

P S D A

Plataforma Solar Desierto de Atacama

PROYECTO DE TÍTULO 15-16

CATALINA BERMÚDEZ U..

PROFESOR GUÍA : FRANCIS PFENNIGER B.



fau

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
UNIVERSIDAD DE CHILE

"Si tienes libertad total, entonces estás en problemas. Es mucho mejor cuando tienes alguna obligación, alguna disciplina, algunas reglas. Cuando no tienes reglas, entonces empiezas a construir tus propias reglas".

Renzo Piano.

PROYECTO DE TÍTULO 2015-2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
SEPTIEMBRE 2016

ESTUDIANTE
CATALINA BERMUDEZ URRIOLA

PROFESOR GUÍA
FRANCIS PFENNIGER B.

PROFESIONALES ASESORES
CARLOS PORTILLO
EDWARD FUENTEALBA V.
FERNANDO GUERRA H.

P S D A

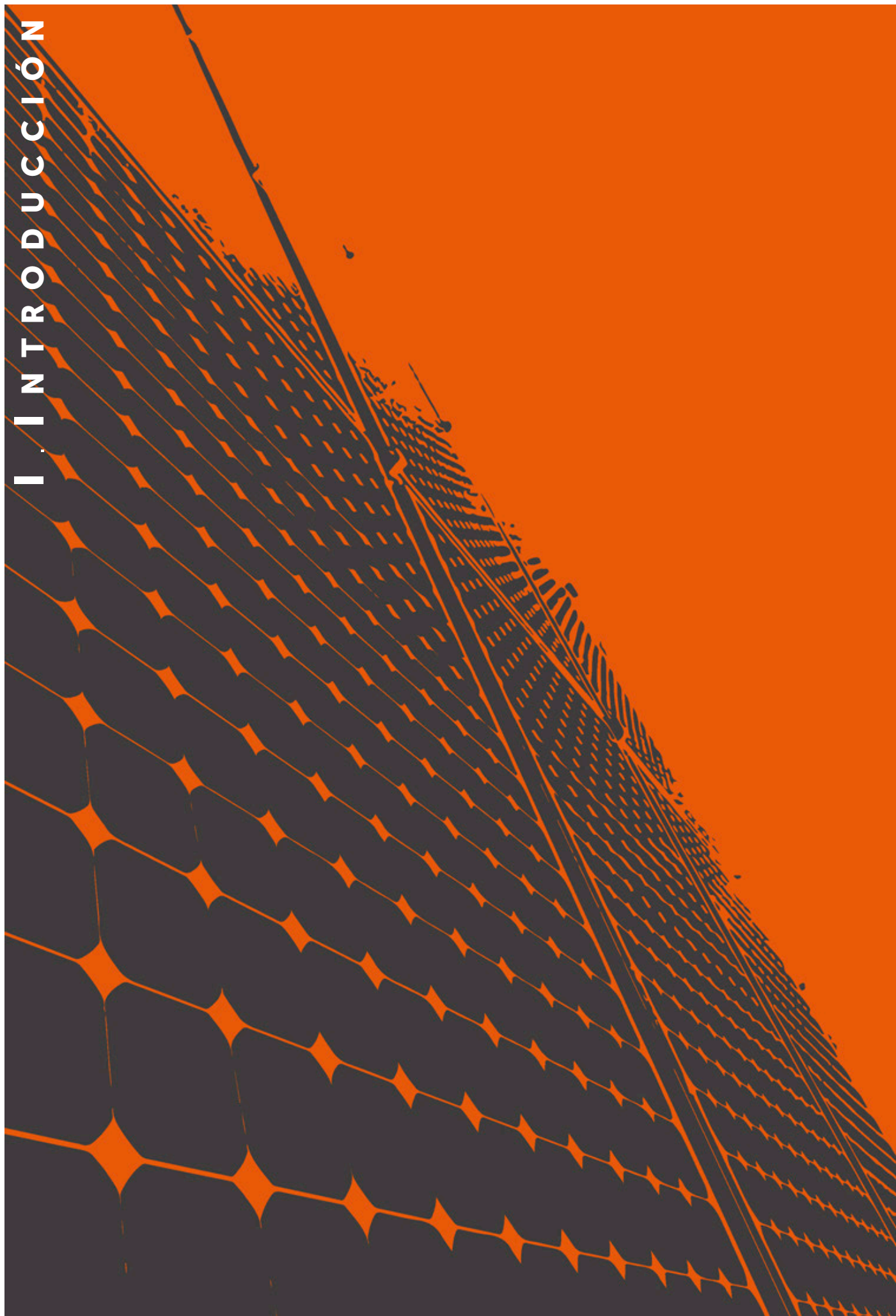
Plataforma Solar Desierto de Atacama

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO**

I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 MOTIVACIÓN	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.3 METODOLOGÍA	9
II. TEMA	10
2.1 LA ENERGÍA SOLAR EN EL CONTEXTO NACIONAL	12
2.2 UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR: TECNOLOGÍAS	14
2.2.1 TIPOS DE ENERGÍA SOLAR	16
2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR	17
2.3 OPORTUNIDADES	18
2.4 INVESTIGACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN CHILE	19
2.5 CASO: PLATAFORMA SOLAR DESIERTO DE ATACAMA (PSDA)	20
2.6 SÍNTESIS	22

III. LUGAR	24
3.1 TERRITORIO	26
3.2 ANTECEDENTES	28
IV. PROPUESTA	32
4.1 PROGRAMA	34
4.2 USUARIO	37
4.3 PLAN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA	38
4.3.1 CONDICIONES GENERALES DE IMPLANTACIÓN - RELACIÓN CON EL ENTORNO	38
4.3.2 CONFIGURACIÓN DE TRAZADO TERRITORIAL	39
4.4 ARQUITECTURA	42
4.4.1 PROPUESTA CONCEPTUAL	42
4.4.2 PROPUESTA FORMAL	43
V. PROYECTO	46
VI. BIBLIOGRAFÍA	52
6.1 ANEXOS	54

I . INTRODUCCIÓN



El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico "Plataforma Solar Desierto de Atacama (PSDA)" tiene como objetivo la experimentación y desarrollo de nuevas tecnologías para la captación de energía solar en Chile.

El proyecto responde a las principales brechas que enfrenta la industria solar nacional en materia de investigación y desarrollo, la falta de infraestructura y equipamiento especializado, y la escasez de capital humano avanzado y técnico, tanto para investigación como para la producción de energía.

El Centro PSDA busca aprovechar las condiciones de laboratorio natural que proporciona el desierto del norte grande de Chile, el que cuenta con los niveles de radiación solar más altos del mundo, favoreciendo el estudio y experimentación de nuevas tecnologías.

Este proyecto de arquitectura responde al diseño de un espacio para la experimentación y desarrollo de tecnologías; que representa las necesidades del proyecto PSDA, un caso real de colaboración entre instituciones ligadas a la industria solar, que ya cuenta con un espacio físico y presupuesto para su implementación en un plazo de 20 años.

Desde el punto de vista arquitectónico, el proyecto PSDA supone un desafío único para explorar el desierto como un territorio habitable, y al mismo tiempo responde a una problemática contingente para el país.

El desarrollo incipiente de este Centro de Investigación entrega un marco general para el arquitecto, determinando un espacio físico y un programa general, pero entregando absoluta libertad en el proceso creativo, desde el diseño de un contexto artificial -que considera la disposición de tecnologías- hasta el diseño del espacio habitable, es decir, el desarrollo del proyecto en todas sus escalas.

En el capítulo II de este documento se presenta el tema del proyecto, mediante un análisis global y nacional sobre el desarrollo de la industria, incluyendo la utilización de la energía solar a través de las distintas tecnologías existentes.

Luego, en el capítulo III se analiza el lugar, es decir, el espacio físico dispuesto, exponiendo las condiciones que hacen de este territorio un espacio óptimo para la implementación del Centro de Investigación PSDA.

Expuesto lo anterior, en el capítulo IV se presenta la propuesta de diseño para el proyecto, partiendo por el plan general de infraestructura, que consiste principalmente en la disposición de las tecnologías para la creación del contexto artificial que compone el Centro PSDA. Luego se presenta la propuesta arquitectónica, que profundiza específicamente en el diseño del edificio y su implantación con el resto del contexto.

Por último se expondrán las principales características y estrategias del proyecto mediante esquemas, planos y cortes que las ilustren.

1.1 MOTIVACIÓN

El interés por el desierto empezó con un proyecto anterior de taller, donde comenzó la investigación de este territorio y sus potencialidades. Esto motivó la búsqueda de nuevas alternativas para habitarlo.

Esta búsqueda derivó en análisis de la industria solar en Chile, un sector con alto potencial de crecimiento en el país, y que encuentra en el desierto un territorio único para la captación de energía solar.

Es así como se encuentra el caso real de la PSDA, un proyecto para la creación de un Centro de Investigación emplazado en el desierto, impulsado por investigadores nacionales, y que se encuentra en una primera etapa de desarrollo.

A través del contacto con los encargados del proyecto nace la posibilidad de colaborar con ellos a través del diseño completo del Centro de Investigación, desde el contexto artificial -que considera la disposición de tecnologías- hasta el diseño del espacio habitable, es decir, el desarrollo del proyecto en todas sus escalas, aportando así para que la vida en condiciones extremas sea de calidad, avanzada y humana.

Las condiciones climáticas extremas del desierto suponen un reto arquitectónico, pero más aún, en un contexto real, supone un reto humano. Es por esto que el proyecto, situado entre el desarrollo sostenible y el progreso, intenta innovar cultural, económica y arquitectónicamente, tomando como base la investigación y la sostenibilidad energética.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un proyecto de arquitectura que permita el emplazamiento de un centro de investigación y desarrollo de tecnologías de energía solar en el desierto del norte grande de Chile.

Objetivos Específicos

- Indagar en los contenidos del tema; tecnologías de experimentación, generación, investigación, e instituciones y plataformas que trabajan la energía solar, en el mundo y en Chile.

- Trabajar, paisajística y territorialmente, las tecnologías y programas a considerar en el lugar del proyecto, definido a partir de la gestión del caso a desarrollar.

- Desarrollar una propuesta arquitectónica, pertinente para el caso específico, que responda a las necesidades del habitar, tanto a escala humana como monumental.

1.3 METODOLOGÍA

El presente trabajo busca introducir un tema y problemática contingente que afectan al desarrollo energético nacional, bajo el estudio y desarrollo de un caso específico considerado como la primera iniciativa, con etapa tangible a la fecha, en el desarrollo tecnológico de la industria solar.

Para ello, se realizara una revisión bibliográfica en torno a la situación nacional de la energía solar, brechas y oportunidades a las que debe responder el caso a desarrollar, por medio de revisión de noticias, proyectos ligados al tema, presentaciones, documentado científica y procesos tecnológicos.

Paralelamente se gestiona el trabajo en conjunto con los encargados del caso de estudio, considerando que dentro de las etapas a desarrollar se encuentra un proyecto de arquitectura. se realizan entrevistas para intercambiar información y abordar el proyecto de título en base a la gestión de un proyecto real para el caso.

Junto a los encargados del caso se visita el sitio dispuesto para la implementación del proyecto, analizando a su vez las condiciones y facultades que avalen el territorio dispuesto como el lugar mas óptimo para la construcción del proyecto, ya sea, contexto, proximidad y recursos.

Se analizara a modo general algunos referentes que impliquen el desarrollo de vida en un contexto similar al caso de estudio., ya sea humano, animal y residencial como industrial.

Luego de definir un programa específico con los encargados de caso, se trabajara en una propuesta que responda a las necesidades científicas, la coherencia del contexto artificial a proyectar, y la relación del proyecto con su contexto natural.



Imagen Objetivo Proyecto Copiapo Solar (Base Elhorticultor.org) (Intervención Propia)

Las principales afectaciones al ambiente global, se expresan en el agotamiento de recursos naturales renovables y no renovables; en la distribución ecológica desigual del consumo de energía entre países y en la disminución de la capacidad del sistema ambiental planetario para asimilar los desechos producidos por la sociedad.

Por otro lado, el uso masivo de combustibles fósiles ha producido sobre el medioambiente terrestre un aumento de la concentración de CO2 en la atmósfera. La cantidad de CO2 atmosférico había permanecido estable hasta 1750 donde ha incrementado en un 30% aproximadamente. Provocando un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero.

A raíz de lo anterior, el concepto de sustentabilidad se torna cada vez más relevante y protagonista en las políticas mundiales y nacionales.

Hasta el año 2008 el 97% de la generación eléctrica por sistema en todo el país correspondía a fuentes de energías convencionales, compuestas por combustibles fósiles altamente contaminantes e hidro embalse y pesada de alto costo. Actualmente el país no dispone de grandes reservas de combustibles fósiles para la producción de energía y por esta razón debe importar más del 70% de la energía primaria.

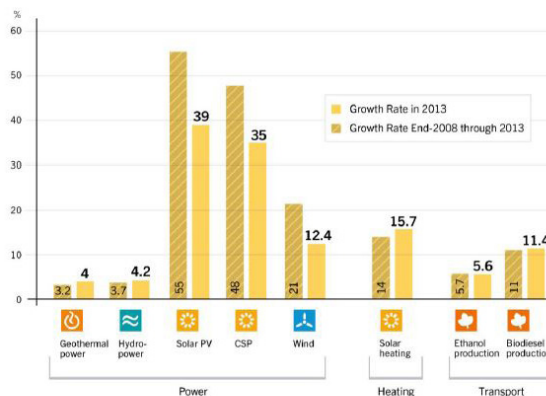
Además, a raíz del crecimiento económico y del desarrollo de nuevos proyectos, especialmente en la industria minera, se espera un significativo aumento del consumo energético del país. Al año 2020 se proyectan tasas anuales de crecimiento del consumo eléctrico de entre 4% y 5%, lo que impone desafíos importantes de nueva capacidad de generación durante los próximos años (SERC, 2014).

Según el Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Chile (2014), la reducida diversificación de los recursos energéticos (hidroelectricidad, carbón, petróleo y gas) y la alta dependencia exterior, afectaría la estabilidad de los precios a corto, mediano y largo plazo. Sumado a esto, la creciente oposición a la instalación de proyectos energéticos en base a combustibles fósiles, la insuficiente infraestructura de transmisión y una red poco vinculada, podría producir a futuro un escenario de estrechez energética.

Una alternativa para asegurar el abastecimiento y desarrollo de energía es la incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la matriz energética del país.

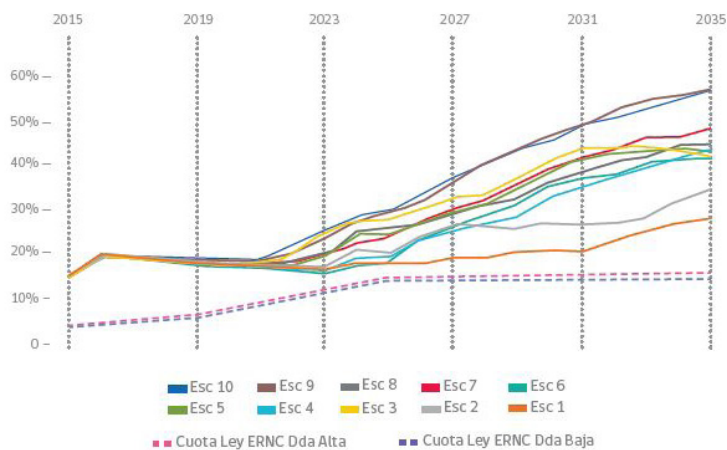
Dentro de la Agenda de Energía lanzada por el Gobierno en mayo de 2014 se reconoce la necesidad de incorporar progresiva y sistemáticamente las ERNC en la matriz energética chilena. Entre otros puntos, la Agenda propone que el 45% de la capacidad de generación instalada entre 2014 y 2025 sea de ERNC, para que representen el 20% de la matriz energética al 2025. En la misma línea, los resultados de un estudio realizado en el marco de la iniciativa Energía 2050 (Ministerio de Energía, 2015) establecen que las ERNC, particularmente energía eólica y solar, pueden llegar a constituir un 40% de la generación de energía del país en el año 2035.

Average Annual Growth Rates of Renewable Energy Capacity and Biofuels Production, End-2008–2013



REN21. 2014. Renewables 2014 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).

Gráfico de Tasas de Crecimiento Energías Renovables a Nivel mundial (REN21,2014)



Escenarios De Participación ERNC En Generación, 2015-2035 Chile (Mesa ERNC - Ministerio de Energía)

2.1 LA ENERGÍA SOLAR EN EL CONTEXTO NACIONAL

La energía solar es la que posee el mayor potencial y perspectivas de crecimiento en el país. Actualmente el aporte de la energía solar a los sistemas interconectados es de 1,04% en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y 0,5% en el Sistema Interconectado Central (SIC), pero para el año 2040 se prevé que el 25% de la energía conectada al SING debiera ser solar (Fundación Chile, 2015). Esto puede explicar la gran cantidad de proyectos de energía solar que han ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); más de 540 MW solo en el 2014, y alrededor de 8.000 MW que se encuentran en proceso de evaluación.

En cuanto a la energía solar distribuida para el segmento residencial, un estudio realizado por Fundación Chile y GreenMax Capital para el Banco Mundial, estimó el potencial en más de 1.600 MW.

Chile posee extraordinarias condiciones de radiación solar, especialmente en la zona norte, **sobre 2.500 kWh/m²**- (Libro Solar, 2010), las que pueden ser aprovechados mediante distintas tecnologías para la generación de energía. El Denominado Cinturón de Sol, que va desde los 35°N hasta los 35°S, alcanza a cubrir casi la mitad del país, posibilitando el desarrollo de tecnologías de energía solar en esta área, con un potencial prácticamente ilimitado desde el punto de vista del recurso (EPIA, 2010). Además, las zonas del desierto otorgan grandes extensiones de tierras disponibles. Se estima que el potencial bruto de capacidad instalable, que posee Chile para generación de energía eléctrica a partir de energía solar es de 100.000 MW (USM, 2008).

CAPACIDAD GLOBAL INSTALADA/CONSTRUCCIÓN/DESARROLLO DE ENERGÍA SOLAR DE CONCENTRACIÓN (MW), 2006 - 2018

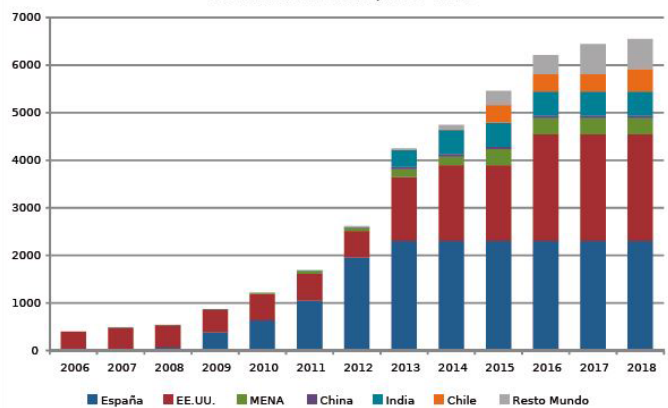
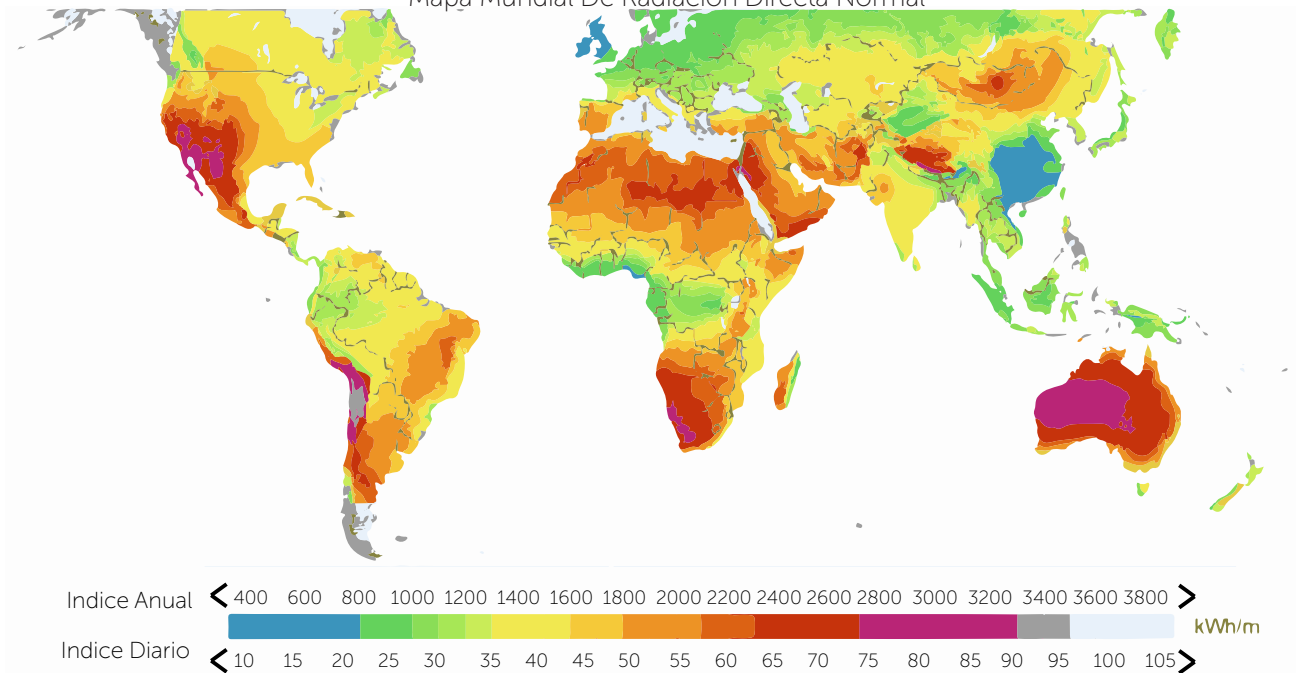


Gráfico Capacidad Global Instalada/Construcción/Desarrollo De Energía Solar De Concentración (Programa Estratégico Nacional, 2014)

La radiación solar es una forma de energía de baja concentración. Fuera de la atmósfera, la intensidad de radiación oscila entre 1.300 y 1.400 W/m². Las pérdidas en la atmósfera, por absorción, reflexión y dispersión, la reducen un 30%. Si las condiciones climatológicas son buenas, podemos llegar a tener 1000 W/m², aunque si las condiciones son pésimas se tendrían sólo 50 W/m². Por eso estamos obligados a utilizar superficies grandes de captación. (Mendieta, 2002)

Mapa Mundial De Radiación Directa Normal



Mapa Mundial De Radiacion Directa Normal (Base De SolarGIS, 2013)

Índice De Radiación Solar Chile



Índice De Radiación Solar Chile (Base HGI Solar Map 2013)

El objetivo radica en que estas tecnologías sean reconocidas como una opción factible de generación de energía, proveyendo al sistema eléctrico de potencia firme, seguridad y estabilidad en el suministro, además de contribuir a la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, el potencial de Chile en cuanto a energía solar no solo radica en la generación para consumo interno, sino también en el desarrollo de una industria de tecnología solar, que transforme a Chile en un proveedor de soluciones tecnológicas en energía solar a nivel mundial. Según el Programa Estratégico Nacional para la Industria Solar de CORFO, los desafíos nacionales apuntan a ser referente a nivel global de soluciones energéticas de la industria solar, alcanzando al año 2025 al menos un 10% del total del mercado tecnológico solar Sudamericano, generando una oferta en base a tecnologías adaptadas y/o desarrolladas en Chile.

Hoy se plantea que uno de los grandes desafíos de la industria es que en Chile no se cuenta con capital humano calificado para impulsar el perfeccionamiento y desarrollo de la industria solar en el país. En este sentido, las iniciativas de i+D desarrolladas concuerdan en esta hipótesis enunciando que "para una penetración rentable de energía solar a gran escala en el norte de Chile, es necesario crear capital humano y nuevo conocimiento, tanto en relación con los condicionamientos locales mencionados, como con los problemas no resueltos a nivel mundial en términos de desarrollo de la energía solar" (SERC, 2014. Es decir, educación y capacitación de técnicos, profesionales, investigadores, gestores y tomadores de decisiones en el diseño, construcción, operación, mantenimiento, planificación, financiación, fomento de sistemas de conversión y educación en temáticas de energía solar y desarrollo de sistemas tecnológicos adaptados a las condiciones particulares en Chile "desde el laboratorio al mercado", asegurando de esta forma un correcto desarrollo de la energía solar en Chile.

2.2 UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR: TECNOLOGÍAS

La fuente de energía más constante con la que cuenta nuestro planeta es la proveniente del sol, que alcanza en promedio 1.360 W/m^2 en la capa exterior de la atmósfera. La energía recibida en la superficie de la tierra se conoce como irradiancia, energía que depende, principalmente, de la hora del día, la inclinación de los rayos del sol y la cobertura de las nubes. (Arenas René, Nodo Solar)

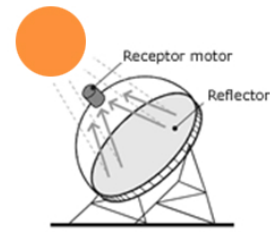
La energía solar que recibe la superficie del planeta en una hora es equivalente al total de energía consumida por todos los humanos en un año. Esta puede ser aprovechada de diversas maneras, tanto para generar electricidad (energía eléctrica) como calor (energía térmica), pero tiene el inconveniente de que sólo se recibe durante el día, por lo que se requiere la combinación con otras fuentes de energía o bien la inclusión de sistemas de almacenamiento.

La energía solar puede ser transformada directamente en energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, aprovechada como calor para generación eléctrica indirectamente, mediante sistemas de concentración solar de potencia o, utilizada para calentar agua a través de colectores solares.

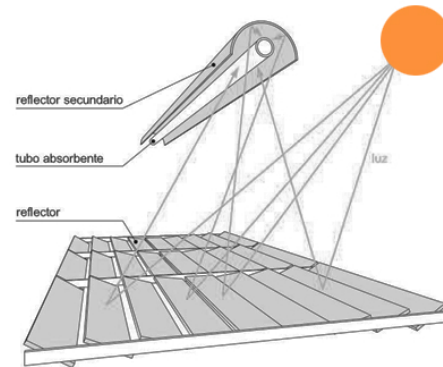
Tanto la tecnología fotovoltaica, como los colectores solares son modulares y escalables, desde pequeños sistemas para uso domiciliario hasta grandes instalaciones para fines industriales. Mientras que los sistemas de concentración solar de potencia (CSP), en general, requieren instalaciones de gran escala para ser viables, excepto tecnologías basadas en discos Stirling que también gozan de modularidad.

Hoy, la tecnología fotovoltaica es importada desde el hemisferio norte del mundo, líderes en tecnología solar, pero uno de los problemas de trabajar con esta tecnología importada es que se venden con una duración estimada de 25 años, sin embargo, la alta radiación solar producida en Chile daña excesivamente las fibras de cristal reduciendo su vida útil alrededor de 10 años. Esta situación implica alta necesidad por la **fabricación de prototipos** en el norte del país, con el fin de reducir costos de importación y mejor aprovechamiento de la energía local.

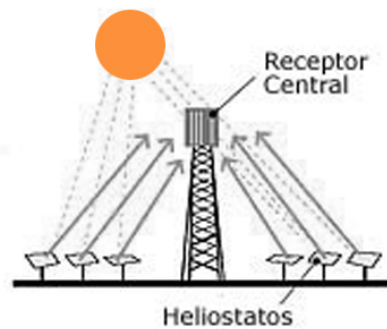
A pesar de la existencia de sectores con gran cantidad de radiación solar incidente en el país, en la actualidad el desarrollo industrial de la energía solar en Chile es aún incipiente, siendo las aplicaciones de pequeña escala de sistemas fotovoltaicos y de colectores solares, las que se han posicionando como una alternativa utilizada.



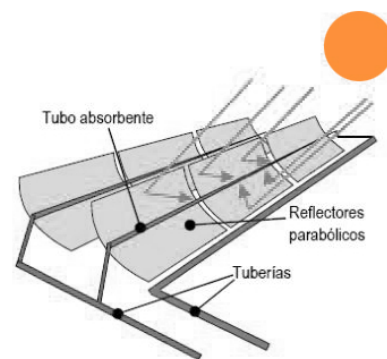
DISCO PARABÓLICO



FRESNEL



TORRE DE CONCENTRACIÓN



CILINDRO PARABÓLICO

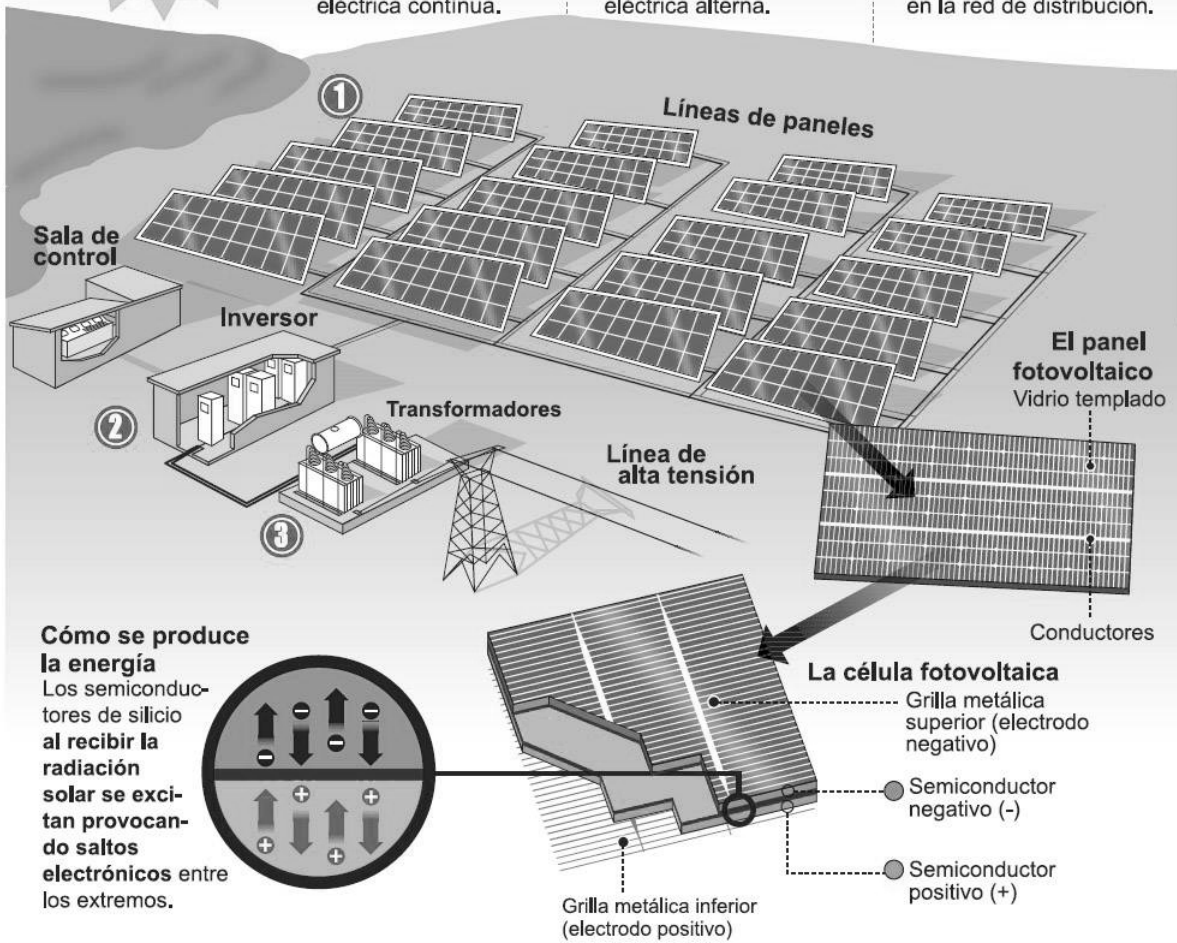
Central fotovoltaica

Los rayos solares inciden sobre los paneles y producen un efecto fotoeléctrico.

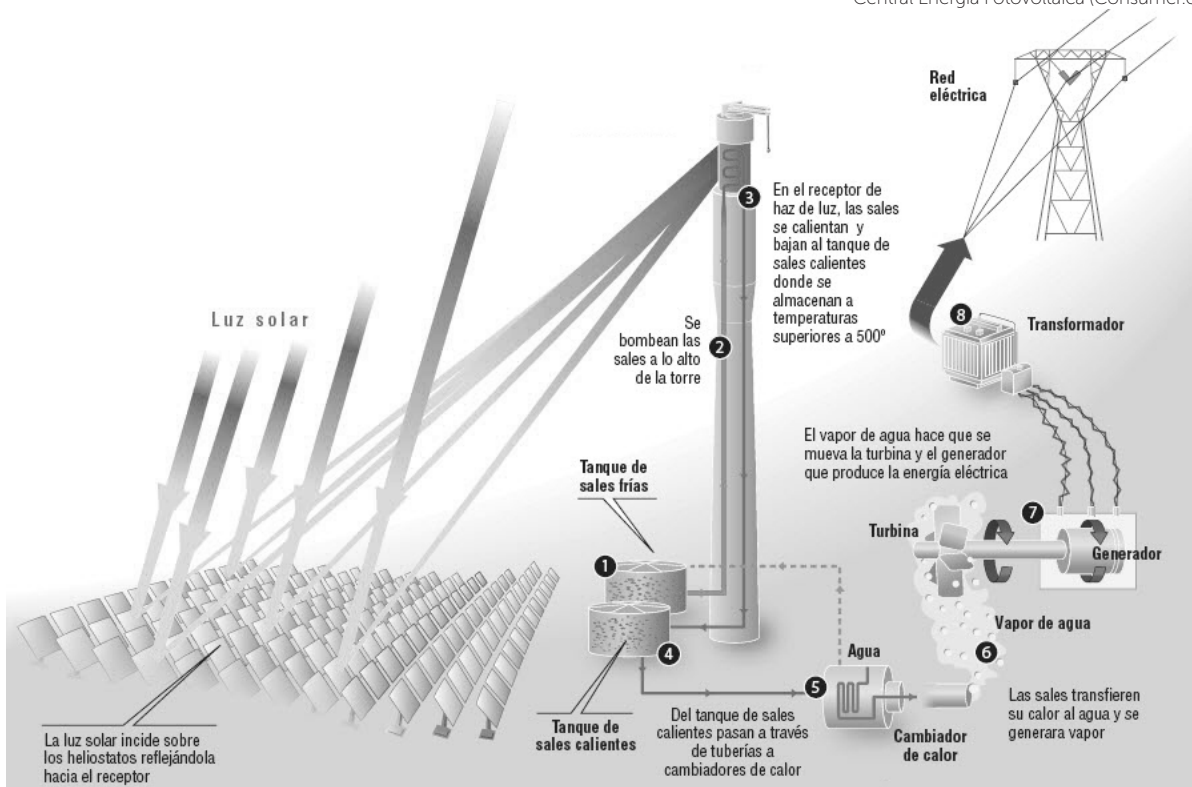
Estas centrales son instalaciones donde por medio de paneles fotovoltaicos se transforma la radiación solar en electricidad que luego es inyectada a la red.

Esquema básico del funcionamiento de una central solar

- 1- Al recibir la radiación, los paneles generan una corriente eléctrica continua.
- 2- Esta corriente pasa a un inversor donde se transforma en corriente eléctrica alterna.
- 3- En el centro de transformación se eleva la tensión y se inyecta en la red de distribución.



Central Energia Fotovoltaica (Consumer.es)



Energía Torre de Concentración (Torresolenergy)

2.2.1 TIPOS DE ENERGIA SOLAR

A continuación se mencionan¹ las principales tecnologías de aprovechamiento de energía solar para la generación de electricidad, térmica y agua sanitaria.

Fotovoltaica (PV) Energía Eléctrica

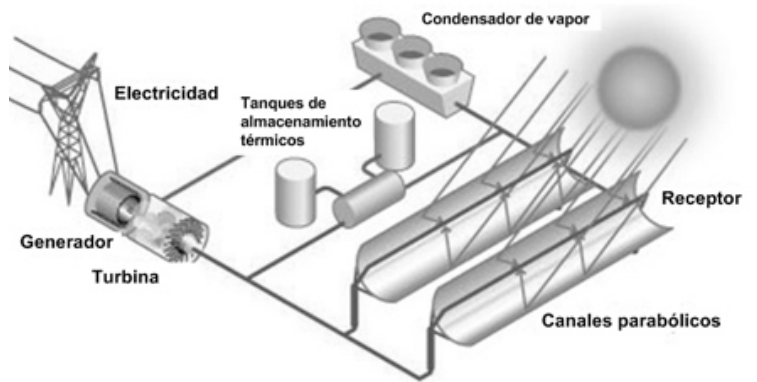
En el 2014, el mercado chileno de la energía solar floreció al tiempo siendo testigos de como muchas celdas fotovoltaicas a gran escala se instalaban y se conectaban a la red eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos (PV por sus siglas en inglés) están constituidos básicamente por la celda PV, la cual está compuesta por un semiconductor capaz de convertir la energía solar en electricidad de corriente continua (CC).

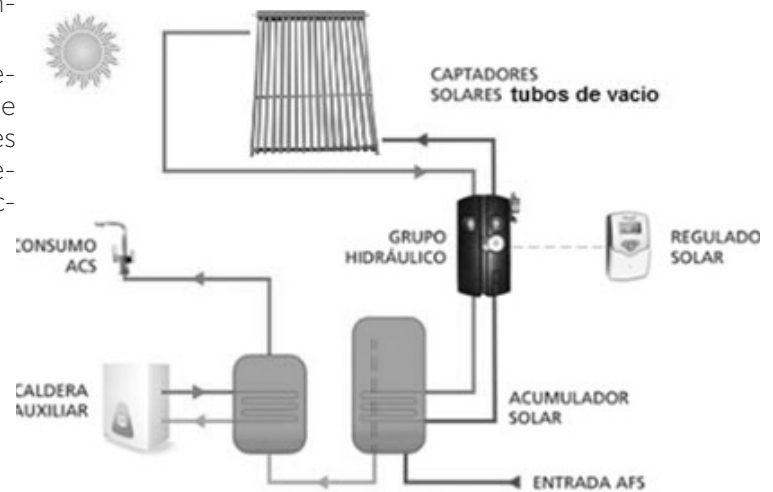
Con los tipos de paneles FV es posible abastecer demandas mayores e incluso, conectarse a la red local de distribución, aunque requiriendo grandes extensiones de suelo para su instalación. La ubicación de los paneles debe realizarse en zonas donde haya poca obstrucción a la radiación solar.

Las principales tecnologías fotovoltaicas son:

- Paneles de silicio cristalino : Silicio monocristalino y Silicio policristalino
- Thin Film
- Concentración Fotovoltaica (CPV)
- Chimenea solar (Industrial)



Cilindro Parabolico (Solenergiayaprove.blogspot)



Energía Agua Sanitaria Colector Solar Uso Domestico (Solepanel)

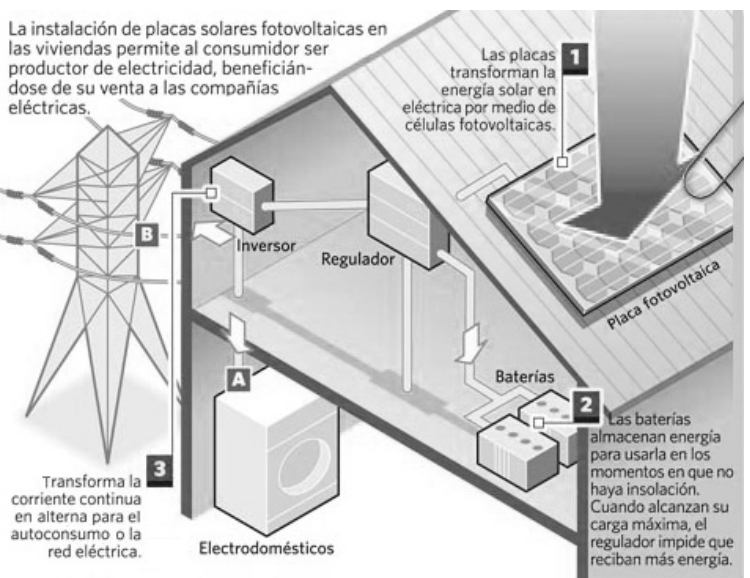
Concentración Solar de Potencia (CSP) Energía eléctrica y térmica

Las Centrales Solares Termoeléctricas, comúnmente conocidas como plantas de CSP ("Concentrated Solar Power"), generan energía eléctrica mediante el **uso de espejos para concentrar la energía solar**, de modo de calentar un fluido calor portador que posteriormente genera vapor que ingresa a una turbina (CIEMAT, 2009).

Los sistemas CSP comúnmente se combinan con sistemas de almacenamiento de energía térmica, que utilizan sales fundidas; o, con sistemas de respaldo para obtención de energía basados en combustibles o fuentes tales como viento, biomasa, entre otros. Además de radiación solar, se hace necesaria también la disponibilidad de agua, tanto para enfriamiento como para limpieza de espejos. De modo aparte existen aplicaciones en procesos de desalinización de agua. (IEA 2010, Tech. Roadmap).

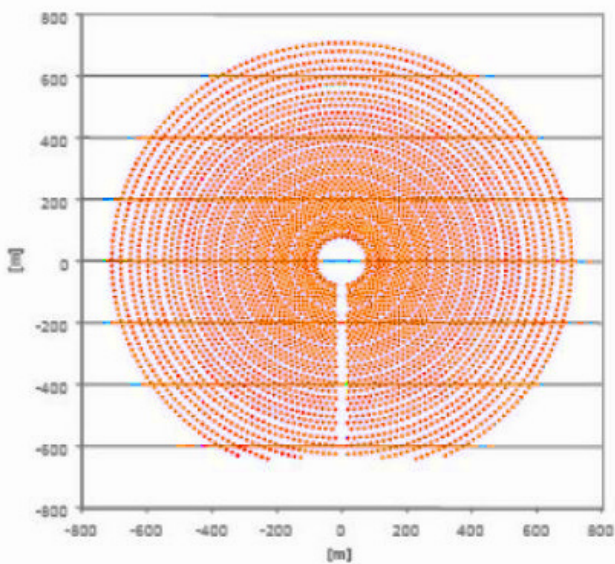
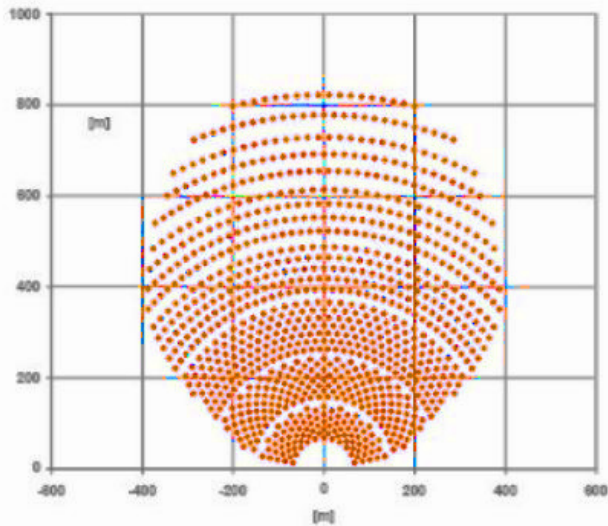
Las principales tecnologías de concentración solar de potencia son:

- Cilindro parabólico
- Lineal Fresnel
- Torre de Concentración
- Disco Parabólico
- Heliostatos
- Horno Solar



Energía Fotovoltaica Uso Domestico (Cromansol)

¹ Detalle De Cada Tecnología En Anexo 3



Despliegues típicos de un campo de heliostatos alrededor de la torre (situada en el origen de coordenadas): arriba, campo Norte; abajo, campo circular (Sistemas Termosolares de Concentración. Silva, M, 2004-2005)

A la fecha, el proyecto Copiapó Solar sería la primera instalación de su modelo en Chile y la más grande central de energía solar en el planeta que puede producir energía las 24 horas del día, limpia, no intermitente y confiable.

La tecnología de esta iniciativa estará basada en el proyecto termosolar Crescent Dunes de SolarReserve en U.S.A, cuya construcción ya se culminó y hoy en día está en fase de puesta en marcha. Copiapó Solar, para su etapa final de desarrollo, tendrá 2 torres de concentración con almacenamiento de energía, combinado con una central de energía solar fotovoltaica (PV).

Esta planta va a generar hasta 260 MW de potencia firme en base, lo cual es crítico para la parte minera, trabajando con un alto factor de capacidad y un porcentaje de disponibilidad igual al de las centrales térmicas empleadas con carbón.

Energía Solar Térmica (Agua Caliente Sanitaria, ACS) Energía térmica

Un sistema solar térmico transforma la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y la acumula, en forma de agua caliente, para pasar al sistema de apoyo antes de su posterior consumo. [EREC, 2010].

Los principales componentes de estos sistemas son el sistema de captación de energía solar, el sistema de almacenamiento de agua, el sistema de intercambio, sistema de apoyo, la red hidráulica y el sistema eléctrico y de control.

Se puede mencionar como barrera, a nivel local, la falta de profesionales capacitados para diseñar, implementar y mantener estos sistemas. [TransEnergie-CNE, 2006].

Las principales tecnologías de agua caliente sanitaria son:

- Colectores sin cubierta
- Colectores planos
- Colectores solares tubos al vacío

2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

Para la correcta funcionalidad de los captadores solares la ubicación debe realizarse en zonas donde haya poca obstrucción a la radiación solar y su orientación será tal que éstos se dispongan siempre "mirando" hacia el paralelo 0°. Esto supone orientación sur geográfico para aquellas instalaciones situadas en el hemisferio norte terrestre, y orientadas hacia el norte geográfico para las instalaciones situadas en el hemisferio sur. (Guía de la Energía Solar Térmica, 2010).

El criterio anterior aplica a todos los tipos de tecnología señalados a excepción de la **Torre De Concentración**, donde la disposición de los heliostatos sobre el terreno responde a criterios técnico-económicos que tienen en cuenta el efecto de las sombras y bloqueos, la altura de la torre y el aprovechamiento del terreno entre otros. Los dos tipos de campo de heliostatos corresponden al denominado campo sur o campo norte, según se encuentre en el hemisferio norte o sur, y al **campo circular, especialmente favorable en zonas con latitud baja**.

2.3 OPORTUNIDADES

El norte grande de Chile presenta una serie de condiciones particularmente favorables para la introducción de tecnologías de concentración solar termoeléctrica (CSP) y eléctrica fotovoltaica (PV):

1.- Goza de una de las mayores intensidades de irradiación solar en el mundo, Particularmente en el desierto que tiene uno de los niveles de radiación solar incidente más alto del mundo lo que permite maximizar la eficiencia de los sistemas de captación solar, con cielos despejados durante la gran mayoría del año, lo que permitiría diseñar plantas de generación eléctrica con menor cantidad de metros cuadrados de campos solares por MW a generar, el que se traduciría en una reducción del costo unitario de inversión.

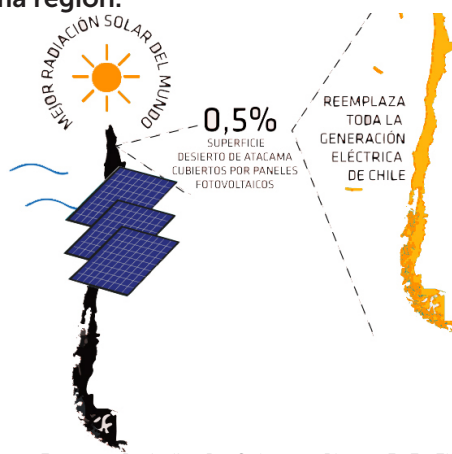
2.- En la misma zona geográfica se concentran grandes centros de consumo energético, tanto eléctrico como térmico, producto de la actividad económica del sector. Dado lo anterior, se podría contar con centrales de generación localizadas cercanamente a los puntos de consumo, evitando los sobre-costos y pérdidas por transmisión de la energía a través de las largas distancias.

El sol en el Norte Grande suministra radiación de 8:00 de la mañana a las 18:00 horas, aunque la demanda -el 90% del consumo de la zona va a las mineras- es estable a lo largo del día, mientras que en la zona central los peak de consumo son al final de la tarde y hacia las 20:00 horas. (Bitran,2015)

3.- La existencia de una actividad industrial asentada en la zona -con sus respectivos servicios auxiliares e infraestructura vial desarrollada facilita la instalación de proyectos solares de generación de energía.

4.- Por último, Chile es el principal exportador de sales para almacenamiento térmico, actualmente en desarrollo para las plantas de CSP, por lo que pueden encontrarse nichos similares en los demás servicios auxiliares que esta industria requiere.

Dada las condiciones anteriores, el norte grande se convierte en una zona excepcional para el estudio, desarrollo y ensayo de nuevas tecnologías solares, rescatando su proximidad con las generadoras de energías en la misma región.



Esquema De Indice De Cobertura Plantas Fv En El Norte de Chile (Base 7ERN) (intervención Propia)



Recurso Solar por Region (Base Batchgeo y SERC Chile) (Elaboración Propia)

2.4 INVESTIGACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN CHILE

Durante la época de las oficinas salitreras en el año 1872 se instaló en Chile, la primera planta de desolación solar “Las Salinas”, la que permitía abastecer de agua a faenas mineras que transportaban salitre desde las oficinas hasta la ciudad de Antofagasta. Esta aplicación se conoce históricamente como la primera aplicación de la energía solar en Chile y pionera a nivel mundial. De esta manera el sol se empleaba en los procesos mineros no metálicos para la obtención de sales (evaporación solar).

En los años 80, algunos investigadores, dieron los primeros pasos en el uso de la energía solar para procesos industriales y calentamiento térmico. Sin embargo, bajos precios de los combustibles fósiles y la proyección del uso del sol como fuente de energía no fueron prioridad para la región y el gobierno de la época. (Base PSDA)

En el año 2011 el programa FONDAP de la comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica plantea la necesidad de fomentar en Chile el desarrollo de Centros de Investigación científica de excelencia y alto impacto, enmarcados en áreas prioritarias “que respondan a un problema de gran relevancia para el país” y a la formación o consolidación de equipos de investigación”. Este programa congregó a proyectos en seis áreas prioritarias, entre ellas, energía solar, como una de las energías de mayor potencialidad y crecimiento a nivel mundial.

La convocatoria invitaba, en esta área, a “construir una base sólida de conocimiento en torno a la energía solar que potencie las condiciones excepcionales de la zona norte de nuestro país en este tema, a través de la investigación en los desafíos científicos, técnicos y económicos, y las oportunidades que ofrece la tecnología solar para la matriz energética nacional, privilegiando acciones que permitan el establecimiento de la zona norte como un nodo científico en la investigación mundial sobre energía solar”. (SERC,2013)

Sobre la base de esa convocatoria, la Universidad de Chile (UCH) se unió a la Universidad de Tarapacá (UTA), la Universidad de Antofagasta (UA), la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), la Universidad Adolfo Ibáñez (UAI), la Universidad de Concepción (UDEc) y la Fundación Chile (FCh) para proponer la creación del **Chilean Solar Energy Research Center (SERC Chile)**, cuyo objetivo es convertirse en un líder mundial en investigación científica sobre Energía Solar, con especial énfasis en desarrollar el potencial del desierto de Atacama en Chile.¹

Paralelamente en el año 2010, motivados por la posibilidad de instalar un centro de investigación en el norte de Chile para impulsar el uso de la energía solar, la Universidad de Antofagasta contrató a un spin-off de la Plataforma Solar de Almería (**PSA**) para desarrollar el estudio “Diseño estructural para la creación de un centro de investigación y desarrollo de la Energía Solar”. Este estudio generó la primera ruta para contar con costos y tecnologías que podrían desarrollarse en Chile. Así, se dio un primer paso en el diseño del proyecto **Plataforma Solar Desierto de Atacama** (PSDA,2015) ².

¹ Sumado a SERC Chile, hasta la fecha existe investigación de experimentación a nivel profesional desarrollada por Fraunhofer ISE, Laborelec GDF Suez, Fundación Chile, +10 Centros de Energía, y 5 Programas de posgrado impulsado por las universidades anteriores.

² Ver Otras Iniciativas De Investigación En Anexos 2

2.5 CASO: PLATAFORMA SOLAR DESIERTO DE ATACAMA (PSDA)

A finales del 2012, el centro SERC junto con el programa de Centros de Excelencia FONDAP de CONICYT, y la Universidad de Antofagasta, se unieron para crear el primer centro de investigación aplicada y desarrollo de la energía solar en Chile, para la generación y experimentación de prototipos y capital humano avanzado y técnico, canalizando las actividades de I+D+i de la energía Solar en Chile.

Esta iniciativa ha logrado sentar bases tangibles a mediados del 2015, tomando el nombre Plataforma Solar Desierto de Atacama. Hoy, gracias al financiamiento del Gobierno Regional de Antofagasta, ha podido inaugurar sus primeras instalaciones, destacando que la plataforma no sería una generadora eléctrica conectada al SING, sino que un laboratorio para estudiar diferentes tecnologías.

El proyecto gestionado por la Universidad de Antofagasta y SERC Chile sería financiado en gran parte por fondos públicos provenientes de FIC-R, Conicyt y CORFO, junto al aporte de otras instituciones como el BID, Codelco, Minera Escondida y Minera Lomas Bayas, éstas últimas impulsadas por el interés de aprovechar la energía solar dentro del principal rubro productivo nacional. Todos estos aportes sumarían un total aproximado de 25 millones de dólares.

La PSDA, contaría con un grupo de ocho científicos sumado al personal administrativo trabajando actualmente para el **Centro de Desarrollo Energético Antofagasta (en adelante CDEA)** con sede actual en la Universidad de Antofagasta, más cuatro doctores y tres postdoctorados los que conformaría el equipo de planta. Al personal de investigación se agregan profesionales, técnicos e investigadores nacionales y extranjeros, provenientes de importantes instituciones¹ que han establecido convenios con el CDEA, para hacer un equipo de alrededor de 45 personas circulando constantemente en el Centro PSDA, sumado a esto se propone un programa de magíster en desarrollo energético de más de 40 alumnos impulsado por la Universidad De Antofagasta más programas de capacitación para la generación de capital humano.

¹ La PSA de Almería y CIEMAT, España, Juwi y Krannich, Alemania, ENEL Green Power Italia, Universidades de Chile, Concepción, Santa María, Adolfo Ibáñez, Minera Lomas Bayas, Codelco División Ministro Hales, etc.



Plataforma Solar de Abengoa en Sanlúcar La Mayor (Sevilla) - **Generación Eléctrica e investigación Aplicada** (Base Ewwind)



La Plataforma Solar de Almería - **investigación Aplicada** (Base Ewwind)

Para dimensionar la infraestructura con la que se proyecta el Centro PSDA, se realiza una entrevista a los encargados **director Carlos Portillo Silva** (2015) **e ingeniero en jefe PSDA, Fernando Guerra Hidalgo**, los cuales proponen un programa general para el Centro PSDA, el cual debe contener:

1. Un Edificio de Investigación, integrado por:

- **Área Corporativa y de Investigación** dedicada a la administración y al trabajo de análisis y desarrollo de tecnología en laboratorios.
- **Área de Residencia**, para alrededor de **60 personas**, Para el alojamiento del cuerpo de planta e investigación extranjera del Centro PSDA y para el usuario flotante vinculado al desarrollo de tecnología y la generación de capital humano avanzado y técnico.

2. Instalaciones Tecnológicas (Plantas) de experimentación, -con laboratorios exteriores tipo galpones- en la que destaca la **Torre de Concentración** al ser la tecnología de mayor escala.

3. Aeródromo de naves pequeñas tanto para el transporte de tecnologías como para pasajeros.

Adicionalmente se especifican las tecnologías a ser instaladas y estudiadas en la PSDA.²

CUADRO 2.1

PROYECTO DE INSTALACIONES TECNOLÓGICAS A DISPONER EN EL CENTRO PSDA

Tecnología Fotovoltaica:

- Paneles mono y bifaciales de última generación, fijos y con seguimiento.
- Paneles de concentración fotovoltaica.
- Uso de nuevas tecnologías en inversores de corriente.

Tecnología Termo Solar:

- Colectores planos.
- Colectores cilindro parabólicos de gran y pequeña apertura.
- Sistema termo solar de receptor de torre central con espejos helióstatos.
- Colectores tipo Fresnel.
- Almacenamiento en sales fundidas de nitratos y otros nuevos compuestos químicos.
- Horno solar de pequeña escala

Radiometría y Soiling:

- Estaciones solarimétricas para medición del recurso solar y meteorológico.
- Instrumentación avanzada para medición de propiedades físico-químicas, ópticas y atmosféricas medioambientales.

² El Programa Co-Construido Se Encuentro Detallado Y Dimensionado En El Pto. 4.1

2.6 SÍNTESIS

A raíz de los capítulos anteriores y en razón de las iniciativas de I+D mencionadas se destacan los siguientes aspectos:

1. El día de hoy existe un consenso, tanto a nivel político como técnico, sobre la necesidad de generar una nueva estrategia de crecimiento sostenible, a través del desarrollo de energías renovables no convencionales y particularmente la energía solar, su explotación y exploración.
2. Las condiciones geográficas y naturales del norte grande convierten a Chile en un referente mundial en mecanismos de almacenamiento de energía siendo un laboratorio natural para la adaptación y desarrollo de tecnologías de clase mundial para Sudamérica, dando solución a desafíos particulares del país y regiones del norte por medio de la difusión en terreno de la energía solar como elemento genuino de producción, considerando el alto valor paisajístico de la zona, actuando como una verdadera gran vitrina tecnológica a nivel mundial.
3. El desarrollo de una industria solar a nivel mundial requiere potenciar la formación de capital humano, tanto avanzado como técnico, a través de la interacción directa con tecnología aplicada.
4. Los niveles de radiación que existen en la zona norte del Chile hacen necesario la creación de infraestructura tecnológica de adaptación, prototipaje y pilotaje de equipos ad-hoc a las condiciones geográficas y climáticas nacionales.
5. El incipiente desarrollo del proyecto **Plataforma Solar Desierto de Atacama**, entrega una oportunidad única para desarrollar un proyecto de arquitectura que responda a las problemáticas enunciadas y al mismo tiempo apoye el desarrollo del primer proyecto concreto en investigación aplicada de energía solar en Chile.

A raíz de los puntos anteriores se propone desarrollar un proyecto de arquitectura que contemple un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de energía solar, como lugar de pruebas y generación de conocimiento in situ, integrando una residencia de pequeña escala para investigadores, estudiantes profesionales y técnicos extranjeros y nacionales ajenos a la región que deseen utilizar las dependencias del Centro PSDA, aprovechando las instalaciones de alta tecnología como un atractivo turístico para generar difusión en el ámbito nacional, que a la vez pueda aportar en el campo de investigación para las presentes y nuevas generaciones.



CUADRO 2.2: HABITAR EL DESIERTO



Hotel Pabellón Inca, Antofagasta (Correa3)

Los referentes mas próximos en cuanto a residencia emplazada en el desierto son, en primera instancia, los campamentos mineros, dentro de los cuales se pueden destacar a nivel arquitectónico las intervenciones de Correa 3 arquitectos, los cuales sintetizan algunos de las principales problemáticas de asentamientos desérticos insertos en el campo laboral.

- Salvar las grandes distancias que deben recorrer los trabajadores tanto desde su ambiente laboral, como desde sus habitaciones hacia los comedores.

- La poca relación que poseen los proyectos con el paisaje y el contexto geográfico, ya sea por un tema de costos o por la poca dinámica humana que se da con el exterior.

Existen además referentes ligados a la hotelería del investigador, como es el Hotel Paranal, del centro astronómico del mismo nombre.

El proyecto responde a la reunión de las actividades de esparcimiento concibiendo el edificio como un oasis interior con espacios comunes en el centro, el cual permite el ingreso de luz conforme a las necesidades de los usuarios.

A nivel global existen asentamientos en climas desérticos o semi-desérticos que se caracterizan por adaptarse a las condiciones del territorio, ligado a lo vernácula, como son **Capadocia, Turquía** y sus ciudades subterráneas, **Taos , Mexico, Utah y Arizona, EEUU** y sus construcciones de adobe y piedra; o a utilizar la potencialidad del clima, como los hoteles y ciudades en Abu Dhabi donde se aprovecha al máximo la radiación a través de recursos tecnológicos.



Hotel Eso Cerro Paranal , Antofagasta (Imagen Pinterest)



Segundo Lugar Hotel Residencial Alma (CPV Arquitectos)



Capadocia, Turquía



Taos, Mexico

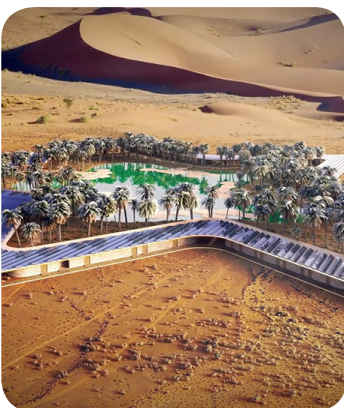
Los asentamientos desérticos de Correa3 plantean estrategias de diseño que se concentran en la funcionalidad para una arquitectura científica y/o productiva.

1.sustentabilidad ambiental

- Estudios de emplazamiento, asolamiento, vientos, pendiente.
- Calidad ambiental interior, ventilación, lux, luz natural, humedad
- Optimización en diseño de módulos, baja en emisiones de co2
- Implementación de energías renovables no convencionales (ernc) en los diseños.
- Reciclaje de agua

2.sustentabilidad económica

- Disposición eficiente de los edificios y circulaciones (disminución en superficie de proyecto)
- Diseños prefabricados y modulares, ahorro mano de obra en terreno.
- Diseños que consideran etapas y fases, además de la reutilización de los edificios.



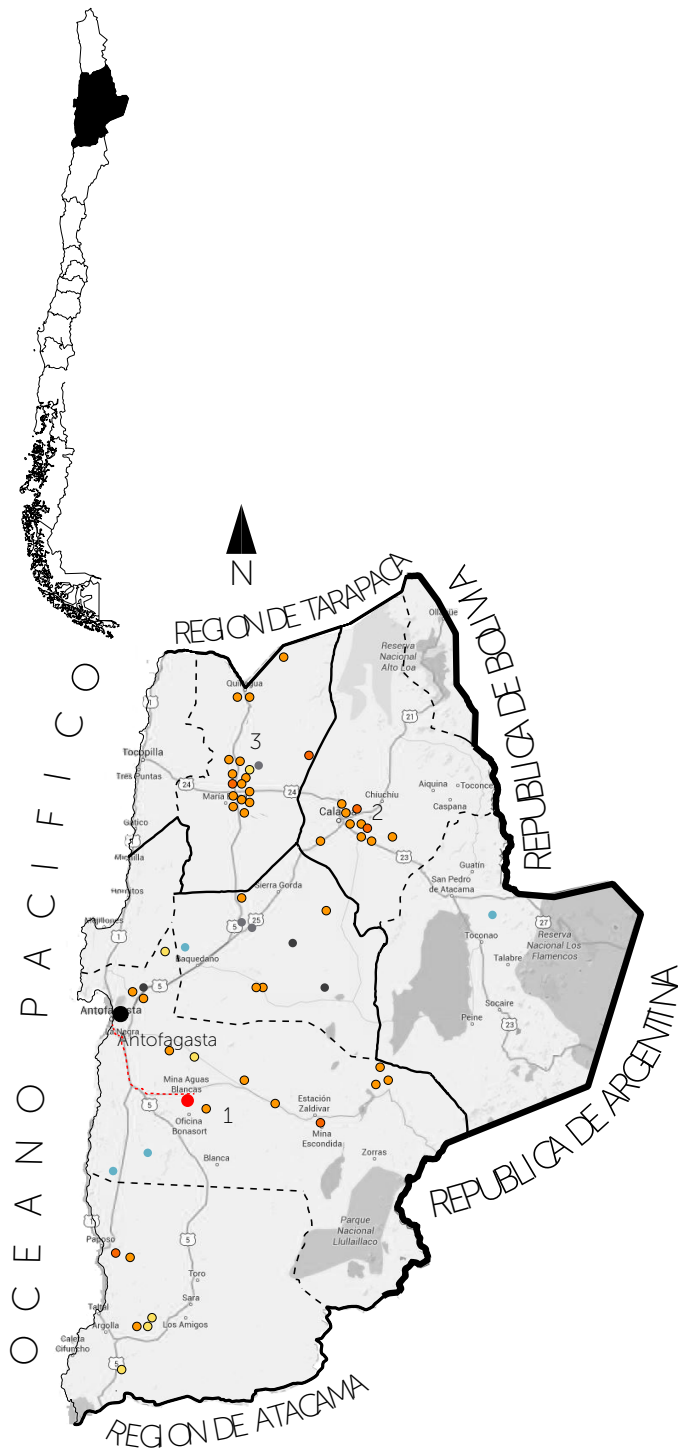
Eco Resort Abu-Dhabi



Masdar City, Abu-Dhabi

III. LUGAR





- SIMBOLOGIA:**
- Límite Internacional
 - Límite Regional
 - Límite Provincial
 - Límite Comunal
 - Capital Regional

20 Km. 10 0 20 40 Km.

• Terreno

- PROYECTOS FOTOVOLTAICOS**
- Operación
 - Aprobada
 - En Calificación

PROYECTOS TERMOSOLARES

- Operación
- Aprobada

- CENTROS CIENTIFICOS**
- Astronomico /
 - Paranal
 - La Escuela G 130 (Universidad de Antofagasta)
 - Cerro Amozones (Aprobado)
 - Paniri Caur de Chiu Chiu
 - ALMA

02 Región
 Capital Regional: Antofagasta
 1. Provincia Antofagasta 2. Provincia El Loa 3. Provincia Tocopilla

Síntesis Geográfica Regional (Elaboración Propia)

Según varios estudios el norte de Chile es una de las pocas regiones del mundo donde se dan valores de irradiación globales anuales que superan los **2.500 kWh/m²**. **En algunas partes de Atacama se han reportado valores de 3.000 kWh/m²**. Sus cielos son también excepcionalmente claros, con un índice de claridad medio anual por encima de 0,72 en algunos lugares interiores. Es decir, tiene enormes posibilidades para la generación de electricidad y calor mediante energía solar. Además, sus condiciones naturales ofrecen otras fuentes potenciales, como las energías eólica y la geotérmica.

Hoy el Gobierno Regional junto con la Universidad de Antofagasta incentivados por las posibilidades energéticas de la zona, han dispuesto una localización para la implementación del Centro PSDA. El terreno traspasado por El Ministerio de Bienes Nacionales a la Universidad de Antofagasta, con una superficie aproximada de 80 ha, se ubica en la ex oficina salitrera de Yungay, en la zona de la cuenca de Aguas Blancas.

En este lugar con destino para investigación solar y/o astronómica, funcionaría el Centro PSDA y el primer observatorio astronómico del Estado de Chile en la Segunda Región, proyecto que desarrolla actualmente la Unidad de Astronomía de la UA.

De acuerdo a lo anterior, el lugar concedido para la implementación del Centro PSDA coincide con uno de los aspectos principales del proyecto propuesto, el cual considera esencial un emplazamiento que cumpla con las condiciones de radiación más provechosas y con amplia cabida para instalaciones de gran envergadura, como es el desierto. "Acá tenemos amplias planicies pues nos encontramos sobre un salar, además que las condiciones de radiación solar son perfectas, más de 1.200 w/m² y sobre 300 días despejados al año" (Portillo, 2015) transformándose en un lugar idóneo para un centro experimental

El proyecto planteado podría estar inserto dentro de un gran polo científico rodeado del gran campo de parques fotovoltaicos de generación desarrollados actualmente en el Norte, generando una red de laboratorios donde el proyecto actúa como corazón de un sistema que será parte de un plan internacional de investigación solar. También se considera en el mediano plazo que otras unidades científicas, por ejemplo, el Centro de Bioinnovación y el Instituto Antofagasta tengan instalados algunos laboratorios en esa zona, consolidando así un centro de investigación de avanzada que podrá aprovechar las grandes ventajas y características únicas que ofrece el Desierto de Atacama al avance del conocimiento humano.

3.1 TERRITORIO

La **cuenca de aguas blancas** ubicada a **80 km al Sur-este de la ciudad de Antofagasta** alcanza los 964 metros de altitud en la II Región. Se sitúa en la zona de depresión intermedia, donde el desierto es absoluto y se manifiesta en forma plena. Constituyendo una cuenca endorreica (sin llegada al mar), producto, en gran medida, del clima desértico, la disposición del relieve y alta salinidad de los suelos. La excepción es el río Loa. (Díaz del Río, 2001)

El **clima** se caracteriza por una aridez extrema, gran sequedad atmosférica, muy baja humedad relativa, donde la influencia marítima no alcanza a manifestarse, cielos permanentemente despejados, grandes cambios de temperatura entre el día y la noche y la ausencia de precipitaciones

Las **temperaturas** diurnas extremas son de 30° C y en la noche bajan de 1 a 2° C. Cercanas a estas mínimas están las temperaturas de las mañanas.

Los **vientos** son secos y varían alcanzando un promedio de 28 km/h (comparado a los 40 km/h en el desierto costero) pudiendo cambiar con frecuencia su dirección a los largo del día, permaneciendo reinantes los vientos desde el poniente (Evaluación del Recurso Eólico, fcfm, 2015)

El patrón biogeográfico está directamente relacionado con la escasez de agua, la alta radiación solar y la extrema aridez. En el desierto Interior las condiciones ambientales se endurecen, **la fauna** es escasa y concentrada en hábitats concretos. En áreas secas vive un reptil, la salamandreja y en los tamarugales aparece un roedor característico, el "tuco-tuco", también se pueden ver algunas aves como el "comesebo" del tamarugo, el "saca tu real" y la golondrina de mar negro en los salares.

La **vegetación** también es muy escasa, la ausencia de lluvias, la sequedad y la fuerte amplitud térmica impiden el desarrollo de todo tipo de vegetación con excepción de algunas áreas donde se encuentran napas subterráneas, en dicho entorno suelen crecer ralos de tamarugo y algunas cactáceas, hierbas y arbustos, como la "congonilla" y "la pata de guanaco". En las acumulaciones de aguas saladas se puede generar el pasto salado y la totora. (Biblioteca del Congreso Nacional)

Se han realizado diversos estudios referente al **agua subterránea** en esta cuenca, determinando la calidad del acuífero, que está formado por sedimentos de origen aluvial, coluvial y ocasionalmente salinos, que cubren gran parte de la cuenca.

La **granulometría** es variable, compuesto por material predominantemente fino que actúa como capa confinante que posee cualidades favorables para almacenar y transmitir el agua subterránea. (Díaz del Río, 2001)



El alto nivel paisajístico del lugar se define como extremadamente plano con afloramientos aislados de cerros islas, formando un especie de quebrada que limita el campo visual mediato, imposibilitando divisar la Cordillera de la Costa y Andes.

El lugar se inserta en la red de ex oficinas salitreras, entre ruinas y otras de uso esporádico, además de los campos de explotación de yodo sulfatos y nitratos, concibiendo el entorno próximo como un sistema de hitos tecnológicos y productivos cuya actividad se ve templada ante el paisaje astral del retiro cuando el sol se esconde.

SALAR DE NAVIDAD

CORDILLERA DE DOMEYKO

CERRO EUGENIA

ESTACIÓN YUNGAY

ATACAMA MINERALS

AGUAS BLANCAS



Plano de Ubicación General + Referencia Ex Oficinas Salitreras (Ruinas) del Sector (Elaboración Propia)

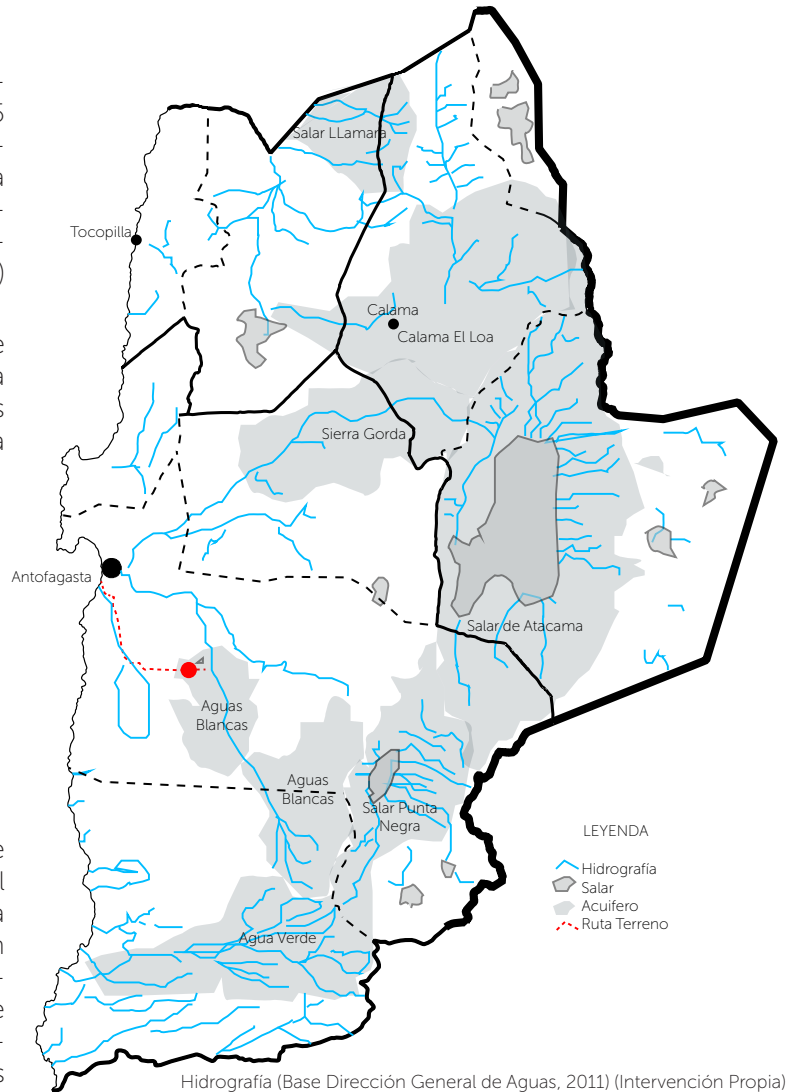
3.2 ANTECEDENTES

El área concesionada por Bienes Nacionales donde se proyectara el Centro PSDA se dispone a 5 años, (polígono naranja - continuo y segmentado-), definiendo este plazo como una primera etapa, considerando una ampliación de la concesión a 20 años y extender el espacio sumando 113 hectáreas (polígono amarillo segmentado)

- **ACCESIBILIDAD:** El terreno de la primera etapa se encuentra dividido por un camino que une la ruta con Atacama Minerals, con acceso público por las oficinas de Alto Norte, Este camino es la única ruta de acceso al sitio concesionado.

- **HABITABILIDAD:** tras el análisis de mecánica de suelos por encargo del CDEA, éstos deciden implementar la primera etapa del Centro PSDA en el polígono izquierdo, y mas regular, (naranja achurado) aledaño a la ruta existente, dado que la calidad del suelo responde a condiciones mas favorables para construir, determinando finalmente una superficie útil para construcción de 53 ha.¹

- Existe una concesión de agua por dos pozos de 15 l/s y 2 l/s. Ubicados a 3 km aprox del terreno, El primer pozo se vende a las concesiones de agua a la empresa Atacama Minerals y el otro pozo está sin uso. Este debiera destinarse para el abastecimiento del proyecto. La calidad del agua es levemente salina, apta para el consumo, sin embargo, se recomienda instalar un sistema doméstico de ósmosis reversa para contar con agua desmineralizada.

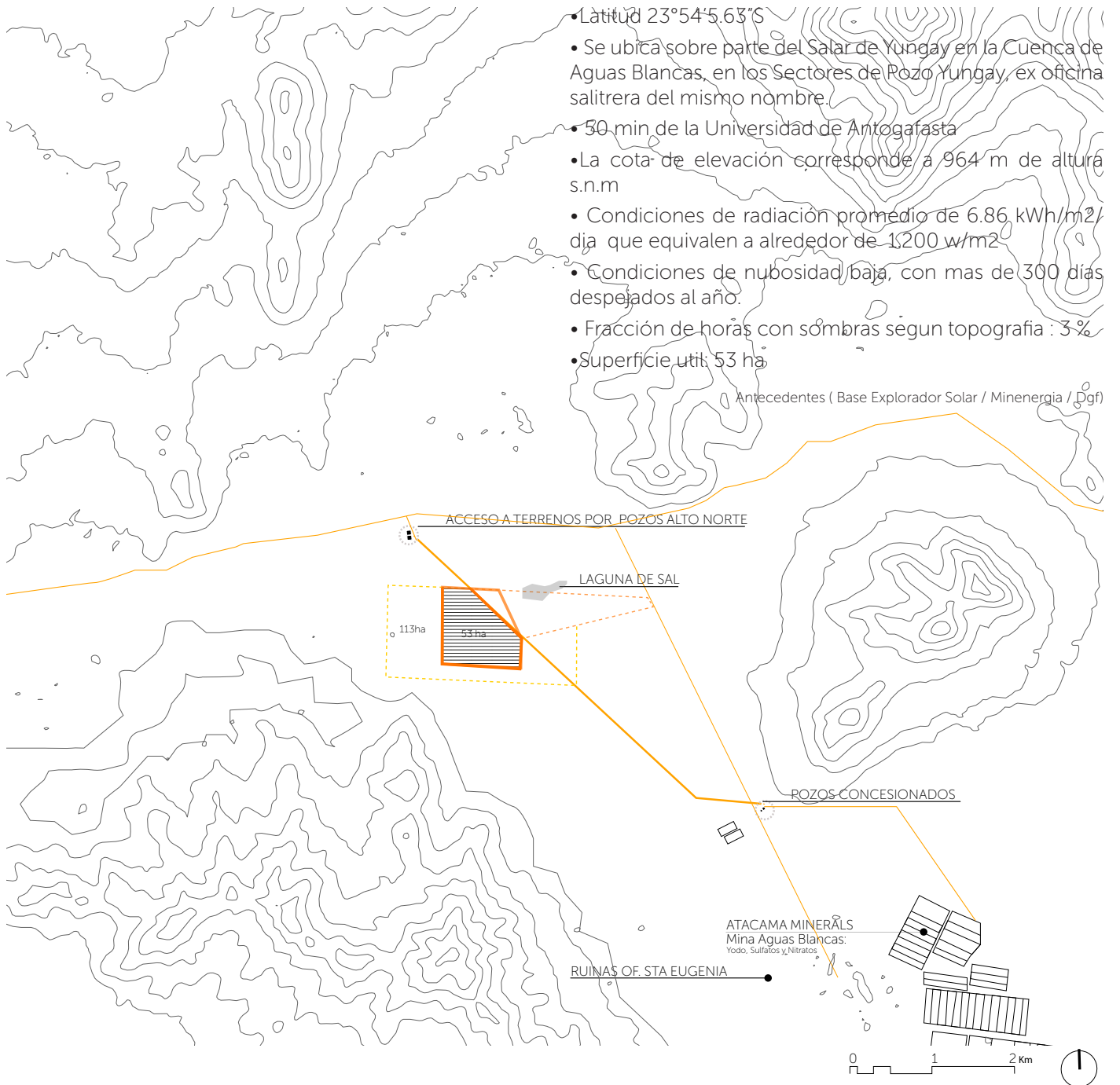


Hidrografía (Base Dirección General de Aguas, 2011) (Intervención Propia)

¹ Extracto De Estudio De Mecánica De Suelos En Anexo 4



- Latitud 23°54'5.63"S
- Se ubica sobre parte del Salar de Yungay en la Cuenca de Aguas Blancas, en los Sectores de Pozo Yungay, ex oficina salitrera del mismo nombre.
- 50 min de la Universidad de Antofagasta
- La cota de elevación corresponde a 964 m de altura s.n.m
- Condiciones de radiación promedio de 6.86 kWh/m²/día que equivalen a alrededor de 1,200 w/m²
- Condiciones de nubosidad baja, con mas de 300 días despejados al año.
- Fracción de horas con sombras según topografía : 3%
- Superficie útil: 53 ha



Plano de Ubicación del Sector Yungay (Elaboración Propia)

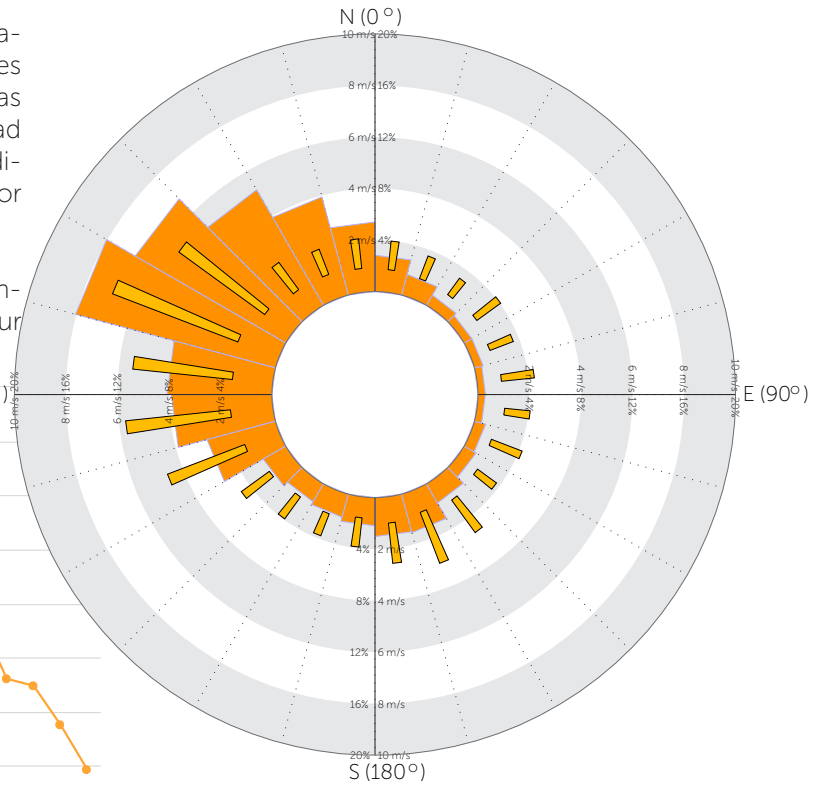


Vista Desde Ruta de Acceso, Hacia El Desierto Dirección NorOriente - Noviembre 2015

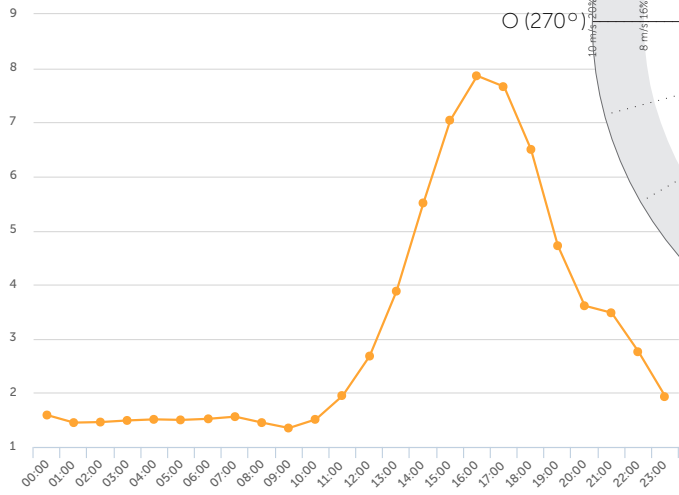
• **VIENTOS**

Rosa de la velocidad de viento a 10 metros. Las barras naranjas indican el porcentaje de los valores horarios según la dirección del viento. Las barras amarillas indican el rango inter-quartil de velocidad de viento para cada intervalo de dirección. La dirección de viento es un ángulo que indica el sector desde donde proviene el viento.

El análisis indica que los vientos reinantes se encuentran en dirección poniente (300°) hacia sur-oriente.



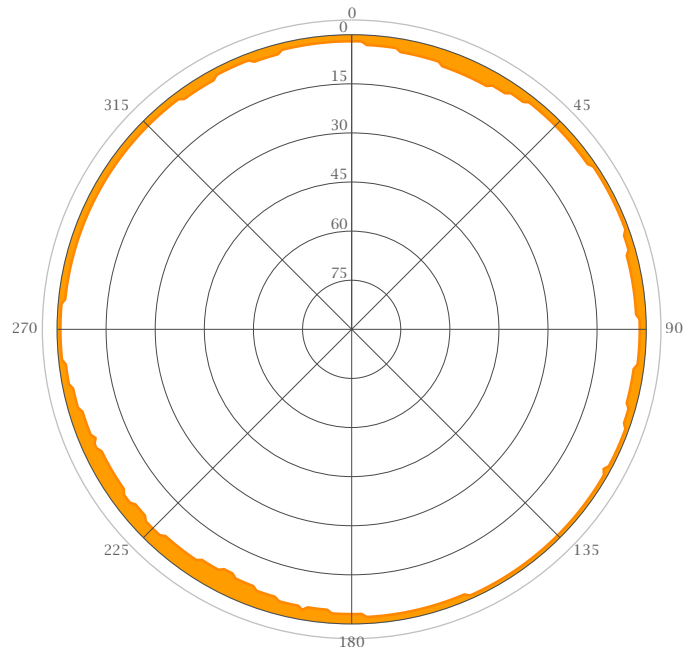
Rosa de los Vientos a 10m, año completo (Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015) (Intervencion Propia)



Promedio De La Magnitud Del Viento Para Cada Hora Del Día. (Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015)

• **TOPOGRAFÍA**

A continuación se muestra un gráfico con los ángulos entre el sitio de interés y los obstáculos topográficos más altos sobre el horizonte en los 360° alrededor de éste, donde el norte corresponde a los 0° y los ángulos aumentan hacia el este.

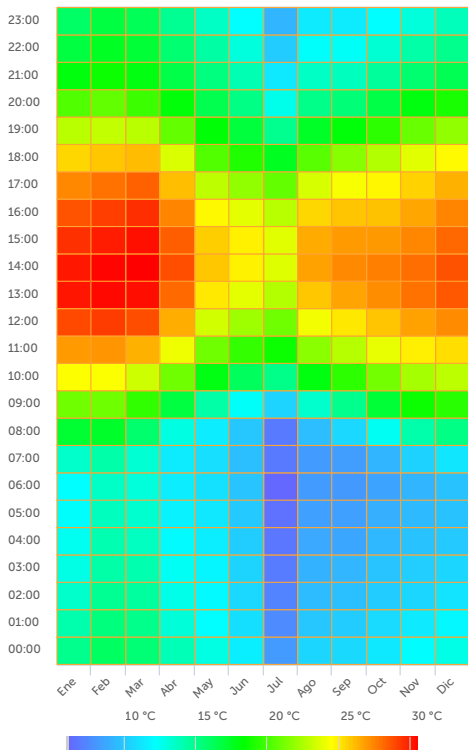


Elevación angular de la topografía sobre el horizonte en 360° alrededor del sitio (0° norte, 90° este, 180° sur, 270° oeste). (Base Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015)

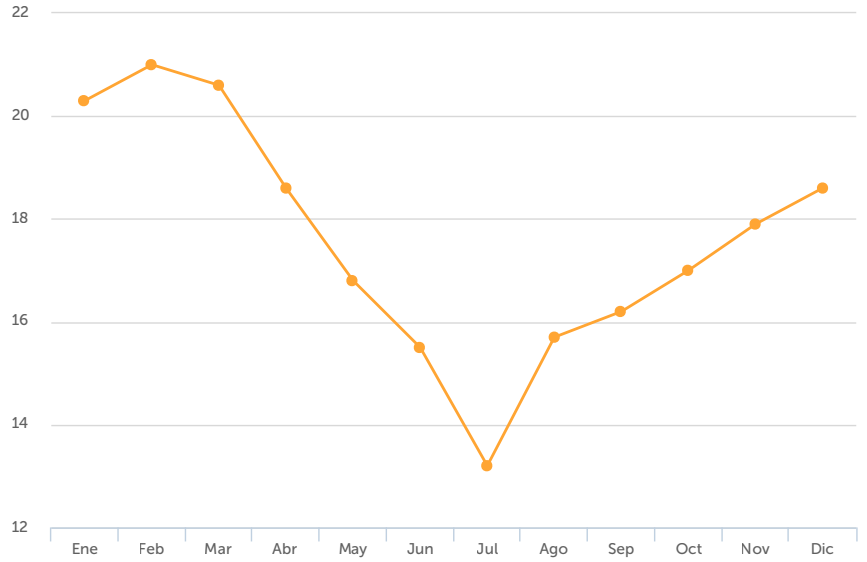


Temperatura Media Anual

Promedio Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
17.6	20.3	21.0	20.6	18.6	16.8	15.5	13.2	15.7	16.2	17.0	17.9	18.6

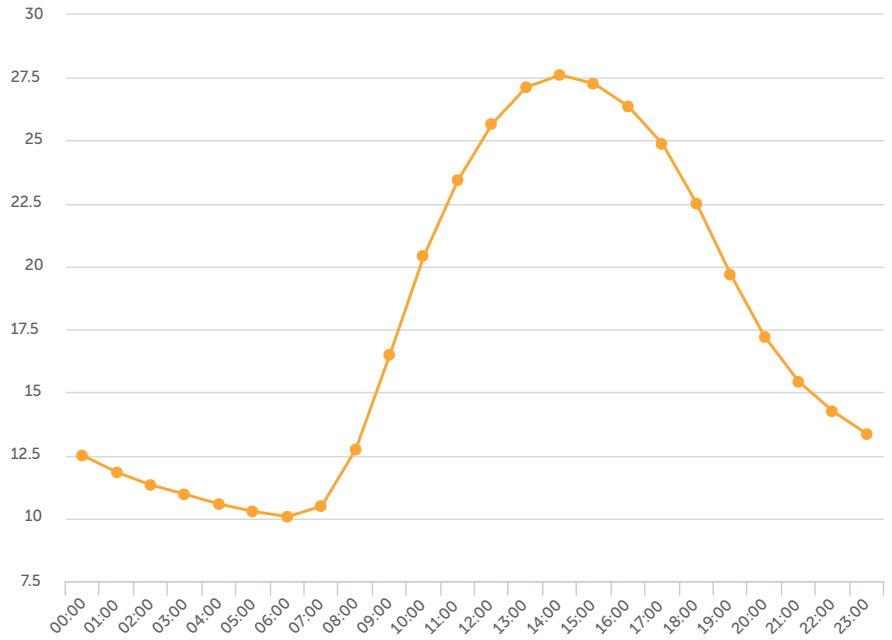


Temperatura Promedio Para Cada Mes Y Hora Del Dia (Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015)



Temperatura Media Para Cada Mes. (Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015)

Temperatura Promedio Diaria



Temperatura Promedio Para Cada Hora Del Dia. (Base Explorador Solar / Minenergia / Dgf Uchile 2015)



Vista Desde Ruta de Acceso Hacia El Sitio, En Dirección SurPoniente (Cercos De Instalación FV -Primera Etapa PSDA-). 2015

IV. PROPUESTA





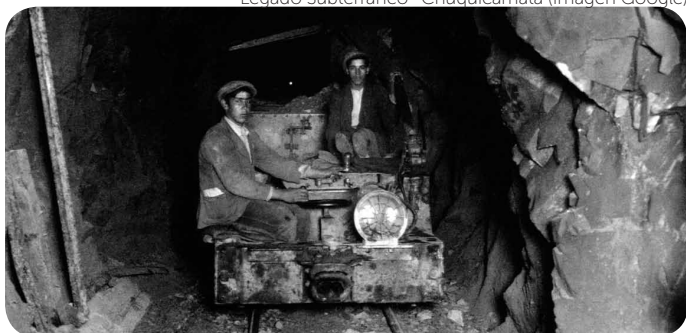
Paisaje y Geografía - Río Loa (Exiapi.cl)



Paisaje y Geografía - Desierto de Atacama (Imagen Google)



Legado Subterráneo- Chuquicamata (Imagen Google)



Legado Subterráneo (Imagen Google)



Legado Arquitectónico - Der. Lenguaje Ancestral Llano de la Paciencia Desierto de Atacama - Izq. Ruinas de Tulum (Imagen Google)



Legado Arquitectónico - Ruinas de Huanchaca (Imagen Google)

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico PSDA se concibe como un yacimiento de experimentación, destinado a la generación de conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la utilización de la energía solar, facilitando la formación de capital humano, y la promoción de investigación y desarrollo en colaboración con el sector privado y académico.

Las condiciones del lugar, junto con el programa general co-construido con el CDEA y la infraestructura ya existente, determinan los lineamientos para el desarrollo de la propuesta que se presenta a continuación. Específicamente, se definieron los siguientes objetivos específicos los cuales se deben cumplir para que el proyecto aproveche de manera óptima las condiciones del lugar y al mismo tiempo responda a los requerimientos de un centro de investigación de esta envergadura:

1. Definir un terreno específico y delimitado para la intervención del Edificio de Investigación que permita el desarrollo de los componentes del programa co-construido: **Área corporativa y residencia, campo de tecnologías (plantas de experimentación) y aeródromo.**
2. Establecer la ubicación de los distintos componentes del programa dentro del terreno delimitado, conservando una distancia adecuada entre el área de aproximación de obstáculos del aeródromo y el área de Campo de Tecnologías (instalaciones tecnológicas de experimentación).
3. Integrarse a un camino preexistente del lugar para definir el acceso y llegada de los vehículos al proyecto.
4. Configurar el diseño de calles estructurantes para el continuo desplazamiento tanto del personal del centro como para los visitantes. Circuitos vehiculares, zonas estacionarias y distancias de desplazamiento (vehicular y caminables)
5. Constituir un polo científico tecnológico y de explotación de recursos -pasados y futuros- que ponga en valor la identidad del desierto de Atacama.

La propuesta se divide en dos partes, las cuales declaran el límite de desarrollo del proyecto final de arquitectura:

Plan General de Infraestructura:

- Definición de áreas de intervención y vialidad según programa co-construido.

Arquitectura:

- Desarrollo de Edificio de investigación
- Relación y conectividad del edificio con el campo tecnológico.

4.1 PROGRAMA

Según las entrevistas realizadas a los gestores de Centro PSDA y dirección de CDEA (Edward Fuentealba), existe la necesidad de centro de investigación ligado a la experimentación constante para la generación del capital humano y la fabricación in situ de tecnología y prototipos adaptados a las condiciones de radiación chilenas, ya que la mayoría de las tecnologías son fabricadas en el hemisferio opuesto donde las condiciones de radiación son menores a las del Desierto de Atacama, provocando daño y baja durabilidad en las tecnologías además de disponer de un límite de captación menor a las potencialidades en el presente territorio.

Hoy, el terreno concesionado por la Universidad de Antofagasta y el CDEA, solo cuenta con una instalación de 1000m² con algunos prototipos de paneles FV, Casetas de control y una Solarimétrica, para el análisis y ensayo de tecnología.

Teniendo en cuenta el programa general proyectado para el Centro PSDA, (Ver Pto 2.5) se profundiza en las áreas que deberían existir en un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de energía solar, mencionadas por Edward Fuentealba y Fernando Guerra H (ingeniero proyecto FIC-R del Centro de Desarrollo Energético Antofagasta), los cuales especifican:

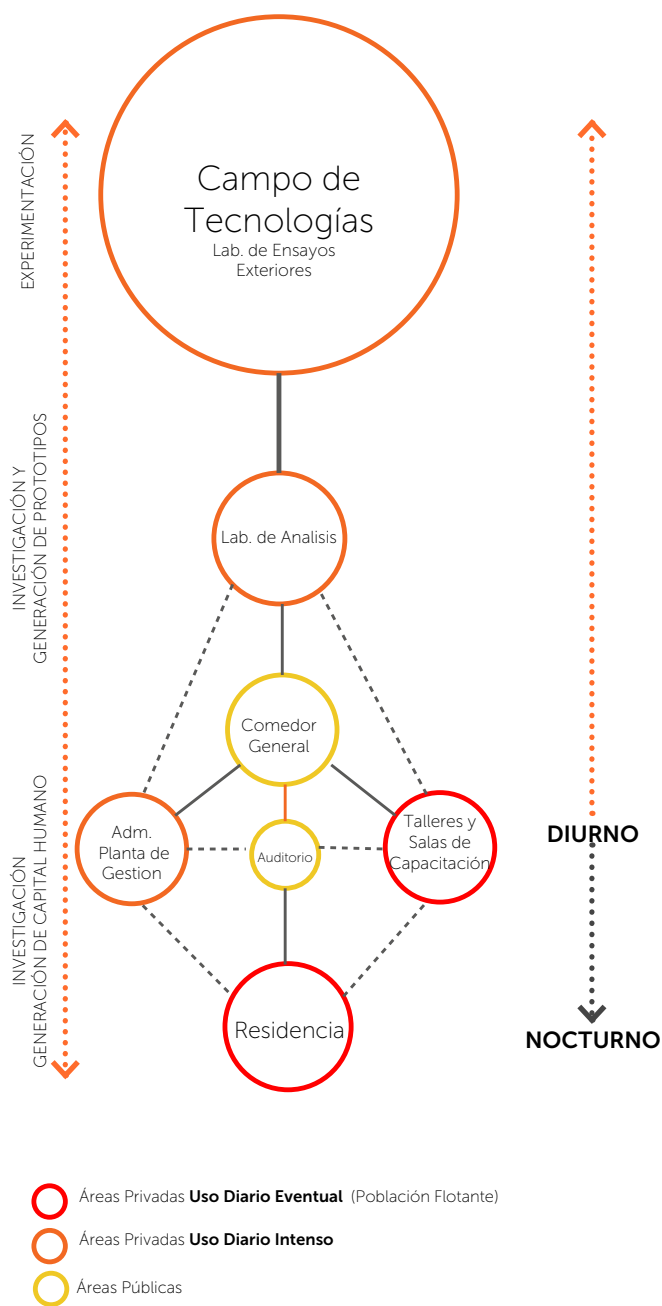
1. Un área corporativa para el trabajo en planta de los científicos e ingenieros de CDEA, que contaría con una administración general, oficinas y salas de reuniones, a esta área se debería sumar un área de estudio con salas de clases y espacio de estudio, además de uno o dos auditorios para la inducción de visitantes.

Acompañado de este conjunto se considera un comedor general para alrededor de 100 personas, considerando esta cifra como la carga de ocupación máxima para el Edificio de investigación.

2. Una área de Residencia, de pequeña a mediana escala, que tiene como objetivo principal alojar a aquellos usuarios que formen parte de la generación de capital humano avanzado y técnico para la industria solar, especialmente significativa en un centro de investigación donde la actividad de experimentación y desarrollo de tecnología puede no interrumpirse en varias jornadas. Ésto a través de la integración de workshops y talleres de capacitación de duración consecutiva.

La residencia también está destinada a aquellos usuarios que deseen investigar sobre la energía solar en distintos rubros y que se encuentren alejados de la región, potenciando la difusión de forma abierta y directa, relacionando el área de investigación con la experiencia in situ de la utilización de la energía solar.

La residencia se plantea para alrededor de 60 personas, especifica Edward Fuentealba, director de CDEA.



Esquema de Relaciones Programáticas (Elaboración Propia)

INVESTIGACIÓN + ADMINISTRACIÓN			
AREA	AREAS COMPRENDIDAS	CANT. ESTIMADA	M2 APROX. c/u
Plaza de Acceso	Plaza de Acceso	1	—
Auditorio (100 pers)	Hall	1	30
	Recepción	1	9
	Baños	2	9
	Bodega Baño	1	2
	Área de Exposición	1	50
	Auditorio	1	100
Administración	Hall	1	30
	Recepción	1	9
	Baños	2	9
	Bodega Baño	1	2
	Of. Gerencia	1	12
	Of. Administración / Relaciones Nac. Int.	1	12
	Of. Investigadores Planta (of de 2 o 3 pers.)	5	30
	Ktch.	1	4
	Bodega de Archivos o Sist. De Datos	3	6
	Salas de Reunión (6 a 12 pers)	2	30
			209
Laboratorios	Baños	2	9
	Bodega Baños	1	2
	Bodega	1	5
	Lab de Analisis Concentración Solar (CS) *	1	250
	Lab de Analisis de Tecnologia de Aguas (TA) *	1	250
	Lab. De Prototipos	1	60
	Lab. De Capacitación	1	60
	Lab de Ensayo de Sales Fundidas (Exterior)	1	250
	Lab de Ensayo de Envejecimiento Acelerado de Materiales (Exterior)	1	100
Capacitación	Salas deClases (1,5 m2/pers OGUC)	2	60
	Recepción	1	9
	Baños	2	9
	Estantería y Almacenamiento	1	20
	Área de Estudio	1	60
			227
Casino (100 pers.)	Casino (1,5 m2 / Pers OGUC)	1	150
Visitantes	Zona Publica de Recreo	—	—
			150

* Detalle de Laboratorios ,Pag. 36

Total Superficies
x Recinto: 1546

RESIDENCIA			
AREAS (Correa 3 Arquitectos)	AREAS COMPRENDIDAS	M2 APROX.	M2 ESTIMADOS 60 PERS.
Espacio Publico	Jardín y Patio	> 9 m2 / Hab (OMS)	540
Habitaciones	Habitaciones Investigadores y Técnicos	> 6 m2 / Hab (OGUC) Prom. 15 m2 /Hab (Correa3)	900
Cafetería	Cafetería	1,5 m2 / Pers (OGUC)	90
Recreación	Bar	1 m2 / Pers (OGUC)	60
	Áreas de Gimnasio (Ministerio del Deporte Chile)	4 m2 / Pers (OGUC)	—
	Natación	5m2xPers (NEUFERT)	160m2 (Calculo según MDCH)
Estacionamientos	Buses	—	—
	Camionetas	5 x 2,5	—
Administración	Hall	—	—
	Recepción	—	—

Total Superficies
x Recinto: 1590

3. Un área de laboratorios específicos, ligados al análisis de tecnología, y laboratorios de prueba y prototipos destinados también para el público a capacitar.

Para los Laboratorios anteriores existen dependencias al interior del edificio de investigación y dependencias exteriores, dentro del Campo de Tecnologías, en forma de galpones o salas de control vinculadas a las plantas de tecnología.

El programa de laboratorio co-construido con el CDEA se orienta en las instalaciones de la Plataforma Solar de Almería

4. Campo de tecnologías, propuestas por CDEA, que se compone por plantas de tecnología de experimentación y dentro del cual se considera un aeródromo de pequeña escala (aviones de menor peso) tanto para pasajeros como abastecimiento de tecnología, y un piscina de enfriamiento y limpieza para la mantención de tecnologías.

Además de lo anterior se debe contar con recintos de bodegaje, taller de mantención y reparación, cabinas de control y salas de máquinas según la necesidad de cada tecnología.

Los puntos anteriores son esenciales para entender el programa general de intervención, considerando la definición más específica de estas áreas a lo largo del desarrollo del proyecto, ya sea en dimensiones como en tipologías.

Cabe destacar que dentro del proyecto general, el programa de campo de tecnologías y aeródromo, se consideran como objetos a disponer dentro del contexto artificial, acotando el proyecto de arquitectura al Edificio de Investigación. (y su Residencia)

A continuación se ilustra el cuadro de superficies aproximado de acuerdo al programa co-construido.

Cuadro de Superficies Aproximado / Estándares de dimensionamiento para la elaboración de programa arquitectónico - oficinas administrativas - edificación pública (Bases Entrevistas CDEA,OGUC,OMS, CORREA3, MOP) (Elaboración Propia)

CAMPO TECNOLÓGICO			
TIPO DE ENERGIA	TECNOLOGÍA	M2 DE TERRENO PROPUESTO	CONDICIONES ESPECIALES
Tratamiento Solar de Agua Caliente	Colector Plano	3.000 m ² - 2,4 m ² c/u	Superficie de captación de 32 m ² siguen el sol en un eje dispuestos horizontalmente hacia el sol
	Cilindro Parabolico	4.500 m ² - 3m ² c/modulo	
Sistemas de Concentracion Termo/Electrica	Torre de Concentración	50.000m ²	Miles de heliostatos pequeños
	Fesnel	8.000 m ²	Horno de: 98,5 m ² sup. + heliostatos
	Heliostato	2.200 m ² - 39,6 m ² c/u	
FV	Horno Solar	2.200 m ²	
	Sistema FV Fijo y seguimiento	20.000 m ²	
	Aeródromo	-	DGAC
	Solarimetrica	4.000 m ²	Instalacion de Control de 20 m ²



Planta Fotovoltaica, Chile



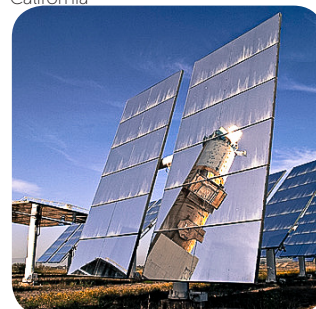
Vista general de los discos parabólicos del laboratorio de envejecimiento y durabilidad. de la PSA



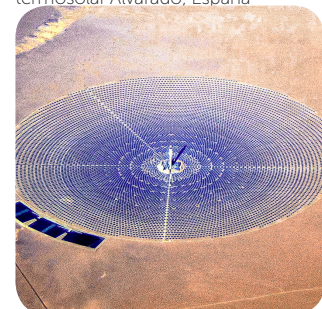
FESNEL The Kimberlina solar, California



Planta de Cilindros Parabólicos Planta termosolar Alvarado, España



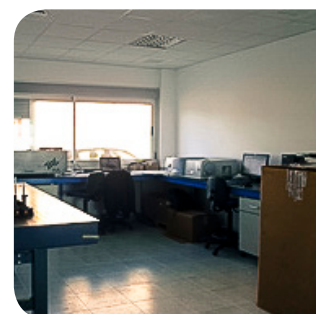
Heliostato, PSA



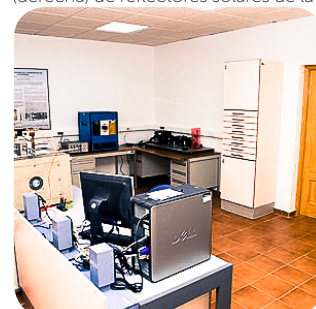
Torre de Concentración Copiapo Solar



Vista del Laboratorio de Metalografía en el Laboratorio de Materiales de PSA-CIEMAT



Laboratorio de caracterización óptica (izquierda) y de análisis de durabilidad (derecha) de reflectores solares de la PSA



Laboratorio de Radiometría



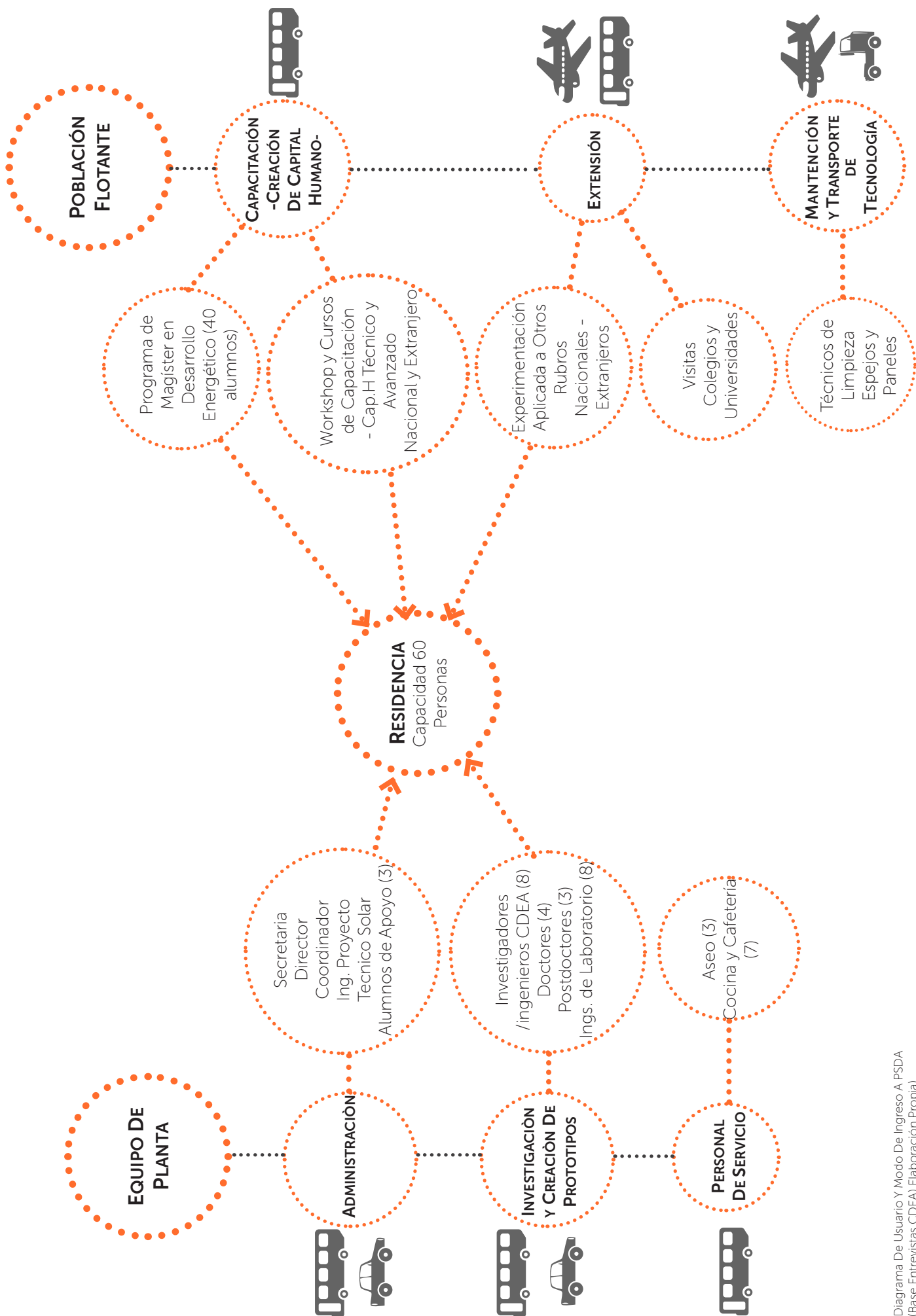
Sala de Microscopía en el Laboratorio de Materiales de PSA

LABORATORIOS DE ANÁLISIS (INTERIORES)			
AREA	AREAS COMPRENDIDAS	CANT. ESTIMADA	M2 APROX. c/u
Laboratorio de Análisis de Concentración Solar	Lab. de Recubrimiento para Receptores	1	50
	Lab. de Caracterización y Análisis de Durabilidad de Reflectores	1	50
	Lab. De Materiales	1	90
	Lab. De Radiometría	1	30
	Lab. De Caracterización Geométrica de Reflectores	1	25
Laboratorio de Tecnología de Agua	Lab. De Química Convencional	1	94
	Sala de Cromatología	1	23
	Lab. De Microbiología	1	27
	Lab. De Microscopía	1	11
Bodega	Almacén	1	30

245

134

Cuadro de Superficies Laboratorios Interiores / Dimensiones Existentes
Plataforma Solar de Almería , España (Base PSA.es) (Elaboración Propia)



4.3 PLAN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA

Para insertar un proyecto en un lugar sin referencias, en el que el contexto artificial (tecnológico), constituye el único orden de actividad, es preciso establecer algunas condiciones que se relacionen con el entorno existente:

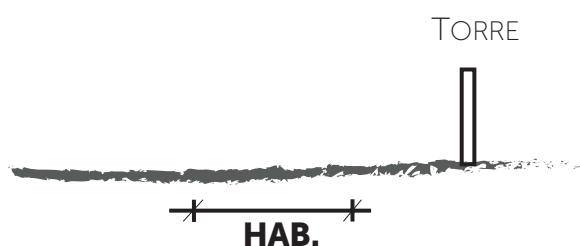
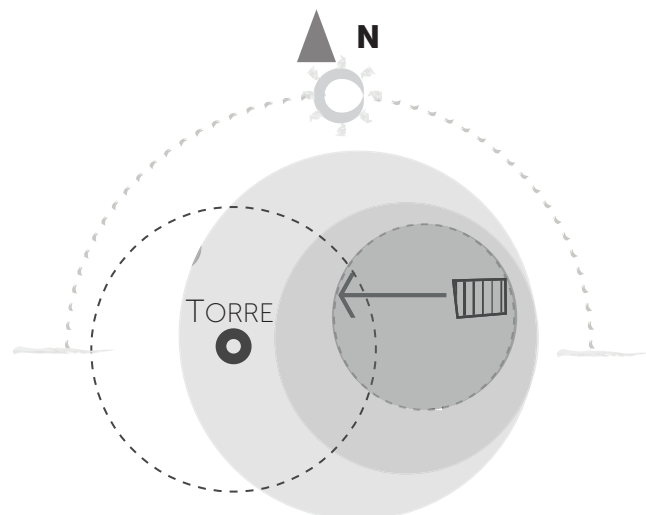
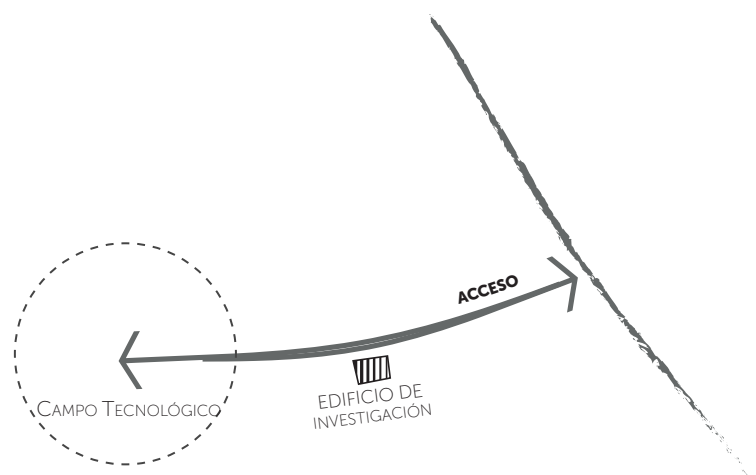
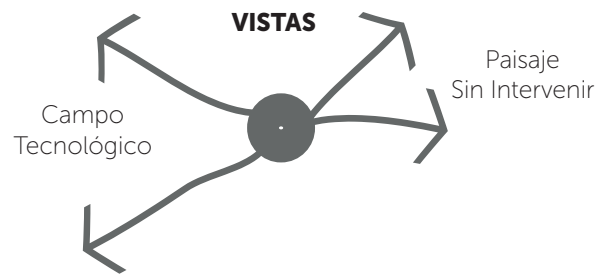
4.3.1 CONDICIONES GENERALES DE IMPLANTACIÓN - RELACIÓN CON EL ENTORNO

•**VISTAS:** es deseable mantener, por un lado, un dominio visual del campo de tecnologías para las áreas del investigación, y por otro, un dominio del paisaje no intervenido para las áreas de residencia (Descanso).

•**ACCESIBILIDAD:** Debe tener acceso expedito para el transporte de instalaciones vía terrestre. Priorizando la disposición del centro de investigación en el área mas próxima a la ruta existente .

•**ORIENTACIÓN:** Es deseable que el campo norte del terreno se encuentre liberado de infraestructura que pueda obstaculizar el recorrido del Sol y por lo tanto, obstruir la radiación hacia las instalaciones tecnológicas. (Ver Pto. 2.2.2, Pag.17) considerando, a su vez, que el Edificio de investigación debe estar orientado y comunicado directamente con el Campo Tecnológico.

•**HABITABILIDAD:** debe existir una superficie útil amplia, que permita percibir la totalidad del elemento principal de la Plataforma , El Hito. (Torre de concentración)



4.3.2 CONFIGURACIÓN DE TRAZADO TERRITORIAL

La propuesta de Plan General se formula a partir del hito, en este caso, la Torre de Concentración se constituye como el primer eslabón del sistema que estructura el Centro PSDA, alrededor de ésta se va desarrollando el contexto artificial, para finalmente intervenir un lugar específico para el Edificio de investigación

Para trazar el Plan General es necesario definir las tres grandes áreas que contiene el contexto artificial, según el programa co-construido con CDEA y los gestores del Centro PSDA.

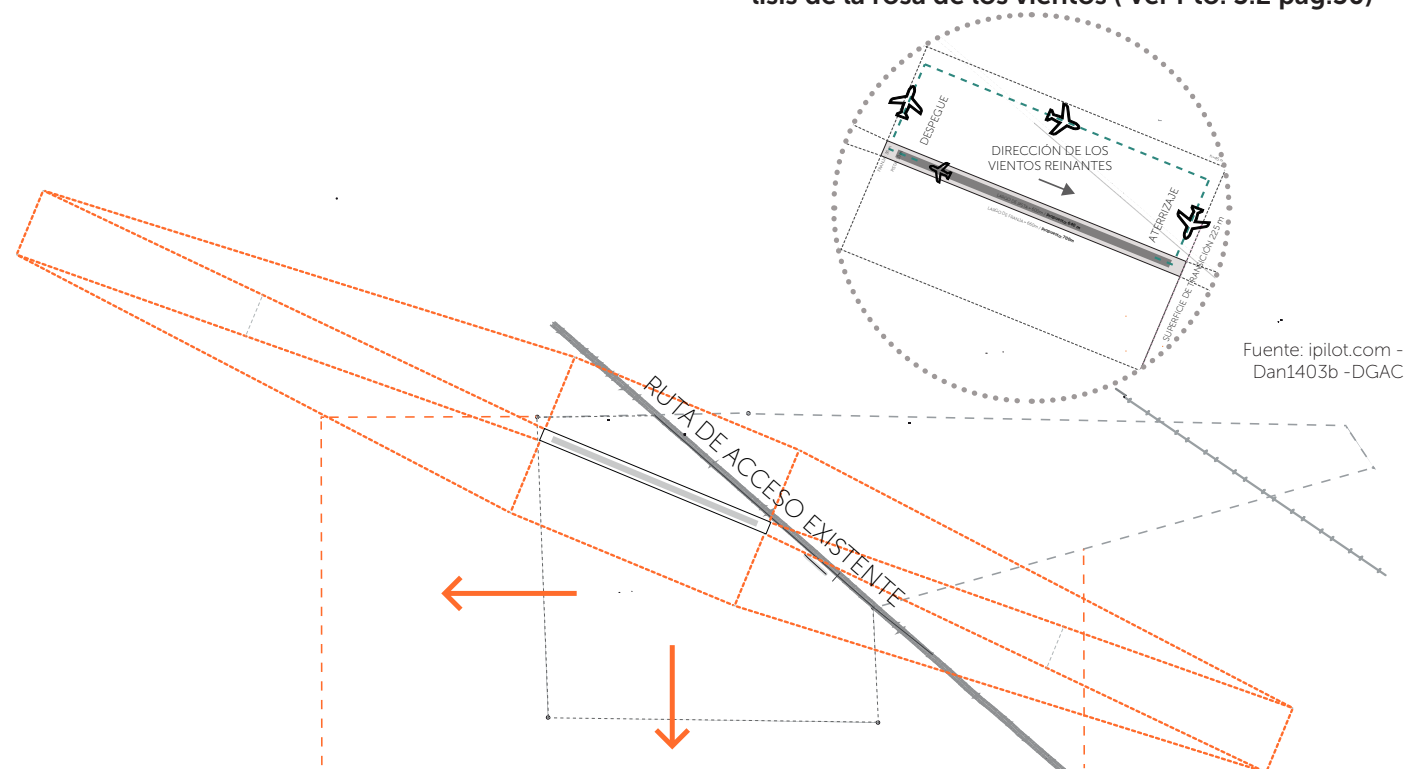
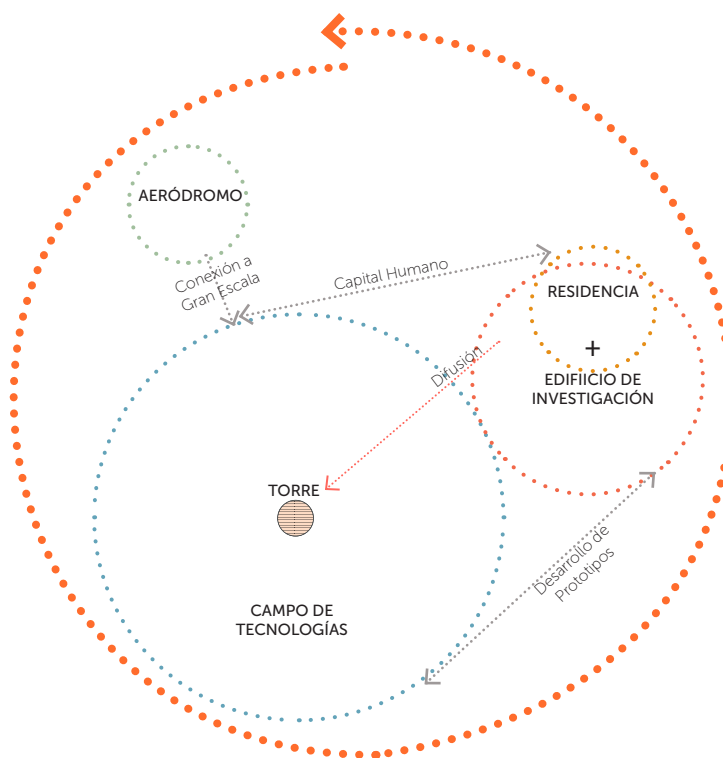
- Área Aeródromo
- Área Campo de tecnologías (Experimentación)
- Área Edificio de Investigación

A continuación se desglosan los criterios y estrategias para definir estas áreas:

1. Aeródromo:

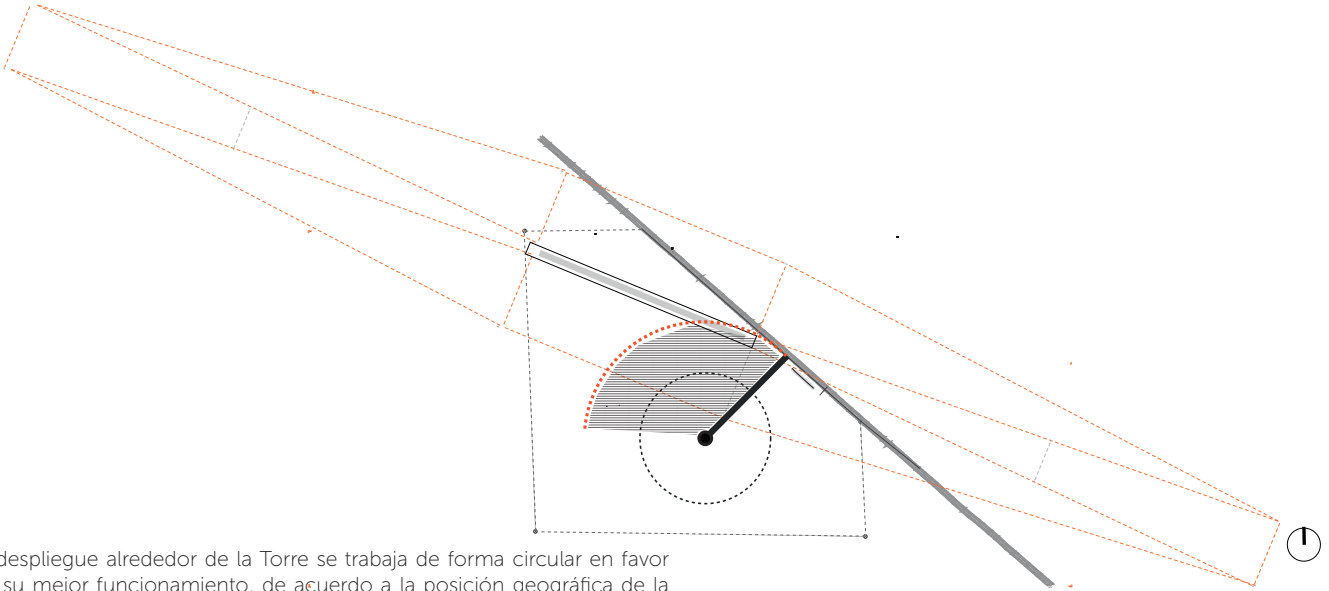
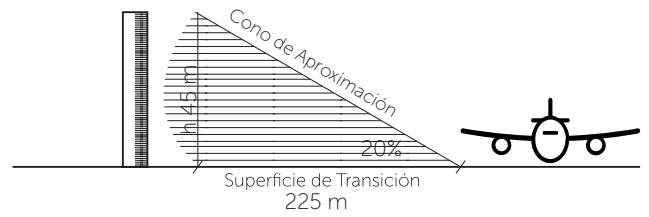
La pista de Aeródromo es la única área de intervención reglamentada (DGAC) que considera un cono de aproximación el cual debe ser respetado por la infraestructura del Centro PSDA. De acuerdo a lo anterior se decide disponer la pista en el campo norte del terreno, considerando; la futura ampliación de las tecnologías hacia el sur poniente (Ver Plano De Ubicación, Pag.29) evitando principalmente que en un futuro éste se encuentre rodeado de instalaciones con espejos que puedan ocasionar deslumbramiento directo.

La dirección de la pista se define de acuerdo al análisis de la rosa de los vientos (Ver Pto. 3.2 pag.30)



2. Torre de Concentración (45m de altura):

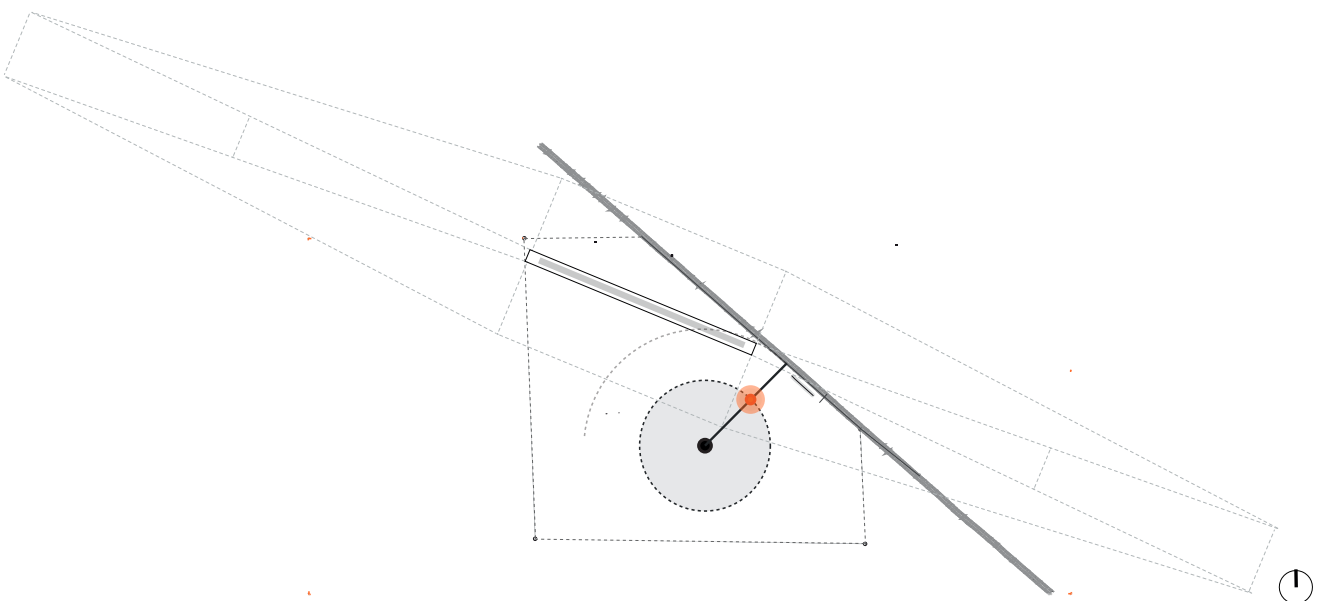
Se dispone la torre de concentración como elemento hito del proyecto, a partir de este se traza un **Eje Estructurante** perpendicular a la ruta de acceso, de manera que no obstaculice el recorrido del sol proveniente del norte, ya que este recorrido es esencial para el óptimo funcionamiento de las tecnologías dispuestas.



El despliegue alrededor de la Torre se trabaja de forma circular en favor de su mejor funcionamiento, de acuerdo a la posición geográfica de la Plataforma (Pto 2.2.2 Pag.17)

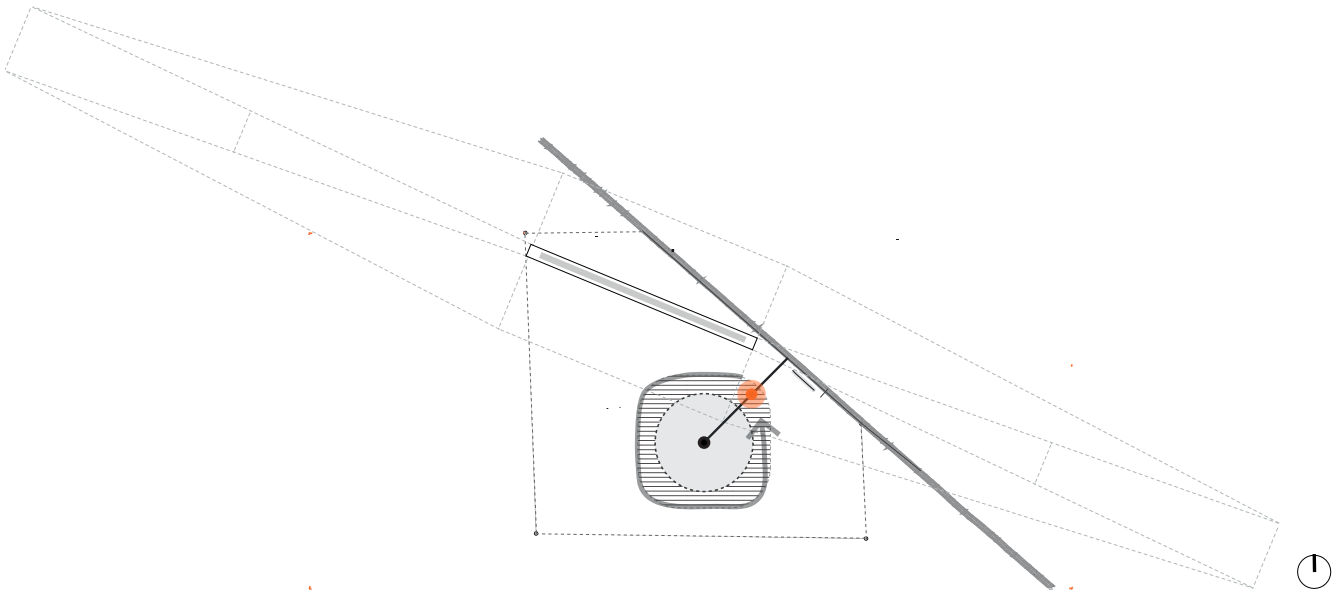
3. Edificio de Investigación:

De forma continua el Edificio de Investigación se amarra al eje que conecta la Torre de Concentración, logrando una posición próxima al acceso, y generando un recorrido progresivo desde la ruta hasta el hito y remate del Centro PSDA.



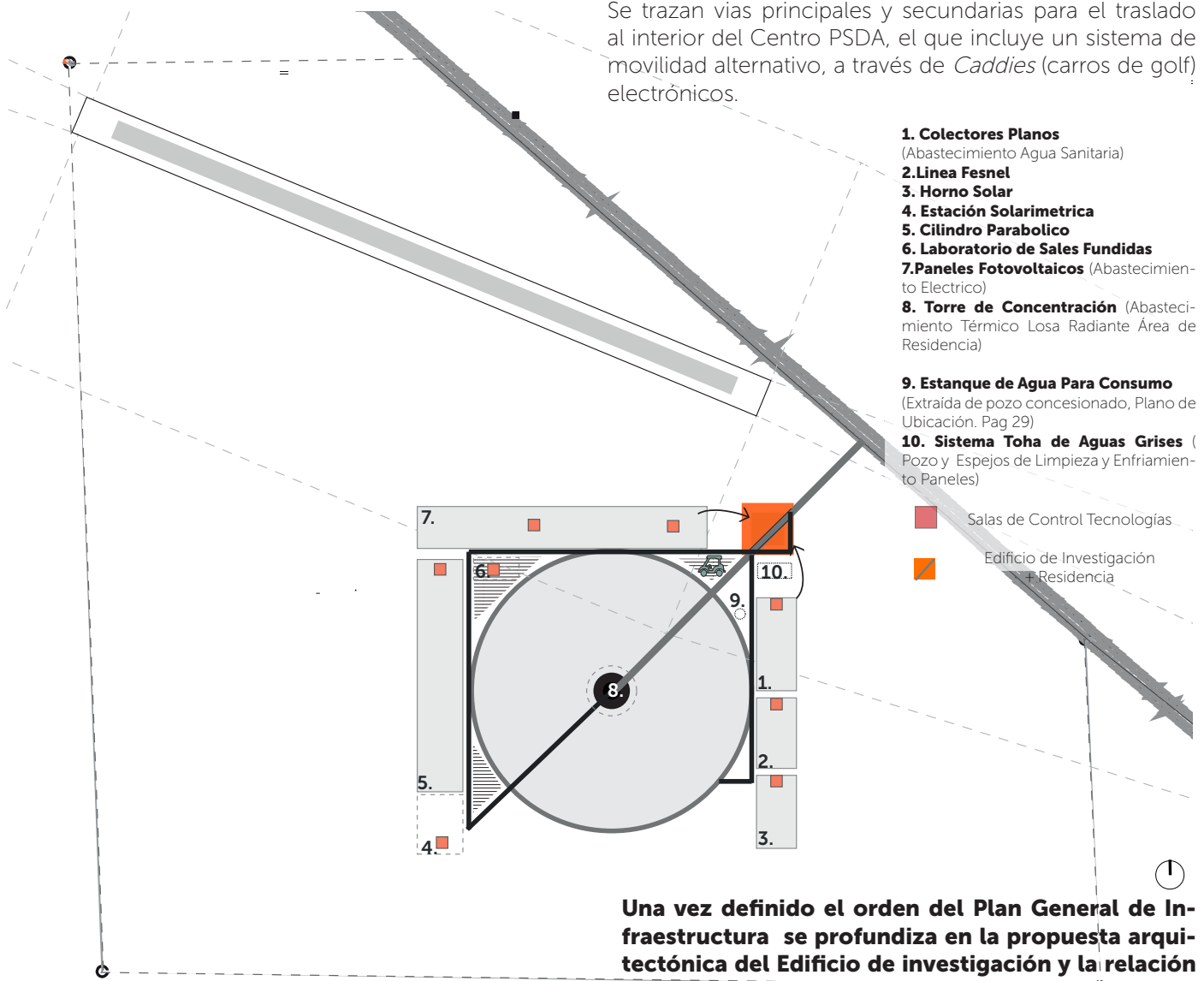
4. Campo Tecnológico:

Las demás tecnologías se ordenan funcionalmente alrededor de la torre, considerando la proximidad de algunas tecnologías con el Edificio de Investigación para el auto abastecimiento de éste.



5. Vialidad :

Se trazan vías principales y secundarias para el traslado al interior del Centro PSDA, el que incluye un sistema de movilidad alternativo, a través de *Caddies* (carros de golf) electrónicos.



Una vez definido el orden del Plan General de Infraestructura se profundiza en la propuesta arquitectónica del Edificio de investigación y la relación de éste con el resto del Centro PSDA.

4.4 ARQUITECTURA

4.4.1 PROPUESTA CONCEPTUAL

Como todos los animales, el ser humano comparte la particular premura por refugiarnos. Cuando nos encontramos en un desierto de luz, la sombra y la tierra se transforman en el oasis, el lugar de cobijo, protección y descanso. Esta acción implica que tanto en los salares como en el mismo desierto hay posibilidad de existir vida latente en su interior.

El hábitat desértico se presenta hoy en día como un ambiente dispuesto al desarrollo de la vida, territorios desocupados dispuestos a recibir el desarrollo de una arquitectura que se relaciona con el ambiente, un planteamiento apropiado al clima del lugar, con sistemas constructivos pertinentes a su geografía, su clima, el suelo y su condición topográfica.

De acuerdo a lo anterior, la propuesta conceptual responde a la idea de **generar arquitectura para la ciencia**, entregando condiciones de habitabilidad para la actividad en el desierto por medio de un **cuerpo envolvente**, que inserto a la manera de la serpiente, **se recoge sobre sí mismo, enterrándose y despegándose paulatinamente de la tierra**.

Para dar origen a la forma se recoge el ritmo sobre el cual se ordena el contexto artificial de tecnologías, que como se profundizó anteriormente, se encuentra organizado alrededor del Hito originando un campo tecnológico cuadrangular.

Las condiciones de habitabilidad humana nacen de las mismas necesidades de los investigadores de Centro PSDA para poder realizar las actividades diarias lo más confortable posible, condicionados por las actividades más intensas de experimentación que tienen estricta relación con el campo tecnológico, donde el sol directo es el principal actor.

DÍA - NOCHE

La propuesta debe responder a una dualidad de relaciones, entre las actividades diurnas de trabajo de investigación y experimentación, y las nocturnas de descanso.

ESCALA MONUMENTAL- ESCALA HUMANA

El proyecto exige la intervención del paisaje con un campo de tecnologías de gran escala, sumando la torre de concentración solar como **hito monumental en el vasto territorio**, mientras que por otro lado, se precisa de un espacio de trabajo de estudio y descanso de escala humana, que compense las sensaciones extremas del desierto en el cual se desarrolla la actividad diaria del conjunto.



Vibora de Avicena Enterrada en el Sahara (imagen Google)



Cueva de crías Golondrina de mar negra , Pampa de Chaca , al sur de Arica , Chile (Rodrigo Barros)



Cueva Golondrina de mar negra , Salar al interior de Antofagasta , Chile (Rodrigo Barros)

4.4.2. PROPUESTA FORMAL

Se propone un espacio que de cuenta del resguardo físico, generado por la relación lleno-vacío del espacio. Insertándose a través de la experiencia en el interior del medio habitable, la tierra.

Se entiende que habitar el desierto requiere experimentar la frágil alterabilidad de este, comprendiendo una manifestación sensible con el medio ambiente que vincula una obra con el paisaje construyendo en armonía con la tierra.

El proyecto se comprende como un complemento para moderar el clima y como un componente para fortalecer y abrir los sentidos al disfrute de lo visual del paisaje.

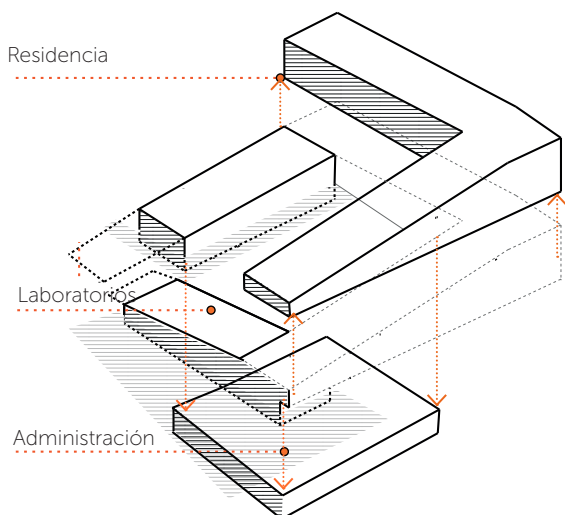
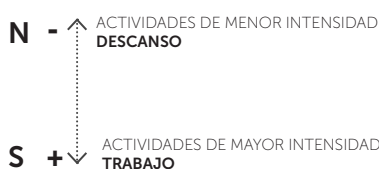
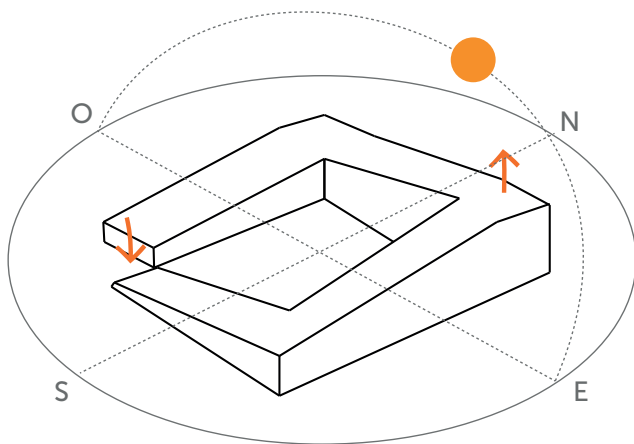
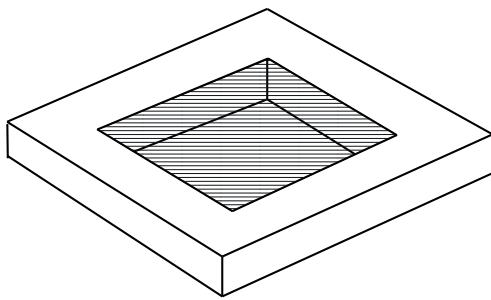
De acuerdo a los conceptos y variables expuestas a los que debe responder el proyecto, se pueden asumir tres actitudes espaciales frente al lugar.

1. SEPARAR: comprendiendo la funcionalidad dual a las que se enfrenta el proyecto, es imprescindible separar los programas de trabajo y descanso, sin dejar de contener las actividades bajo el concepto común, esto, con la finalidad de abarcar las áreas del programa a escala humana, englobando distancias y espacialidad, donde la arquitectura busca ser flexible y abierta con el dialogo exterior

La divergencia se genera a través de la vertical, ubicando los programas de mayor intensidad de ocupación mas cerca de la tierra y del sur ; y levantando los programas de menor intensidad ubicados mas cerca del norte. de esta forma se regula la radiación directa e indirecta sobre cada programa según su funcionalidad. rescatando los siguientes puntos:

- Trayecto de peregrinación interior
- Experimentar el paisaje exterior
- Construcción de la sombra
- Optimizar y regular la luz y temperatura
- Construcción del intersticio

La cultura vernácula plantea la recuperación de sistemas constructivos tradicionales, incorporando tecnologías apropiadas, como es el uso de materiales locales como el adobe y la piedra en el caso del norte de Chile, incorporando la sombra como un lugar intermedio de conexión con el clima extremo exterior.

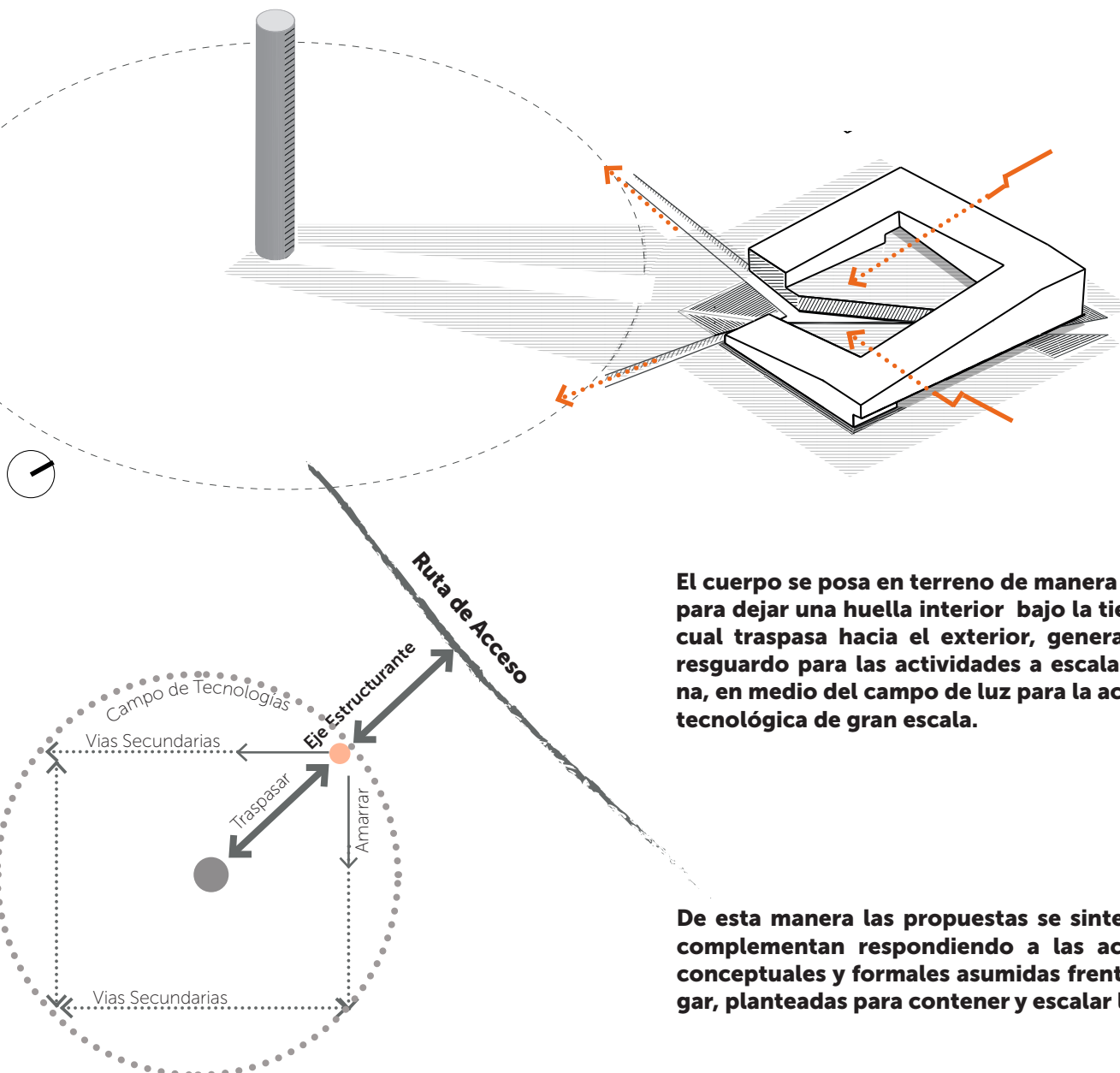


2. HUNDIR: Habitar la tierra, utilizada como elemento de masa térmica, que junto su masa salina es capaz de almacenar el calor para liberarlo al disminuir las temperaturas, actuando como un estabilizador térmico.

De esta manera se decide hundir los programas de trabajo (Laboratorios y Administración) al ser los programas que concentran la actividad mas intensa. rescatando los siguientes puntos:

- Inercia térmica - oscilación térmica
- Espesor
- Construcción de la luz indirecta
- Relación con el paisaje intervenido y sin intervenir

3. TRASPASAR: Al insertarse el edificio en el eje estructurante que amarra el contexto artificial, se genera un traspaso del paisaje exterior hacia el interior del cuerpo envolvente, el traspaso se formaliza a través de una fisura interna que conecta la totalidad del Centro PSDA, salvando distancias caminables desde el interior hacia el exterior. El edificio actúa como un umbral de acceso entre el paisaje sin intervenir y el campo de tecnologías.

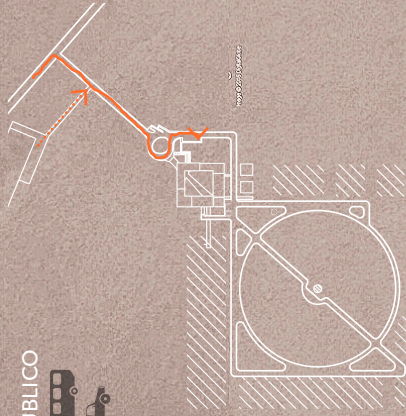


El cuerpo se posa en terreno de manera parcial para dejar una huella interior bajo la tierra, la cual traspasa hacia el exterior, generando el resguardo para las actividades a escala humana, en medio del campo de luz para la actividad tecnológica de gran escala.

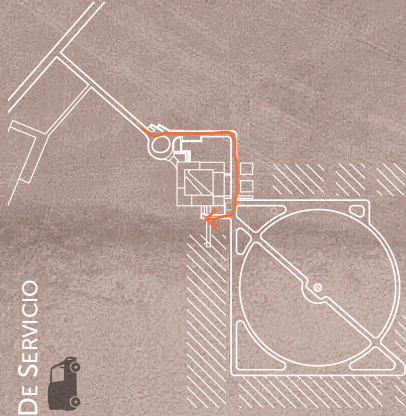
De esta manera las propuestas se sintetizan y complementan respondiendo a las actitudes conceptuales y formales asumidas frente al lugar, planteadas para contener y escalar la obra.

CIRCUITOS

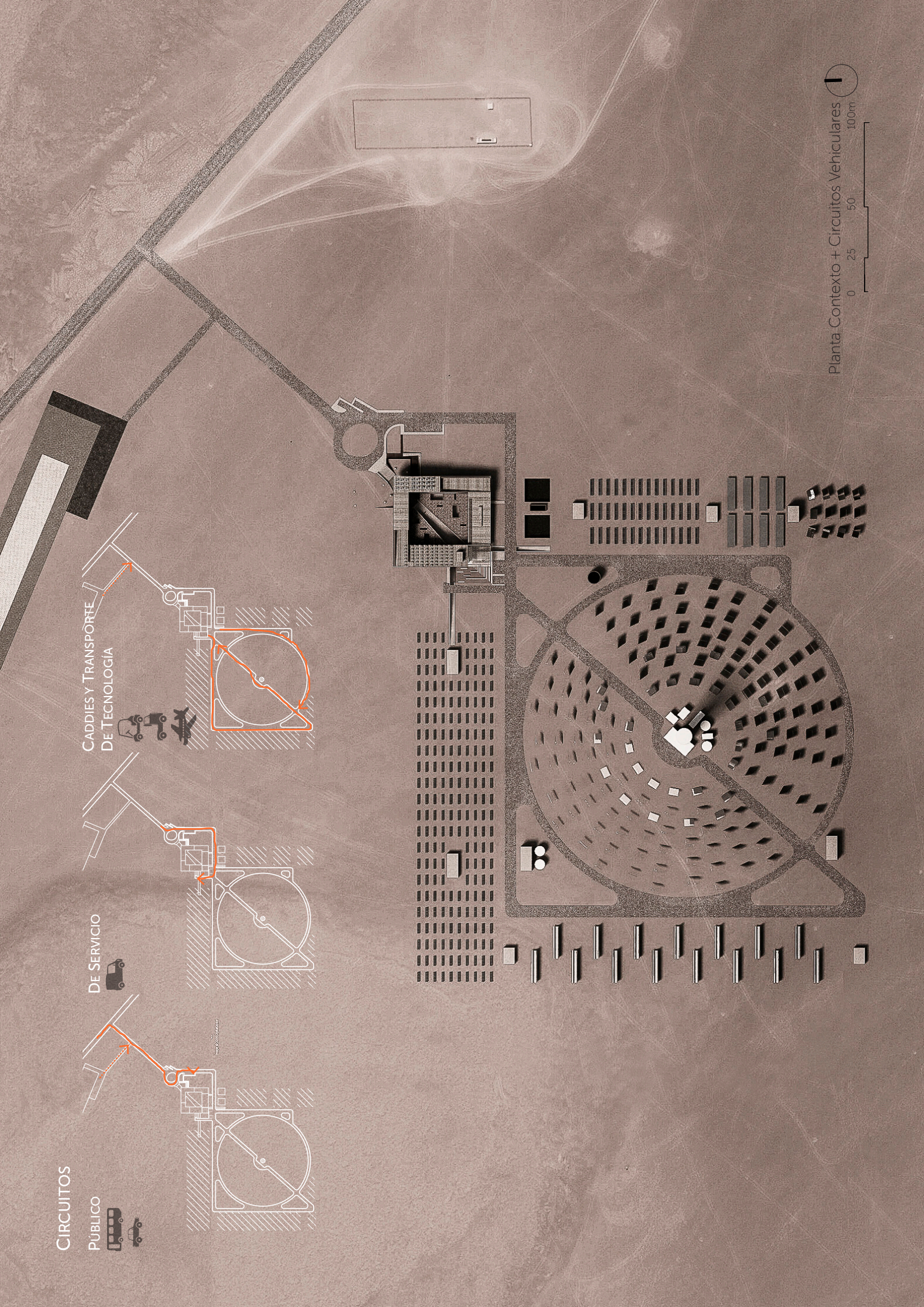
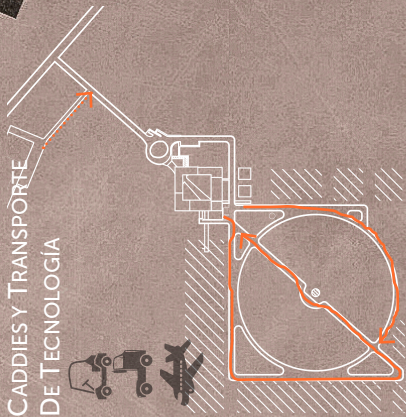
PÚBLICO



DE SERVICIO



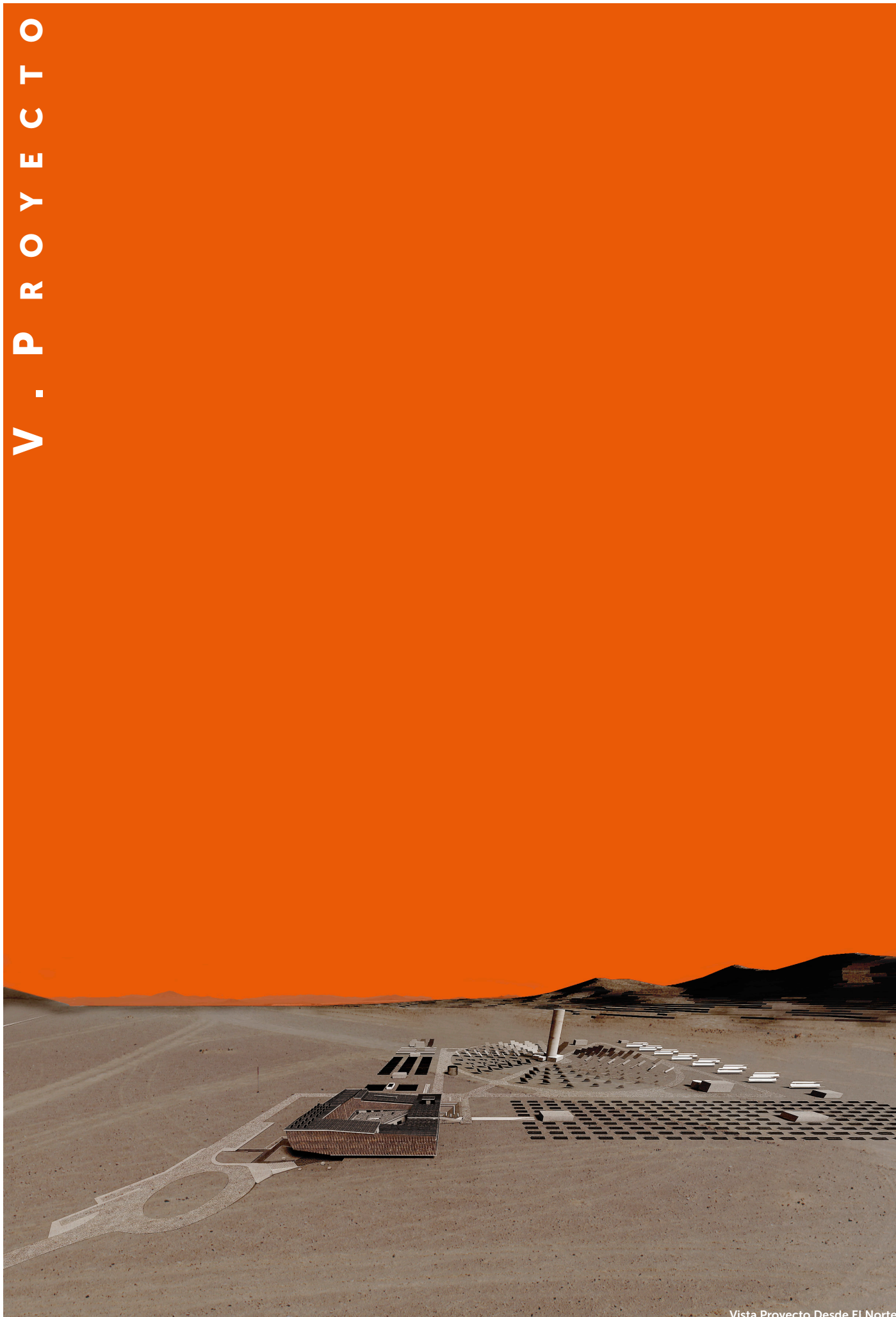
CADDIES Y TRANSPORTE
DE TECNOLOGÍA



Planta Contexto + Circuitos Vehiculares



V . P R O Y E C T O



Vista Provento Desde El Norte

El Centro de Desarrollo Tecnológico PSDA dedicado a la investigación, experimentación y desarrollo de tecnologías solares cuenta con 5.500 m² aprox. y alberga un área de trabajo y estudio compuesta por oficinas, laboratorios de análisis, aulas de capacitación y auditorio, y un área de descanso compuesta por un comedor general y residencia para investigadores y estudiantes a capacitar.

La composición se logra con el desglose de un único cuerpo en tres niveles generales para diferenciar las actividades del programa arquitectónico:

- Los laboratorios, auditorio y comedor general forman dos bloques de orientación poniente y sur, se entierra el auditorio con el fin de conseguir aislación acústica, mientras que los laboratorios se encuentran semi-enterrados logrando confort térmico a media altura y ventilación natural en las áreas de análisis químico.

- La residencia en forma de L se orienta hacia el norte y oriente para aprovechar el sol de las mañanas, ésta se eleva para generar un suelo ventilado que permite liberar la permeabilidad entre del paisaje desértico y el interior del edificio.

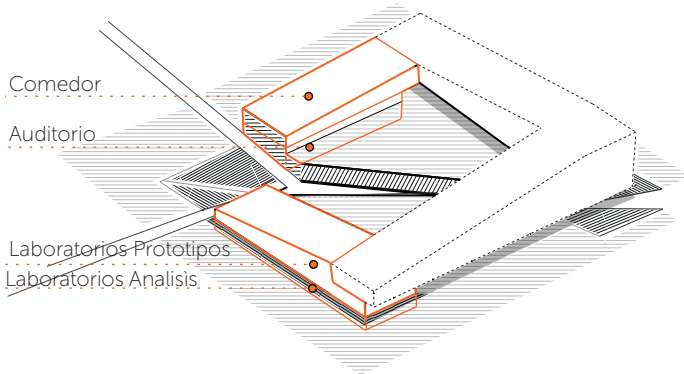
- Ambas L forman un **volumen hueco**, al interior del cual se encuentran los espacios de oficina y aulas de capacitación; formando un **sub suelo** que se entierra totalmente.

Esta composición logra configurar una envolvente alrededor de un patio central al cual se orientan las circulaciones horizontales y perimetrales que unifican el volumen.

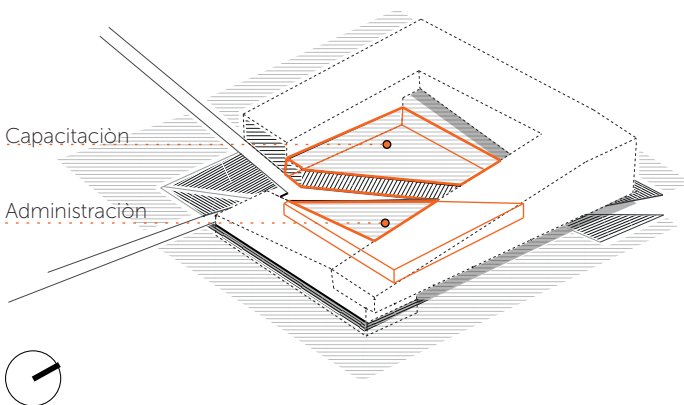
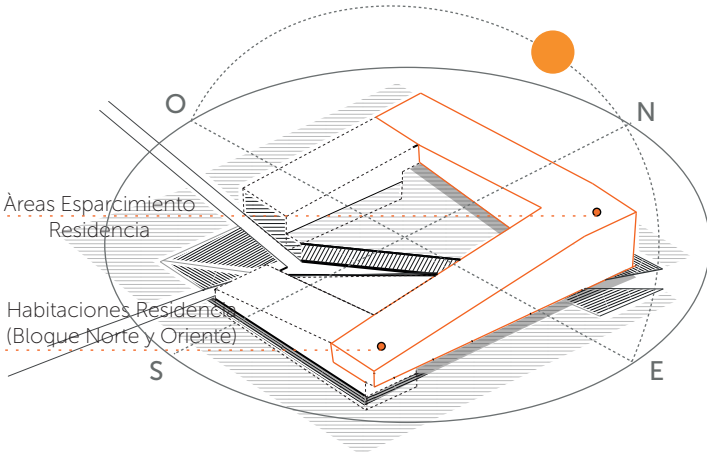
La circulaciones verticales articulan los quiebres del cuerpo regular; la escalera poniente - pública- distribuye hacia todos los niveles y programas, la oriente - privada- funciona como acceso directo hacia la residencia, mientras que la circulación sur- privada- comunica las áreas de trabajo. Todas las circulaciones verticales son vías de evacuación de emergencia.

La puerta principal se configura bajo nivel cero, encima de ésta se desarrolla la Residencia, la cual enmarca la Plaza De Acceso, atrio e ingreso permeable al interior de la fisura que desciende paulatinamente hasta el nivel de sub suelo, rematando en una Plaza De Distribución y vestíbulo público, esta plaza direcciona a todas las áreas del edificio.

En la Plaza De Distribución el espacio se bifurca en dos túneles de acercamiento que ascienden al nivel de tierra para comunicarse con las tecnologías mas cercanas al Edificio de Investigación.



Laboratorios de Prototipos: Talleres para desarrollar la tecnología para ensamblar componentes a nanoescala.



Durante todo el tiempo, el edificio esta invadido por luz natural. Una sala de estudio y/o descanso compartido y otras áreas comunes del edificio, lo proveen de oportunidades para el encuentro informal entre los distintos investigadores.

Inspirado en la arquitectura vernácula, una serie de patios interiores enterrados y jardines secos proveen al usuario de un escape de las duras condiciones del desierto, generando un alivio visual del intenso trabajo de investigación que se realiza dentro del edificio, y un refugio para las intensas jornadas de experimentación afuera de éste. Muros de media altura cuidan el perímetro, mientras los arbustos desérticos se desenvuelven entre la sombra y la estructura.

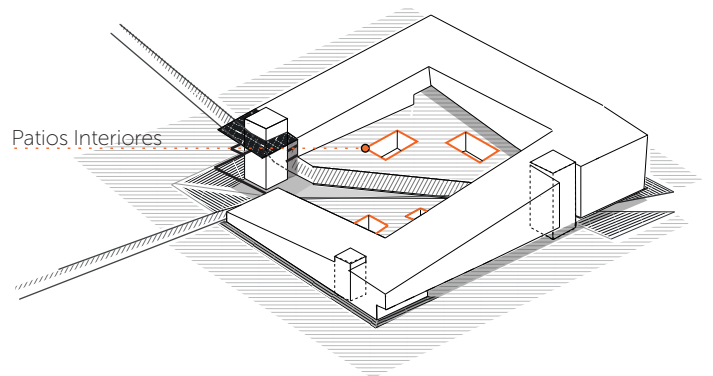
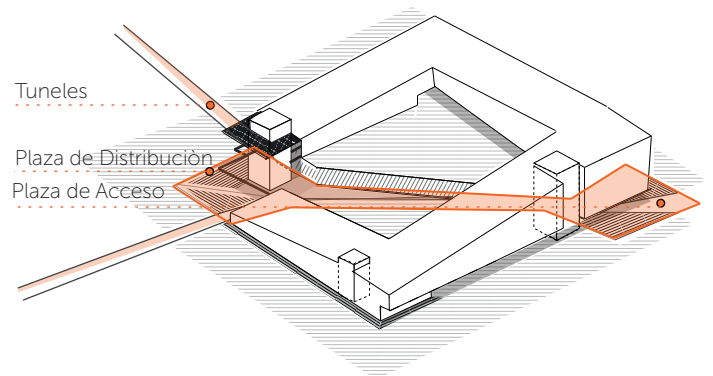
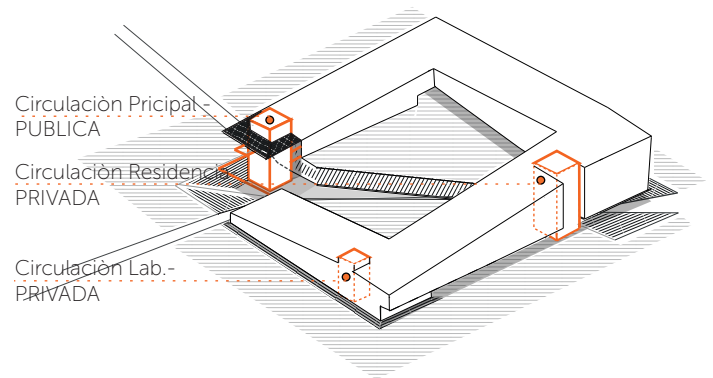
Con el fin de emplear distintas variables de sustentabilidad en el diseño se utilizan los patios interiores enterrados y lucarnas de altura para crear un efecto de chimenea solar que permite la ventilación natural eficiente logrando captar luz natural al interior de las áreas enterradas, sumado a esto, se utilizan estrategias de confort ambiental activas como pozos canadienses que utiliza la energía geotérmica para enfriar estos ambientes y losas radiantes vinculadas a la energía generada en las plantas tecnológicas.

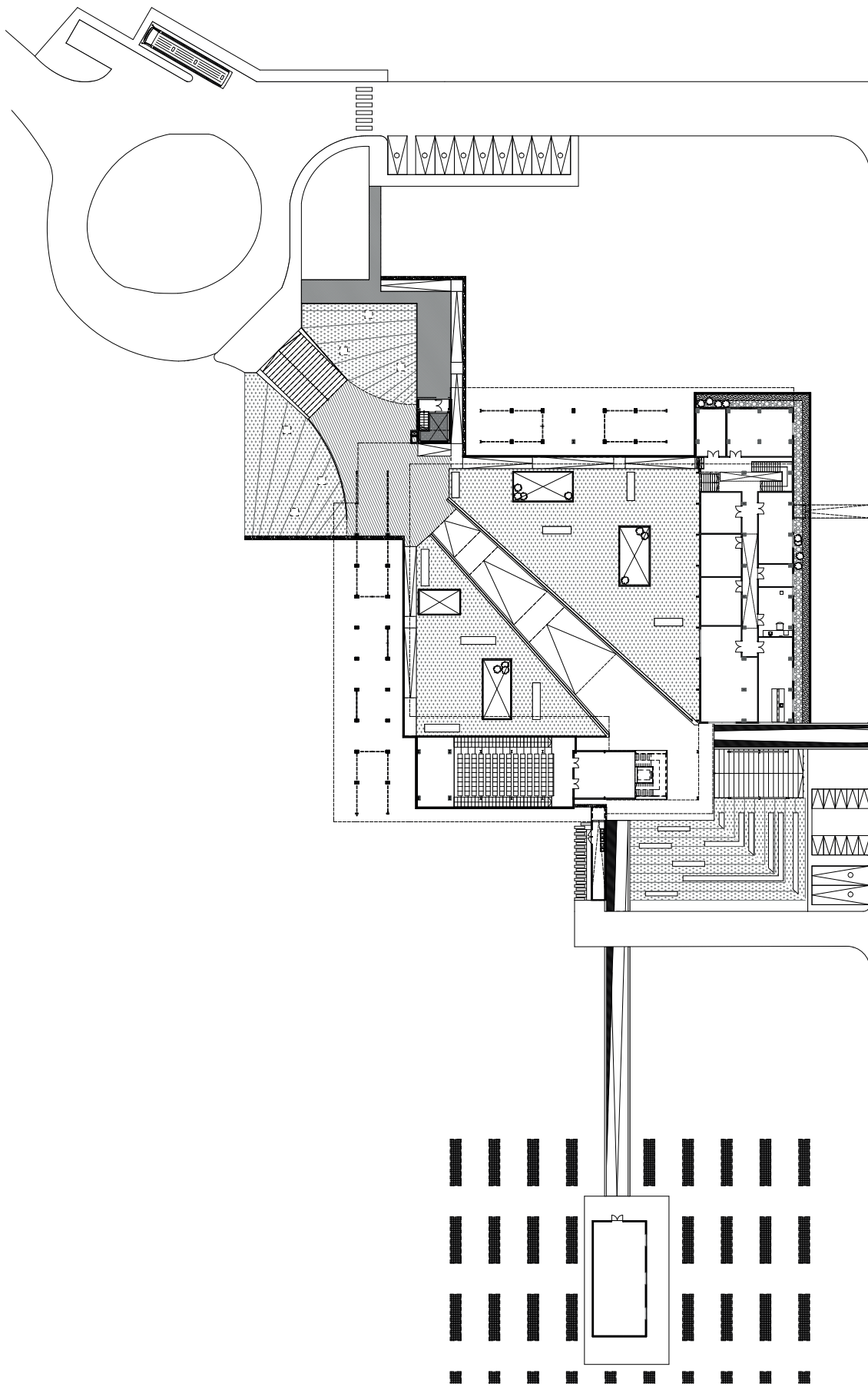
El perímetro exterior del edificio esta compuesto por una doble piel de paneles de aluzinc perforados con distintas in-tensidades, según la orientación en la que se dispongan, que permite gran versatilidad formal y control lumínico y de ventilación en los espacios interiores, las celosías son auto portantes, ligeras y flexibles gracias a los planos, pliegues y nervios que rigidizan el conjunto, adoptando la geometría triangular para proteger del sol permitiendo la visión en dos planos

En el perímetro interior la piel se compone de los mismos paneles dispuestos en forma de cintas verticales (scream-panel), permitiendo ampliar el campo visual hacia el interior del edificio.

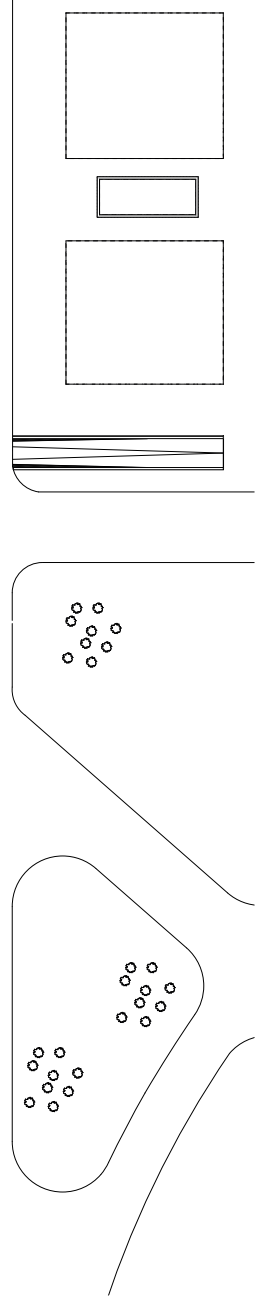
La intención básica en el aspecto constructivo, fue resolver el proyecto de forma modulada, con dimensionamiento estándar y elementos prefabricados permitiendo una racionalización del proceso constructivo, que se refleje en una economía de los recursos empleados para la edificación.

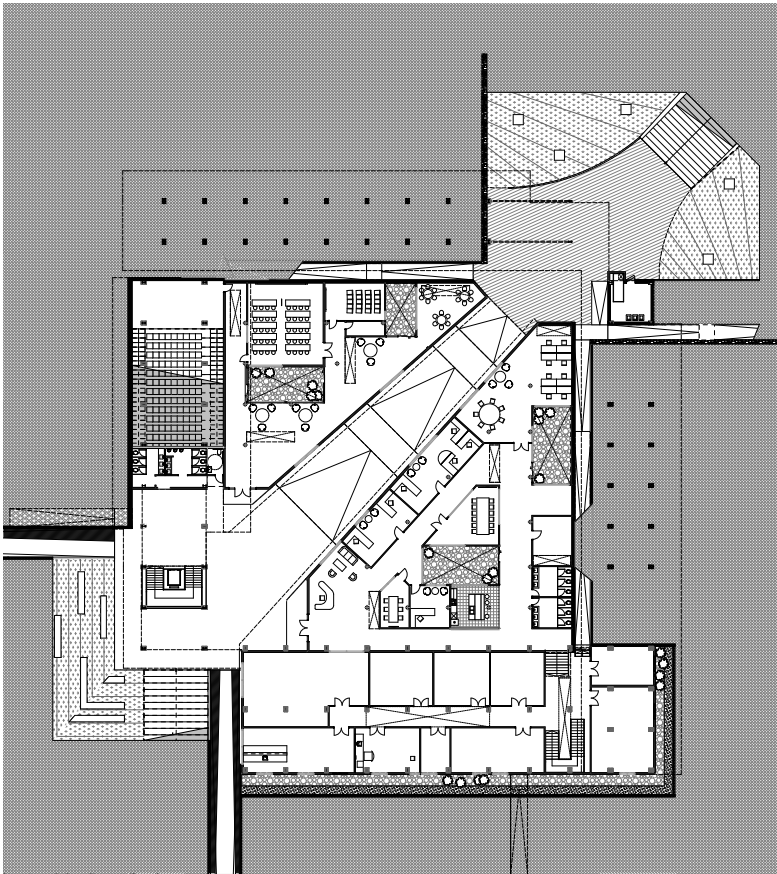
La solución estructural, esta vinculada directamente al montaje eficiente y sencillo del edificio, configurando una serie de marcos rígidos con cara arriostrada, integrados por vigas y pilares de acero protegidos con una imprimación de epoxi zinc y poliuretano. Se propuso un relleno de paneles de hormigón celular compuesto en su mayoría por aire aprisionado en miles de células independientes, creando una barrera tanto térmica como acústica, permitiendo obtener una disminución de costos en calefacción durante los periodos fríos y manteniendo un ambiente fresco y sano en los periodos calientes, además de su bajo mantenimiento y ligereza, el material se dispone por medio de elementos prefabricados que aportan rapidez en la ejecución.



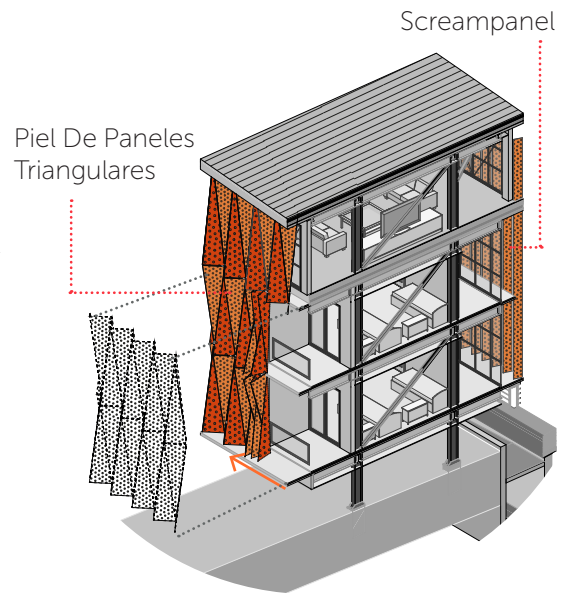


Planta Nivel 0

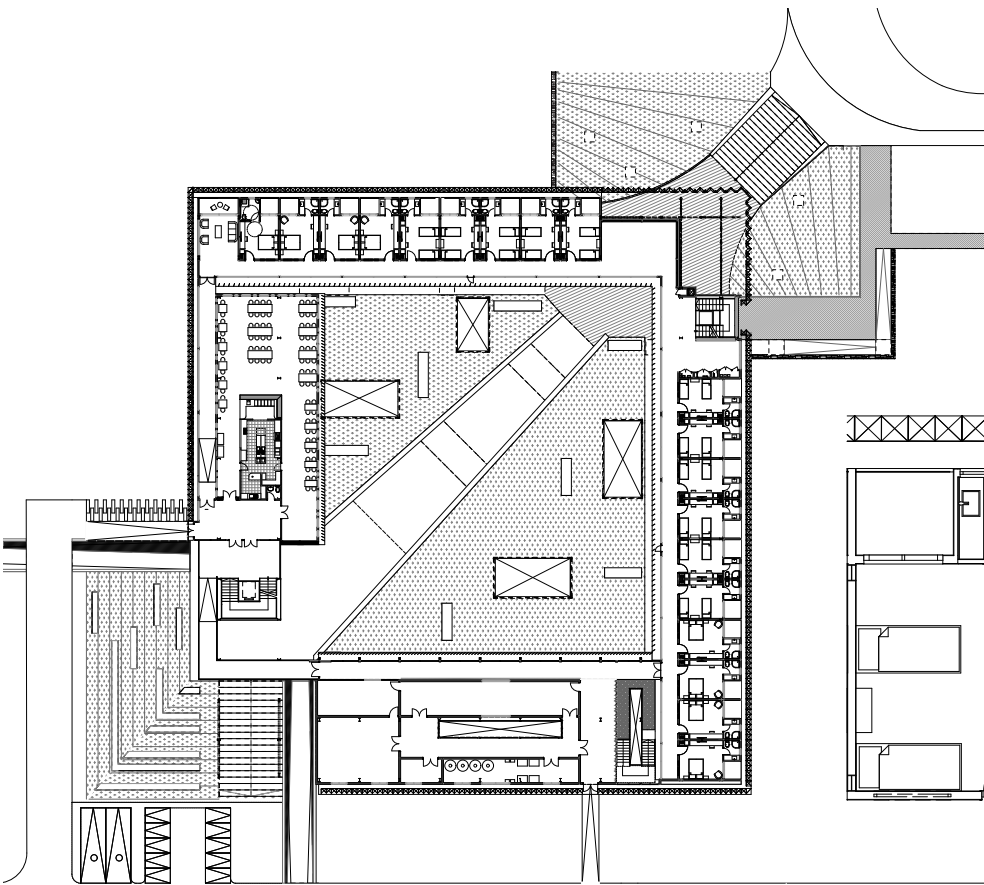




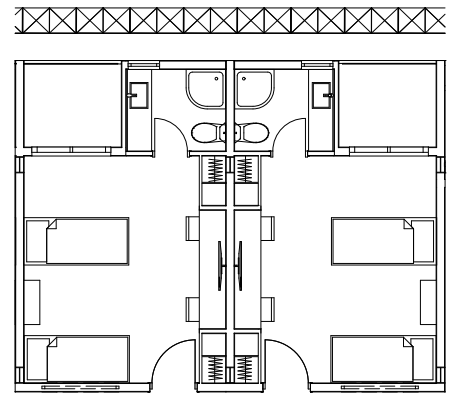
Planta Nivel -1



Sección Isométrica Área de Residencia: Celosías perforadas de aluzinc pintado, fijas y plegables -para las áreas de terraza-, dejan pasar la luz al interior de los espacios de forma controlada.



Planta Habitación Tipo

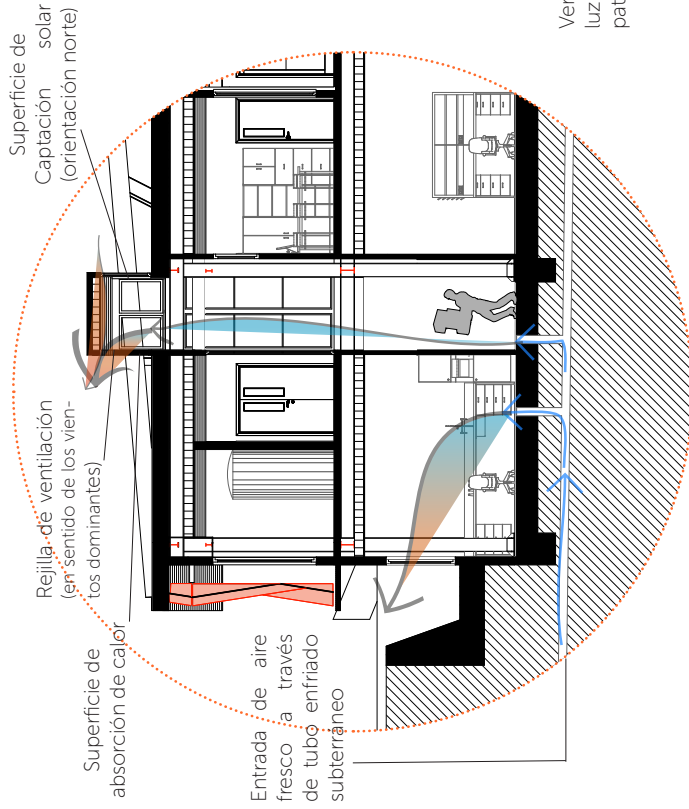


Planta Nivel 1

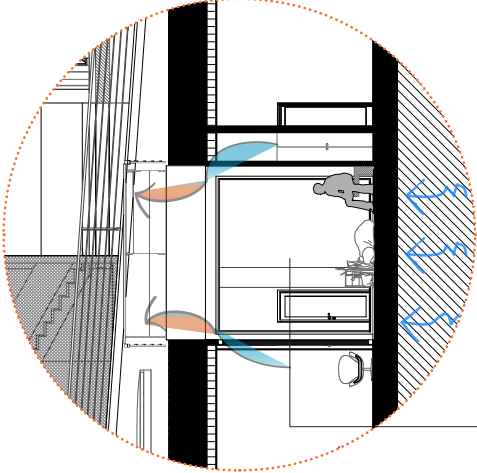
0 10 25m



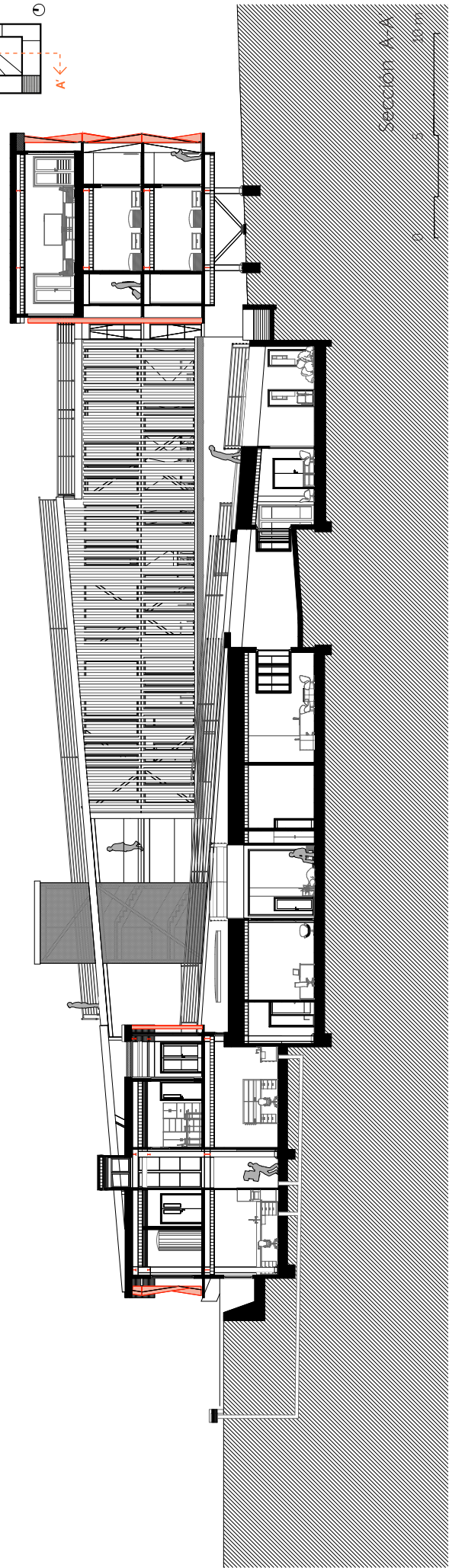
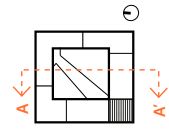
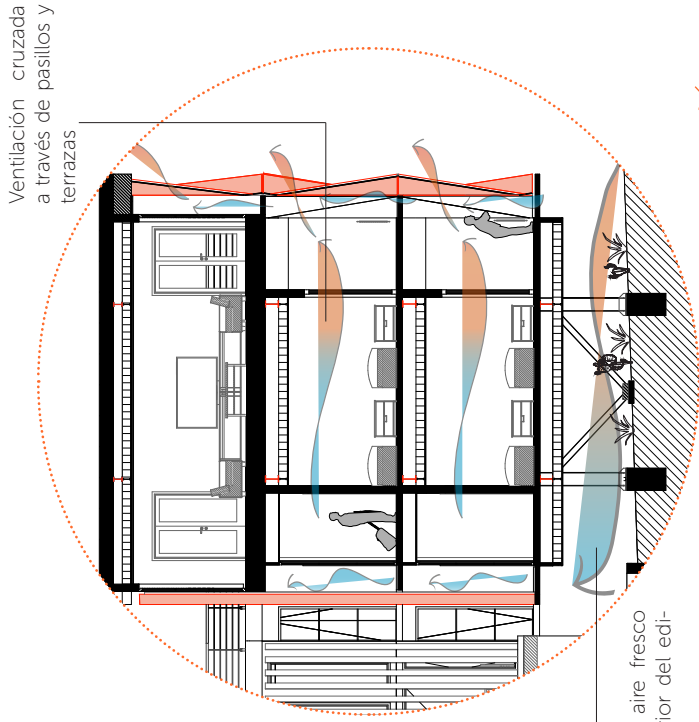
VENTILACIÓN CONTROLADA CHIMENEA SOLAR Y POZO PROVENZAL



APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO



PISO VENTILADO Y DOBLE PIEL DE CELOSÍAS



VI. BIBLIOGRAFÍA

- 4E PROGRAMA DE ENERGÍA RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CHILE . (2014). Fomento de la Energía Solar - Enfoque en CSP/CST y PV a Gran Escala. Berlín : Sociedad para la Cooperación Internacional (GIZ) GmbH.
- ALONSO, P. (2012). Deserta. Ecología e industria en el Desierto de Atacama. Santiago : ARQ ediciones.
- ARONSON, S. (2008). Aridscapes. Proyectar en Tierras Ásperas y Frágiles. GG.
- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE. (s.f.). Obtenido de Clima y Vegetación Región de Antofagasta: <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region2/clima.htm>
- CHILEAN SOLAR ENERGY RESEARCH CENTER (SERC Chile). (2013-2014). Memoria SERC. Centro de Energía, Santiago .
- CORFO, GERENCIA DE DESARROLLO COMPETITIVO. (2014). Programa Estratégico Nacional: Industria Solar . Santiago .
- DGAC. (2009). DAN 14 03, Habitabilidad y Funcionamiento de Aeródromos para Aeronaves Con Peso Máximo de Despegue Hasta 5.700 Kg.
- FELIÚ, E. G. (1999). Ciudades Del Salitre. Santiago.
- FUNDACIÓN CHILE. (2015). Levantamiento de Brechas y Hoja de Ruta Programa Estratégico Nacional en Industria Solar (PES). Chile.
- GUERRA, J. (2006). Una Arquitectura Para El Desierto. AUS n°2 Valdivia , 10-12.
- GUT, P. (1993). Climate Responsive Building. SKAT.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD, DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DEL CIEMAT. (s.f.). Plataforma Solar de Almería (PSA). Obtenido de Gobierno de España: <http://www.psa.es/es/index.php>
- MINISTERIO DE ENERGÍA. (2015). Energía 2050: política Energética De Chile. Santiago .
- MINISTERIO DE ENERGÍA, DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA - FCFM UCHILE. (2015). Explorador de Energía Eólica. Obtenido de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- MINISTERIO DE ENERGÍA, DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA - FCFM UCHILE. (2015). Explorador de Energía Solar. Obtenido de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/>
- MINISTERIO DE ENERGÍA, CENTRO DE ENERGÍAS RENOVABLES. (s.f.). Libro Solar. Santiago.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (2012). Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta.
- OROZCO, E. S. (2005). Tecnología Pasiva Para Zonas Áridas Y Semi- Áridas. Chihuahua, Mexico .
- PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL HORMIGÓN. (2008). Hormigón para Edificios Energéticamente Eficientes. Los Beneficios de la Inercia Térmica .
- RÍO, G. D. (2001). Hidrogeología de la Cuenca de Aguas Blancas. Santiago.
- SILVA, M. (2005). Sistemas Termosolares de Concentración. . Departamento de Ingeniería Energética y Mecánica de Fluidos. Universidad de Sevilla.
- SINTESIS GEOGRAFICA REGIONAL. (2005).Chile.
- ©ASIT. (2010). Guía Solar Térmica.

6.1 ANEXOS

ANEXO 1 : NOTICIA EXTRAIDA EN SEPTIEMBRE DEL 2015
www.portal minero.cl

Plataforma Solar Desierto de Atacama inaugura primera etapa del proyecto

Chile

La iniciativa se constituye como el primer centro de investigación científico-tecnológico que estudiará las tecnologías asociadas a la energía solar.

Miércoles 19 de Agosto de 2015.- La Plataforma Solar del Desierto de Atacama (PSD), inaugurará hoy su primera etapa, constituyéndose como el primer centro de investigación científico-tecnológico que estudiará las tecnologías asociadas a la energía solar.



La iniciativa considera un costo cercano a los USD 25 millones para cuatro etapas, y cuenta con apoyo del Gobierno Regional de Antofagasta, Corfo y el Ministerio de Energía, entre otros.

Los científicos e ingenieros del Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta, CDEA, se inspiraron en el modelo de la Plataforma Solar de Almería, en España, aunque considerando las particularidades de la zona. Según detalla una nota de prensa de la Universidad de Antofagasta (UA), esta primera etapa fue financiada principalmente con fondos FIC-R de la región, y contempla la instalación de módulos, bodegas, oficinas y una planta interna de generación solar fotovoltaica, además del cercado del sitio.

El doctor Carlos Portillo, académico de la Facultad de Ingeniería de la UA y director del proyecto, explicó que la elección del sector para instalar la PSDA – en la planicie de Yungay– no fue al azar: “acá tenemos amplias planicies pues nos encontramos sobre un salar, además que las condiciones de radiación solar son perfectas, más de 1.200 w/m² y sobre 300 días despejados al año”, dijo.

Desde la entidad universitaria explicaron que esta plataforma no será una generadora eléctrica conectada al SING, sino que un laboratorio para estudiar diferentes tecnologías. “Junto con realizar las investigaciones, queremos crear un centro abierto a todas las empresas del rubro solar, así como a los centros de investigación de todo el mundo, convirtiéndose así en una gran vitrina tecnológica donde las empresas mineras o de cualquier rubro tengan un lugar donde ver y probar el uso de la energía solar en sus procesos productivos”, señaló Portillo.

SERC-Chile

Como es sabido la energía solar no funciona durante las noches ni en días nublados. Por eso, señalan los especialistas, es primordial desarrollar paralelamente sistemas de almacenamiento energético, usando nitratos en estado fundido o en base a sistemas eléctricos por medio de baterías de litio, ambos compuestos químicos abundantes en el norte de Chile.

En ese contexto, la Universidad de Antofagasta es parte de la línea de investigación en almacenamiento solar incorporada en el mega proyecto nacional Solar Energy Research Cente (SERC-Chile), en el cual además participan otras universidades y centros de investigación del país. El director de esta entidad, Rodrigo Palma, visitó recientemente la PSDA para observar en terreno los avances del proyecto: “esta plataforma será el corazón de nuestra red de laboratorios en Chile y parte de un sistema internacional de investigación solar”, señaló en esa oportunidad.

“Este no es sólo un desafío para la Región de Antofagasta, sino que para todo el país, pues Chile puede llegar a convertirse en un exportador de energía”, agregó el ejecutivo. Y en cuanto a las investigaciones que se realizarán en el centro, sostuvo que éstas irán desde los paneles fotovoltaicos tradicionales hasta los más avanzados, considerando además una torre de concentración solar. “De los estudios que realicemos hoy dependerá que la energía solar pase en el futuro al alcance de todas las personas. Uno de los objetivos es que Chile tenga la energía solar más costo-efectiva del mundo”, dijo.

Impacto

El doctor Vasilis Fthenakis es fundador y director del Center for Life Cycle Analysis de la Universidad de Columbia de Estados Unidos, y asesor del SERC-Chile en diversas materias científicas. El investigador visitó también recientemente la PSDA, destacando en su recorrido los estudios que se realizarán en ella. "Estoy muy impresionado por este entorno y al imaginar las instalaciones que se construirán en este sitio, pues lo que acá se logre será de mucha trascendencia no sólo para Chile, sino que para todo el mundo. En este sector tenemos una conjunción de variables que hacen de Yungay un lugar único, por nombrar sólo algunas, la alta radiación solar, la extensión de las planicies, su cercanía con el mar e incluso los vientos", afirmó.

Fthenakis tiene una amplia experiencia en la articulación del trabajo entre las universidades y los centros científicos con el gobierno de Estados Unidos en el campo solar. "Esta industria al igual que otras necesita reglas claras y estabilidad para desarrollarse. Las autoridades también deben asumir un rol importante en la formación de la fuerza de trabajo necesaria", precisó.

Finalmente, y considerando las perspectivas de futuro, el científico aseguró que Chile puede y debe convertirse en un exportador de energía generada a partir del Sol: "Este país y esta zona específica tienen todas las ventajas imaginables, sumadas a que el Sol no se agotará en el corto plazo. Sin embargo, se debe asumir que las inversiones y costos primarios son elevados, pero que al cabo de unos años, se contará con un recurso muy abundante y gratuito en cuanto a su aprovechamiento".

Polo Científico

El Ministerio de Bienes Nacionales traspasó a la Universidad de Antofagasta cerca de 80 hectáreas de terreno en la ex oficina salitrera de Yungay. En esa zona, además de la PSDA, funcionará el primer observatorio astronómico del Estado de Chile en la Segunda Región, proyecto que desarrolla actualmente la Unidad de Astronomía de la UA.

También se considera en el mediano plazo que otras unidades científicas, por ejemplo, el Centro de Bioinnovación y el Instituto Antofagasta tengan instalados algunos laboratorios en esa zona, consolidando así un centro de investigación de avanzada que podrá aprovechar las grandes ventajas y características únicas que ofrece el Desierto de Atacama al avance del conocimiento humano.

Portal Minero

ANEXO 2: OTRAS INICIATIVAS DE INVESTIGACIÓN DE ENERGÍA SOLAR , Complemento Pto.2.4

El Ministerio de Energía lanzó en el año 2014 nuevos Laboratorios Fotovoltaicos dedicados a la formación del área, con la finalidad de aumentar la disponibilidad de mano de obra calificada. y reducir las brechas de desarrollo regional promoviendo la creación de puestos de trabajo para los instaladores solares y generar conocimiento tecnológico para desarrollar aplicaciones competitivas.

El primer centro oficialmente inaugurado por el Ministerio de Energía es el CFT ProAndes de su sede Baquedano en la Región Metropolitana, ; luego le siguen la Universidad de Santiago en la Región Metropolitana ; Universidad de Tarapacá la XV Región; Universidad de Antofagasta (en la II Región; Universidad de Talca, sede Curicó en la VII Región; y por último, el Instituto Profesional Virginio Gómez en la VIII Región.

Además de estos, han ingresado al país distintas entidades internacionales, tales como Fraunhofer ISE (Alemania) con sede en Campus San Joaquín, UC y Laborelec GDF Suez (Francia - Bélgica) con sede en Santiago, dedicadas a la promoción tecnológica, instalando pequeñas sedes de investigación solar para apoyar el mercado potencial chileno trabajando en generar innovaciones para lograr la implementación a gran escala de la energía solar en los principales sectores industriales y comerciales / residenciales en Chile.

ANEXO 3 : UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR- TECNOLOGÍAS. Complemento Pto. 2.2.1

Fotovoltaica (PV) Energía Eléctrica

• Paneles de silicio cristalino

Silicio monocristalino y Silicio policristalino

Uno de los grandes problemas de estos paneles importados de del hemisferio norte del mundo, líderes en tecnología solar, es que se venden con una duración estimada de 25 años, sin embargo, los alta radiación solar producida en Chile daña excesivamente las fibras de cristal reduciendo su vida útil alrededor de 10 años, esta situación implica alta necesidad por la fabricación de prototipos en la Región, con el fin de reducir costos de importación y mejor aprovechamiento de la energía local.

•Thin Film

Se puede encontrar a nivel comercial, pero la tecnología sigue bajo estudio y mejora permanente, teniendo como foco principal aumentar la eficiencia. Hoy en día se encuentran en aplicaciones especiales como fachadas, techos solares, reemplazo de vidrios, entre otros.

•Concentración Fotovoltaica (CPV)

Esta tecnología está en etapa de investigación y desarrollo desde los años 70s, a pesar de que desde hace algunos años es posible encontrarla en etapa comercial. [SolFocus, 2011].

Chimenea Solar Industrial Energía Eléctrica

Consiste en un invernadero el cual cuenta con una chimenea pintada de negro, que durante el día se calienta por la radiación solar, aumentando la temperatura del aire en su interior, creando una corriente de aire ascendente dentro de la chimenea. Esta corriente de aire ascendente se usa para generar electricidad mediante turbinas y para Sistemas de climatización.

La chimenea debe tener una gran altitud, cercana a los 1.000 metros o más, mientras que algunos proyectos diseñados en la actualidad consideran diámetros de sobre 100 metros, lo que en términos de impactos puede implicar una fuente de contaminación visual.

Teóricamente, Chile tendría mucho potencial para generar electricidad a partir de una chimenea en el desierto, pero la tecnología todavía se encuentra en estado de desarrollo. Actualmente, en Chile existe un desarrollo con apoyo FONDEF. (IEA 2010, Tech. Roadmap).



Paneles Fotovoltaicos Monocristalino (Base SolarCap)



Chimenea Solar (Base Schlaich Bergermann Solar)



Film (Base Ecoedility it)



Cilindro Parabólico , Planta Termosolar De Villena (Base Sorlareserve)

Concentración Solar de Potencia (CSP) Energía eléctrica y térmica.

•Cilindro parabólico

Para la acumulación de la energía se utilizan sales fundidas. Sus principales componentes son los espejos, el sistema de conversión de energía, el sistema de enfriamiento y el fluido de trabajo.

•Lineal Fresnel

Esta tecnología se aplica para obtener electricidad y, en algunos casos, energía térmica, utilizando largas filas de espejos planos, o levemente curvos, de manera de reflejar los rayos solares en un receptor lineal fijo.

•Torre de Concentración

Las torres solares, o sistemas de recepción central, utilizan cientos de miles de reflectores pequeños para concentrar los rayos solares en un receptor central ubicado en lo alto de una torre fija.



Disco Parabólico (Base Enestar)



Lineal Fresnel (Base Ewind.com)

•Disco Parabólico

Los discos parabólicos concentran los rayos solares hacia un punto focal ubicado en su centro. No necesita agua, salvo para lavar los espejos. (IEA 2010, Tech. Roadmap).

• **Heliostatos** Un heliostato es uno de los componentes clave de una planta termosolar de tecnología de torre. Los heliostatos son espejos que se mueven sobre dos ejes siguiendo al sol. Estos sistemas se configuran en torno un receptor solar, como una torre de concentración o un horno solar.

El último modelo desarrollado por Abengoa, tiene una superficie de 140 m². Este heliostato se ha instalado en proyectos como Atacama 1 en Chile. (Abengoa Solar Products)



Torre de Concentración Abengoa + Heliostatos (Img Google)

Energía Solar Térmica (Agua Caliente Sanitaria, ACS) Energía térmica

•Colectores sin cubierta

Consiste en placas planas absorbentes de energía sin cubierta, conformadas por un arreglo de tubos por donde circula un fluido de trabajo, comúnmente agua.

•Colectores planos

Esta tecnología se aplica para generar energía térmica, principalmente para obtener agua caliente sanitaria tanto en nivel residencial, como en aplicaciones de mayor demanda. [TransEnergie-CNE, 2006].

•Colectores tubos al vacío

La base del funcionamiento consiste en la colocación de placas absorbentes de energía y tubos con fluidos de trabajo dentro de un tubo al vacío. [TransEnergie-CNE, 2006].



Colector Plano Con Cubierta (Img Google)



Colector Tubos Al Vacío (Base MimacSolar)



Colector Plano (Base Rittergruppe.com)

3 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO

La zona de emplazamiento se ubica en el sector del Salar de Yungay (Figura N°2), ubicado a 80 km al sudeste de la ciudad de Antofagasta, Región de Antofagasta. El suelo característico del área en estudio, predominantemente son las arenas limosas con gravas en distintas proporciones, presentándose arcillosa en los sectores de calicata N°3 y N°7, cementadas, seca superficialmente y húmeda en el fondo, a excepción del sector de calicata N°3 donde el suelo se encontraba mojado, y con presencia de conglomerados blanquecinos firmemente cementados en los estratos superiores. El terreno, en general, se presenta como una superficie regular, plana, en pendiente suave, con una compacidad media a densa y muy firme en aquellos estratos altamente cementados.

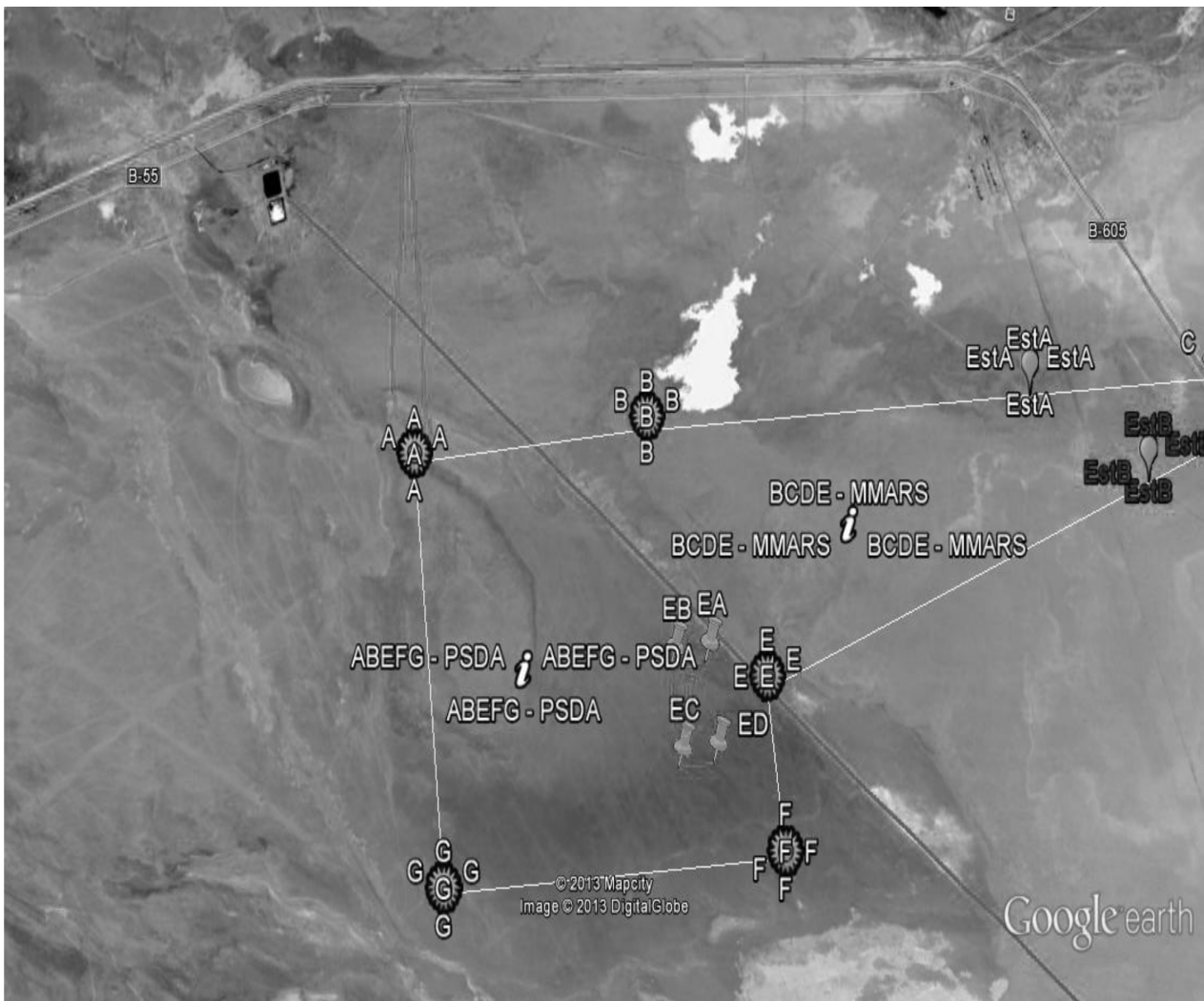


Fig. 2. Sector de Emplazamiento

ANTOFAGASTA: Avda. Angamos 0610 PABELLON "H" F: 55-355500 FAX: 55-355476
CALAMA: Conde Duque 1954 Villa Ayquina F: 55-332490 FAX: 55-337300
IQUIQUE: Avda. Arturo Prat 440 F: 57-417238; 57-420552

La geología del área está dominada por rellenos terciarios y cuaternarios de origen fluvial, coluvial y evaporítico, que conforman las planicies Aguas Blancas y Rosario. Las rocas expuestas en los cordones montañosos y cerros islas que dominan el sector nororiental y que limitan ambas planicies, corresponden a intrusivos cretácicos y jurásicos, y en menor medida a rocas estratificadas cretácicas.

