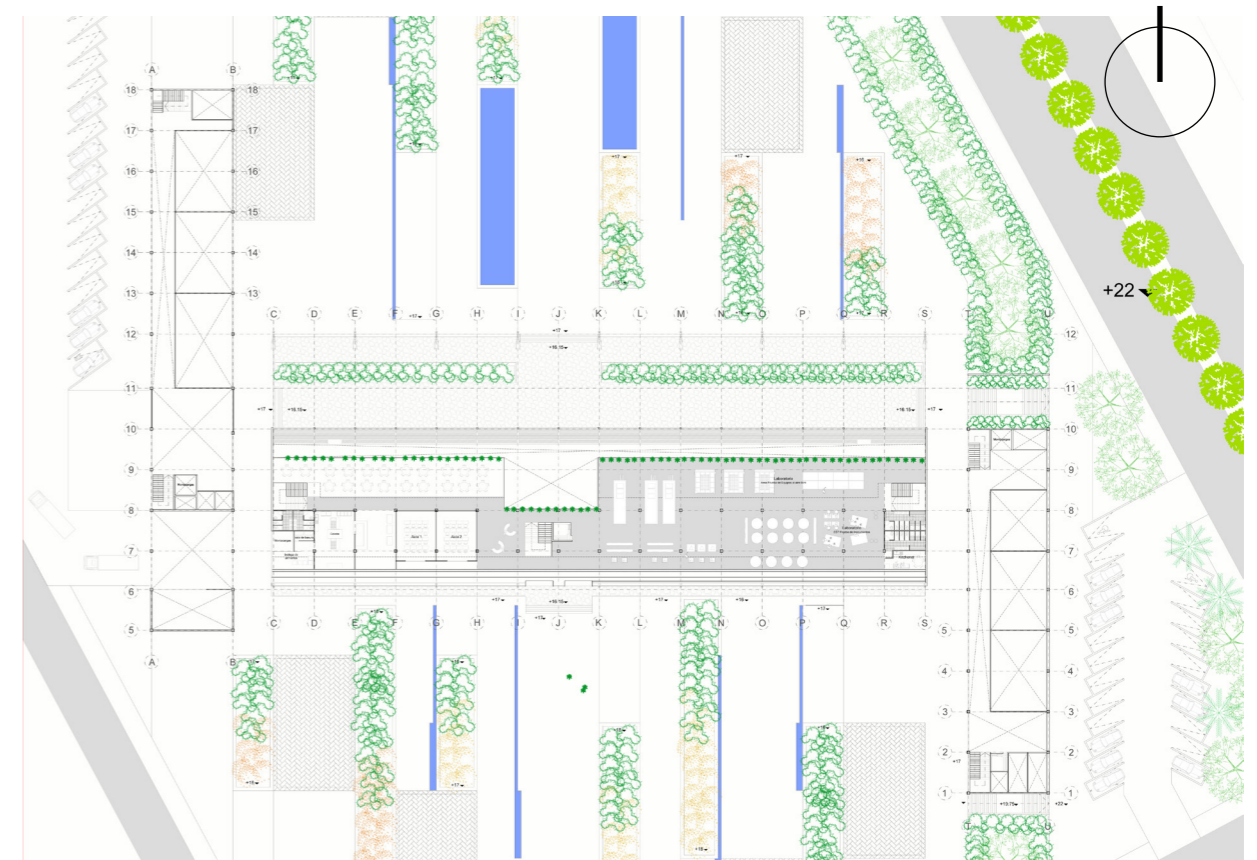
Centro que combina los aspectos bioclimáticos en integración con los sistemas de energías renovables en su diseño. *(Sirvió de base programática para el Diseño del CIES)*



Planimetría



Planimetría



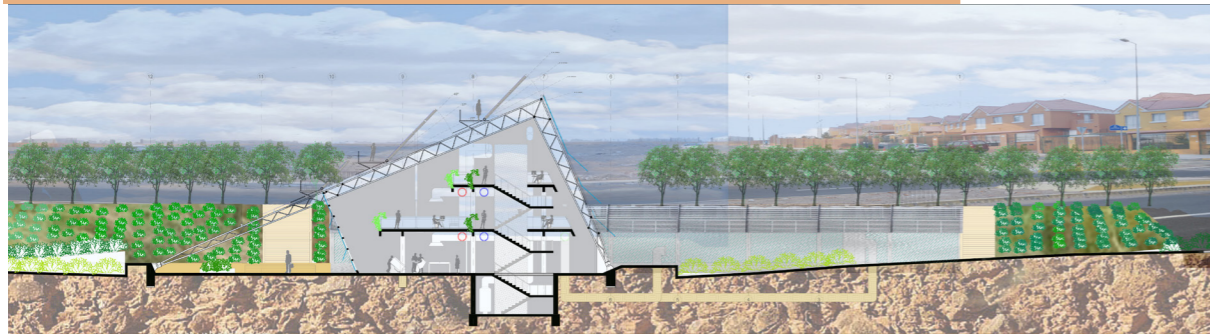
4.18 Planta Segundo Nivel CIES (Corresponde a la entrega de Pase Final)

# Centro de Investigación en Energía Solar

## Planimetría



4.19 Planta Tercer Nivel CIES (Corresponde a la entrega de Pase Final )

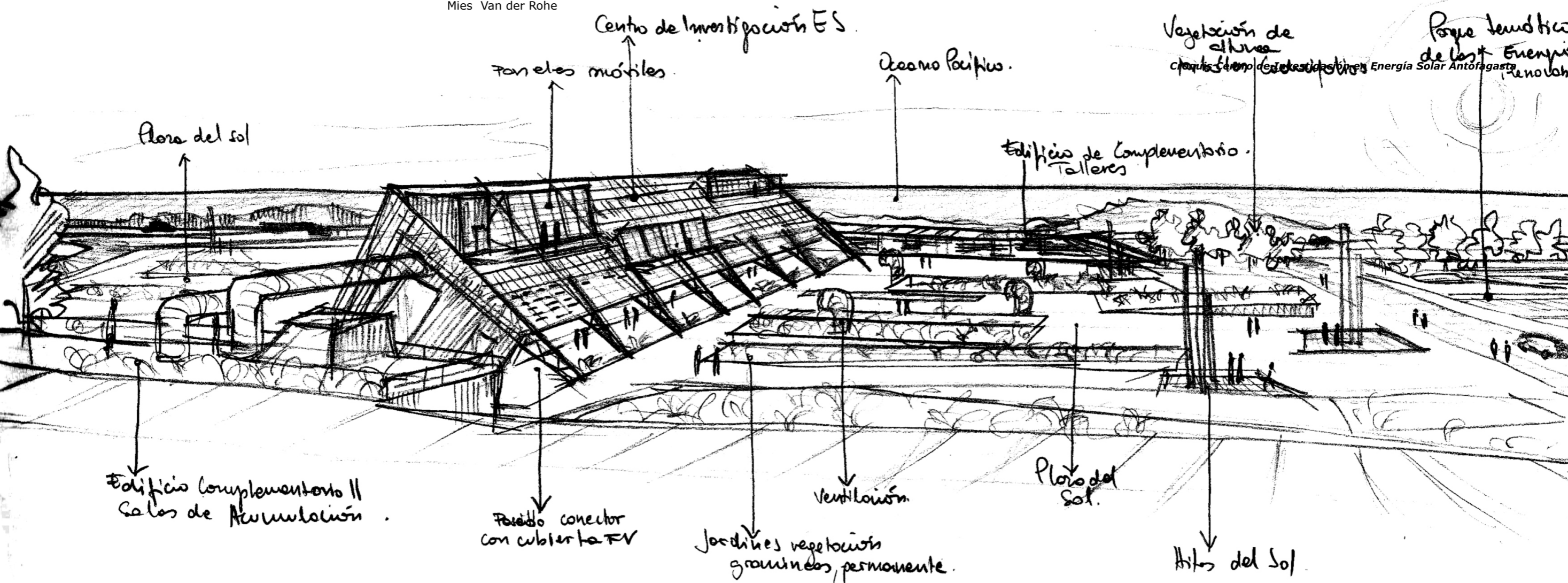


4.20 Sección transversal volumen principal (Corresponde a la entrega de Pase Final )

# 5. Anexos

"La arquitectura es la voluntad de la época traducida a espacio"

Mies Van der Rohe



## Libros y Documentos

- La Envolvente Fotovoltaica en la Arquitectura  
*Nuria Martín Chivelet - Ignacio Fernandez Solla*  
*Editorial Reverté - 2007*
- La Energía Solar en Arquitectura y Construcción  
*Pedro Sarmiento*  
*RIL Editores - 2007*
- El Paisaje Urbano  
*Gordon Cullen*  
*Blumé - 1974*
- Política energética: Nuevos Lineamientos  
*Marcelo Tokman R.*  
*Comisión Nacional de Energía - 2008*
- Chile 2010 Visión Ciudad Bicentenario  
*Dirección de Planeamiento MOP*  
*MOP - 2005*
- Las regiones de Chile ante la Ciencia, Tecnología e innovación: Diagnósticos regionales y lineamientos para sus estrategias"  
*José Avalos, Lucía Gonzáles y Marcelo Dussert*  
*Documento Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología + Conicyt + Banco mundial - 2006*
- Chile: Informe sobre capacidad tecnológica  
*José Joaquín Brunner*  
*Documento Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo + Universidad Adolfo Ibañez - 2001*
- Chile- Ciencia 2000- Ciencia, Tecnología y Sociedad: Un encuentro necesario  
*Academia chilena de las ciencias, ICSU, onsejo Nacional de Sociedades Científicas y Conicyt - 2000*

## Sitios Web

- www.cne.cl (Comisión Nacional de Energía)
- www.cer.gov.cl (Centro de Energías Renovables Chile)
- www.municipalidadantofagasta.cl
- www.conicyt.cl
- www.uantof.cl
- www.nrel.gov
- www.cener.com
- www.endesa.cl/canela/ (Parque eólico Canela)
- www.uc.cl/geografía/cda (Centro del desierto de Atacama)
- www.mercurioantofagasta.cl

## Arquitectos Consultores

- Mariana Rojas Lenox  
*Arquitecto U. de Chile y Docente*
- Hong Kei Yip  
*Arquitecto U. de Chile y Docente*
- Jing Chang Lou  
*Arquitecto U. de Chile y Docente*
- Ernesto Calderón Álvarez  
*Arquitecto U. de Chile y Docente*
- Luis Goldsack Jarpa  
*Arquitecto U. de Chile y Docente*

## Entrevistas

- Marcos Crutchik  
*Decano Facultad de Ingeniería UA*
- Gino Pérez  
*Arquitecto UA y Docente*
- Pilar Cereceda  
*Directora Centro del Desierto de Atacama UC*
- Alfredo Schnell  
*Ingeniero Civil y Docente U. de Chile*
- Claudio Pavéz  
*Arquitecto, funcionario I. Municipalidad de Antofagasta.*



### **Título**

Centro de Investigación en Energía Solar  
[Parque temático de las Energías Renovables]

### **Alumna**

Ingrid Soto Libano  
Contacto: i.soto.libano@gmail.com

### **Profesor Guía**

Manuel Amaya Díaz  
Arquitecto U. de Chile

### **Institución**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad de Chile

### **Periodo**

Marzo - Noviembre 2010

