Potencial industrial de Chile para el desarrollo de una **industria** de **concentración solar**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

Edición:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 40 53113 Bonn
Alemania
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5 65760 Eschborn
Alemania

Marchant Pereira 150 7500654
Providencia Santiago / Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Nombre del Proyecto:
Fomento de la Energía Solar en Chile
(Enfoque en Tecnologías de Concentración Solar)

Responsable:
Rainer Schröer
Rodrigo Vásquez

En coordinación:
Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14
Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 3656800
I www.minenergia.cl

Título:
Potencial industrial de Chile para el desarrollo de una industria de concentración solar

Autor:
GAMMA INGENIEROS S.A.
Av. El Bosque 1802 – Providencia
Santiago de Chile
T +56 22223 2424
M gamma@gamma.cl

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center

Reedición:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
Comité Solar

Aclaración

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto "Fomento de la Energía Solar (Enfoque en Tecnologías de Concentración Solar)" implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Publicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (DBEIS) de Gran Bretaña. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

Santiago de Chile, Enero 2018

Potencial industrial de Chile para el desarrollo de una **industria** de **concentración solar**

Siglas

A continuación se listan las principales siglas que se utilizan en este documento:

AT :	Alta Tensión
Au :	Oro
BT :	Baja Tensión
CCP :	Colector Cilindro Parabólico
CSP :	Concentración Solar de Potencia
CST :	Concentración Solar Térmica
Cu :	Cobre
DIA :	Declaración de Impacto Ambiental
DLR :	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Agencia Aeroespacial Alemana)
EPC :	Engineering, Procurement Construction (Ingeniería, Compra y Construcción)
FV:	Fotovoltaica
GIZ :	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)
GLP:	Gas Licuado de Petróleo
GWh (GWht) :	Giga Watt hora (Giga Watt hora térmicos)
HTF :	Heat Transfer Fluid (Fluido Térmico)
MW (MWe) :	Mega Watt (Mega Watt eléctrico)
MVA:	Megavoltamperio
MWp:	Mega Watt peak
MINENERGIA :	Ministerio de Energía
PES :	Programa de Energía Solar
PLC :	Controlador Lógico Programable
REPA :	Conjunto de Rotación y Expansión
S/I :	Sin información

Agradecimientos:

Queremos agradecer a las empresas que han participado y colaborado con este estudio, entregando datos de sus actividades y experiencia en el mercado, así como su disposición a seguir colaborando para desarrollar un mercado de productos y servicios para plantas de energía solar, que finalmente irá en beneficio de la industria local y el país.

Contenido del informe

1. INTRODUCCIÓN **7**
1.1. CONTEXTO 7
1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO 8
1.3. CONTENIDO DEL ESTUDIO 8

2. BIENES Y SERVICIOS ENTREGADOS EN CHILE PARA PROYECTOS CSP/CST **11**
2.1. PROYECTOS CSP/CST EJECUTADOS EN CHILE A LA FECHA 11
2.2. PROYECTO CST PARA MINERA CENTINELA (EX TESORO) 11
2.3. PROYECTO CERRO DOMINADOR 13
2.4. PROYECTO JUCOSOL 16
2.5. OTROS PROYECTOS CSP EN DESARROLLO 19
2.6. COMPONENTES QUE PODRÍAN SER FABRICADOS EN CHILE 20
2.7. COMPARACIÓN DE CAPACIDADES Y DEMANDAS 28

3. BRECHAS EXISTENTES EN LA INDUSTRIA NACIONAL **31**
3.1. BRECHAS ENTRE LOS COMPONENTES REQUERIDOS PARA PROYECTOS CSP Y CST VERSUS LAS CAPACIDADES DE LA INDUSTRIA NACIONAL 31

4. EMPRESAS POTENCIALES PARA FABRICACIÓN DE COMPONENTES **49**
4.1. LISTA DE EMPRESAS POTENCIALES 51
4.2. FICHAS DE EMPRESAS POTENCIALES 53
4.3. OTRAS EMPRESAS CONSULTADAS 82

5. PROPUESTA PARA EL DESARROLLO NACIONAL INDUSTRIAL DE LA TECNOLOGÍA CSP/CST **97**
5.1. BARRERAS PARA DESARROLLAR FABRICACIÓN NACIONAL DE COMPONENTES 97
5.2. PROPOSICIÓN DE MEDIDAS PARA FOMENTAR LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES EN EL PAÍS 99
5.3. NECESIDAD DE MEDIDAS PARA FOMENTAR LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES 103

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO **107**
6.1. CONCLUSIONES 107
6.2. RECOMENDACIONES PARA IMPULSAR LA OFERTA DE COMPONENTES 107
6.3. PRÓXIMOS PASOS 108

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1: Estimación de participación de empresas nacionales en proyectos CSP/CST 112
ANEXO N°2: Resumen de Capacidades de producción 113
ANEXO N°3: Bibliografía 114
ANEXO N°4: Glosario 114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones del sistema solar de JUCOSOL (Clare Murray, 2016) 17
Tabla 2: Proyectos plantas CSP 19
Tabla 3: Comparación entre la capacidad de producción y la demanda de componentes 28
Tabla 4: Listado de empresas consultadas 51
Tabla 5: Empresas proveedoras potenciales 53
Tabla 6: Porcentaje estimado de participación de componentes nacionales en proyectos CSP/CST 112
Tabla 7: Capacidades de producción detectadas 113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planta Cerro Dominador (Ex Atacama 1). Fuente www.cmigroup.com 13
Figura 2: Colector cilindro parabólico LAT-73 3M Gossamer 16
Figura 3: Estructura concentrador cilindro parabólico planta Jucosol. Fuente: GIZ 21
Figura 4: Estructura concentrador solar planta Noor. Fuente: GIZ 21
Figura 5: Estructura heliostatos planta Cerro Dominador. Fuente: GIZ 21
Figura 6: Prototipo Fresnel de la empresa belga Solarmundo (Häberle, Zahler et al. 2002) 22
Figura 7: Lámina reflectiva concentrador solar, planta Jucosol. Fuente: GIZ 22
Figura 8: Estanque doble para almacenamiento de sales fundidas durante la construcción de Andasol I. Fuente: DLR 24
Figura 9: Estanque de almacenamiento en planta NOOR Ouarzazate I. Fuente: GIZ 25
Figura 10: Sistema Tracking. Izquierda: seguidor cilindro parabólico, Planta El tesoro. Derecha: seguidor heliostato planta NOOR Ouarzazate I. Fuente: GIZ. 33
Figura 11: Receptor para concentrador solar en planta El Tesoro. Fuente: GIZ 35
Figura 12: Esquema del tubo receptor para concentradores parabólicos. Fuente: grabcad.com 35
Figura 13: Receptor concentrador Fresnel. Fuente: www.dbu.de 36
Figura 14: Izquierda: Receptor planta Crecent Dunes. Derecha: Receptor Ivanpah Solar Power. Fuente: DLR y Aioannides, Wikimedia Commons 38
Figura 15: Conector terminal planta NOOR Ouarzazate I. Fuente: GIZ 40

1 INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

En el desarrollo del proyecto "Fomento de la Energía Solar (Enfoque en Tecnologías de Concentración Solar)", implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania, el cual es financiado a través de la Iniciativa Alemana de Tecnología para la mejora del Clima (DKTI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB), se realizó este estudio en conjunto con el Comité Solar y CORFO, con el objetivo de determinar e identificar los componentes y servicios para plantas de concentración solar (CSP/CST) que puedan ser entregados por empresas manufactureras nacionales.

La GIZ mediante el proyecto DKTI tiene por objetivo fomentar el desarrollo de tecnologías solares de concentración y fotovoltaica de gran escala, y entre sus actividades pretende acelerar la incorporación de las tecnologías solares, ampliar los conocimientos tecnológicos en el país, contribuyendo así, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este sentido y frente al gran potencial de desarrollo de la energía solar en Chile, se ha visto necesario identificar los componentes y servicios para plantas solares que se puedan desarrollar en Chile.

Por su parte, el Comité Solar, en el marco del Programa de Energía Solar (PES) de CORFO, busca promover en Chile el desarrollo de la industria solar. El Comité tiene como prioridad identificar la capacidad de desarrollo de la industria nacional, para así, impulsar planes y medidas que permitan mayor participación de las empresas nacionales en la cadena de valor de la industria solar. El trabajo del Comité Solar se enfoca en las siguientes áreas:

- Desarrollo de la industria nacional
- Desarrollo tecnológico
- Fortalecimiento de la infraestructura de la calidad

En este estudio, participó como consultor internacional el Centro Aeroespacial Alemán (DLR), quien entregó el detalle de los componentes que conforman los proyectos de concentración solar, junto con el consultor nacional Gamma Ingenieros.

1.2. Objetivo del estudio

El objetivo de este estudio es identificar el potencial industrial chileno para desarrollar componentes y servicios asociados a la industria solar, identificando la cadena de valor, las brechas existentes y proponiendo una estrategia de desarrollo.

1.3. Contenido del estudio

El contenido de este informe incluye los siguientes temas:

a) Identificación de los bienes y servicios que han sido entregados en el proyecto CSP Cerro Dominador (Ex Atacama 1), actualmente en ejecución, el proyecto CST de Tesoro y Jucosol en operación. Asimismo, se describen los componentes que podrían ser fabricados en el país de acuerdo a lo obtenido en las entrevistas realizadas a las empresas nacionales.

b) Identificación de brechas detectadas al comparar los componentes de la cadena de valor de proyectos CSP/CST descritos por DLR, con los bienes y servicios proporcionados en Chile para los proyectos señalados en el punto anterior, así como las brechas existentes para la fabricación de cada uno de los principales componentes de proyectos CSP/CST.

c) Identificación de las empresas que estarían capacitadas y con interés en fabricar componentes para proyectos de concentración solar CSP/CST, incluyendo las fichas con la información recopilada de dichas empresas.

d) Propuesta de una estrategia de desarrollo industrial para la tecnología CSP/CST en Chile.

e) Recomendaciones y próximos pasos para desarrollar una industria local proveedora de bienes y servicios para los proyectos CSP/CST.

2

BIENES/SERVICIOS

2. BIENES / SERVICIOS ENTREGADOS EN CHILE PARA PROYECTOS CSP/CST

2.1. Proyectos CSP/CST ejecutados en Chile a la fecha

Los proyectos CSP/CST en operación y construcción son:

- Proyecto CST Minera Centinela (Ex Minera El Tesoro), en operación.
- Proyecto CSP+FV[1] Cerro Dominador (Ex Atacama 1), en construcción.
- Proyecto CST de la empresa Jucosol, en operación.

2.2. Proyecto CST para Minera Centinela (Ex Tesoro)

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto fue ejecutado por la empresa Abengoa en la modalidad llave en mano y financiado por la compañía Minera Centinela (ex El Tesoro). Está ubicado en la comuna de Sierra Gorda en la Región de Antofagasta. La planta solar comparte las instalaciones existentes de la minera: oficinas, talleres, campamento, instalación eléctrica, comunicaciones, etc.

La planta CST tiene por objeto reducir parcialmente el consumo de petróleo utilizado por la caldera convencional, para el calentamiento de soluciones de baja temperatura (47 °C) del proceso de electro-obtención (electrowining).

El proyecto se compone de los siguientes elementos:

- 1.280 colectores parabólicos de 6,1 m de largo por 2,3 m de apertura. Cada espejo tiene un recubrimiento desarrollado por la compañía 3M (Solar Mirror Film 1100) sobre una lámina de plata, que va sobre otra de cobre y todo soportado por una plancha de aluminio.
- Sistema de seguimiento en un eje que sigue al sol de este a oeste.
- Tubo receptor, el cual tiene una cubierta de vidrio y un tubo absorbedor con diámetro interior 1 ¾". El espacio entre el absorbedor y la cubierta de vidrio no está evacuado (no está al vacío).
- Fluido térmico: agua desmineralizada mediante osmosis inversa.
- Piping (cañerías y accesorios) de acero al carbono para agua caliente de diferentes diámetros entre 5" y 8".
- Sistema con cuatro bombas Quadna Gould. La potencia de las bombas: una de 75 HP, dos de 50 HP y una de 30 HP.
- Tres estanques para agua caliente, cilíndricos, horizontales, con cabezales esféricos, de 120 m^3 cada uno (3,4 m de diámetro y 13,5 m de alto). El material es acero al carbono ASTM 516 grado 70.
- Sistema de aislación para las cañerías de agua caliente y estanques con lana mineral.
- Sistema de baja tensión que considera cables, junto con la canalización eléctrica y de control. La canalización es de PVC.

[1] El proyecto Cerro Dominador incluye una planta de concentración solar CSP y fotovoltaica (FV)

El sistema de acumulación (estanques) permite extender la operación a un mayor número de horas alcanzando a cubrir un 55% del consumo anual de energía para este proceso. De acuerdo a los datos entregados por la propia minera, la energía producida por el sistema solar está en torno a 24,8 GWht/año, equivalentes a una potencia de 7 MW térmicos.

2.2.2. Origen de los principales componentes Componentes importados

Componente	Fabricante	Procedencia
Estructuras de acero galvanizado que soportan los espejos	S/I	S/I
Espejos de los colectores solares	Abengoa Solar	Denver, Estados Unidos
Mecanismo de seguimiento	Abengoa Solar	Denver, Estados Unidos
Tubos receptores	S/I	S/I
Intercambiadores de calor de placas	Alfa Laval	S/I
Bombas	Quadna Gould	S/I
Elementos de protección y control de la instalación eléctrica de baja tensión	Schneider Electric y Toshiba	S/I
Sensores y microprocesadores del sistema de control	Toshiba	Japón
Sistema informático de control	Abengoa	India
Diseño del proyecto	Abengoa	España

Origen de los principales componentes Componentes nacionales

Componente	Fabricante
Estanques para agua caliente	Vapor Industrial
Piping, cañerías de acero al carbono	S/I
Tubos de PVC para canalización eléctrica BT y de control	S/I
Cables de la alimentación eléctrica y control	S/I
Lana mineral para aislación de cañerías de agua caliente y estanques	S/I
Motores para sistema de seguimiento	S/I
Diseño de piping y de instrumentación	SDI-IMA
Cálculo sísmico	S/I
Obras civiles (Movimiento de tierra, fundaciones de colectores, canalizaciones y otras obras civiles)	Abengoa Chile
Montaje de colectores, ejecución del piping e instalación eléctrica	Abengoa Chile

Mano de obra

Los montajes y obras civiles fueron ejecutados casi totalmente por técnicos y operarios chilenos. Además, la obra fue dirigida por profesionales locales, salvo dos profesionales extranjeros permanentes y un profesional que viajaba esporádicamente. De los profesionales permanentes, uno era encargado de la parte mecánica y el otro de la parte eléctrica. El tercero se encargaba del sistema de control.

La operación y mantención actual de la planta solar es efectuada completamente por la empresa empresa minera, ya que ésta cuenta con personal capacitado y con stock de repuestos para ejecutar las labores necesarias.

2.3. Proyecto Cerro Dominador

2.3.1. Breve descripción del proyecto Cerro Dominador

El proyecto está siendo construido por la empresa Cerro Dominador. Esta planta, Cerro Dominador - ex Atacama 1, es un proyecto que combina dos tipos de tecnologías de generación a partir de energía solar. La primera corresponde a una planta fotovoltaica de 100 MWe (119,56 MWp), y la segunda a una planta de concentración solar de torre central de 110 MWe (Nominales). Esta planta se muestra en la Figura 1.

El proyecto está situado en la comuna de María Elena, a unos 96 Km al sur poniente de la ciudad de Calama, en la región de Antofagasta.

Figura 1: Planta Cerro Dominador (Ex Atacama 1)

Fuente: www.cmigroup.com

La construcción de la primera etapa de la planta fotovoltaica contempló un bloque de potencia con capacidad instalada suficiente para generar 62 MWe, el cual ya se encuentra en operación desde Agosto 2017. Posteriormente en noviembre 2017 se incorporaron 20 MWe. Se espera que los 18 MWe restantes entren en operación durante el primer trimestre del 2018, mientras que la construcción de la planta CSP alcance su finalización el segundo semestre del año 2019.

La planta CSP constará con 10.600 heliostatos rectangulares con una superficie unitaria de 140 m^2, distribuidos en un campo circular alrededor de la torre central, el cual suma una superficie de reflexión total de 1.484.000 m^2. Cada heliostato está compuesto por 32 facetas, las cuales están unidas a una estructura rígida que da estabilidad al arreglo. Esta estructura soportante a su vez está conectada a una columna rígida o pedestal, mediante un mecanismo hidráulico de seguimiento en dos ejes.

Las facetas son elementos simples, compuestos por espejos y una estructura liviana que los soporta, que además permite su acoplamiento a la estructura principal del arreglo.

El sistema principal de intercambio de calor utilizará sales fundidas, tanto para el fluido térmico (HTF), como para el almacenamiento. Para ello, la planta incluirá un estanque de 22.000 m^3 para las sales fundidas frías (290° C) y dos estanques de 12.000 m^3 cada uno, para las sales fundidas calientes (565°C).

Las 50.000 toneladas de sales necesarias, serán suministradas por el proveedor local Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), cuyos productos han sido utilizados y probados en otros proyectos similares, obteniendo resultados de desempeño satisfactorios.

La torre central corresponde a una estructura de hormigón armado, que alcanza los 218 metros de altura. En la parte superior, se encontrará el receptor solar con una estructura de 32 metros de alto, los que adicionados a la estructura de hormigón armado, otorgan una altura total a la torre de 250 metros.

Existen otros componentes principales dentro de la central térmica tales como: generador de vapor que alimenta un turbogenerador de vapor de 110 MVA; las redes de tuberías del sistema de sales y del sistema agua vapor; el aerocondensador cuya función principal es la recuperación del agua proveniente del vapor residual del ciclo; los sistemas auxiliares y finalmente las instalaciones eléctricas de baja y alta tensión, BT y AT respectivamente.

2.3.2. Origen de los principales componentes

a) Componentes importados:

Los componentes importados de mayor relevancia dentro del proyecto son los siguientes:

- Componentes de los heliostatos: Espejos de vidrio, pedestales, estructura de soporte de espejos de acero estructural galvanizado, mecanismo de seguimiento y motor. Los espejos y mecanismos hidráulicos se importaron desde España. Los componentes para los pedestales y estructuras de los heliostatos desde México.
- Materiales de fabricación para los tres estanques de sales calientes, uno de 22.000 m^3 de acero al carbono y dos de 12.000 m^3 de acero inoxidable. El armado de los tanques se realizó en el país.
- Los componentes del piping de sales, incluyendo bombas, válvulas, cañerías y accesorios.
- La planta de generación eléctrica incluyendo generador de vapor, turbina generador eléctrico, aerocondensador y piping de agua-vapor. El generador de vapor se importó desde España. La turbina es de procedencia Checa, marca Doosan Skoda Power.
- El sistema de control, incluyendo el software y los componentes electrónicos: computadores, sensores y microprocesadores.
- Los cables eléctricos de BT y control.
- El receptor solar de origen belga, fabricado por CMI Solar.

b) Componentes nacionales:

Los componentes adquiridos en el mercado nacional de mayor relevancia dentro del proyecto, son los siguientes:

- Estructura del receptor solar: elaborada por Petricio Industrial
- La totalidad de las sales utilizadas para almacenamiento y Heat Temperature Fluid (HTF) que se compraron a SQM (50.000 ton).

Además, la totalidad del sistema de transmisión eléctrico de alta tensión utilizó materiales nacionales (principalmente estructuras de acero, hormigones, movimientos de tierra, etc.).

Por otra parte, la fabricación y montaje de las facetas ha sido realizado por la compañía norteamericana Rioglass, quien instaló con motivo de este proyecto, una planta en Antofagasta (Chile). Todo el armado de los heliostatos es realizado en el sitio de la construcción, para lo cual se instaló una nave industrial de 2.905 m^2 de superficie, exclusiva para el montaje de todos los componentes de los heliostatos y pruebas de fotometría. Para estas labores se capacitó a trabajadores locales, específicamente de la comuna de María Elena.

Los movimientos de tierra, las fundaciones, la construcción de las obras civiles, así como el montaje de helióstatos y otras estructuras, ha sido realizado por Abengoa Chile.

Los materiales de construcción, en especial el hormigón y el acero estriado, son de origen nacional. Estos materiales son utilizados principalmente en las fundaciones para los helióstatos, la torre central y en las fundaciones de los estanques y edificios.

El personal que efectuó la construcción y el montaje fue mayoritariamente nacional. Las únicas tareas realizadas por personal extranjero fueron trabajos muy especializados, como el montaje de estanques y del receptor de la torre central. La maquinaria utilizada estaba disponible en el país, salvo aquella utilizada en la construcción de la torre central. Para la construcción de la torre se importó el sistema constructivo y los moldajes deslizantes.

Por otro lado, muchos de los estudios de ingeniería complementarios fueron llevados a cabo por consultores chilenos.

2.4. Proyecto Jucosol

2.4.1. Breve descripción de proyecto Jucosol

Este proyecto CST corresponde a la empresa JUCOSOL, procesadora de jugos concentrados de uva ubicada en San Felipe, Región de Valparaíso.

En JUCOSOL se instaló el colector LAT73 (Large Aperture Trough) por la empresa norteamericana Gossamer Space Frames, 3M y la empresa chilena de ingeniería ECER SpA (ver Figura 2), con el objetivo de pre-calentar el agua que ingresa a la caldera principal a gas.

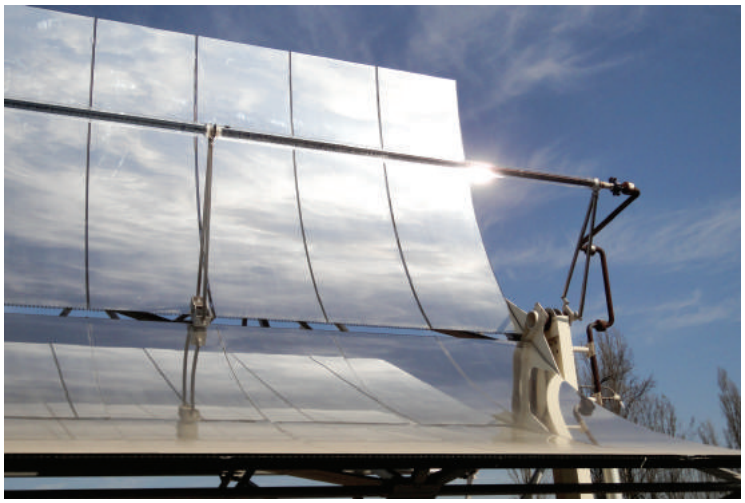


Figura 2: Colector cilindro parabólico LAT73 3M Gossamer Space Frames

Fuente: GIZ

La Tabla 1 nos muestra las características principales del sistema instalado.

Tabla 1: Especificaciones del Sistema Solar de JUCOSOL			
Tipo de colector	**LAT 73**	**Heat Collecting Element (HCE)**	**Shott PTR70**
Dimensiones del módulo	7.25m x 12m	HCE largo	4m
Número de módulos de colectores	8	Número de HCEs	24
Material reflectante	3M Solar Mirror Film 1100	Sistema de seguimiento	Accionamiento central hidráulico
Fluido de transferencia de calor	Agua	Tanques de almacenamiento	2x12m^3 y 1x50m^3
Temperatura de colector máxima permitida	110°C	Temperatura de almacenamiento deseada	90°C
Presión de operación del colector	1.5 bar	Capacidad nominal de caldera	3.4MW
Masa de fluido de transferencia	22.000 kg/hr	Combustible de caldera	Gas natural

(Clare Murray, 2016)

2.4.2. Origen de los principales componentes Componentes importados

Componente	Fabricante	Procedencia
Estructuras de acero galvanizado que soportan las parábolas	Gossamer Space Frames	Estados Unidos
Frames (soportan la parábola)	Gossamer Space Frames	Estados Unidos
Film	3M	Estados Unidos
Mecanismo de seguimiento	Yokohawa	Japón
Motores para sistema de seguimiento	Gossamer Space Frames	Estados Unidos
Tubos receptores	Schott	Alemania
Elementos de protección y control de la instalación eléctrica de baja tensión	Siemens	Alemania
Sensores y microprocesadores del sistema de control	Siemens	Alemania
Sistema informático de control	Gossamer Space Frames	Estados Unidos
Diseño del proyecto	Gossamer Space Frames	Estados Unidos

Componentes nacionales

Los componentes adquiridos en el mercado nacional de mayor relevancia dentro del proyecto son los siguientes:

Componente	Proveedor
Flexible	ECER Ltda.
Intercambiadores de calor de placas	Recal
Bombas	Anwo
Estanques para agua caliente	S/I
Piping, tuberías de acero	Carlos Herrera
Tubos de PVC para canalización eléctrica BT y de control	Gobantes
Cables de la alimentación eléctrica y control	Gobantes
Lana mineral para aislación de cañerías de agua caliente y estanques	S/I
Diseño de piping e instrumentación	ECER Ltda.
Cálculo sísmico	ECER Ltda.
Obras civiles (Movimiento de tierra, fundaciones de colectores, canalizaciones, entre otras)	ECER Ltda.
Montaje de colectores, ejecución del piping e instalación eléctrica	ECER Ltda., Gossamer

2.5. Otros Proyectos CSP en desarrollo

Además de los anteriores, existen nueve proyectos CSP que tienen algún grado de avance a nivel de diseño y aprobación ambiental. Los proyectos señalados corresponden a las empresas Solar Reserve (3), Iberólica Solar (2), Andes Green Energy (1), Sener – Elecnor (1) y Enestar (1). Seis proyectos tienen la aprobación ambiental y tres están en proceso de calificación. Estos se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2: Proyectos Plantas CSP

Proyecto	Inversión MMUS	Propietario	Ubicación	Tipo	Potencia (MWe)	Almacena-miento (horas)	Heliostatos & Parabólicos	Estado DIA
Cerro Dominador	$1.300	EIG Global Energy Partners	María Elena	Torre	110	17,5	10.600	Aprobado
Planta de Concentración Solar de Potencia Likana Solar	$2.400	Solar Reserve	Calama	Torre	3 x 150	11	40.000	Aprobado
Planta de Concentración Solar de Potencia Tamarugal Solar	$2.700	Solar Reserve	Pozo Almonte	Torre	3 x 150	11	40.000	Aprobado
Proyecto Planta Termosolar Camarones	$800	Elecnor Chile S.A.	Camarones	Torre	3 x 150	14	7.000	Aprobado
Planta de Concentración Solar de Potencia Copiapó Solar	$2.000	Solar Reserve	Copiapó	Torre	2 x 120	14	24.000	Aprobado
Planta Termosolar María Elena	$3.290	Ibereólica Solar Atacama S.A.	María Elena	Torre	4 x 100	13	35.200	Aprobado
Planta Termosolar Pedro de Valdivia	$2.610	Ibereólica Solar Atacama S.A.	María Elena	CCP	4 x 90	10	5.680	Aprobado
Planta Solar CEME 1	$ 608	Enerstar	María Elena	CCP	70	14	1.400	Aprobado
Termosolar Bundang-Gu Calama	$4.000	Andes Green Energy SpA	Calama	CCP	2x150	S/I	S/I	En Califica-ción

e=Inversión estimada

Fuente: Elaboración propia con información del SEA, Diciembre 2017

Modelo de negocio

El modelo de negocio de las cinco empresas, con la excepción de Abengoa, es similar. Las empresas desarrollan el proyecto hasta una etapa de ingeniería conceptual y en algunos

casos ingeniería básica, luego obtienen la concesión del terreno y el permiso ambiental, para posteriormente vender el proyecto a un inversionista, pudiendo mantener un pequeño porcentaje.

Para la ejecución del proyecto se contrata una empresa bajo un contrato EPC. Dicha empresa llama a licitación privada para adquirir los diferentes componentes y obras, por lo cual el desarrollador actual desconoce el origen de los proveedores de componentes.

2.6. Componentes que podrían ser fabricados en Chile

a) Estructuras de acero para soportar heliostatos, concentradores parabólicos y fresnel

Todos los elementos estructurales que soportan los concentradores parabólicos, fresnel y helióstatos son de acero estructural soldable. Para garantizar la durabilidad de la estructura, se le aplica una capa de galvanizado. Entre los elementos estructurales se tienen diversos tipos de pedestales, tubos de torque, vigas y soporte de los espejos (ver Figura 3 a Figura 6). Los elementos estructurales utilizados mayormente son perfiles L, U y O de espesores entre 1 mm y 4 mm y fabricados bajo la norma S235JR. El espesor del galvanizado señalado por DLR varía entre 80 a 180 µm.

En el país se fabrican perfiles de acero de igual resistencia y con los mismos perfiles y espesores que los utilizados en las estructuras de plantas solares. El galvanizado realizado en Chile cumple la norma ASTM A-123, la que es adecuada según DLR.

Por otra parte, los procesos requeridos para fabricar los pedestales y las estructuras de los tres tipos de concentradores son los mismos que se utilizan para fabricar las estructuras, edificios industriales y torres de alta tensión que se elaboran en el país, con los perfiles, tubos y barras señalados. Estos procesos son principalmente: dimensionado, corte, perforación, soldadura y galvanizado.

Entre las empresas con potencial capacidad para elaborar este tipo de perfiles y tubos galvanizados, junto con efectuar los procesos adicionales (dimensionado, perforado, soldadura, etc.), se encuentran: CINTAC y BOSCH (que incluso cotizó para el proyecto Cerro Dominador en conjunto con MADE). Entre las empresas con capacidad similar, pero que deben subcontratar el proceso de galvanizado se tiene: Petricio Industrial, Arrigoni, Edyce, Lemaco y Gattavara.

El consumo de acero es de 20 kg/m^2 de espejo tanto para helióstatos como concentradores cilindro-parabólicos[2] y de 20 a 35 kg/m^2 para los colectores Fresnel. Una planta como Cerro Dominador (CSP) requiere aproximadamente 30.000 toneladas de este tipo de estructuras[3].

[2] Fuente: Informe DLR.
[3] 1,5 x 10^6 m^2 espejo por 20 kg/m^2 = 30.000.000 kg.

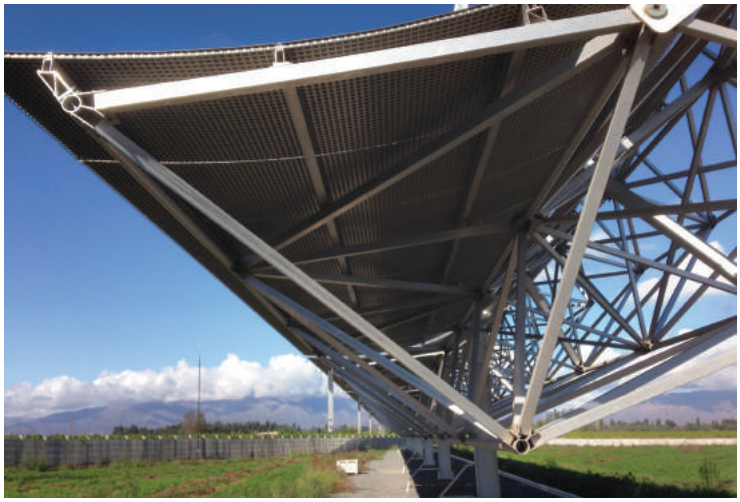


Figura 3: Estructura concentrador cilindro parabólico planta Jucosol

Fuente: GIZ

Figura 4: Estructura Concentrador Solar planta Noor

Fuente: GIZ

Figura 5: Estructura heliostatos planta Cerro Dominador

Fuente: GIZ

Figura 6:
Prototipo Fresnel de la empresa belga Solarmundo

(Häberle, Zahler et al. 2002)

b) Espejos de vidrio para colectores solares

Los espejos para las diferentes tecnologías de concentración solar son mayoritariamente de vidrio con una película reflectante de plata o aluminio en el reverso. En la Figura 7 se muestra como ejemplo un espejo cilindro parabólico con la lámina reflectante de la empresa 3M.

Figura 7: Lámina reflectiva Concentrador solar, planta Jucosol

Fuente: GIZ

En el caso de las parábolas con vidrios, para aumentar la durabilidad del espejo, la superficie de plata se protege con una película de cobre y con 2 ó 3 capas de pintura de protección. El espesor del vidrio fluctúa entre 1 y 4 mm. El vidrio debe absorber la menor cantidad posible de radiación, por lo cual debe tener un bajo contenido de Fe_2O_3 (≤ 0,02%). El vidrio con bajo contenido de hierro se denomina vidrio blanco o vidrio claro (low iron), a diferencia del vidrio que usualmente vemos en ventanas, el cual se denomina vidrio verde (al mirarlo de frente es translúcido, pero al mirarlo por el costado se ve de un color verdoso). La alta transmisividad del vidrio blanco y la alta reflectividad de la capa de plata, permite fabricar espejos con valores de reflexión cercanos a 95%.

En Chile existe un proveedor de vidrios, Vidrios Lirquén, ubicado en la provincia de Concepción. Vidrios Lirquén es filial de Pilkington Group Limited, una de las mayores productoras de vidrios del mundo con plantas en varios continentes. En Sudamérica posee plantas en Brasil y Argentina. En Europa, Pilkington abastece vidrios para proyectos de concentración solar, por lo que Vidrios Lirquén tiene acceso al conocimiento interno para producir este tipo de vidrios.

Acorde a la información entregada por Vidrios Lirquén, la planta tiene capacidad de producción de 110.000 ton/año de vidrio, lo que equivale a unos 11 millones de m^2/año de vidrio de 4 mm. El vidrio producido actualmente por Lirquén tiene mayor contenido de Fe_2O_3 (0,11%) al especificado por DLR (0,02%), pero la planta cuenta con el equipamiento necesario para producir la calidad requerida. La producción de vidrio blanco tendría mayor costo dado que se debe importar arena y dolomita. Además, se deben considerar variables como el aumento del desgaste del horno y la reducción en producción de vidrio flotado tradicional. El mayor precio de venta del vidrio blanco debe compensar el mayor costo de producción, por lo que la cantidad demandada juega un rol fundamental.

La planta tiene una línea de espejos con una capacidad de producción de 700.000 m^2/año, lo cual permite fabricar aproximadamente la totalidad de los espejos de una planta de 50 MW. La superficie reflectante de los espejos consiste en una capa de plata aplicada sobre la superficie del vidrio, la cual se protege galvánicamente con la deposición de una capa de cobre y dos capas de pintura, que protegen a las capas metálicas de la corrosión por la humedad del entorno.

Por otra parte, la planta de Vidrios Lirquén no cuenta con instalaciones para producir vidrios curvos templados como se requiere para los concentradores parabólicos. Para este fin sería necesario construir una nueva línea de producción. Tampoco puede producir vidrios con espesores menores a 2 mm.

c) Estanques de almacenamiento para sales o aceite térmico

Los estanques para almacenar sales que operan bajo 400°C se construyen en acero al carbono de baja aleación ASTM A516, según lo especificado por DLR. En cambio, los estanques para

almacenar sales que operan a temperaturas mayores de hasta 570°C se especifican con acero inoxidable 347h.

En su base, estos estanques tienen una serie de calentadores de sales que ayudan a mantener la temperatura de las mismas en caso que fuera necesario. Adicionalmente, son elementos que no están fijados a una base, ya que se debe permitir la dilatación y contracción debido a las diferencias de temperatura que sufren las sales.

Estos estanques son cilíndricos y sus dimensiones se especifican en función del volumen a almacenar. Por ejemplo, para Andasol 1 (50 MWe y 7,5 horas de almacenamiento) los estanques, mostrados en la Figura 8, tienen 14 m de alto y 36 m de diámetro. En caso de la Planta Crescent Dunes (110 MWe y 10 horas de almacenamiento) los dos estanques son de 12,2 m de alto y 42,7 m de diámetro con una capacidad de 13.600 m^3 cada uno. En la Figura 9, se muestra el estanque de sales del proyecto NOOR Ouarzazate I (Cilindro parabólico, 160 MWe, 3 horas de almacenamiento) con una capacidad de 18.000 m^3 cada uno.

Figura 8: Estanque doble para almacenamiento de sales fundidas durante la construcción de Andasol I

Fuente: DLR

Para los proyectos que emplean aceite térmico como HTF se requieren estanques de acero al carbono que operen a presión, pero de tamaño muy inferior a los de sales y su temperatura de operación varía entre 293 y 393 °C.

En Chile se han fabricado estanques de acero al carbono de gran tamaño (varios miles de m^3 de capacidad) para la industria petrolera, por ejemplo para las plantas de Mejillones, Quintero y Pureo de COPEC. Las dos primeras cuentan con tres estanques de acero de capacidad de 20.000 m^3 cada uno.

También se fabrican estanques de acero inoxidable de tamaño mediano (hasta 4.000 m^3) principalmente para la industria vitivinícola y alimentos, los que incluso se exportan.

Figura 9: Estanque de almacenamiento en planta NOOR Ouarzazate I

Fuente: GIZ

Las empresas que podrían fabricar los estanques y que cotizaron al proyecto Cerro Dominador son TPI y Tersainox. Cabe señalar que Tersainox se especializa en la fabricación de productos de aceros inoxidables, Vapor Industrial en acero al carbono y TPI fabrica ambos tipos.

En consecuencia en el país existe capacidad para fabricar y montar en terreno estanques requeridos para almacenar fluidos calientes para plantas CSP/CST.

d) Bombas

En una planta CSP se requieren diferentes tipos de bombas para impulsar el fluido a través de los componentes del ciclo térmico. El tipo de bombas depende de la configuración de la planta y del fluido utilizado en el caso que cuente con almacenamiento. En general, la torre solar utiliza sales fundidas como fluido calotransportador y como medio de almacenamiento. En cambio, el cilindro parabólico utiliza aceite térmico como HTF. En algunos casos, el aceite térmico se usa como medio de almacenamiento, pero actualmente la tendencia es utilizar sales fundidas.

- Para la tecnología de **torre solar** se utiliza una bomba para impulsar las sales fundidas desde el estanque frío hacia el receptor y otra bomba para impulsar las sales desde el estanque caliente al evaporador. Estas bombas tienen un diseño especial, dado que operan a altas temperaturas (290°C y 565 °C) y van sumergidas en los estanques de sales. El motor eléctrico se instala sobre la cubierta del estanque y se conecta a la bomba por medio de un eje. De acuerdo a las estimaciones de DLR, el caudal requerido de sales para una planta de 100 MWe es de 2.400 m^3/hr, lo que se lograría con 6 bombas de 400 m^3/hr.

- En el caso de la tecnología **cilindro parabólica**, se utilizan bombas para impulsar el aceite térmico a través del campo solar. Estas bombas operan a temperaturas en torno a 290°C. Según la configuración del almacenamiento térmico, se requieren bombas de impulsión de sales o aceite térmico. En el caso de utilizar sales fundidas, la configuración es similar al caso de la torre solar, sin embargo, el requerimiento de la bomba de sales calientes es menor, ya que opera a temperaturas en torno a 390°C. En el caso de utilizar aceite térmico, los rangos de temperatura para la operación de las bombas es igual al caso de sales fundidas.

- Otro tipo de bombas se utiliza para operar el circuito de agua-vapor del bloque de generación eléctrica. Estas son las bombas de alimentación del evaporador y la de extracción de condensado.

  - Para una planta de torre solar utilizando sales fundidas, para 100 MWe las especificaciones pueden ser: caudal 86 kg/s, presión de salida 147 bar, temperatura de salida 188°C. Usualmente se instalan tres bombas con capacidad para el 50% del flujo requerido cada una, para tener una redundante.

  - Las bombas de extracción de condensado para esa misma planta, tienen un flujo de 69 lt/s, una presión de salida de 18 bar y una temperatura de salida de 50°C.

  - Las especificaciones de bombas de alimentación del evaporador para una planta de cilindro parabólico de 100 MWe que utiliza aceite térmico son: caudal 109 lt/s, presión de salida 122 bar, temperatura de salida 188°C.

En Chile, las empresas Vogt y Neptuno fabrican bombas de acero al carbono y de acero inoxidable de diversos tipos, capacidades y potencias, incluso mayores a 1.000 HP.

Vogt ha fabricado las bombas para sales que utiliza SQM en el Salar de Atacama, por lo que el problema de la abrasión sería solucionable. Sin embargo, esta empresa no tiene experiencia en fabricación de bombas que operen sobre 250°C. Para esas temperaturas se requiere de sellos mecánicos especiales y también existen problemas con los rodamientos.

Las bombas de alimentación de agua al generador de vapor deben ser capaces de operar a presiones de 120 o 147 bar, que son muy superiores a las presiones máxima de las bombas fabricadas por Vogt, que son de 50 bar.

A su vez, Neptuno se ha especializado en la construcción de bombas de gran tamaño de diversos tipos, especialmente para la minería. Sin embargo no tiene experiencia en bombas que impulsen fluidos a temperaturas mayores a 50°C.

En conclusión, en la situación actual es posible fabricar bombas para la extracción de condensado que operan a temperaturas (50°C) y presiones moderadas. Sin embargo, para operar a mayores temperaturas o presiones se requiere un desarrollo tecnológico importante de ambas empresas.

e) Aislación térmica

La aislación térmica se utiliza para reducir las pérdidas de calor tanto en los estanques de almacenamiento como en las cañerías. El material especificado por DLR para las cañerías y para el manto de los estanques es lana mineral, según norma ASTM C-592. Junto con ser un buen aislante, la lana mineral soporta altas temperaturas.

Los espesores sugeridos por DLR son 200 mm para las cañerías y 350 mm para los estanques de sales. Los aislantes se cubren por el exterior con un cilindro metálico delgado de aluminio, acero o PVC.

Para el manto y el techo de los estanques, se utilizan colchonetas de lana mineral y para las cañerías existen tubos de lana mineral de forma cilíndrica para diferentes diámetros. En Chile hay varios proveedores y al menos uno de ellos, El Volcán, fabrica ambos productos en el país.

La base de los estanques también requiere aislación, para lo cual se utiliza foam glass y paneles de silicato de calcio. En el país los proveen Safe Energy (floam glass) y Macer (silicato de calcio).

f) Sales solares

Las sales son el principal medio de almacenamiento de calor en sistemas CSP, utilizados como fluido calotransportador, en especial en la tecnología de torre. Las sales utilizadas son una mezcla eutéctica[4] compuesta en un 60% por nitrato de sodio y un 40% de nitrato de potasio. El principal productor mundial de sales es la empresa chilena SQM. La planta cilindro parabólica Andasol 1 (50 MWe y 7,5 horas de almacenamiento con sales calientes a menos de 390°C) utiliza 28.500 ton de sales, solo para almacenamiento. La planta Crescent Dunnes (110 MWe y 10 horas de almacenamiento térmico con sales a 560 °C) utiliza 32.000 ton. de sales.

[4] Mezcla en tales proporciones que el punto de fusión es el mínimo posible, y además, todos sus constituyentes cristalizan simultáneamente a esta temperatura a partir de la solución.

2.7. Comparación de capacidades y demandas

En la Tabla 3 se compara las capacidades de producción acumuladas de algunos componentes con la demanda que tendría un proyecto CSP de 100 MWe.

Tabla 3: Comparación entre la Capacidad de Producción y la Demanda de Componentes

Componentes	Unidad	Demanda de un proyecto de 100 MWe	Capacidad de Producción Anual (d)
Estructuras de acero para colectores solares	Ton	30.000	117.600 (a)
Espejos planos 4 mm	m^2	1.500.000	700.000
Estanques para sales o acero inoxidable	Ton	s/i	3.440
Estanques en acero al carbono	Ton	s/i	25.400
Transformadores de Potencia	MVA	110	2.000 (c)
Lana mineral	Ton	<100 (b)	12.000
Bombas hidráulicas	N°	<100	4.000 (a)

(a) Incluye sólo las empresas que entregaron información. La capacidad total es mayor:

(b) Para dos estanques de sales.

(c) Sólo Rhona

(d) El detalle se muestra en el Anexo N°2

Se observa que la oferta potencial de la gran mayoría de los componentes supera varias veces la demanda que generaría un solo proyecto de 100 MWe al año. Solo en el caso de los espejos se tiene una menor capacidad de producción, que equivale aproximadamente a una planta de 50 MW. La demanda de componentes por proyecto fue calculada por el consultor basado en datos de DLR, salvo las de lana mineral y bombas que fueron estimadas por el propio consultor nacional.

3

BRECHAS

3. BRECHAS EXISTENTES EN LA INDUSTRIA NACIONAL

3.1. Brechas entre los componentes requeridos para proyectos CSP y CST versus las capacidades de la industria nacional

A continuación, se analizan las brechas existentes en el país para la fabricación de los principales componentes, dado que la situación es diferente para cada uno de los componentes principales. Todas las brechas señaladas son válidas tanto para proyectos CSP como para proyectos CST, con la salvedad que estos últimos no cuentan con la planta de generación eléctrica.

3.1.1. Campo Solar, helióstatos, concentradores cilindro parabólicos y Fresnel

a) Estructuras de soporte para colectores solares

Desde el punto de vista de capacidad de maquinaria para fabricación, no existirían brechas técnicas para elaborar estructuras de helióstatos, concentradores cilindro parabólicos y concentradores Fresnel, incluyendo los diferentes tipos de pedestales, tubos de torque y estructuras que soporten los espejos mismos.

En el país se fabrican diversas estructuras de características y complejidades técnicas iguales o mayores a las requeridas por la industria solar. Las empresas tienen experiencia en instalaciones industriales diseñadas para operar en ambientes agresivos, como es el caso de la industria minera. Las estructuras son construidas con perfiles, barras y tubos de acero estructural galvanizado, al igual que las estructuras de las plantas solares. La fabricación requiere la misma maquinaria y las mismas competencias técnicas del personal. Esto coincide con la opinión de DLR[5], la opinión de varias empresas proveedoras de estructuras consultadas e incluso de algunas empresas desarrolladoras de proyectos solares entrevistadas. Las brechas identificadas son:

- **Operacionales.** Los potenciales proveedores nacionales están organizados para procesar estructuras de gran tamaño, pero que son demandadas en bajas cantidades. En el caso de plantas solares se requiere procesar pequeñas estructuras, pero en gran cantidad. Esto requiere reorganizar el proceso productivo, junto con evaluar la automatización de determinadas etapas. Ambas medidas permitirían mejorar la competitividad de las empresas nacionales.

- **Capacidad de producción[6].** La capacidad de varias de las empresas que podrían fabricar estas estructuras es insuficiente para abastecer por sí solas a proyectos como el de Cerro Dominador. Se requiere evaluar algún tipo de trabajo conjunto entre dos o más empresas del rubro a través de asociación, subcontrato u otro.

[5] Ver Informe DLR, Ptos. 5.1.2. y 5.1.3. Conclusiones sobre Helióstatos y colectores parabólicos.
[6] Ver Capítulo 4.

- **Costos de producción.** En determinadas situaciones, las empresas nacionales serían menos competitivas en costos versus las empresas chinas, indias o turcas, a lo que se puede sumar que en algunos casos, de acuerdo a lo expresado por algunos entrevistados, los productos vienen subsidiados por parte del país de origen.

- **Largos períodos de pago.** Para el caso del proyecto Cerro Dominador, por ejemplo, el período de pago era muy superior a lo acostumbrado por las empresas que proveen servicios a la minería.

- **Tipo de material.** En el caso que se requieran estructuras de aluminio, la brecha es considerable, ya que en el país no se fabrican perfiles de aluminio. Se identifican talleres que podrían fabricar las estructuras, pero con una capacidad de producción baja. Las empresas que ejecutan proyectos de mediana y gran escala importan los perfiles ya procesados, listos para ser montados en terreno. Las mayores empresas que procesan aluminio son: Glastech, Prisma y Tecma.

b) Espejos de heliostatos, de concentradores Fresnel y cilindros parabólicos

Las brechas identificadas son:

- **Especificación técnica para los vidrios.** El vidrio flotado producido por Vidrios Lirquén, tiene un contenido de F_2O_3 de 0,11%, lo que es superior a lo requerido para espejos solares, que es de 0,02%. Esta brecha se podría superar, no obstante es necesario evaluar la viabilidad económica de producir vidrio blanco. Entre los aspectos a considerar, se debe tener en cuenta la importación de materia prima distinta a la tradicional y también el costo de set up del horno.

- **Especificación técnica para el recubrimiento.** El espesor especificado para las capas de plata y cobre de los espejos utilizados por las tres tecnologías solares, es mayor al de los espejos fabricados por Lirquén. Además, requieren tres capas de pintura en vez de dos, lo que ocasiona una menor productividad. Igualmente, el vidrio solar debe ser espejado una vez recortado a su tamaño final, lo que disminuye su ritmo de fabricación y producción.

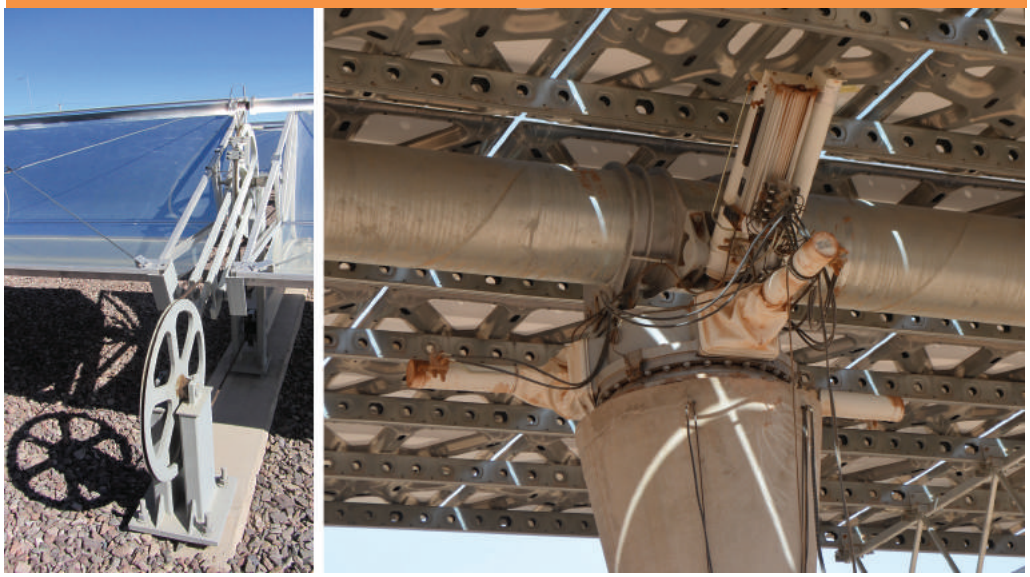
- **Proceso de curvatura espejos.** No se identificaron empresas en el país que incorporen maquinaria para curvar, templar y luego espejar los vidrios necesarios para los concentradores cilindroparabólicos.

- **Espesor de espejos.** La planta Lirquén no está capacitada para producir vidrios de menos de 2 mm, lo que impide producir espejos delgados (1mm). Esta brecha es menos relevante, dado que estos espejos son menos usados en plantas solares que los espejos de 3 ó 4 mm.

c) Mecanismos de seguimiento

Existen diversos tipos y tamaños de mecanismos de seguimiento. En el caso de las plantas de torre, los helióstatos giran en dos ejes, en cambio los de colectores parabólicos y Fresnel sólo en uno (ver Figura 10). Además, para cada una de esas tecnologías existen varios tipos de mecanismos alternativos, los que pueden ser accionados por motores eléctricos o por un sistema hidráulico. Si bien existen algunos preferidos como los actuadores lineales y los slew drive, la selección del mecanismo específico es realizada por la empresa desarrolladora del proyecto. Esto podría desincentivar a las empresas locales a especializarse en algún tipo de mecanismo.

Figura 10: Sistema Tracking. Izquierda: seguidor Cilindro Parabólico, Planta El tesoro. Derecha: seguidor heliostato planta NOOR Ouarzazate I.



Fuente: GIZ

En Chile no existe fabricación en serie de mecanismos slew drive o de partes de equipos que los utilicen. Solo se pueden fabricar componentes similares a pedido, usualmente como repuestos de equipos.

Los actuadores lineales hidráulicos se utilizan ampliamente en maquinaria importada para la construcción, minería y también para algunos equipos fabricados en pequeña escala en el país. También se utilizan en la reparación y reacondicionamiento de la maquinaria y equipos señalados. Tanto para la fabricación como para la reparación, mayoritariamente se utilizan elementos importados. Entre los elementos utilizados se tiene: bombas, válvulas, sellos y cilindros hidráulicos. En Chile se fabrican cilindros hidráulicos en pequeña escala. En la actua-

lidad la brecha es amplia, ya que no hay experiencia en el país, pero en el mediano plazo sería posible fabricar mecanismos hidráulicos con elementos importados e incluso algunos elementos se podrían fabricar localmente.

d) Motores eléctricos

En las plantas CSP/CST se utiliza gran cantidad de motores eléctricos. En las plantas de torre central son ampliamente utilizados, ya que cada helióstato utiliza un motor eléctrico para accionar el sistema de seguimiento. En el caso de los concentradores parabólicos se requiere un motor eléctrico por cada conjunto o fila de concentradores.

La brecha es amplia, ya que actualmente no se fabrican motores eléctricos en Chile, a pesar de su gran consumo en artefactos domésticos, maquinarias e instalaciones industriales. No hay brecha tecnológica, puesto que en el pasado se fabricaban en el país. La causa de no fabricación es solo por competitividad.

e) Tubos Receptores para concentradores cilindro parabólicos

El receptor del concentrador parabólico se compone de dos tubos concéntricos. El tubo interior es de acero inoxidable, revestido con capas de recubrimiento que permiten una alta absorción de la radiación solar y una baja emisividad de radiación infrarroja. La radiación solar absorbida es conducida a través del tubo y luego transferida al fluido calotransportador. Por ejemplo, la Figura 11 muestra un receptor de la planta CST El Tesoro. A medida que aumenta la temperatura del tubo absorbedor, la pérdida térmica aumenta, por lo que se utiliza un tubo exterior de vidrio. El espacio entre ambos tubos puede estar evacuado (al vacío), de tal forma que se disminuya la pérdida convectiva entre el tubo absorbedor y el entorno. Para favorecer la transmisividad del tubo de vidrio, se aplican recubrimientos anti-reflectivos. El receptor suele tener un largo de 4 metros y en los extremos se usan compensadores de expansión térmica ("bellows"), ya que el tubo de acero y el de vidrio tienen coeficientes de expansión térmica distintos. En la Figura 12 se observan los componentes del receptor mencionados anteriormente.

La brecha principal está en su complejidad y que el diseño de este componente requiere un importante trabajo de investigación y desarrollo tecnológico para ser competitivo[7]. Además, hay poca sinergia con industrias similares, por lo que el mercado se limita a plantas de concentración solar (cilindro parabólico o Fresnel). Existen pocos fabricantes en el mundo cuyos productos están patentados, entre estos Rioglass y Archimide.

[7] Fuente DLR.

Figura 11: Receptor Concentrador solar en planta El Tesoro

Fuente: GIZ

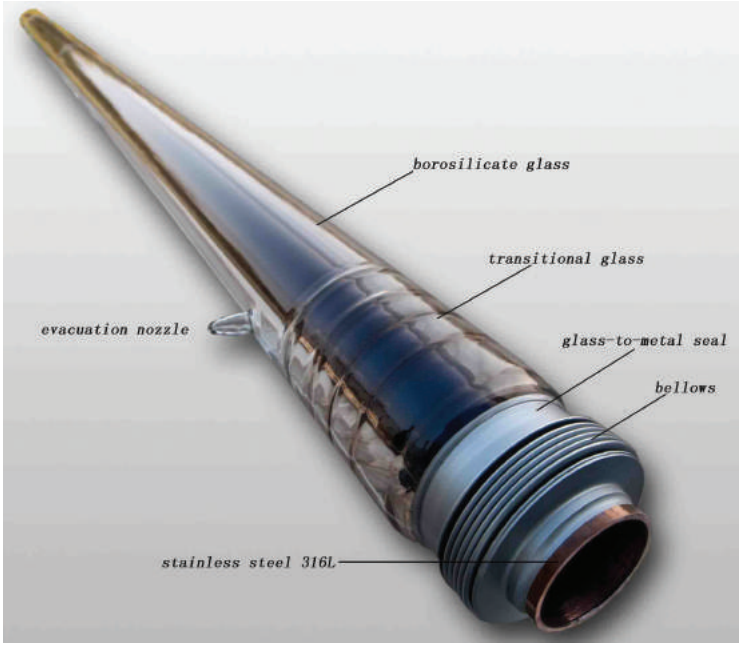


Figura 12: Tubo receptor para concentradores parabólicos

Fuente: grabcad.com

f) Receptor Fresnel

El receptor Fresnel consta de cuatro elementos principales: el absorbedor, la cubierta de éste, el concentrador secundario y la estructura de soporte. El campo primario concentra la energía solar en el receptor. Parte de la radiación incide en el absorbedor y parte incide en el reflector secundario, el cual redirige la radiación hacia el absorbedor. El absorbedor puede ser uno o más tubos, los cuales son de acero inoxidable. (Ver Figura 13).

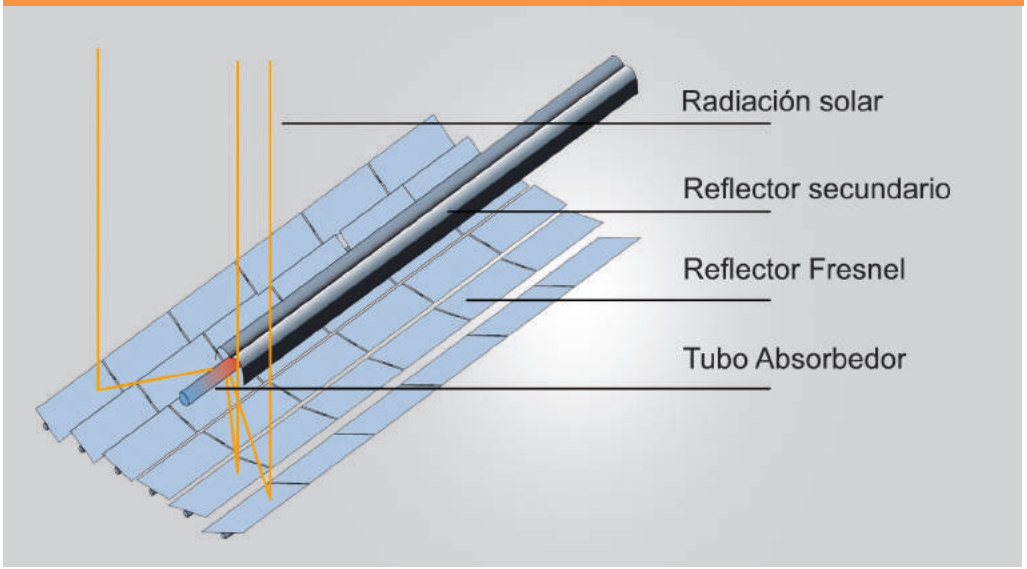
Las posibles configuraciones se explican a continuación:

- En el caso de utilizar varios tubos, éstos se ubican en la parte superior del receptor. El extremo inferior del receptor se protege con una placa de vidrio plano, de alta transmisividad.

- En caso de que se utilicen tubos concéntricos, éstos se ubican de tal forma que la óptica del reflector secundario favorezca la reflexión hacia el absorbedor. El espacio entre ambos tubos puede estar evacuado.

- En caso de que se utilice un solo tubo, la ubicación también busca favorecer la óptica del reflector secundario. En el extremo inferior del reflector secundario, se coloca una placa plana de vidrio, de tal forma que disminuya la pérdida convectiva del tubo absorbedor.

Figura 13: receptor concentrador Fresnel



Fuente: www.dbu.de

Finalmente, se tiene la estructura de soporte del secundario y del absorbedor. La estructura debe permitir la fijación de los componentes de forma segura, pero a la vez debe permitir las expansiones térmicas debido a las condiciones de operación. En configuraciones con cubierta de placa plana de vidrio, el espacio entre el secundario y la estructura se suele aislar térmicamente con lana mineral.

En el país existen capacidades técnicas para fabricar receptores Fresnel, pero para aplicaciones de mediana temperatura. La estructura soporte requiere capacidades similares al resto de las estructuras. El reflector secundario puede ser de aluminio o de vidrio cubierto de una película de plata. En el caso de utilizar aluminio, existe una gran sinergia con la industria de iluminación presente en el país. La brecha identificada es que la industria de iluminación utiliza aluminio adecuado para instalaciones interiores. Para aplicaciones exteriores se requiere aluminio anodizado. Sin embargo, la maquinaria para trabajar ambos aluminios es la misma. En el caso del reflector secundario de vidrio cubierto de una película de plata, la brecha es mayor, ya que no hay capacidades en el país para curvar vidrios en grandes cantidades.

El absorbedor requiere de recubrimientos para aumentar la absortividad y disminuir la pérdida térmica radiativa. Para aplicaciones de media temperatura, existen pinturas que pueden ser aplicadas por medio de rociado. Para aplicaciones de mayor temperatura, el recubrimiento suele ser aplicado con procesos más sofisticados, como deposición de vapor. En Chile no se han identificado equipos para deposición de vapor con fines industriales.

La cubierta de vidrio puede ser suministrada localmente en el caso que sea una placa plana. En el caso de un tubo concéntrico, las brechas son similares a los receptores del colector cilindro parabólico. Para aumentar el rendimiento óptico del receptor, se aplica una película anti-reflectiva, usualmente por medio del proceso sol-gel[8]. El proceso sol-gel es relativamente simple, pero se requiere investigación o transferencia tecnológica para el desarrollo de la química de la solución.

En resumen, es posible fabricar receptores de tecnología Fresnel para aplicaciones de mediana temperatura, lo cual permite adquirir experiencia y conocimientos valiosos para evaluar la opción de fabricar receptores para altas temperaturas.

g) Receptor de torre central

El receptor de torre central ha sido desarrollado por largo tiempo. Existen receptores muy simples, los cuales consisten en tubos metálicos recubiertos con pinturas resistentes a altas temperaturas (izquierda Figura 14). Los receptores más avanzados, han sido diseños propios de cada empresa desarrolladora de proyectos y están patentados, ya que ha sido un largo proceso de investigación y desarrollo (derecha Figura 14).

[8] El proceso Sol-Gel es una técnica sencilla y de bajo costo, para la fabricación de películas delgadas.

**Figura 14: Izquierda: Receptor planta Crecent Dunes.
Derecha: Receptor Ivanpah Solar Power**

Fuente: DLR y Aioannides, Wikimedia Commons

La fabricación de receptores simples es posible en Chile. En el mercado existen pinturas comerciales aptas para ser aplicadas como recubrimiento de receptor de torre. Un ejemplo es el producto Pyromark, el cual ha sido utilizado en receptor de torres y es resistente a temperaturas hasta 1090 ºC (según fabricante, producto Pyromark 2500). Para fabricar receptores más eficientes, se requiere de un proceso de transferencia tecnológica o de investigación aplicada.

La estructura que sostiene al receptor se puede construir en el país, ya que requieren los mismos procesos y materiales que las múltiples estructuras que se fabrican localmente. De hecho la estructura del receptor de Cerro Dominador fue fabricada en Chile, por Petricio Industrial S.A.

h) Controlador local

Es un conjunto de componentes electrónicos instalados en un tablero cuya función es comandar la operación del mecanismo de seguimiento de cada colector solar. Existen diferentes variaciones en las funciones del controlador de acuerdo al fabricante. Usualmente incluye un microprocesador y un variador de frecuencia, además de sensores de temperatura y posición. Asimismo, incluye un software de control local, pero también recibe instrucciones del control central.

Si bien en Chile se desarrollan sistemas con PLC, la brecha se debe a la complejidad del sistema de control de los colectores, ya que se deben considerar muchos parámetros y el sistema

debe ser capaz de operar de manera eficiente automáticamente. El control se encarga del seguimiento solar y además debe controlar que la temperatura del HTF sea la temperatura de diseño y que no sobrepase el límite permitido. El control de temperatura se realiza controlando el flujo másico del fluido calotransportador y controlando el número de lazos que se encuentran enfocados. El control se realiza en función de condiciones ambientales (temperatura, irradiación y velocidad de viento) y según las condiciones operacionales. Usualmente las empresas de ingeniería que desarrollan proyectos solares (Abengoa, Flagsol, etc.) tienen departamentos específicos para desarrollar estos sistemas.

i) Fundaciones y anclajes de: Heliostatos, concentradores parabólicos y Fresnel

Las fundaciones tienen por objeto distribuir la carga de los colectores solares en el suelo, además de anclar los colectores al suelo para soportar esfuerzos ocasionados por el viento o sismo. Las fundaciones son de hormigón u hormigón armado.

El cálculo estructural de cada proyecto determina las dimensiones, tipo de hormigón y si requiere o no de refuerzo de acero para las fundaciones dado que su diseño depende de la calidad soportante del suelo, del peso de las estructuras que soporta, del centro de gravedad de ésta y las cargas por efectos del viento y sísmicas.

El anclaje corresponde a un conjunto de pernos de acero adheridos a la fundación, a los que se aperna la base del pedestal del concentrador solar.

En este caso no existen brechas dado que las fundaciones requeridas son conceptualmente idénticas a las fundaciones ejecutadas en el país. Incluso los ingenieros y empresas constructoras chilenas tienen ventajas en su diseño y construcción dado que conocen las características de los suelos y los efectos sísmicos del país. El cemento, acero estriado de refuerzo y áridos, son producidos en el país.

j) Torre central

La torre central es la estructura que soporta el receptor, el cual se instala en la parte superior de la torre. En general son bastante altas (por ejemplo Gemasolar 140 m, Crescent Dunes Solar 165 m, ó Ashalim solar 204 m) para evitar interferencias entre helióstatos, pero sus dimensiones dependen del diseño de cada proyecto. Las torres usualmente son de hormigón armado o estructura metálica reticulada.

Según DLR no hay especificaciones particulares para la construcción de las torres. La estructura tiene que resistir las fuerzas máximas (durante la operación, viento y sismos) y proteger suficientemente la armadura interior contra humedad y oxidación.

No existen especificaciones particulares para el hormigón. Sin embargo, la zona cercana al receptor, donde puede incidir radiación solar concentrada, se suele proteger con paneles cerámicos de óxido de aluminio.

En Chile existen empresas constructoras capacitadas y con experiencia en construcción de elementos estructurales de gran altura como los edificios Costanera Center, Titanium, Telefónica, Torre Entel y Torre de Cerro Dominador. En cuanto a los materiales, tanto el cemento como el acero estriado son producidos en el país y cumplen con estándares internacionales.

La única brecha identificada es la complejidad constructiva de la torre de hormigón armado, que podría requerir de moldajes deslizantes y/o algunos especialistas extranjeros para su construcción. La mano de obra y materiales (cemento, acero estriado y áridos), son los mismos que se utilizan en edificios en altura, puentes, embalses y otras obras civiles.

k) Conector terminal de colector cilindro parabólico

Dado que el eje de rotación del colector cilindro parabólico no está alineado con la línea focal, se produce un desalineamiento entre la cañería de entrada y salida del HTF y el tubo receptor. Esto, sumado a la dilatación térmica de los tubos, requiere de una conexión flexible denominada REPA (Conjunto de Rotación y Expansión). Existen dos tipos de REPA comercialmente exitosos. Uno está basado en tres articulaciones de bolas, como se muestra en la Figura 15, y el otro en un conjunto de mangueras rotativas flexibles.

La brecha es total, ya que no se fabrica nada parecido en el país.

Figura 15:
Conector Terminal planta NOOR Ouarzazate I

Fuente: GIZ

3.1.2. Sistema de almacenamiento

a) Estanques de sales frías y calientes

La brecha consiste en que en Chile no se han fabricado estanques de gran tamaño de acero inoxidable (ej: 12.000 y 25.000 m^3 en Cerro Dominador) como se requiere para el almacenamiento de sales a temperaturas sobre 400°C.

Sin embargo, existen al menos dos empresas (TPI y Tersainox) que fabrican estanques y otros equipos de acero inoxidable de menores dimensiones para las industrias vitivinícola, de alimentos y otras. Estas empresas estarían capacitadas técnicamente para construir los estanques para sales. TPI posee un alto nivel tecnológico en fabricación de estanques y otros elementos de acero inoxidable, llegando incluso a exportar estanques a diversos países del mundo. Tersainox también ha exportado estanques.

Para almacenar sales, aceite térmico o agua a temperaturas menores a 400°C y presiones cercanas a la atmosférica no existe brecha, ya que en el país se han fabricado estanques de gran tamaño de acero al carbono para la industria petrolera y para almacenar agua, usualmente a temperatura ambiente[9].

Los estanques para aceite térmico son mucho más pequeños, operan a presión y a temperatura menor a 400°C. En este caso no hay brecha, puesto que en Chile existe al menos una empresa (Vapor Industrial) que fabrica estanques de esas características para GLP y otros usos industriales.

b) Bombas para sales fundidas o aceite térmico

En Chile se fabrican bombas de acero inoxidable y de acero al carbono. La fabricación local de bombas cubre potencias mayores a 1.000 HP. La principal brecha es la falta de experiencia en la fabricación de bombas que operen a alta temperatura, como las que bombean sales o aceite térmico (293 a 565 °C), lo que plantea problemas con los rodamientos y en especial con los sellos mecánicos. Se requiere un importante desarrollo tecnológico a ser realizado por los posibles proveedores (Vogt o Neptuno).

c) Cañerías para sales fundidas o aceite térmico

Las sales fundidas o aceite térmico a temperaturas mayores a 400°C requieren de cañerías de acero inoxidable. El acero inoxidable es un material que resiste el efecto corrosivo de las sales o el aceite. En Chile, las cañerías de acero inoxidable se utilizan ampliamente, sin embargo no

[9] Entre –10°C y 40 °C.

existen instalaciones para fabricarlas. En Chile sí se producen en forma esporádica ductos de acero inoxidable, de dimensiones y formas especiales para proyectos específicos. Los ductos se pueden fabricar localmente en pequeña escala, pero este método no es competitivo para cañerías de dimensiones estándar.

Para temperaturas menores a 400°C se requieren cañerías de acero al carbono. Estas cañerías no se fabrican en el país, por lo que se importa la totalidad de ellas. La brecha es que no es rentable producirlas en Chile.

Sin embargo, las cañerías llevan aislaciones que sí se fabrican en el país (El Volcán).

d) Válvulas y fittings

Las válvulas son componentes del piping que permiten regular el paso del fluido. Los fitting son un conjunto de elementos auxiliares como codos, tapas, reducciones, etc. Tanto las válvulas como los fittings se fabrican en acero al carbono, acero inoxidable, fierro fundido, bronce y otros metales. Para el circuito de sales calientes se requieren válvulas y fittings de acero inoxidable. Para las válvulas o fittings que operan con sales a menor temperatura o bien aceite térmico pueden ser de acero al carbono.

Las válvulas y fittings se utilizan ampliamente en Chile en la industria petrolera, minería, industria química, agua y procesos industriales en general, existiendo variada oferta. En el país no se fabrican los tipos de válvulas utilizadas para caudales y especificaciones de proyectos CSP y CST. Técnicamente, se podrían producir, pero la brecha es de competitividad por la baja demanda y mayores costos que tendrían.

e) Base y fundaciones para estanques

- Los estanques para aceite térmico se apoyan en cuatro patas de acero, que a su vez se apoyan en la fundación. En este caso, no existe brecha dado que requiere una fundación común, similar a la de cualquier equipo industrial, construida en hormigón armado utilizando cemento, áridos y acero estriado de origen nacional.

  El trabajo puede ser realizado por cualquier empresa grande o mediana que construya obras civiles y/o realice montajes industriales.

- Los estanques de sales fundidas se suelen apoyar en un anillo de hormigón que soporta alta temperatura. El interior del anillo se suele llenar con materiales aislantes cuyo fin es aislar térmicamente y soportar el peso de las sales fundidas. El hormigón de la fundación se ventila con tubos de acero por los que circula el aire.

- En este caso la brecha se produce con los materiales aislantes del piso que no se producen en el país (foam glass o Monolux). Tampoco existe experiencia en trabajar con hormigones que operen a altas temperaturas (565 °C) para el anillo de fundación.

- El resto de la construcción de la base y fundación se haría con materiales nacionales (cemento, acero de refuerzo y áridos).

f) Sistema de nitrógeno

El sistema consta de un estanque de nitrógeno líquido a baja temperatura y un vaporizador ambiental de aire. La capacidad de un estanque para 50 MWe es de 25 m^3. El llenado es mediante camiones del proveedor. Las tuberías son de cobre y las válvulas de latón[10].

La única brecha está en que los vaporizadores no se fabrican en el país, pero se pueden importar. Los estanques y el nitrógeno sí se producen en el país.

3.1.3. Planta de generación eléctrica

a) Turbina y generador eléctrico

Estos son equipos de gran tamaño y de alta sofisticación tecnológica, producto de investigación y mejora continua de muchos años, en que pequeños cambios en el diseño inciden en forma importante en la eficiencia y durabilidad. Por otra parte, la oferta de estos equipos se concentra en pocas marcas de gran prestigio como Siemens, General Electrics o MAN Diesel & Turbo, por lo que tanto las brechas tecnológicas como económicas son prácticamente insuperables para la industria nacional.

b) Generador de vapor

Es un intercambiador de calor HTF/agua-vapor de gran capacidad, que opera a una presión muy alta (100 - 120 bar) y que debe tener una alta eficiencia térmica. La brecha se debe a que en el país no existe experiencia en fabricar equipos para las presiones señaladas, ni del tamaño requerido (1.000 ton/hr vapor)

En el país se fabrican intercambiadores de calor y calderas de vapor de tamaño muy inferior al tamaño requerido para una planta CSP y para presiones no mayores a 20 bar, por lo que la brecha también es considerable.

[10] El nitrógeno se usa cuando el HTF es aceite térmico o con sales que no son estables con el aire. Si se usa sales fundidas (Solar Salt) no se requiere.

c) Condensador de vapor

Son intercambiadores de calor de gran capacidad (2.400 ton/hr de vapor para una planta de 100 MWe), cuyo objetivo es condensar el vapor a la salida de la turbina, para lo cual se utiliza un refrigerante, el que a su vez es enfriado por una corriente de aire generada por grandes ventiladores. La brecha se basa en que estos equipos no se fabrican en el país, ni menos del tamaño requerido.

d) Bombas para agua caliente

Las bombas requeridas para el circuito de agua-vapor son de acero al carbono, dado que éste opera a temperaturas menores a 400 °C. Las brechas existentes son:

- Los proveedores de bombas chilenos no cuentan con experiencia para fabricar bombas que entreguen presiones del orden de 120 a 150 bar requeridas para alimentar los generadores de vapor. Para poder fabricarlas requerirían un importante trabajo de investigación y desarrollo tecnológico.

- En cambio, las bombas de extracción del condensado son posibles de fabricar en el país, ya que impulsan agua a unos 50°C de temperatura y a unos 18 bar de presión. Las empresas que podrían hacerlo son Vogt y Neptuno.

e) Cañerías para agua caliente

Las cañerías para el circuito de agua caliente que operan bajo los 400°C usualmente son de acero al carbono. La brecha en este caso es que hoy en día ya no se fabrican en el país. Anteriormente las fabricaba CINTAC, pero actualmente las importa.

f) Válvulas y fittings para agua caliente

En este caso las válvulas y fittings son de acero al carbono. Al igual que en el caso de válvulas y fittings para el circuito de almacenamiento. Estos elementos requeridos no se fabrican en el país, a pesar que tienen una demanda muy superior a la que generarían estos proyectos.

3.1.4. Sistema eléctrico de baja tensión y de control

a) Sistema eléctrico de baja tensión

El sistema eléctrico de baja tensión de las instalaciones CSP/CST tienen por objeto principal alimentar los motores de los colectores solares que son de baja potencia. Está constituido por conductores eléctricos de BT (cables), tubos y tableros que incluyen los elementos de protección y accionamiento.

En el caso de tubos (conduit) que son usualmente de PVC o acero galvanizado no hay barreras, ya que se fabrican en el país. Lo mismo sucede para los conductores eléctricos más usuales.

En cambio la barrera para los elementos de accionamiento y protección es alta, debido a que éstos son importados.

b) Circuito de Control

El sistema de control incluye computadores, controladores locales, además de cables y tubos. En general, este sistema es cableado por lo delicado de la operación, pero en algunos casos la señal se transmite en forma inalámbrica, con lo cual se evita en gran parte el cableado.

La brecha es muy alta en el caso de los computadores, microprocesadores y sensores, ya que son importados. No así los cables y tubos los que se fabrican en el país.

4 EMPRESAS POTENCIALES

4. EMPRESAS POTENCIALES PARA FABRICACIÓN DE COMPONENTES

En el esfuerzo por identificar y sistematizar las capacidades de la industria nacional chilena para el desarrollo de componentes de plantas de concentración solar, se han identificado empresas con potencial de ser parte de la cadena de valor de la industria solar. El presente capítulo presenta, a modo de resumen, las capacidades tecnológicas, infraestructura y experiencia de las empresas consultadas durante el desarrollo del informe. La información de cada empresa está resumida en una ficha que permitirá al usuario identificar aspectos clave de cada empresa y encontrar sinergias con su propio interés.

La industria solar es un sector en desarrollo, con alta tasa de penetración fotovoltaica en los últimos años y con altas expectativas de desarrollo del sector termosolar dentro de los próximos años. Tal como se indica en el informe, existen varios proyectos de concentración solar de potencia en evaluación y con calificación ambiental aprobada. Además, el Comité Solar se encuentra trabajando en las bases que permitirán el desarrollo del Distrito Tecnológico Solar de Diego de Almagro, proyecto ícono para la implementación de tecnologías de concentración solar y fotovoltaica. Finalmente, la Planificación Estratégica de Largo Plazo, realizada por el Ministerio de Energía, ha definido escenarios energéticos en un plazo de 30 años y en la mayoría de estos escenarios, la penetración de la tecnología de concentración solar es considerable. Por todo lo anterior, en el Comité Solar está trabajando para que la industria nacional pueda ser partícipe del desarrollo inminente de concentración solar en Chile.

La constante evolución y vertiginosidad de la industria solar, se ve reflejada en un sector de proveedores en constante evolución, es por esto que la información que aquí se presenta es una fotografía a la fecha el estudio. Para complementar este compendio, el Comité Solar de CORFO puso a disposición la plataforma de gestión del conocimiento Enlace Solar. En esta página, las empresas pueden ingresar sus datos, de tal forma tener una base de datos dinámica que vaya creciendo en el tiempo. Además, dispone de un formato online para mostrar información y también buscar empresas en forma dinámica, aplicando filtros según tecnologías, localización o sectores específicos de interés.

La página dispuesta por el Comité Solar es:
http://industria.enlacesolar.cl/directorio-sector-solar/

4.1. Lista de empresas potenciales

Se efectuó un detallado proceso de búsqueda y selección de empresas que tienen capacidad operacional, técnica e interés en fabricar componentes para proyectos de concentración solar térmica o de potencia en el país.

El proceso de búsqueda de empresas que pudieran ser potenciales fabricantes de componentes en Chile, comprendió las siguientes fuentes de información:

a) Antecedentes proporcionados por las contrapartes de GIZ, PES y el Programa de Manufactura Avanzada de CORFO.

b) Nombres de empresas y contactos proporcionados por organismos gremiales: SOFOFA; ASIMET; ACERA y Asociación Industriales de Antofagasta.

c) Entrevistas a desarrolladores de proyectos CSP: Abengoa, Solar Reserve; Sener, Enerstar, Soventix (Novatec) y CEMA, además del ingeniero de Antofagasta Minerals matriz de El Tesoro que participó en dicho proyecto.

d) Listado de participantes al Field Trip Antofagasta 2016 proporcionado por el PES y listado de asistentes al cierre de dicho evento organizado por ASIMET.

e) Antecedentes aportados por el consultor mediante base de datos propia y revisión de páginas web.

El listado inicial comprendió a 44 empresas. Posteriormente, se consultó telefónicamente la actividad de cada empresa. Luego, se descartaron aquellas empresas cuyas actividades son muy diferentes para la fabricación de componentes. La mayoría de las descartadas son distribuidoras de productos importados, especialmente insumos menores o repuestos, o bien fabrican accesorios menores para instalaciones industriales.

A las 30 empresas restantes se les consultó telefónicamente sobre sus principales actividades y capacidades, productos, proyectos y otros antecedentes. En la Tabla 4 se muestra un listado de las empresas preseleccionadas para ser consultadas.

Tabla 4: Listado de Empresas Consultadas				
Nombre Empresa	**Dirección**	**Comuna**	**Rubro**	**Contacto**
Arrigoni Metalúrgica S.A.	Caupolicán 9550	Quilicura	Metálico	Raúl Valenzuela - Gte. General
Asmar	Av. Jorge Montt 250	Talcahuano	Metálico	Alejandro König Gerente Construcción
B. Bosch S.A	Av. Américo Vespucio 2150	Quilicura	Metálico	Ariel Burgos- Gerente Comercial
Besalco Montajes	Av.Tajamar 183 Of. 101	Las Condes	Montajes	Alejandro Hevia Gerente Comercial
Bignotti Hermanos S.A.	Av. J. Miguel Carrera 13.876	San Bernardo	Aislantes	Mauricio Bignotti - Gte. General
Cintac S.A.I.C	Camino a Melipilla 8.920	Maipú	Metálico	José A. Aguirre Gte. Innovación y Desarrollo
Comp. Industrial El Volcán	Planta Indust. Concha y Toro 620	Puente Alto	Aislantes	Ricardo Fernández Gerente Técnico e Innovación
Corsan-Corvian Construcción	La Concepción 266 Of. 603	Providencia	EPC	Luis Durán- Ingeniero de caminos
Edyce	Puerta del Sol 55	Las Condes	Metálico	Claudio Ramírez Gerente Comercial
Enaer	Av. José Miguel Carrera 11.087	El Bosque	Metálico	Carlos Torrealba-Jefe Fabricación
FAT	Huérfanos 1160 Of. 1113	Santiago	Metálico	Igor Scrofft- Gerente Comercial
Galvanizadora Zetaene	Av. Pdte. Eduardo Frei M. 9461	Quilicura	Galvanizado	Fernando Bou- Gerente General
Gymsa	Av. José Joaquín Prieto 11.055	San Bernardo	Galvanizado	Soledad Madrid- Ventas
Industria Mecánica Vogt S.A.	Álvarez de Toledo 669	San Miguel	Bombas	Julio Fuentes - Subgerente Innovación y Desarrollo
Lemaco SpA	Av. Santa Ana 0425	La Granja	Metálico	Fabián Zapata- Jefe Producción
Maestranza Verdugo	Santa Margarita 190	San Bernardo	Metálico	Alfredo Toloza Gerente Comercial
Multiaceros	Camino a la Alameda 241	Lampa	Metálico	José M. Sanhueza Gerente General
Neptuno	Av. Circunvalación 64B	Iquique	Bombas	Gustavo Muñoz-Gte. Ingeniería
Nexans Chile	Ureta Cox 930	San Miguel	Eléctrico	Claudio Castillo- Gte. Desarrollo
Omamet SpA	Av. Lo Sierra 03246	San Bernardo	Metálico	Luis Gutiérrez-Gerente General
Petricio Industrial	Av. Pdte. Eduardo Frei M. 5935	Conchalí	Metálico	Iván Petricio- Gerente General
Reinike S.A.	Av. Los Libertadores 23 Loteo Industrial Los Libertadores	Colina	Metálico	Luis Jiménez Gestor de Proyectos
Rhona	Av. Ejército Libertador 120	Santiago	Eléctrico	Cristian Neuweiler Gerente Operaciones
Sigdo Koppers	Málaga 120	Las Condes	Montajes	Pablo Peñaranda Gte. Desarrollo Negocios
Tecnología de Procesos Industriales S.A.(TPI)	Panamericana Norte 9301	Quilicura	Estanques	Pedro Bralic- Gerente General
Tersainox SpA	Santa Rosa 576	Lampa	Estanques	Carlos Torres Subgerente Desarrollo
Transformadores Tusan S.A	Av. Gladys Marín 6.030	Estación Central	Eléctrico	Augusto Wiegand
Vapor Industrial S.A.	Calle Dos N° 9417 Parque Industrial Américo Vespucio	Quilicura	Estanques	Carlos Diaz Gerente de Proyectos
Vidrios Lirquén	Camino público s/n Lirquén	Penco	Vidrios Planos	Lucas Malfetano Gerente General
Viejo Hermanos	Calle Renca 2057	Renca	Metálico	Juan Caviedes Subgerente Comercial
Ecer Spa	México 9025A	La FLorida	Servicios	Juan Pablo González CEO

A continuación, se seleccionaron aquellas empresas que tenían mayor potencial para ser proveedores de componentes y servicios para proyectos de concentración solar. Los criterios para seleccionar a cada organización, fueron:

- **Capacidad de producción**. Los proyectos CSP/CST son de gran tamaño por lo que se requiere una producción de gran cantidad de componentes en corto plazo.

- **Tamaño y capacidad financiera** para costear la producción de componentes. Por ejemplo, el costo de los pedestales y estructuras de los helióstatos de Cerro Dominador se estima en alrededor de US$ 50 millones.

- **Capacidad técnica**. Esto se basó en el equipamiento disponible, en la complejidad técnica de los productos fabricados y/o proyectos realizados, en las exportaciones, en las certificaciones de calidad y referencias de terceros.

- **Opinión de la propia empresa** sobre su interés y posibilidades de participar en este negocio.

Posteriormente, se sostuvo reuniones con las principales empresas seleccionadas. La visita se completó con consultas telefónicas para determinar los principales antecedentes que se incluyen en este informe.

Con la información obtenida de las entrevistas, se elaboró la lista que se muestra en la Tabla 5, que incluye a las empresas que tienen mayor posibilidad de ser proveedoras potenciales de componentes. En dicha lista, se incluyen además dos empresas que podrían realizar parte o incluso el total de las tareas de construcción y montaje de las plantas.

Tabla 5: Empresas Proveedoras Potenciales				
Nombre Empresa	Dirección	Comuna	Rubro	Componentes Potenciales para plantas CSP/CST
Arrigoni Metalúrgica S.A.	Caupolicán 9550	Quilicura	Metálico	Estructuras de acero, colectores solares y otras
B. Bosch S.A	Av. Américo Vespucio 2150	Quilicura	Metálico	Estructuras de acero galvanizadas
Besalco Montajes	Av. Tajamar 183-Of. 101	Las Condes	MOntajes	Construcción y Montaje
Cintac S.A.I.C	Camino a Melipilla 8.920	Maipú	Metálico	Estructuras de acero galvanizadas
Compañía Industrial El Volcán	Planta Industrial Concha Y Toro 620	Puente Alto	Aislantes	Aislación de lana mineral para cañerías y estanques
EDYCE	Planta: Algarrobo 159	Talcahuano	Metálico	Estructuras acero, colectores solares y otras
Industria Mecánica Vogt S.A.	Álvarez de Toledo 669	San Miguel	Bombas	Bombas hidráulicas
Nexans Chile	Ureta Cox 930	San Miguel	Eléctrico	Cables BT,MT y de control
Neptuno	Av. Circunvalación 648	Iquique	Bombas	Bombas hidráulicas
Petricio Industrial	Av. Pdte. Eduardo Frei M. 5935	Conchalí	Metálico	Estructuras de acero
RHONA S.A.	Agua Santa 4211	Viña del Mar	Eléctrico	Transformadores de Potencia
Sigdo Koppers S.A.	Málaga 120	Las Condes	Montajes	Construcción y Montaje
Tecnología de Procesos Industriales S.A.(TPI)	Panamericana Norte 9301	Quilicura	Metálico	Estanques de acero inoxidable y carbono
Tersainox	Santa Rosa 576	Lampa	Metálico	Estanques Acero inoxidable
Transformadores Tusan S.A	Av. Gladys Marín 6.030	Estación Central	Eléctrico	Transformadores de potencia
Vapor Industrial S.A.	Calle Dos Nº 9417 Parque Industrial Américo Vespucio	Quilicura	Metálico	Estanques de acero al carbono
Vidrios Lirquén	Camino público s/n Lirquén	Penco	Vidrios Planos	Vidrios y espejos para Helióstatos
Ecer Spa	México 9025A	La FLorida	Servicios	Desarrollo proyectos ERNC

4.2. Fichas de empresas potenciales

Para cada una de dichas empresas, las cuales expresaron el permiso para publicar, se elaboró una Ficha que incluye los principales antecedentes de cada empresa relevantes para este estudio, los que se señalan a continuación:

1 Arrigoni Metalúrgica S.A.

Sociedad Anónima
Caupolicán 9550 - Quilicura
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Raúl Valenzuela
	Cargo	Gerente General
	Teléfono	2-24850000
	e-mail	raul.valenzuela@arrigoni.cl
Contacto 2	**Nombre**	Claudio Freire
	Cargo	Subgerente Desarrollo Negocios
	Teléfono	2-24850000
	e-mail	claudio.freire@arrigoni.cl

Actividad Económica SII
Industrias Básicas de Hierro y Acero

Productos principales

Minería: fabricación de estructuras de acero para edificios de procesos tales como: chancadores, harneros, moliendas, flotación, stock piles, talleres de camiones, estanques atmosféricos, etc.

Energía: construcción de los principales proyectos de generación del país, como: termoeléctricas, centrales de ciclo combinado, hidroeléctricas y minihidro. Incluyen los edificios para turbinas, calderas, purificación de gases de combustión, pipe racks, casas de bombas, tuberías de gran diámetro para sistemas de enfriamiento y participación en los más importantes proyectos tuberías en presión (Penstock)

Vialidad: participación en los más importantes proyectos viales del país a través del suministro de vigas de acero, o bien por medio del suministro y montaje junto con Arrigoni Montajes

Industrias: construcción de infraestructura para grandes proyectos de inversión en industrias tales como: forestal, siderúrgica, manufactura, vitívinicola, alimentos

Puertos y Aeropuertos: fabricación de infraestructura para puertos y aeropuertos

Comercio: fabricación de estructuras de acero, tal edificios de oficinas, centros comerciales, deck de estacionamientos, clínicas privadas y hospitales, casinos de juegos, etc.

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	No, sólo han recibido consultas y realizado análisis preliminares para la empresa Abengoa y firma portuguesa
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No

1

Arrigoni Metalúrgica S.A.

Sociedad Anónima
Caupolicán 9550 - Quilicura
Santiago

Continuación

Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar las fundaciones, pedestal y estructuras de soporte para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel en los espesores requeridos. El proceso de galvanizado de las estructuras debe subcontratarse con una empresa especialista en galvanizado
Capacidad Producción Total	36.000 Ton/año estructuras, 12.000 Ton/año estanques y calderería
Origen Materias Primas	China, Corea y Japón

Certificaciones

- AISC (American Institute of Steel Construction)
- Control de materias primas: acero, pernos, pinturas
- Control de insumos: soldadura, fundente, etc.
- Control dimensional y calce
- Inspección de soldadura
- Ensayos no destructivos (NDT): ultrasonido, partículas magnéticas, etc.
- Control de sistema anticorrosivos: adherencia, espesor

Grado Interés Detectado

Podrían implementar línea de producción especial para la fabricación de estructuras en serie de proyectos solares con el objetivo de mejorar su rendimiento y su competitividad

Experiencia

- Antigüedad en mercado: Desde 1955
- Cantidad trabajadores: 450
- Operación en extranjero: No
- Proyectos relevantes:
  - Escondida fase IV, Sierra Gorda, Minera Gaby, Minera San Cristóbal, Collahuasi Truck Shop
  - Central térmica Mejillones, central térmica Bocamina, central térmica Santa María II
  - Celulosa Arauca Valdivia, Fundición Altonorte
  - Casino Monticello, Expansión Parque Arauco
  - Aeropuerto Internacional de Santiago y Carriel Sur de Concepción, Puerto Coloso - Minera Escondida, Puerto Punta Padrones - Minera Candelaria

Observaciones

Sinergias con empresas de ingeniería y construcción del grupo Arrigoni, permite construir fundaciones, obras civiles y realizar montajes

2 B.Bosch S.A

Sociedad Anónima
Av. Américo Vespucio 2150 - Quilicura
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Fernando Valderas	Actividad Económica SII
	Cargo	Jefe Comercial	**Tratamientos y revestimientos de metales. Fabricación de otros productos elaborados de metal**
	Teléfono	+56 2 2620 8810	
	e-mail	fvalderas@bbosch.cl	

Productos principales

Ingeniería y Construcción de Sistema de Potencia: diseño y fabricación de estructuras de acero galvanizado para torres de transmisión eléctrica, torres de telecomunicaciones y subestaciones eléctricas

Servicio integral para la protección del acero contra la corrosión mediante procesos de galvanizado

Energía Solar: fabricación de estructuras para el soporte de paneles solares

Telecomunicaciones: fabricación de estructuras para la soportación de antenas. Destacan las torres autosoportadas, monopostes, bridados, torres contraventadas y torres esbeltas

Soluciones de estructuras galvanizadas para la gran minería (Piperack, bandejas, estructuras varias)

Equipamiento

- **Estructuras de Acero**
  Planta fabricación de acero. Capacidad: 12.000 Ton/año. Galvanizado
- **B.BOSCH Vespucio**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 7 m de largo; 1,25 m de ancho y 2 m de profundidad. Capacidad Nominal: 6 ton/h, Santiago
- **B.BOSCH Centrifugado, Santiago**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 4 m de largo; 0,9 m de ancho y 1,75 m de profundidad. Capacidad Nominal: 0,9 ton/h
- **Galva8 Coronel**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 12 m de largo; 1,25 m de ancho y 2,75 m de profundidad. Capacidad Nominal: 9 ton/h
- **Galva Sur, Puerto Varas**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 11 m de largo; 1,25 m de ancho y 2,75 m de profundidad. Capacidad Nominal: 12 ton/h
- **Galva Buenaventura Santiago**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 13 m de largo; 1,4 m de ancho y 3 m de profundidad. Capacidad Nominal: 15 ton/h
- **B.BOSCH Galvanizado do Brasil**
  Dimensiones Nominales del Crisol: 13 m de largo; 1,8 m de ancho y 3 m de profundidad. Capacidad Nominal: 10 ton/h

2

B.Bosch S.A

Sociedad Anónima
Av. Américo Vespucio 2150 - Quilicura
Santiago

Continuación

Participación de Mercado	50-60% del mercado nacional de galvanizado, 50% mercado nacional estructuras de transmisión y subestaciones eléctricas
Experiencia con empresas CSP/CST	Cotizó estructuras de heliostatos para Cerro Dominador en alianza con empresa española MADE
Productos Similares Componentes CSP	Productos Similares Componentes CSP Estructuras de soporte de acero galvanizadas
Componentes CSP/CST fabricados	Sólo cotización
Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar los pedestales y estructuras de soporte galvanizados para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel, de acuerdo al proceso de galvanizado requeridos
Capacidad Producción Total	12.000 Ton/año procesamiento acero 130.000 Ton/año galvanizado
Origen Materias Primas	Acero: China, India y Turquía

Certificaciones

- ISO 9001:2008

Grado Interés Detectado

Alto interés, dispuestos a invertir en equipos para automatizar los procesos de soldadura, ante oportunidades de proyectos significativos para el desarrollo de tecnología

Experiencia

- Antigüedad en mercado : Desde 1960
- Cantidad trabajadores : 1.200
- Operación en extranjero : Sí, Brasil y China
- Proyectos relevantes :
  - Más de 3.000 km de tendido de potencia construido en Chile
  - Estadio Municipal La Florida
  - Autopista Nororiente
  - Planta Celulosa CMPC Santa Fe
  - Aeropuerto El Tepual, Puerto Montt
  - Planta FV Luz del Norte: 141 MW Copiapó (10.000 Ton)
  - Planta FV El Bolero:146 MW Atacama (2000 Ton)

Observaciones

Para proyectos solares de concentración que involucren más de 12.000 Ton, se realiza una programación de entrega de suministros. Para volúmenes mayores se puede considerar inversión para aumentar capacidad de planta. Para el proceso de galvanizado tiene capacidad de galvanizar 130.000 Ton

3 Besalco MD Montajes S.A.

Sociedad Anónima
Av. Tajamar 183 Of. 101 - Las Condes
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Alejandro Hevia	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente Comercial	**Montajes Industriales**
	Teléfono	+ 56 9 7609 0575	
	e-mail	ahevia@besalcomd.cl	

Productos principales	**Montaje y Construcción de Plantas Mineras e Industriales**
Equipamiento	Todo tipo de maquinaria y equipos para el montaje de estructuras y plantas industriales.

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	Montaje de plantas Industriales y mineras incluyendo obras civiles
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Montaje y obras civiles de planta completa o partes
Capacidad Producción Total	2-3 millones H/H año
Origen Materias Primas	Hormigón y cemento chileno. Acero chileno e importado de China e India

Certificaciones	• ISO 9001-2015; ISO 14001-2015; OHSAS 18001-2007
Grado Interés Detectado	Tienen interés en participar. Ofrecieron servicios a Abengoa.

3

Besalco MD Montajes S.A.

Sociedad Anónima
Av. Tajamar 183 Of. 101 - Las Condes
Santiago

Continuación

Experiencia

- Antigüedad en mercado: Besalco MD Montajes 2004. Besalco S.A. 1944
- Cantidad trabajadores: Besalco MD Montajes: 1000
- Operación en extranjero: No
- Proyectos relevantes:
  - Montaje planta chancado María Elena. SQM
  - Obras civiles, montajes y piping planta Granulado/Prilado Coya Sur SQM
  - Nuevo chancador primario Anglo American Sur División Los Bronces
  - Reemplazo chancador primario Anglo American Sur División Los Bronces
  - Obras civiles montaje de planta de Cristalización de Nitrato de Potasio SQM.
  - EPC nuevas celdas columnas en la concentradora de Codelco - Chile División Andina.
  - Construcción, montaje, pruebas y apoyo en puesta en marcha Planta HDS Cordillera para Codelco Minera Andina, etc.
  - Nuevos espesadores de relaves Minera Esperanza (hoy Centinela)
  - EPC Planta Molibdeno Minera Centinela
  - Y muchas obras

Observaciones S/I

4 Cintac S.A.I.C

Sociedad Anónima
Camino a Melipilla 8920 - Maipú
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	José Antonio Aguirre	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente de Innovación y Desarrollo	**Fabricantes de otros productos elaborados de metal**
	Teléfono	+56 2 2484 9241	
	e-mail	jaguirre@cintac.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Hernán Paulsen	
	Cargo	Ingeniero de Proyectos Estructuras PV	
	Teléfono	+56 2 2484 9183	
	e-mail	hpaulsen@cintac.cl	

Productos principales	Perfiles galvanizados, cañerías, tubulares, estructuras corrugadas galvanizadas, sistema Tunnel Liner, defensas camineras
Participación de Mercado	70% como fabricante nacional
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	Experiencia en sistemas fotovoltaicos: fabricación de estructura de un seguidor solar para la empresa especializada Nextracker, que consiste en un perfil galvanizado de soporte a piso, más otro perfil galvanizado que corresponde al eje que se mueve siguiendo al sol. Estas estructuras son para proyectos en Chile, Honduras y Estados Unidos
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar los pedestales y estructuras de soporte galvanizados para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel en los espesores y de acuerdo al proceso de galvanizado requeridos
Capacidad Producción Total	150.000 ton/año perfiles
Origen Materias Primas	China, en Chile no se fabrican aceros planos

4 Cintac S.A.I.C

Sociedad Anónima
Camino a Melipilla 8920 - Maipú
Santiago

Continuación

Certificaciones	• ISO 9001:2008,ISO 14001:2001, OHSAS 18001:2007
Grado Interés Detectado	Disponen de capacidad de producción y técnica para fabricación de estructuras galvanizadas y la experiencia en sistemas fotovoltaicos les permiten proyectarse en proveer componentes para plantas CSP

Experiencia	• Antigüedad en mercado : Desde 1956
	• Cantidad trabajadores : 300
	• Operación en extranjero : Sí, Planta en Perú
	• Proyectos más relevantes :
	  ○ Planta FV Amanecer Solar : 100 MW Copiapó
	  ○ Planta FV Bolero: 70 MW, Sierra Gorda
	  ○ Planta FV Upton County: 202 MW, EEUU
	  ○ Planta Conejo: 130 MW, Taltal
	  ○ Pampa Solar Norte: 80 MW, Taltal
	  ○ Pacífico y Choluteca: 81 MW, Honduras
	  ○ Planta Javiera: 80 MW, Diego de Almagro
	  ○ Planta Crucero: 70 MW, María Elena

Observaciones	Suministro de estructuras soportantes fijas para paneles fotovoltaicos y con seguimiento, por un total cercano a 1 GW instalados en Chile y extranjero

5 Compañía Industrial El Volcán

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Agustinas 1357 Piso 10, Santiago
Planta Industrial: Concha y Toro 620, Puente Alto, Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Ricardo Fernández	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente Técnico y Desarrollo Sostenible	**Fabricación de otros productos minerales no metálicos**
	Teléfono	+56 2 2483 0500	
	e-mail	rfernandez@volcan.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Ricardo Meneses	
	Cargo	Subgerente de Ventas	
	Teléfono	+56 2 2483 0500	
	e-mail	rmeneses@volcan.cl	

Productos principales

Lana mineral Aislan
Lana de vidrio AislanGlass
Fibrocementos Volcán
Placas de yeso-cartón Volcanita
Yesos Super y Express
Yeso agrícola Fertiyeso
Cielos modulares, CieloGlass y Sonoglass
Tejas Asfálticas, Fieltros y Barreras de humedad

Equipamiento S/I

Experiencia con empresas CSP/CST	Sí, cotizaron aislación en lana mineral para los estanques de sales y cañerías del proyecto Cerro Dominador, pero no se adjudicaron suministro
Productos Similares Componentes CSP	Sí, lana mineral como sistema de aislación
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Sistemas de aislación para estanques de sales frías y calientes, las cañerías asociadas al movimiento de sales y la planta de generación eléctrica
Origen Materias Primas	Nacionales

5

Compañía Industrial El Volcán

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Agustinas 1357 Piso 10, Santiago
Planta Industrial: Concha y Toro 620, Puente Alto, Santiago

Certificaciones	• ISO 9001:2008, ISO 14001:2001, OHSAS 18001:2007
Grado Interés Detectado	Capacidad técnica y productiva para proveer sistemas de aislación en base a lana mineral para plantas de concentración solar

Experiencia	• Antigüedad en mercado: Desde 1916
	• Cantidad trabajadores: 800
	• Operación en extranjero: No
	• Proyectos relevantes:
	  ◦ Planta Geotérmica Cerro Pabellón, Ollagüe
	  ◦ Hotel Miramar, Viña del Mar
	  ◦ Casino Marina del Sol, Talcahuano
	  ◦ Inacap, Sede Maipú
	  ◦ Proyecto habitacional Codelco Nueva Calama, Calama

Observaciones	Para la cotización del proyecto de Cerro Dominador, la lana mineral fue testeada en Europa alcanzando los requerimientos técnicos exigidos por la ingeniería

6 Ecer Spa.

Por Acción
México 9025A, La Florida
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Juan Pablo González Carrizo	Actividad Económica SII
	Cargo	CEO	**Obras de Ingeniería**
	Teléfono	+562 2 4816791	
	e-mail	info@ecer.cl	

Productos principales	Desarrollo Ingeniería Solar Térmica y Fotovoltaica, Ejecución de Proyectos llave en mano de ERNC, Mantenimiento e instalaciones de sistemas de energías renovables
Equipamiento	Paneles Solares Térmicos planos, CSP, Fotovoltaicos, equipos de respaldo, grupos de bombeo, bancos de baterías, todos como equipamientos principales

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	Integradores de la marca 3M en CSP, Representantes de Soltigua en el mercado nacional
Productos Similares Componentes CSP	Concentradores Italianos Soltigua
Componentes CSP/CST fabricados	N/A
Componentes CSP/CST potenciales	Desarrollo de plantas térmicas con tecnología CSP para la mediana y gran industria
Capacidad Producción Total	S/I
Origen Materias Primas	Italia, USA, Alemania

Certificaciones	• ISO 9001:2000
Grado Interés Detectado	Alto interés
Experiencia	12 años de Experiencia en Ingeniería, Montaje y Mantenimiento
Observaciones	S/I

7 Edyce Metalúrgica

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Puerta del Sol 55
Las Condes / Santiago

Planta Industrial
Algarrobo 159
Talcahuano / Concepción

Contacto 1		
	Nombre	Claudio Ramírez
	Cargo	Gerente de Ventas
	Teléfono	+ 56 2 2361 8000
	e-mail	clramirez@edyce.cl

Actividad Económica SII

Fabricación de productos metálicos de uso estructural

Productos principales

Edificios y Estructuras de acero para procesos industriales:
- Molienda y Chancado
- Calderas y Turbinas
- Stock Pile

Construcciones en acero :
- Edificios Urbanos
- Strip Centers
- Hospitales
- Supermercados
- Estaciones de Metro

Calderería:
- Estanques
- Equipos industria minera
- Tolvas , Chutes y Canaletas

Montaje

Piping

Equipamiento
- 2 Plantas en Chile con 30.500 m^2 construidos y 2 en Perú
- Máquinas CNC: corte, taladrado, plegado y granallado
- Hornos de pintura
- Grúas

Participación de Mercado	35%-45%
Experiencia con empresas CSP/CST	No, sólo han recibido consultas generales y han revisado internamente el tema de las estructuras
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar las fundaciones, pedestales y estructuras de soporte para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel en los espesores requeridos. También pueden fabricar estructuras de los edificios industriales. El proceso de galvanizado de las estructuras debe subcontratarse con una empresa especialista en galvanizado
Capacidad Producción Total	En Chile: Estructuras de acero: 36.000 ton/año Estanques : 5.000 ton/año Calderería: 10.000 ton/año Total con Perú: 84.000 ton/año

7

Edyce Metalúrgica

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Puerta del Sol 55
Las Condes / Santiago

Planta Industrial
Algarrobo 159
Talcahuano / Concepción

Origen Materias Primas	China, Corea y Japón
Certificaciones	• AISC (American Institute of Steel Construction) • ISO 9001-2008 • AWS
Grado Interés Detectado	Tienen interés, pero el análisis económico preliminar de estructuras de plantas CSP de torre central indica que sus costos son superiores a las opciones asiáticas.
Experiencia	• Antigüedad en mercado: desde 1950 • Cantidad trabajadores: 500 • Operación en extranjero: empresas filiales Esmetal y PPS en Perú • Proyectos relevantes: ◦ 4.000 minería, termoeléctricas, celulosa y obras públicas
Observaciones	S/I

8 Industria Mecánica Vogt S.A.

Sociedad Anónima
Alvarez de Toledo 669 - San Miguel
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Julio Fuentes	Actividad Económica SII
	Cargo	Subgerente Innovación y Desarrollo	**Fabricación de bombas centrifugas, equipos de bombeo, válvulas, sistemas hidráulicos y automatización de sistemas de bombeo**
	Teléfono	+56 9 88394558	
	e-mail	julio.fuentes@vogt.cl	

Productos principales

Fabricación y comercialización de equipos de bombeo para las áreas industriales más relevantes, como minería, industria, agricultura y construcción. Incluye bombas horizontales, verticales y flotantes hasta temperatura de operación no superior a 140°C

Equipamiento

- Centro de Mecanizado CNC
- Equilibradora de impulsores
- Fresa, Taladro y Prensa
- Puente grua
- Taller de armado y montaje

Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Fabricación de bombas para el movimiento de condesados del ciclo de potencia. Corresponden a bombas para una temperatura de operación de 100°C
Capacidad Producción Total	Aprox. 330 equipos/mes
Origen Materias Primas	Motores: Brasil, China, USA y Europa

8

Industria Mecánica Vogt S.A.

Sociedad Anónima
Alvarez de Toledo 669 - San Miguel
Santiago

Certificaciones	• ISO 9001:2015 • Certificación hidráulica según ISO 9906
Grado Interés Detectado	Disponen de capacidad para la fabricación de bombas hasta temperaturas de operación de 140°C y fabricadas en materiales tales como: fierro fundido, acero al carbono, acero inoxidable y materiales especiales
Observaciones	Para la fabricación de bombas para las sales de un planta de concentración es necesario el desarrollo tecnológico completo, ya que deben operar en condiciones muy exigentes y extremas de temperatura para componentes tales como rodamientos y sellos mecánicos

9

Neptuno Pumps

Av. Circunvalación 64B
Iquique

Contacto 1	**Nombre**	Gustavo Muñoz	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente Ingeniería	**Fabricación de Bombas y Fundición**
	Teléfono	+ 56 57242 4685	
	e-mail	ingenieria@neptuno.cl	

10 Petricio Industrial

Sociedad Anónima
Planta Santiago: Av. Pdte. Eduardo Frei M. 5935 - Conchalí - Santiago
Planta Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 5783 - Antofagasta

Contacto 1	**Nombre**	Iván Petricio	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Fabricación de productos metálicos de uso estructural**
	Teléfono	2-26230117	
	e-mail	ivanp@petricio.cl	

Productos principales

Estructuras:
- Estructuras de edificios y plantas para la industria y la minería
- Pipe Racks
- Suministro de equipos para la minería e industria.
- Vigas de grandes dimensiones para la construcción de edificios, puentes y obras viales

Calderería:
- Chutes, Transiciones, Canaletas, Estanques, Tolvas

Correas Transportadoras:
- Sistemas de transporte y manejo de material
- Mesas, enrejados y estructuras para correas transportadoras
- Estaciones de transferencia

Equipos Especiales:
- Celdas de flotación
- Espesadores
- Estaciones de chancado
- Piezas de gran volumen

Ductos y Estanques:
- Estanques para petróleo, agua, ácido sulfúrico y procesos mineros en general
- Ductos y tuberías de grandes dimensiones
- Estanques Aguadores

Equipamiento

- Guillotinas hasta espesores de 14 mm y largos de 6 m
- Mesas de oxicortes CNC de 6 espoletes
- Mesas de oxicortes de 12 espoletes
- Mesa de corte por plasma CNC
- Sierras de hoja y discos
- Plegadoras de 600 ton x 6 m
- Cilindradoras 3 y 4 rodillos CNC, hasta 25 mm
- Taladradora 3 ejes CNC de perfiles
- Punzonadoras CNC
- Taladros radiales fijos y portátiles
- Curvadora de cañerías

10

Petricio Industrial

Sociedad Anónima
Planta Santiago: Av. Pdte. Eduardo Frei M. 5935 - Conchalí - Santiago
Planta Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 5783 - Antofagasta

Participación de Mercado	10%
Experiencia con empresas CSP/CST	Sí, fabricó estructura soportante del receptor solar de Cerro Dominador para la empresa belga CMI Group
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	Estructura de acero soportante del receptor solar de Cerro Dominador
Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar pedestales y estructuras de soporte para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel en los espesores requeridos, además de la estructura soporte del receptor solar de torre central. El proceso de galvanizado de las estructuras debe subcontratarse en las empresas especialistas
Capacidad Producción Total	700 Ton/mes (planta Antofagasta y planta Santiago) 450 - 500 ton/ mes en Santiago 300 ton/mes en Antofagasta
Origen Materias Primas	China, Japón y Corea

Certificaciones

- AISC (American Institute of Steel Construction)

Grado Interés Detectado

Disponen de las capacidades técnicas para emprender nuevos desafíos. Manifiestan que la experiencia con la estructura del receptor fue un buen aprendizaje para futuras presentaciones a proyectos solares

Experiencia

- Antigüedad en mercado: Desde 1970
- Cantidad trabajadores: 200
- Operación en extranjero: No
- Proyectos relevantes:
  - Proyecto Sierra Gorda, Takraf Chile
  - GNL Norte Grande Chile
  - Proyecto Codelco Gaby, Takraf Chile
  - Mejillones-Panna4, Enaex
  - Lomas Bayas II, Takraf Chile

Observaciones S/I

11 RHONA S.A.

Sociedad Anónima Cerrada
Agua Santa 4211
Viña del Mar

Contacto 1	**Nombre**	Marcelo Ulloa	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente Comercial	**Manufactura y comercialización de Equipamiento Eléctrico**
	Teléfono	+56 9 6496 6048	
	e-mail	mulloa@rhona.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Miguel Lazcano	
	Cargo	Ingeniero de Venta	
	Teléfono	+56 9 6496 6020	
	e-mail	mlazcano@rhona.cl	

Productos principales: Transformadores, Switchgears, interruptores HV, equipamiento de medida, conductores y materiales eléctricos

Equipamiento: Planta con maquinaria adecuada para la fabricación de equipos, y 5 centros de ventas y distribución en Chile, 1 en Perú y 1 en Argentina

Participación de Mercado	30%
Experiencia con empresas CSP/CST	*
Productos Similares Componentes CSP	*
Componentes CSP/CST fabricados	*
Componentes CSP/CST potenciales	Equipamiento Eléctrico; Cables, Transformadores de Potencia, Equipos de medida
Capacidad Producción Total	5000 MVA/año
Origen Materias Primas	Europa, EEUU, Asia

Certificaciones
- ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001

Grado Interés Detectado: Medio

Experiencia
- Antigüedad en mercado: 53 Años
- Cantidad trabajadores: 420
- Operación en extranjero: Sí
- Proyectos relevantes:
  - Minería, compañías Eléctricas, Industria, Generación, Varios

Observaciones: S/I

12 Tecnología de Procesos Industriales S.A.(TPI)

Sociedad Anónima
Panamericana Norte 9301 - Quilicura
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Pedro Bralic	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Venta al por mayor de maquinaria, herramientas, equipo y materiales**
	Teléfono	+ 56 2 2463 8000	
	e-mail	pbralic@tpi.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Axel Alfaro	
	Cargo	Gerente Comercial	
	Teléfono	+56 2 2463 8235	
	e-mail	aalfaro@tpi.cl; tpichile@tpi.cl	
Contacto 3	**Nombre**	Guillermo Bravo	
	Cargo	Ingeniero de Proyectos	
	Teléfono	+ 56 2 2463 8050	
	e-mail	gbravo@tpi.cl; tpichile@tpi.cl	

Productos principales

Diseño, suministro, fabricación y montaje de estanques de almacenamiento, reactores, piping, spools, equipos y estructuras especiales en acero inoxidable, acero al carbono y aleaciones especiales para actividades tales como:

Minería, industria de procesos, alimentos, farmacéutica, vinos y leche

Equipamiento

- Sistema de soldadura orbital horizontal y vertical
- Sistemas de soldadura automáticos y semiautomáticos en equipos de soldadura MIG, TIG, arco sumergido y plasma posicionado con sistemas de columnas móviles
- Equipo bombeado y rebordeo hasta 6.0 m diámetro y 40 mm espesor
- Mesa corte por plasma de alta definición (3m x 18m)
- Cabina y sistemas de pintura
- Equipos para revestimientos y vulcanización en caucho, con autoclave 6mt diámetro útil y largo 14m, ampliable.
- Sistema de corte por láser
- Sistema de corte por chorro de agua 4x6 m, espesor corte: 300 mm, 5 ejes (3D)

Participación de Mercado	>50%
Experiencia con empresas CSP/CST	Evaluación y cotización de los estanques de almacenamiento de sales frías y calientes del proyecto Cerro Dominador

12

Tecnología de Procesos Industriales S.A.(TPI)

Sociedad Anónima
Panamericana Norte 9301 - Quilicura
Santiago

Productos Similares Componentes CSP	Suministro y fabricación de 3 estanques de almacenamiento de sales fundidas para empresa minera en material 347H.
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Potencial para el diseño, suministro, fabricación y montaje de estanques de almacenamiento para sales frías y calientes, en acero carbono y acero inoxidable. Receptores (Receivers) utilizados en cumbre de Torre de concentración de potencia (fabricadas en 347H e Incoloy). Cúpula interior de Torre en fabricación 347H 2" espesor. Estanques de almacenamiento de aceite térmico y sistemas de expansión. Ductos y piping en diversas aleaciones: dámper, juntas de expansión, otros. Sistemas criogénicos, recipientes a presión (torres para nitrógeno), entre otros.
Capacidad Producción Total	Estanques: 2.000 Ton/año Piping y spools: 200.000 pulg/año
Origen Materias Primas	Alemania, Francia, Estado Unidos y/o China

Certificaciones

- ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001; ASME VIII (Estampa U, PP, R), Sedex members (SMETA IV)

Grado Interés Detectado

Disponen de la capacidad técnica y productiva, así como la experiencia e interés necesarios para proveer soluciones de almacenamiento y manejo con sales fundidas de una planta solar de concentración

Experiencia

- Antigüedad en mercado: Desde 1987
- Cantidad trabajadores: 160
- Operación en extranjero: Presencia local en Perú y Argentina
- Proyectos relevantes:
  - Estanques y reactores, Minera Maricunga
  - Lavador de gases, Minera Gaby
  - Estanques y ciclones, Masisa
  - Estanques a presión, Celulosa Arauco- Nueva Aldea
  - Estanque combustible, Copec
  - Estanque fermentación Cervecería Austral
  - Proyecto Puelche, Nestle
  - Reactores farmacéutico, Saval

Observaciones

Las capacidades señaladas anteriormente son nominales, sin embargo con una programación anticipada de 2 a 4 meses pueden sumar una capacidad adicional

13 Tersainox

Sociedad por Acciones
Santa Rosa s/n - Lampa
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Carlos Torres
	Cargo	Jefe de Ingeniería
	Teléfono	22 394 1000
	e-mail	ctorres@tersainox.com

Actividad Económica SII

Fabricación de Productos Metálicos

Productos principales

Estanques de acero inoxidable para:
- Industria Vinícola y Alimenticia
- Industria de Proceso
- Estanques y estructuras para camiones
- Semirremolques

Equipamiento

- Puentes grúa
- Bobinadora
- Soldadoras automáticas
- Soldadora automática vertical
- Bombeadora con Hidroformado
- Cortadora de Plasma CNC
- Cilindradora
- Guillotina
- Plegadora

Participación de Mercado	35%
Experiencia con empresas CSP/CST	Sí, cotizaron estanques de acero inoxidable para sales frías y calientes para proyecto Cerro Dominador. Además, fabricaron un estanque para el laboratorio de sales de la Universidad de Antofagasta
Productos Similares Componentes CSP	Estanques acero inoxidable
Componentes CSP/CST fabricados	Sí, un estanque para sales para el laboratorio de sales de la Universidad de Antofagasta
Componentes CSP/CST potenciales	Estanques para sales fundidas
Capacidad Producción Total	Planta 120 ton/mes
Origen Materias Primas	Acero inoxidable principalmente de Sudáfrica (Acerinox) y Estados Unidos (Outukumpu)

13 Tersainox

Sociedad por Acciones
Santa Rosa s/n - Lampa
Santiago

Continuación

Certifica-ciones	• ISO 9001 - 2008
Grado Interés Detectado	Disponen de capacidad técnica para fabricar estanques de almacenamiento de sales requeridos para proyectos de concentración solar

Experiencia	• Antigüedad en mercado : 1991
	• Cantidad trabajadores : 100 - 120
	• Operación en extranjero : Francia, USA, Colombia, Perú
	• Proyectos más relevantes :
	  ◦ Estanque para R. Tomic de 3.000 m^3
	  ◦ CMPC Planta Maule : 200 ton
	  ◦ Agroreserva (Aceite Oliva) : 5.500 m^3
	  ◦ Aguasin 2 estanques 720 m^3 25 ton c/u
	  ◦ Estanques para industria vinícola, alimentos, minería, etc.

Observaciones	S/I

14 Transformadores Tusan S.A

Sociedad Anónima
Av. Gladys Marín 6.030 - Estación Central
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Augusto Wiegand	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Fabricación de transformadores y otros equipos eléctricos**
	Teléfono	+56 2 2899 6800	
	e-mail	ventas@tusan.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Victor Suazo	
	Cargo	Account Manager	
	Teléfono	+56 2 2899 6800	
	e-mail	vsuazo@tusan.cl	

Productos principales

Transformadores de distribución
Transformadores de poder hasta 50 MVA y 154 kV

Participación de Mercado	+/-30%
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	Transformadores de potencia hasta 154KV y 50MVA
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Transformadores de potencia hasta 154KV y 50MVA
Capacidad Producción Total	600 MVA anuales (1 turno)
Origen Materias Primas	Alemania, USA, Francia, Japón, Suiza, Brasil

Certificaciones

- ISO 9001:2008

Grado Interés Detectado

Interés en transformadores hasta (154 kV y 50 MVA)

Experiencia

- Antigüedad en mercado: 33 Años
- Cantidad trabajadores: 190
- Operación en extranjero: No
- Proyectos relevantes:
  - Minería, energía, industrial

Observaciones

Dificultad de competir en transformadores de gran potencia > 10MW

15 Vapor Industrial S.A.

Sociedad Anónima
Calle Dos N° 9417 Parque Industrial, Américo Vespucio Quilicura
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Carlos Díaz	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente de Proyectos	**Fabricación de productos metálicos de uso estructural**
	Teléfono	+56 2 2444 3100	**Venta al por mayor de otros productos**
	e-mail	Carlos.Diaz@vapor.cl	

Productos principales

Equipos a presión ASME
Equipos y calderería pesada para minería
Tuberías y piezas especiales para centrales hidroeléctricas
Calderería para la industria en general

Equipamiento

- Bombeadora (hasta 25 mm espesor)
- Prensado (hasta 1000 Ton)
- Plegado (hasta 22 mm)
- Mesa corte CNC Messer (oxicorte hasta 250 mm, plasma hasta 80 mm)
- Cilindro Davi (4 rodillos CNC hasta 150 mm espesor y 3.000 mm ancho)
- Centro de Taladro CNC FimCM (hasta 300 mm espesor y máx 4 m diámetro)
- Torres de Soldadura
- Torno horizontal (6 m volteo)

Participación de Mercado	Casi 100% tanques de GLP y cerca del 50% en calderería y recipientes a presión
Experiencia con empresas CSP/CST	Sí, fabricaron 3 estanques para agua caliente para Abengoa (planta CST El Tesoro)
Productos Similares Componentes CSP	Sí, estanques de acero al carbono para almacenamiento
Componentes CSP/CST fabricados	Sí, estanques para proyecto CST El Tesoro
Componentes CSP/CST potenciales	Estanques de acero al carbono para almacenamiento
Capacidad Producción Total	4.800 Ton/año estanques
Origen Materias Primas	EEUU, Brasil, China y algunos europeos

15 Vapor Industrial S.A.

Sociedad Anónima
Calle Dos N° 9417 Parque Industrial, Américo Vespucio Quilicura
Santiago

Certificaciones	• ISO 9001, OHSAS 18000, ASME sellos U, U2 y S
Grado Interés Detectado	Poseen conocimiento técnico y experiencia acumulada para el diseño y fabricación de estanques de acero al carbono
Experiencia	• Antigüedad en mercado: Desde 1977 • Cantidad trabajadores: 300 • Operación en extranjero: No • Proyectos relevantes: S/I
Observaciones	S/I

16 Vidrios Lirquén

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Cerámica 2371 - Cerro Navi - Santiago
Planta Industrial: Camino público s/n - Lirquén - Penco - Concepción

Contacto 1	**Nombre**	Lucas Malfetano	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Fabricación, manipulado y transformación de vidrio plano**
	Teléfono	+ 56 2 2369 7600	
	e-mail	lucas.malfetano@cl.nsg.com	
Contacto 2	**Nombre**	William de Souza	
	Cargo	Sub Gerente Comercial	
	Teléfono	+ 56 2 2369 7692	
	e-mail	william.de.souza@cl.nsg.com	
Contacto 3	**Nombre**	Luis Alberto Pérez	
	Cargo	Gerente de Manufactura	
	Teléfono	+56 41 220 1104	
	e-mail	luisalberto.perez@cl.nsg.com	

Productos principales: Fabricación, manipulado y transformación de vidrio plano

Equipamiento
- 1 Horno Float : 300 Ton/día
- 1 Línea de espejos : 700.000 m2/año

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Puede suministrar vidrios y espejos corrientes con espesores sobre 2 mm y podría fabricar con el contenido de hierro (low iron) requerido para tecnología de concentración solar
Capacidad Producción Total	110.000 ton/año
Origen Materias Primas	Nacional, Brasil, Argentina, Estados Unidos

16 Vidrios Lirquén

Sociedad Anónima
Oficina Comercial: Cerámica 2371 - Cerro Navi - Santiago
Planta Industrial: Camino público s/n - Lirquén - Penco - Concepción

Certificaciones	• NCH - ISO 9001 Of. 2001
Grado Interés Detectado	Interesados en la potencial producción de vidrios low iron para espejos de uso en generación solar y en la fabricación de espejos a partir de los mismos
Experiencia	• Antigüedad en mercado: desde 1933 • Cantidad trabajadores: 250 • Operación en extranjero: Pertenece al grupo multinacional NSG-Pilkington, unos de los mayores fabricantes de vidrio del mundo • Proyectos relevantes: S/I
Observaciones	Para producir low iron se requeriría importar arena especial y dolomita, que son más caras, pero dicho vidrio es también más caro en el mercado. Fabricar vidrios curvados para colectores cilindro parabólico corresponde a otro tipo de proceso, lo que es un proyecto mayor que requiere de estudios de ingeniería.

4.3. Otras Empresas Consultadas

A continuación, se incluyen los perfiles resumidos del resto de las empresas consultadas que no fueron consideradas como proveedores potenciales de componentes en una primera etapa, debido a que se obtuvo menor información. Varias de ellas podrían participar como subcontratistas de empresas mayores o en asociación entre varias. **Cabe señalar que solo se publican las fichas de las empresas que han confirmado autorización para publicar**.

A

ANCARE ENERGY

SOCIEDAD DE SERVICIOS DE INGENIERIA SPA
Carlos Valdovinos 457, San Joaquín
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Rodrigo Andrés Geraldo Seura	
	Cargo	Ingeniero Civil Mecánico - Magíster en Ingeniería de la Energía	
	Teléfono	225666800	
	e-mail	rodrigo.geraldo@ancare-energy.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Andrés Leonardo García Ortiz	Actividad Económica SII
	Cargo	Representante Legal	**454000 - OBRAS MENORES EN CONSTRUCCION (CONTRATISTAS, ALBAÑILES, CARPINTEROS)**
	Teléfono	225666800	**742141 - SERVICIOS DE INGENIERIA PRESTADOS POR EMPRESAS N.C.P.**
	e-mail	andres.garcia@ancare-energy.cl	

Productos principales

ANCARE ENERGY, fue fundada en Junio de 2009, como un Bufete de Ingenieros Consultores que tiene, como principal objetivo, entregar Servicios de Ingeniería para la Integridad de Activos, Análisis de Riesgos y Proyectos de Energía, desde las etapas de Diseño, Adquisiciones, Construcción, Puesta en Marcha, Operación, Control & Seguimiento y Abandono de las instalaciones para proyectos de desarrollo sustentables y uso eficiente de los recursos y aspectos disponibles. Hoy en día es parte de un "Grupo de Empresas" enfocado en los sectores, inmobiliario, energía, infraestructura e industria.

Productos y Servicios Energía:

- Estudios de proyectos de Inversión de Energía (ERNC)
- Estudios y Montajes de Sistemas Eléctricos & Gas
- Desarrollo de Proyectos de Generación (On/Off Grid), líneas de Transmisión, Distribución eléctricas y combustibles
- Certificaciones, Inspecciones y Auditorías Técnicas para Instalaciones y activos, tales como plantas, equipos, etc. (Autorizados SEC, CDEC SING/SIC)
- Montajes Eléctricos y Gas (conversiones, plantas y proyectos de GNL y GNC)
- Proyectos de Clima y Térmicos
- Certificaciones, Evaluaciones, Inspecciones y Auditorías Técnicas y de Eficiencia Energética (M&V)
- Proyectos de mitigación y abatimiento de fuentes fijas de emisión
- Representaciones y venta de equipos (Turbomaquinaria)

A

ANCARE ENERGY

SOCIEDAD DE SERVICIOS DE INGENIERIA SPA
Carlos Valdovinos 457, San Joaquín
Santiago

Equipamiento

Productos y Servicios en Criogenia:

- Inertizaciones
- Proyecto llave en mano
- Entrenamiento y capacitación
- Servicio de operación de plantas
- Suministro y arriendo de cisternas
- Servicios de ingeniería de criogénica
- Servicios de inspección y certificación de plantas
- Servicios de montaje, pruebas y puesta en Marcha
- Suministro de equipos y repuestos de tanques y turbomáquinas
- Declaración, normalización, certificación e inspección de cisternas
- Servicios de integridad de activos y mantenimiento integral de instalaciones

Participación de Mercado	Se estima una participación de mercado en un 20%
Experiencia con empresas CSP/CST	Desde el rubro de ingeniería, procesos de auditoría e inspecciones a proyectos. Auditores del proyecto Cerro Dominador
Productos Similares Componentes CSP	No aplica
Componentes CSP/CST fabricados	No aplica
Componentes CSP/CST potenciales	No aplica
Capacidad Producción Total	No aplica
Origen Materias Primas	No aplica

Certificaciones

- En proceso de certificación normas ISO 9001 y OHSAS 18001

Grado Interés Detectado

ANCARE ENERGY, dentro de sus lineamientos estratégicos, tiene considerada a la energía como un pilar fundamental de crecimiento. Lo anterior referido tanto al desarrollo de ingeniería, auditorías de proyectos, desarrollo de proyectos, entre otros. Adicionalmente la presente, entiende que la energía solar, además de la generación de electricidad, permitiría la generación de subproductos como el hidrógeno que hoy están siendo investigados para el almacenamiento energético. Nuestra visión es ser referentes en tecnología para lo cual creemos que la presente prospección es una indiscutible oportunidad para acercarnos aún más a la industria y desarrollar redes para establecer en Chile oportunidades de desarrollo tanto para la empresa como para el país

Experiencia

La empresa tiene 8 años de experiencia en el mercado en el ámbito energético y 3 años de experiencia en el ámbito criogénico

Observaciones S/I

B

Bignotti Hermanos S.A.

Sociedad Anónima
Gran Avenida José Miguel Carrera 13.876
San Bernardo

Contacto 1	**Nombre**	Mauricio Bignotti	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente Comercial	**Fabricación de Productos Metálicos**
	Teléfono	228364400	
	e-mail	venta@bignottihnos.cl	

Productos principales

Piezas y conjuntos metálicos para la industria minera, reparación de piezas para generadores eléctricos

Equipamiento

- Maquinaria CNC: Barrenadoras, Centros de mecanizado, Tornos, Cortadora de plasma
- Maquinaria Convencional: Tornos, Rectificadoras, Cilindradoras, Creador de engranajes
- Equipos de apoyo: Soldadoras MIG/TIG y arco sumergido, Prensas hidráulicas, Granalladora, Laboratorio de Metrología, planta 4000 m^2

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Mecanismos seguimiento
Capacidad Producción Total	S/I
Origen Materias Primas	Nacional e Importado

Certifica-ciones

- ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007

Grado Interés Detectado

No le interesa la fabricación masiva

Experiencia

- Antigüedad en mercado: 60 años
- Cantidad trabajadores: 14 ingenieros y 80 técnicos
- Operación en extranjero: S/I
- Proyectos relevantes:
  - Fabricación y recuperación de rodetes para varias centrales hidroeléctricas
  - Diversas máquinas y equipos para refinerías de cobre de Codelco, Anglo American, Xstratas, etc.
  - Grandes mecanizados de equipos para diversas empresas industriales y eléctricas

Observaciones

Su negocio es la fabricación de piezas únicas o en baja cantidad, pero de gran envergadura o complejidad. Declaran no ser lo suficientemente competitivos para fabricar una gran cantidad de piezas repetitivas por no tener equipos adecuados. No descartan participar en la implementación de alguna máquina o sistema mecánico que permita a otra empresa del rubro producir en serie estos componentes

C

GATTAVARA S.A.C.I

S.A.C.I
RUTA A-16 KM. 34
Iquique

Contacto 1	**Nombre**	José Ignacio Gattavara Fernández
	Cargo	Gerente Operaciones
	Teléfono	57-2-248020
	e-mail	maestranza@gattavara.cl
Contacto 2	**Nombre**	Attilio Gattavara Ghillino
	Cargo	Gerente general
	Teléfono	57-2-248020
	e-mail	maestranza@gattavara.cl

Actividad Económica SII

CIIU: 132090 133000 242990 292210 519000

Productos principales	Fabricación y reparación de piezas metalmecánicas (piñones, ejes, moto-reductores, etc.) y todo tipo de sistemas mecánicos. Fabricación de estructuras metálicas, fabricación de poliestireno expandido (aislante acústico y térmico)
Equipamiento	Tornos, taladros, soldadoras MIG, TIG y arco manual, cilindradoras, plegadoras, torno CNC, torno de 10 m de largo

Participación de Mercado	5%
Experiencia con empresas CSP/CST	Mediciones en planta piloto de energía solar fotovoltaica
Productos Similares Componentes CSP	Soporte de placas, atriles y estructuras
Componentes CSP/CST fabricados	No aplica
Componentes CSP/CST potenciales	Soporte de placas, atriles y estructuras
Capacidad Producción Total	5 ton/mes
Origen Materias Primas	Chile, China

Certificaciones	• No aplica
Grado Interés Detectado	Interés en desarrollar nuevos productos para la industria CSP
Experiencia	S/I
Observaciones	S/I

D

Lemaco SpA

Sociedad por acciones
Santa Ana 0425, La Granja
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Felipe Lechuga Moltedo	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Código: 292411 fabricación de maquinaria para minas y canteras y para obras de construcción**
	Teléfono	+569 98252911	
	e-mail	flechuga@lemaco.cl	

Productos principales

La empresa tiene dos divisiones comerciales, Lemaco Maquinaria fabrica y comercializa equipos para la construcción. Lemaco Industrial, realiza fabricaciones especiales de partes y piezas para diferentes industrias como, por ejemplo, la industria de la energía.

En el área de Infraestructura cuenta con

Corte Láser:

- Corte en planchas de tamaños hasta 3000x1500 mm
- Sistema automatizado de corte utilizando planos digitales proporcionados por el cliente
- Tolerancias de 0.05 mm
- Se puede incluir marcaje superficial
- Hasta 25 mm en Acero Carbono
- Hasta 20 mm en Inoxidable
- Hasta 30 mm en Aluminio
- Hasta 12 mm en Cobre y Bronce
- Otros materiales como MDF , Acrílico, PVC, etc

Corte por Agua, Plegado, Otros:

- Soldadura
- Tornos CNC
- Centro de mecanizado CNC
- Pulido / Bruñido de materiales
- Cilindrado

Equipamiento

Actualmente la empresa cuenta con:

- 4 equipos de corte láser (CO_2, fibra, automatización)
- 2 Plegadoras CNC
- 1 Equipo de Corte Por Agua
- Desbarbado y pulido automatizado

Lemaco es el principal proveedor de piezas en corte láser de Chile, con la mayor capacidad instalada, mayor eficiencia y experiencia del mercado.

D

Lemaco SpA

Sociedad por acciones
Santa Ana 0425, La Granja
Santiago

Participación de Mercado	LEMACO cuenta con la mayor cobertura del rubro de Maquinarias para Construcción, a través de las principales cadenas distribuidoras del país. Se suma a esto el mercado de las empresas constructoras, contratistas del área, y en forma paralela, el creciente número de clientes de la División Industrial y Servicios
Experiencia con empresas CSP/CST	No tiene
Productos Similares Componentes CSP	Fabricación de piezas en corte láser, corte por agua y plegado de piezas de estructuras metálicas, gabinetes eléctricos/electrónicos, piezas para estanques, bridas, flanges, etc. Trabajo en Acero carbono, aceros especiales e Inoxidables, entre otros
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Servicio de fabricación de piezas especiales para las estructuras, estanque y otros mediante las tecnologías de fabricación que utilizamos para prestar servicios de manufactura
Capacidad Producción Total	En la planta ubicada en la ciudad de Santiago cuentan con 6.000 m^2 de terreno y 2.600 m^2 de galpones y oficinas, donde trabajan en total 50 personas entre maestros calificados, técnicos, ingenieros y personal administrativo
Origen Materias Primas	Principalmente acero e inoxidable, compran localmente (no importan directamente), pero el origen es importado

Certificaciones

- Empresa certificada ISO 9001:2008, Certificación en procesos de fabricación y comercialización

Grado Interés Detectado

La División Industrial de Lemaco está interesada en poder suministrar partes y piezas para el desarrollo de le Energía Solar, tanto en Chile como en el mundo

Experiencia

La flexibilidad de la tecnología y el capital humano, le permite a la empresa enfrentar los más diversos proyectos de manufactura que van desde la fabricación de piezas y prototipos hasta elaborados y complejos productos que requieran de la integración de variadas tecnologías de fabricación (corte láser, corte por agua, plegado CNC, soldadura, mecanizado, entre otros). De esta manera podemos ofrecer soluciones de manufactura para la más amplia gama de industrias y productos, tales como:

- Maquinaria o elementos mecánicos
- Mobiliario urbano
- Elementos arquitectónicos
- Gabinetes
- Calderería
- Carrocerías

Observaciones S/I

E

Multiaceros S.A.

Sociedad Anónima
Camino a la Alameda 241 - Lampa
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	José Manuel Sanhueza	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**Importador y Distribuidor**
	Teléfono	22 498 3300	
	e-mail	ventas@multiaceros.cl	

Productos principales	Importadora y comercializadora de productos de acero (cañerías, perfiles, válvulas, planchas, flanges, conduit)
Equipamiento	Equipos para dimensionado, flejado, alisado y corte de planchas metálicas

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	S/I
Productos Similares Componentes CSP	No
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Estructuras de acero para soporte de helióstatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel
Capacidad Producción Total	No
Origen Materias Primas	Importador

Certificaciones

- ISO 9001 y 14001

Grado Interés Detectado

Sólo distribuye, no fabrica

Experiencia

- Antigüedad en mercado: S/I
- Cantidad trabajadores: S/I
- Operación en extranjero: S/I
- Proyectos relevantes: S/I

18 años importando y abasteciendo a las principales empresa del país con Aceros

Observaciones

Empresa importadora, su principal función es la de proveer materias primas al sector

F

Reinike S.A.

Sociedad Anónima
Av. Los Libertadores 23, Loteo Industrial Los Libertadores - Colina
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Luis Jiménez Undurraga	Actividad Económica SII
	Cargo	Gestor de Proyectos	**Fabricación de otros productos elaborados de metal**
	Teléfono	562-24901811- +569-73983620	
	e-mail	ljimenez@reinike.cl	

Productos principales	Estructuras Metalicas, Estanques, Calderería, Ductos
Equipamiento	3 mesas de corte CNC, Guillotina CNC, Plegadora CNC 200 ton, dimensionadora y taladora de perfiles, cilindradora, punzonadora de planchas CNC, soldadora automática, puentes grúas de 20, 5 y 3 ton c/u. Planta de 44.000 m^2

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	No
Productos Similares Componentes CSP	Estructuras Metálicas
Componentes CSP/CST fabricados	No
Componentes CSP/CST potenciales	Tienen capacidad para fabricar pedestales y estructuras de soporte para heliostatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel en los espesores requeridos, además de la estructura soporte del receptor solar de torre central. El proceso de galvanizado de las estructuras debe subcontratarse en las empresas especialistas
Capacidad Producción Total	Estructuras de Acero: 600 Ton/mes Estanques en terreno: 300 Ton/mes Calderería : 350 Ton/mes
Origen Materias Primas	S/I

Certificaciones	• ISO 9001/2015; ISO 14001/2004; OHSAS 18001/2007
Grado Interés Detectado	Está interesado, pero por su escasa capacidad podría ser un subcontratista de una empresa mayor
Experiencia	• Antigüedad en mercado: 30 años • Cantidad trabajadores: 150 personas • Operación en extranjero: Exporta • Proyectos relevantes: Se adjunta Experiencia de Proveedor Reinike
Observaciones	S/I

G

SELEB LTDA

Limitada
Avda. Cerro Colorado 3781
Iquique

Contacto 1	**Nombre**	Andrés Adolfo Berrios Sepúlveda	Actividad Económica SII
	Cargo	Gerente General	**CIIU 712200 749990**
	Teléfono	57 2 214790	
	e-mail	andres.berrios@seleb.cl	
Contacto 2	**Nombre**	Ivonne Lara G	
	Cargo		
	Teléfono	057 2 214790	
	e-mail	Ivon.lara@seleb.cl	

Productos principales

Nuestro servicio. Provee soluciones reales de las cuales las empresas pueden validar y asegurar la continuidad de sus operaciones en sus etapas de puesta en marcha, mantenciones o precomisionamiento, a través de estudios y pruebas eléctricas de las zonas, equipos, salas o subestaciones eléctricas.

Servicios:

- Transformadores de Poder
- Transformadores de Tensión
- Transformadores de Corriente
- Calidad de aislación y resistencia de Cables
- Líneas de transmisión
- Interruptores
- Desconectadores
- Pararrayos
- Barras
- Motores
- Medidas de Resistividad de Terreno
- Medidas de Resistencia Óhmica a mallas Tierra
- Medidas de tensión de paso y contacto

Principales recursos:

Equipos de las marcas más prestigiosas en el mercado.

Todos los equipos se encuentran verificados, calibrado y certificados para mantener estándares de calidad.

Personal Técnico de vasta experiencia, para desarrollar y administrar las diferentes etapas de proyectos, tales como:

- Planificación de Precomisionamiento
- Pruebas de equipos eléctricos
- Pruebas de instrumentación
- Pruebas de equipos mecánicos
- Coordinación y supervisión de pruebas de sistemas de control (FAT-SAT)
- Coordinación y administración de carpetas TOP
- Gestión Vendor
- Protocolos de Prueba de Precomisionamiento (Matriz de protocolos)

G

SELEB LTDA

Limitada
Avda. Cerro Colorado 3781
Iquique

Equipamiento

- HI POT TECH 4100 -10 PHENIX
- Medidor de Razón Transformación 8510 AEMC
- FLUKE 435
- Medidor de resistencia Bajas 6240 AEMC
- Medidor de resistencias Bajas DLRO 200 MEGGER
- Medidor de Aislación MIT 515 MEGGER
- Analizador de Calidad de Energia 8335 AEMC
- Medidor de Resistencias Bajas DLRO 10 HD MEGGER
- Maleta de Pruebas para protección CMC 356 OMICRON
- Maleta de Pruebas para transformadores CPC 100 OMICRON
- Medidor de simultaneidad de contacto ISA CBA 1000
- TELUROMETRO
- Medidor de Aislación 10 kv AEMC 6550
- Relación de Transformación AEMC DTR-8510

Participación de Mercado	50% a nivel regional (I a III Región)
Experiencia con empresas CSP/CST	No aplica
Productos Similares Componentes CSP	Experiencia en otras energías renovables: 1.- El Abra (Eólica) y Kelar (termogeneración)
Componentes CSP/CST fabricados	No aplica
Componentes CSP/CST potenciales	No aplica
Capacidad Producción Total	Empresa de servicios, 600 HH al mes
Origen Materias Primas	Equipamiento alemán y canadiense

Certificaciones

- ISO 9001; SICEP; Acreditación de Rejic de Achille (Codelco)

Grado Interés Detectado

Alto interés, en servicios de pruebas eléctricas en nuevos proyectos de energía solar

Experiencia

Experiencia de 4 años y medio en el rubro

Observaciones

S/I

H

V.H. Manufactura de Tubos y Perfiles de Acero S.A.

Anónima Cerrada
Calle Renca 2.057- Renca
Santiago

Contacto 1	**Nombre**	Juan Caviedes	Actividad Económica SII
	Cargo	Subgerente Comercial	**Manufactura de Tubos y Perfiles de Acero**
	Teléfono	+56 2 2462 6900 / +56 9 7137 0738	
	e-mail	jcaviedes@vh.cl	

Productos principales	Perfiles y Tubos de acero negro o galvanizado
Equipamiento	Terreno: 60.000 m^2 Galpones: 28.000 m^2

Participación de Mercado	S/I
Experiencia con empresas CSP/CST	Maestranzas y Galvanizadoras
Productos Similares Componentes CSP	Canales Costaneras Ángulos Tubos Cuadrados y Rectángulos
Componentes CSP/CST fabricados	S/I
Componentes CSP/CST potenciales	Estructuras de acero para soporte de helióstatos, cilindros parabólicos y colectores Fresnel
Capacidad Producción Total	15.000 ton/mes en un turno
Origen Materias Primas	Japón, Brasil, China

Certificaciones	• ISO 9001: 2008; ISO 14.001; Proveedor Sedex
Grado Interés Detectado	Estamos Interesados

Experiencia

- Antigüedad en mercado: 59 años
- Cantidad trabajadores: Menos de 200 personas
- Operación en extranjero: No tenemos
- Proyectos relevantes: Sí
  - Proveedor estratégico de los principales Retailers, Distribuidores, Especialistas y Maestranzas a nivel nacional

Observaciones

Podrían participar como proveedor de perfiles y Tubos de acero para estructuras de acero en plantas CSP

5

PROPUESTA DESARROLLO

5. PROPUESTA PARA EL DESARROLLO NACIONAL INDUSTRIAL DE LA TECNOLOGÍA CSP/CST

5.1. Barreras para desarrollar fabricación nacional de componentes

Para definir una estrategia de desarrollo en la fabricación de componentes requeridos en proyectos CSP/CST, es necesario tener en cuenta las principales barreras que obstaculizan dicho desarrollo. Las barreras principales se señalan a continuación:

a) La demanda de componentes depende de los proyectos CSP/CST que se ejecuten

La demanda de componentes para plantas CSP/CST es una demanda derivada, que depende de la cantidad y frecuencia de proyectos de estas tecnologías que se realicen en el país. Además, el oferente requiere que las especificaciones del componente demandado coincidan con las capacidades de fabricación de su empresa.

Esta incertidumbre respecto al tamaño de la demanda que podría abastecer y la continuidad de ésta, tiende a disminuir el interés de los industriales por invertir en equipos e instalaciones requeridos para la fabricación de componentes.

b) Decisión de adquirir componentes se toma en el extranjero

La empresa que ejecuta el proyecto, la que usualmente opera mediante un contrato en la modalidad EPC (Ingeniería, Compra y Construcción) decide el proveedor de cada componente. Dado el tamaño de estos proyectos y la falta de experiencia en el país, lo más probable es que el contratista EPC sea una gran empresa extranjera (por ejemplo: Samsung, Posco o Abengoa). Además, en la decisión de compra del componente pueden participar el desarrollador del proyecto, el proveedor tecnológico y también la institución que financia el proyecto. A esto se suma el hecho de que en el país no existe experiencia demostrable en la fabricación de componentes, los que tienen especificaciones diferentes a los productos fabricados en el país (Ej. Vidrios blanco (o low iron), bombas para altas temperaturas).

Las empresas EPC y financistas, usualmente eligen a los proveedores de componentes entre empresas prestigiadas que cuentan con experiencia en la fabricación de cada componente. Esto representa una barrera de entrada para las empresas nacionales, sin experiencia anterior en el tema.

c) Diversidad de diseños de algunos componentes

Existe gran diversidad de diseños de algunos componentes del campo solar, lo que atenta contra la especialización de las empresas que los podrían fabricar. Por ejemplo:

- Los helióstatos varían en tamaño entre 1 m^2 y 160 m^2 lo que hace que las estructuras, pedestales y espejos sean muy diferentes.

- Los espejos parabólicos son curvos, en cambio, los de helióstatos y concentradores Fresnel son planos. Los materiales de los espejos también varían entre aluminio y vidrio, y en éstos últimos hay diversos espesores (1 a 4 mm), e incluso tipo sándwich (2 vidrios en que la capa reflectante va entre medio).

- Hay al menos seis tipos de mecanismos de orientación, entre los que utilizan motor eléctrico o hidráulico, además de muchos tamaños.

d) Algunos componentes claves están patentados

Algunos componentes específicos para estas tecnologías, que son claves para la eficiencia y confiabilidad de la operación de los proyectos de concentración solar, están protegidos por patentes que son propiedad de los desarrolladores de proyectos CSP/CST o por firmas especializadas, lo que genera barreras a la entrada para las firmas nacionales. Los principales son:

- El sistema de control global, que incluye el control de la operación del campo solar, del almacenamiento y de la operación de la central térmica.

- El diseño del receptor solar en la tecnología de torre central.

- El diseño del tubo receptor en el caso de la tecnología del colector cilindro parabólico y del colector Fresnel.

- El receptor secundario en la tecnología Fresnel.

- Algunos mecanismos de orientación de los colectores.

Estos componentes requieren de un gran desarrollo tecnológico en lo referente a materiales, diseño físico y/o proceso de fabricación. Algo similar sucede con el sistema de control que requiere de un gran conocimiento y experiencia de cada subsistema y del funcionamiento global de la planta.

e) Desconocimiento de las tecnologías CSP/CST y de la demanda potencial de componentes

Se constató un alto desconocimiento sobre las tecnologías CSP/CST (en qué consisten, tipos de tecnología, ventajas en Chile, proyectos existentes, etc.) entre las empresas entrevistadas, y más aún respecto al tipo, características y cantidades de componentes requeridos. Este desconocimiento, atenta contra el interés en la fabricación de estos componentes y de la capacidad de reacción ante una demanda de componentes futura.

5.2. Proposición de medidas para fomentar la fabricación de componentes en el país

Las medidas que se proponen a continuación, tienden a mitigar los efectos de las barreras señaladas en el punto anterior y las brechas indicadas en el Capítulo 3 de este informe. No se incluyen medidas que corresponden a políticas generales del país, como por ejemplo fijar aranceles especiales o fijar porcentajes de componentes nacionales.

5.2.1. Fomento de innovación y desarrollo de componentes

Existen productos fabricados en Chile que siendo diferentes a los componentes requeridos para proyectos CSP/CST, utilizan los mismos o similares materiales y procesos, con igual nivel de complejidad técnica. Para producir los componentes para proyectos CSP/CST se requiere efectuar innovaciones en los diseños o procesos, para lo cual las empresas deben realizar investigaciones aplicadas, estudios; pruebas de materiales o modificaciones de procesos productivos. Algunos ejemplos son:

a) Las dos principales empresas fabricantes de bombas hidráulicas del país, Neptuno y Vogt tienen experiencia en el diseño y la fabricación de bombas para impulsar pulpas minerales y también sales disueltas, pero que operan a temperatura ambiente. Sin embargo, no disponen de experiencia para fabricar las bombas requeridas para impulsar sales o aceite térmico a altas temperaturas (sobre 290 °C).

   Para desarrollar esos productos se requiere efectuar un proceso de investigación aplicada, luego diseñar y fabricar prototipos para posteriormente realizar pruebas con materiales o subcomponentes especiales, tales como rodamientos refrigerados y/o sellos de materiales resistentes a la temperatura de operación de dichos procesos.

b) Las sales solares (nitrato de sodio y potasio) producidas en el país, son el principal medio de almacenamiento de calor para proyectos CSP en el mundo. Una desventaja es su alto punto de fusión (220°C aproximadamente). La disminución del punto de fusión aumentaría

la capacidad de almacenamiento térmico por kg de sal, con lo cual se reduce el volumen de sales para lograr la misma capacidad de almacenamiento. Además, se reduciría el riesgo de solidificación facilitando la operación. Todo esto redundaría en una disminución de la inversión, costo del almacenamiento y además, en una disminución del riesgo de sustitución de las sales por otro fluido térmico.

Con este fin es conveniente incrementar los esfuerzos de investigación para identificar y desarrollar mezclas de sales nacionales con menor punto de fusión.

c) Se requiere confirmar la viabilidad técnica de fabricar low iron en la planta de Lirquén y su efecto en la vida del horno actual, así como verificar la factibilidad económica de su producción versus su importación.

En el caso de los espejos se debe rediseñar el proceso de espejado para cumplir los exigentes requisitos de los espejos solares en cuanto a espesores de Ag, Cu y recubrimiento. Asimismo, se debe diseñar el proceso de sellado de los bordes de los espejos y efectuar pruebas de dicho sellado.

Con el fin de apoyar estos desarrollos, se propone utilizar los instrumentos de fomento para la innovación y desarrollo que dispone Corfo, o bien que Corfo diseñe instrumentos de fomento similares a los actuales, pero orientados específicamente a proyectos CSP/CST y que sean aplicables al tipo y tamaño de las empresas que podrían fabricar dichos componentes.

5.2.2. Apoyar estudios de preinversión

Como ya se mencionó anteriormente, el presente estudio identifica componentes que se podrían producir en Chile. Las empresas con potencial de desarrollo deben agregar o modificar líneas de producción, capacitar al personal existente, evaluar nuevos mercados y aplicar I+D. Estas acciones requieren estudios de ingeniería y rediseño de procesos, así como evaluaciones económicas para verificar la factibilidad técnica y económica del proyecto, junto con la competitividad del producto.

Un ejemplo es el rediseño de líneas de producción de estructuras para colectores solares. Las estructuras de cada uno de los colectores cilindro parabólicos, Fresnel y de los helióstatos son relativamente pequeñas, pero se requiere gran cantidad de unidades (10.600 helióstatos en Cerro Dominador). En cambio, las empresas chilenas del rubro están enfocadas en fabricar estructuras de grandes proyectos individuales cuyos procesos tienen escasa repetitividad.

Para fabricar los componentes de plantas solares en forma competitiva, es necesario producir en serie, lo que requiere el estudio detallado de un nuevo proceso productivo semi automati-

zado, luego el diseño de la línea de producción con sus elementos de apoyo productivo, la selección y compra de máquinas y equipos adicionales que se requieran.

La acción concreta propuesta es crear un instrumento de fomento a la preinversión en manufactura para proyectos solares, adaptando el Programa de Apoyo a Proyectos Estratégicos en Etapa de Preinversión a las necesidades de los estudios requeridos para fabricar componentes CSP/CST y FV.

5.2.3. Fomento a la asociatividad

Los proyectos CSP/CST son de gran tamaño. En especial, las plantas CSP proyectadas en Chile son mayores o iguales a 70 MW, por lo que son pocas las empresas chilenas con capacidad de abastecer el volumen total de algún componente para estos proyectos. Por ejemplo, el proyecto Cerro Dominador necesita alrededor de 30.000 ton de estructuras de acero para los helióstatos, sin considerar las estructuras necesarias para la planta de generación eléctrica, ni el receptor solar. Dicha cantidad de toneladas supera la capacidad de producción anual de decenas de empresas que fabrican estructuras en el país. Sólo dos empresas tienen una capacidad de producción anual mayor (Arrigoni y Edyce). Pero incluso esas empresas podrían tener que desatender a sus clientes habituales para abastecer un proyecto solar de esa magnitud.

En Chile existe una sola empresa (B.Bosch) con capacidad suficiente para galvanizar en ese tonelaje de estructuras en un año.

La mejor forma de obviar estas restricciones, es la asociatividad entre empresas nacionales o con alguna empresa extranjera que aporte capacidad, experiencia y/o tecnología. La alternativa de que el ejecutor del proyecto divida la compra es menos competitiva, ya que en general le interesa operar con pocos proveedores.

Las alternativas de trabajo conjunto son la asociación o bien, que una empresa asuma un rol de coordinador y subcontrate al resto. Dado que el interés es maximizar la participación nacional, lo ideal es fomentar la asociatividad o subcontratación entre empresas nacionales.

La asociación entre empresas chilenas se visualiza particularmente atractiva en el caso de la industria metalúrgica. Entre las empresas que podrían fabricar las estructuras de los colectores se tiene: Arrigoni, Edyce, Petricio, B. Bosch. Entre las empresas que galvanizan estructuras se encuentra: B. Bosch, Zetaene y Gymsa.

Las acciones concretas propuestas para fomentar la asociatividad son:

a) Facilitar la reunión de proveedores potenciales nacionales, quienes usualmente compiten entre ellos.

b) Crear un instrumento que permita cofinanciar el desarrollo de una estrategia de negocio colaborativo entre 2 o más empresas que sean proveedoras potenciales de componentes para plantas CSP/CST. Este instrumento podría ser similar al programa PROFO de CORFO, pero orientado específicamente a promover la asociatividad entre los proveedores potenciales y sin las restricciones respecto al tamaño de las empresas participantes.

c) Dar apoyo en negociación y asesoría legal para llegar a formar consorcios o establecer subcontratos, incluyendo la elaboración de contratos tipos de asociación y subcontratación.

5.2.4. Difusión de oportunidades que generan los proyectos CSP/CST

Las tecnologías CSP/CST son bastantes desconocidas por el sector industrial y por los nuevos emprendedores. En las entrevistas realizadas se constató un escaso conocimiento sobre los requerimientos de componentes y las consecuentes oportunidades que se generarían para la industria nacional.

Los actores que se encargan de tomar decisiones sobre la compra de componentes usualmente son extranjeros (empresa EPC o desarrolladores de proyectos) que no conocen y/o desconfían de las capacidades de la industria manufacturera nacional para producir dichos componentes.

Esto implica la conveniencia de difundir tanto las oportunidades de negocios que surgirían de los proyectos CSP/CST para las empresas chilenas, como las oportunidades y beneficios para las empresas EPC de adquirir componentes fabricados en Chile, junto con la información de las empresas nacionales que podrían producirlos. Las tareas concretas propuestas son:

- Preparar y dictar seminarios o talleres de divulgación de las tecnologías CSP/CST, así como sobre las necesidades de componentes y sus características generales, dirigidas a las empresas manufactureras relevantes y emprendedores que se interesen.

  Las empresas relevantes son aquellas seleccionadas en este informe, más otras con niveles de calidad y capacidades tecnológicas y niveles de producción similares a las anteriores.

  Los temas serían fundamentalmente una breve descripción de cada tecnología, una

presentación del mercado potencial CSP/CST y una presentación de los componentes de un proyecto CSP/CST con énfasis en aquellos componentes que son más factibles de producir en el país.

- Preparar documentos con información sobre las capacidades generales de la industria manufacturera nacional y con un detalle de las capacidades de cada una de las empresas detectadas en este informe, para ser entregado a posibles desarrolladores de proyectos y empresas que ejecutan proyectos EPC de plantas CSP/CST. El documento podría incluir una parte gráfica y uno o varios videos resumen.

5.2.5. Formación y capacitación

En Chile existe solo dos plantas CST funcionando y un proyecto CSP en construcción, por lo que no existe una masa crítica de profesionales, técnicos y operarios capacitados para diseñar, construir, montar, operar y mantener plantas con estas tecnologías. Tampoco se cuenta con personal para fabricar componentes especializados.

Para el desarrollo de la industria manufacturera de componentes se requiere formar y capacitar profesionales y técnicos de los diferentes niveles señalados. Como tareas concretas se propone:

a) Informar y motivar a universidades, institutos profesionales, CFT y escuelas técnicas para que incluyan las tecnologías CSP y CST en su malla curricular, en especial en las carreras técnicas de las instituciones de educación de las 4 regiones del norte. Posiblemente sea necesario previamente capacitar a los académicos que desconocen estas tecnologías.

b) Dar capacitación en procesos específicos que se requieran para la fabricación de componentes a medida que se genere la demanda, utilizando los mecanismos del SENCE. Por ejemplo, las capacitaciones podrían incluir control de calidad, metrología, soldadura especializada u otras materias.

5.3. Necesidad de medidas para fomentar la fabricación de componentes

La necesidad de los apoyos señalados en el punto anterior se debe a las incertidumbres del negocio y al desconocimiento de los actores sobre el tema. En este caso, a las incertidumbres propias del desarrollo de nuevos productos o procesos se suma la incerteza de la demanda de componentes, la cual depende de la ejecución o no de proyectos CSP/CST y que los desarrolladores de los proyectos decidan comprar en el país y en qué cantidad.

Dada la incertidumbre de la demanda de componentes, es poco probable que en un comienzo se instalen industrias dedicadas únicamente a la fabricación de algún componente, por lo que los proveedores serían industrias ya establecidas que fabrican bienes parecidos, las que extenderían sus líneas de producto fabricando dichos componentes.

Si las empresas involucradas no han avanzado previamente en desarrollar los nuevos productos o procesos, cuando se produzca la demanda ya no tendrán tiempo para hacerlo y poder participar en la oferta de componentes.

Los instrumentos de apoyo Corfo en general están dirigidos a PYMES. La mayoría de las empresas que podrían fabricar componentes para proyectos CSP/CST son empresas grandes, por lo que habría que hacer excepciones, ya sea en el instrumento actual o creando uno nuevo que no tenga restricción de tamaño de la empresa.

En la medida que se cree una demanda continua y las empresas EPC e inversionistas en plantas CSP/CST empiecen a comprar componentes en Chile, probablemente aumentará el interés de producir dichos componentes u otros en el país, tal como ha ocurrido con la fabricación de equipos para la minería.

De acuerdo a otras experiencias, se estima que al aumentar el stock de proyectos CSP/CST ejecutados, creará la demanda y luego la oferta de profesionales y técnicos expertos en dichas instalaciones, así como de los servicios de mantención y reparación de instalaciones y componentes. Esto formará a su vez, una red de empresas y profesionales de donde podrían surgir emprendedores que inviertan en fabricar nuevos componentes, incluso para exportarlos.

Una vez desarrollado el mercado, no será necesario mantener apoyos estatales.

6

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

6.1. Conclusiones generales

De acuerdo a lo entregado por el consultor internacional DLR, así como las entrevistas realizadas por el consultor local (Gamma Ingenieros), se identificaron grandes brechas entre lo provisto por la industria nacional y lo necesario para desarrollar una industria local en torno a la tecnología CSP/CST. Ahora bien, tanto el sector de construcción y montaje como la industria manufacturera nacional están capacitados para ejecutar gran parte de las tareas de construcción y montaje de las plantas CSP/CST, así como la fabricación de numerosos componentes de dichas plantas.

Según estudios del DLR, la participación de manufactura local, más la de servicios de construcción y montaje podría fluctuar entre un 18% y un 56% del costo de plantas CSP. Estos porcentajes excluyen la operación y mantención de la planta durante un ciclo de vida de 25 años (ver Anexo N°1). El porcentaje final que se obtenga, dependerá principalmente de la decisión de los ejecutores de proyectos de contratar empresas y componentes nacionales, de la competitividad de los oferentes nacionales y de que exista una demanda relativamente continua de componentes en el país.

Considerando solo la construcción y montaje de las plantas, la participación local fluctuaría entre un 63% y un 99%. En el caso del sistema de almacenamiento, la participación nacional también puede ser muy alta, ya que las sales y los estanques pueden ser fabricados en el país. En cambio, los componentes de la central de potencia serían casi totalmente importados. En el caso del campo solar, la participación variaría dependiendo del tipo de tecnología. El aporte nacional de componentes podría comprender las estructuras de los colectores solares y probablemente los espejos planos.

De acuerdo a otras experiencias en el país, se estima probable que la participación al comienzo sea pequeña (± 20%) y vaya aumentando en la medida que las empresas chilenas vayan adquiriendo conocimiento y experiencia en el tema. Este avance permitiría que las empresas adquieran prestigio y que sean consideradas por los tomadores de decisiones al comprar componentes o contratar servicios.

6.2. Recomendaciones generales para impulsar la oferta de componentes

- Crear incentivos a tecnologías solares que permitan entregar energía las 24 horas, de esta manera se propiciaría la instalación de más plantas CSP/CST en el país, dado que es imprescindible contar con una demanda estable de componentes que permita viabilizar inversiones para fabricar componentes para dichas plantas.

- Incentivar el desarrollo de la industria manufacturera nacional, mediante instrumentos dirigidos al sector metalmecánico, que es el que podría aportar la mayor proporción de componentes. Un mayor desarrollo del sector manufacturero en términos de tecnología, equipamiento y productividad permitiría ampliar la oferta de componentes y mejorar su competitividad. A su vez, el desarrollo y fabricación de componentes daría un impulso a la competitividad de los sectores manufactureros involucrados.

- Promover la adquisición de componentes de las empresas que ejecuten los proyectos CSP/CST, mediante la entrega de información de las capacidades de las empresas nacionales, facilitando el encuentro entre los demandantes y los oferentes nacionales u otros.

- Apoyar el desarrollo de la industria de componentes para la industria solar mediante las medidas señaladas en el capítulo anterior.

- Dado que existen seis proyectos CSP con aprobación ambiental que podrían iniciar su construcción en el corto y mediano plazo, es conveniente implementar a la brevedad las medidas propuestas, en especial aquellas orientadas a la difusión de la tecnología y a la formación de profesionales y técnicos, así como las que impliquen mayor demora.

6.3. Próximos pasos

Las acciones propuestas para avanzar en la preparación de la industria manufacturera nacional fabricando componentes para proyectos CSP/CST son:

a) Difusión de las tecnologías CSP/CST y las oportunidades de fabricación de componentes, construcción y montaje que generan los proyectos existentes. La difusión debe estar orientada a las asociaciones industriales y de la construcción, enfocándose en las empresas de montajes industriales, metalúrgicas, vidrios y aislantes térmicos.

b) Elaborar un documento que incluya la información detallada sobre la experiencia y la capacidad de las empresas nacionales que puedan fabricar componentes o prestar servicios de construcción y montaje de plantas CSP/CST.

c) Difusión de las capacidades de la industria nacional para fabricar componentes y prestar servicios de construcción y montaje a empresas que desarrollan proyectos CSP/CST y a empresas que ejecutan dichos proyectos en la modalidad EPC.

d) Tomar contacto y realizar actividades de difusión y motivación a instituciones de educación, incluyendo universidades, IP, CFT y escuelas técnicas, con el fin que incluyan en sus mallas de estudio, ramos o módulos las tecnologías CSP/CST y sus componentes.

Detectar previamente las necesidades de instruir a los docentes y capacitarlos en aquellos casos que se requiera.

e) Elaborar y/o adaptar instrumentos para fomentar la fabricación de componentes:

- Instrumento de fomento para la investigación aplicada, desarrollo e innovación orientado a la superación de las brechas tecnológicas que limitan la fabricación de componentes en el país.
- Instrumento de fomento para estudios de preinversión necesarios para fabricar componentes.
- Instrumento de apoyo a la creación de asociaciones entre productores.

f) Difundir en el extranjero las ventajas de instalar fábricas de componentes para proyectos CSP/CST en el país, o bien de asociarse con empresas chilenas para este fin.

- Efectuar un catastro de empresas nacionales interesadas en realizar Joint Ventures para fabricar componentes.
- Catastrar las empresas extranjeras proveedoras de componentes y/o tecnología.
- Utilizar los organismos de promoción de inversiones extranjeras para contactar dichas empresas y efectuar la promoción.
- Poner en contacto las empresas extranjeras y nacionales interesadas.

g) Asesoría legal y en negociación para la asociación, tanto entre empresas nacionales como también para la asociación con empresas extranjeras.

h) Capacitación en fabricación y montaje de componentes.

ANEXOS

ANEXO N°1:
Estimación de participación de empresas nacionales en proyectos CSP/CST

En la Tabla 6 se calculan las participaciones de componentes nacionales en proyectos CSP/CST, con y sin considerar la operación y mantención durante 25 años. El cálculo se basó en los análisis realizados por DLR que se muestran en el Tercer Reporte.

Tabla 6: Porcentaje estimado de participación de componentes nacionales en proyectos CSP/CST

Proporción de componentes nacionales proyectos Torre Central

Value Chain Phase		1. Project Development	2. Engineering	3. Procurement	4. Construction	A. Project Support	Subtotal SIN O&M	5. O&M (25 years)	Total
Absolute share		106,1	101,2	534,1	140,6	6	888	421,7	1309,7
Content share	Min	20%	10%	15%	64%	25%		75%	
	Max	75%	50%	46%	86%	80%		90%	
Abs. local content	Min	21,2	10,1	82,4	89,4	1,5	204,7	NAME?	NAME?
	Max	79,6	50,6	243,8	121,6	4,8	500,4	379,5	879,9
Local content share	Min						18%	75%	NAME?
	Max						56%	90%	67%

Proporción de componentes nacionales proyectos Colector Parabólico

Value Chain Phase		1. Project Development	2. Engineering	3. Procurement	4. Construction	A. Project Support	Subtotal SIN O&M	5. O&M (25 years)	Total
Absolute share		106,8	143,5	503,8	94,1	6	854,2	373,7	1227,9
Local Content share	Min	20%	10%	11%	63%	25%		75%	
	Max	75%	50%	46%	99%	80%		90%	
Abs. local content	Min	21,4	14,4	53,2	59,6	1,5	150	280,3	430,2
	Max	80,1	71,8	230,8	93,2	4,8	480,6	336,3	816,9
Local cost share	Min						18%	75%	35%
	Max						56%	90%	67%

ANEXO N°2:
Resumen de capacidades de producción

En la Tabla 7 se resumen las capacidades de producción obtenidas en las entrevistas y consultas telefónicas. Los totales no corresponden al total de la oferta del mercado.

Tabla 7: Capacidades de Producción Detectadas

Empresa	Estructuras de Colectores Solares	Galvanizado	Estanques Acero Carbono	Estanques Acero Inoxidable	Bombas Hidráulicas	Transformadores de Potencia
	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	N°	MVA
Arrigoni	36.000		12.000			
B.Bosch	12.000	100.000				
EDYCE	36.000		5.000			
Petricio	8.400					
TPI				2.000		
Tersainox				1.440		
Vapor Industrial			4.800			
FAT	18.000					
Gymsa		27.600				
Vogt					4.000	
Rhona						2.000
Reinike	7.200		3.600			
Totales	**117.600 (a)**	**127.600 (b)**	**25.400**	**3.440**	**4.000 (c)**	**2.000 (d)**

Notas:

(a) No incluye a Cintac, ni otras maestranzas menores. Cintac no informó su capacidad de fabricación de estructuras ni de galvanizado. Sólo su producción de perfiles que es de 150.000 ton/año

(b) No incluye a Zetaene

(c) No incluye a Neptuno (7 ton/colada)

(d) No incluye a Schaffner ni Tusan

ANEXO N°3:
Bibliografía citada

- Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (DLR). Potential of Developing a manufacturing industry for CSP/CST in Chile. 1st Report: Value Chain Description.

- DLR. Potential of Developing a manufacturing industry for CSP/CST in Chile. 2nd Report. CSP Manufacturing Requirements.

- DLR. Potential of Developing a manufacturing industry for CSP/CST in Chile. 3th Report. Validation of Companies and Recommendations.

ANEXO N°4:
Glosario

Almacenamiento Térmico

Conjunto de Instalaciones mediante las cuales se acumula el calor captado durante el día por el campo solar para su uso en horas sin radiación solar. Está compuesto principalmente por estanques, fluido térmico (HTF), bombas hidráulicas y piping.

Campo Solar

Conjunto de Instalaciones que permiten capturar la radiación solar y transferir su energía a un fluido térmico. Está formado principalmente por espejos reflectores donde se captura o refleja la radiación solar.

Concentración Solar de Potencia (CSP)

Generación de energía eléctrica mediante la conversión de la radiación solar en calor a alta temperatura usando varias configuraciones de espejos, y luego el calor se convierte en electricidad mediante una central termoeléctrica convencional, basada en una turbina a vapor y un generador eléctrico.

Concentración Solar Térmica (CST)

Generación de Energía Térmica contenida en un fluido térmico (HTF) mediante la conversión de la radiación solar capturada en un Campo Solar. La energía del fluido térmico se utiliza mayoritariamente en procesos industriales.

Demanda Derivada

Es la demanda de un bien que se genera como resultado de la demanda de otro bien para el cual es un insumo.

Fluido Térmico

Es un fluido que permite almacenar la energía térmica capturada mediante los colectores solares y transferirla a la Planta de Generación Eléctrica.

Helióstatos

Son espejos planos que reflejan y concentran la radiación solar hacia el Receptor ubicado en la cima de la Torre Solar.

Planta de Generación Eléctrica

Es una planta semejante a una planta termoeléctrica convencional basada en una turbina de vapor que mueve un generador eléctrico. La única diferencia es que el vapor es producido en un intercambiador de calor que utiliza el fluido calentado en el Campo Solar.

Sistema de Torre Solar

Utiliza un gran número de helióstatos (espejos) para reflejar la radiación solar concentrándola en un Receptor ubicado en la cima de la Torre Solar.

Sistema Lineal Fresnel

Utiliza un conjunto de espejos rectangulares planos instalados en filas paralelas para reflejar la radiación solar hacia un Receptor ubicado a varios metros de altura. El Receptor consta de un reflector secundario que dirige los rayos hacia un Tubo Receptor.

Tecnología de Concentrador Parabólico

La radiación solar es reflejada por un espejo de forma cilindro-parabólica, hacia un Tubo Receptor ubicado en la línea focal de la parábola. Dentro del Tubo Receptor circula un fluido térmico (HTF) que es calentado por la radiación solar.

Tubo Receptor

Es un tubo metálico por el que circula un fluido térmico (HTF), que es calentado por la radiación solar reflejada por un Colector Parabólico o un Colector Fresnel.

Enero 2018

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

CORFO

Comité Solar

Gobierno de Chile

COMITÉCORFO

PROGRAMA

ENERGÍA SOLAR