

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**MANTENIMIENTO Y FACTIBILIDAD DE MEJORA PARA UN MAYOR
RENDIMIENTO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PLANTA SOLAR.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en ELECTRICIDAD.

Alumnos:

Vicente Alfredo Maulén Arriagada

Alexander Andrés Tapia Espina

Profesor Guía:

Ing. Cristian Pavez Barrios

Profesor Correferente:

Ing. Martin García Gutiérrez

Profesor Correferente:

Ing. Rubén Espinoza Salgado

RESUMEN

KEYWORD: MEJORAMIENTO PLANTA SOLAR, MANTENIMIENTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Este trabajo de título está basado en el estudio y diseño de la planta de generación solar ubicada en la carretera Los Villares, sector Lo Baltra paradero #5, ciudad de San Felipe.

Capítulo 1: principalmente este capítulo esta vasado en cómo está compuesta la planta actualmente. La planta actualmente consta con 288 paneles ubicados en el terreno en formas de hilera formando por cada hilera un String (18 paneles), cada panel está montado en una estructura fija con una inclinación de 45° , cuatro inversores con una capacidad de 25 kW a cada inversor llegan 4 String con un total de 72 paneles, se encuentran 2 tableros auxiliares y uno general que actualmente es inexistente los cuales llegan a un transformador de 100 kVA.

Actualmente la planta está cursando el ultimo tramite de TE4.

Capítulo 2: se define que es un seguidor de un eje y de dos ejes, mostrando la variedad que existen en cada uno y para los tipo de sectores que se pueden utilizar. Se muestran estudios de la radiación que existe en el lugar para a través de estos elegir cuatro tipos de opciones de seguidores solares óptimos de acuerdo a las conveniencias del terreno y a las opciones más fáciles de obtener del mercado .

Capítulo 3: en el capítulo se ve una de las cuatro opciones elegidas (DEGER 8.5) para la reorganización de la planta de generación, el modelo a utilizar DEGER 8.5 ofrece una opción de ángulo de elevación de entre 20° y 30° y con una rotación de $\pm 45^\circ$.

Se verá la comparación tanto energética como económica inyectada al sistema con el antiguo y el nuevo modelo a utilizar, se mostrará como esta reorganizada la planta con el nuevo modelo y junto con el explorador solar se analizará la nueva producción que tendrá la planta de generación solar.

Capítulo 4: veremos en este capítulo el mantenimiento que se le ofrece al propietario junto al nuevo modelo para cualquier falla correspondiente.

Se verá los costos y el presupuestó que tendrá el proyecto de acuerdo al manual de mantenimiento que se le ofrecerá al dueño.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR.....	3
1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR	4
1.1. QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR Y QUE ES LO QUE FORMA UNA PLANTA SOLAR.....	4
1.1.1. Sistema fotovoltaico.....	5
1.1.2. Tipo de conexiones en sistema de generación solar.....	5
1.2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	6
1.3. DESCRIPCIÓN DEL RECINTO	7
1.3.1. Ubicación Geográfica	7
1.3.2. Macro localización	7
1.4. PANELES	8
1.5. INVERSORES	9
1.6. CANALIZACIÓN	10
1.7. TRANSFORMADOR Y EQUIPO DE MEDIDA	11
1.8. TABLEROS	12
1.9. MALLA PUESTA A TIERRA.....	13
1.10. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE LA UBICACIÓN.....	14
1.10.1. Sitio	14
1.10.2. Radiación	14
1.11. MANTENIMIENTO ACTUAL	16
CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR ESTRUCTURAS CON SEGUIDOR SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS.....	18
2. IDENTIFICAR ESTRUCTURAS CON SEGUIDOR SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS	19

2.1.	¿QUÉ ES UN SEGUIDOR SOLAR?	19
2.2.	CLASIFICACIÓN DE SEGUIDORES SOLARES	19
2.3.	FIJOS	20
2.3.1.	Seguidor solar de un eje	21
2.3.2.	Eje X	22
2.3.3.	Eje Y	22
2.3.4.	Eje Z.....	22
2.3.5.	Eje Polar	22
2.4.	SEGUIDOR SOLAR DE DOS EJES	23
2.5.	RADIACIÓN SOLAR EN PLANTA	24
2.6.	SOPORTE CON SEGUIDOR SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS.....	25
2.6.1.	DEGER S100-DR	26
2.6.2.	DEGER 8.5	27
2.6.3.	MRac Smart Horizontal Single Axis Tracking Solar PV Mounting System.....	29
2.6.4.	SALIX PPV Tracker	30
CAPÍTULO 3: REORGANIZACIÓN DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CON SEGUIDOR SOLAR DEGER 8.5		32
3.	REORGANIZACIÓN DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CON SEGUIDOR SOLAR DEGER 8.5	33
3.1.	SEGUIDOR SOLAR	33
3.2.	GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.....	36
3.3.	COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS.....	38
3.4.	COMPARACIÓN ECONOMICA	39
3.5.	NUEVO DISEÑO DE PLANTA GENERADORA	40
3.6.	MATERIALES	41
CAPÍTULO 4: PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS DEL PROYECTO		43
4.	PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS DEL PROYECTO.....	44
4.1.	ASPECTOS DE SEGURIDAD	45
4.1.1.	Principales riesgos al no respetar los aspectos de seguridad	46

4.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	46
4.2.1.	Limpieza de módulos	47
4.2.2.	Análisis de infrarrojos.....	47
4.2.3.	Medición de curva de características	48
4.2.4.	Inversor	49
4.2.5.	Inspección visual.....	50
4.3.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
4.3.1.	Fallas típicas.....	50
4.3.2.	Inversor	51
4.3.3.	Módulos fotovoltaicos.....	51
4.3.4.	Puntos y celdas calientes.....	52
4.3.5.	Rayaduras.....	52
4.3.6.	Cableado y conexiones.....	52
4.3.7.	Estructura de Montaje	53
4.3.8.	Tiempos de reacción	53
4.4.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	54
4.4.1.	Monitoreo.....	54
4.4.2.	Bitácoras.....	55
4.5.	PRESUPUESTO	55
	CONCLUSIÓN	61
	ANEXO	65
	ANEXO A: CONDUCTOR DE ALIMENTACION ENTRE PANELES SOLARES	66
	ANEXO B: CONDUCTOR DE MALLA PUESTA A TIERRA.	67
	ANEXO C: CONDUCTOR PERTENECIENTE AL CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA.	68
	ANEXO D: PANELES FOTOVOLTAICOS DE LA INSTALACION.....	69
	ANEXO E: INVERSOR TRIFASICO DE LA INSTALACION.	70
	ANEXO F: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.	71

ANEXO G: EQUIPO COMPACTO DE MEDIDA.	72
ANEXO H: SEGUIDOR SOLAR POLAR.	73
ANEXO I: PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA CON SEGUIDOR SOLAR POLAR.....	74
ANEXO J: DIAGRAMA UNILINEAL ACTUAL DE LA PLANTA.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Esquema de sistema on-grid.....	5
Figura 1-2. Esquema de sistema off-grid	6
Figura 1-3. Macro localización Planta Solar.....	7
Figura 1-4. Hilera de paneles fotovoltaicos	9
Figura 1-5. Inversor utilizado en la planta	10
Figura 1-6. Transformador y equipo de medida utilizado.....	11
Figura 1-7. TDF 2 para inversor 1 y 2.....	12
Figura 1-8. TDF 1 para inversor 3 y 4.....	12
Figura 1-9. Diagrama unilineal	13
Figura 1-10. Sistema de Mantenimiento actual	17
Figura 2- 11. Disposición de varios paneles con un sistema de seguimiento de un eje.....	21
Figura 2-12. Sistema de seguimiento de dos ejes para paneles solares.....	23
Figura 2-13. Modelo de estructura de montaje	27
Figura 2-14. Estructura de soporte de panel y seguidor solar	28
Figura 2-15. Modelo de estructura de seguidor solar.....	29
Figura 2-16. Estructura de seguidor solar	31
Figura 3-1. Estructura DEGER 8.5.....	33
Figura 3-2. Sensores y sistema de control.....	34
Figura 3-3. Separación lateral de las estructuras.....	35
Figura 3-4. Separación de estructuras polares.....	35
Figura 3-5. Nueva organización de la planta fotovoltaica.....	41

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1-1. Ubicación del sitio seleccionado.....	14
Tabla 1-2. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [Kw h/m ² /día], Radiación incidente en el plano horizontal.	(a) 15
Tabla 1-3. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [Kw h/m ² /día], Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio	(b) 15
Tabla 2-1. Promedio de nubosidad diurna anual.....	24
Tabla 2-2. Promedio de insolación mensual [Kwh/m ²].....	25
Tabla 2-3. promedio horario de radiación [W/m ²].....	25
Tabla 3-1. Parámetros de configuración del software explorador solar pertenecientes a la instalación actual.....	36
Tabla 3-2. Resultados aproximados de la generación eléctrica fotovoltaica.....	37
Tabla 3-3. Parámetros de configuración del software explorador solar pertenecientes a la instalación con seguidor solar polar (TSAT).....	37
Tabla 3-4. Resultados aproximados de la generación eléctrica fotovoltaica con nueva configuración TSAT inclinado 30° y Azimut 0°	37
Tabla 3-5. Comparación entre estructuras fijas y seguidor solar.....	38
Tabla 3-6. Comparación económica de generación.....	40
Tabla 3-7. Detalles de materiales.....	42
Tabla 4-1. Valor de una UF, como referencia para este presupuesto.....	55
Tabla 4-2. Presupuesto en detalle mano de obra.....	56
Tabla 4-3. Presupuesto en detalle materiales.....	56
Tabla 4-4. Presupuesto en detalle del plan de mantenimiento.....	57
Tabla 4-5. Total de instalación seguidor solar polar.....	58
Tabla 4-6. Cronograma general de diseño del proyecto.....	59
Tabla 4-7. Costos de preparación del proyecto.....	60
Tabla 4-8. Costo total del proyecto.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico1-1. Curva de Potencia Vs Voltaje.....	8
Gráfico 1-2. Curva de Rendimiento Inversor.....	10
Gráfico 1-3. Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo.	15
Gráfico 2-1. Kw VS Tiempo.....	26
Gráfico 2-2. Kw VS Tiempo.....	27

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

Kwh : Kilo Watts hora

KVA : Kilo Volts Ampers

Imp. : Corriente Máxima Potencia

TE4 : Tramite Eléctrico 4

m^2 : metros cuadrados

mm^2 : milímetro cuadrado

STC : Condiciones de prueba estándar

KV : Kilo volts

t.a.g : tubería de acero galvanizado

TDF : Tablero de Fuerza

TDFG: Tablero de Fuerza General

W: Watts

V: volts

A: Ampers

NCH : Norma Chilena

RGR : Regulación Generadora Residenciales

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de título se presentará como tema principal la energía solar su importancia, partes que forman una planta solar y su función en la industria de la generación de energía eléctrica no convencional con el fin de obtener una remuneración a través de energías limpias que benefician a la red eléctrica nacional.

Se verá que es un sistema on-grid y off-grid y cómo funcionan tanto en sistemas domiciliarios como en generación de energía a una escala mayor.

El presente trabajo presenta un diseño de mejora el sistema on-grid en la planta de generación solar que se ubica en la comuna de San Felipe, carretera los Villares, Sector lo Baltra, paradero #5. Esta solución es a través de una tecnología que busca la mayor eficiencia en la producción de energía con el reemplazo de la estructura por otra automatizada con el fin de ampliar las horas en la cual los rayos del sol permanecen perpendiculares al panel fotovoltaico.

Con esta primera solución se buscará realizar una comparación de producción de energía eléctrica con forme a su composición actual. Esta comparación se realiza en unidades de energía y también en ganancia económica para aquellos dueños de dicha planta solar.

Otra solución expuesta en este trabajo de título se refiere al plan de mantenimiento necesario para el correcto funcionamiento y la obtención de una alta eficiencia en la generación de energía. El plan ofrecido deberá considerar los métodos a emplear, los riesgos asociados y el personal calificado para las labores de mantenimiento. Esta labor de mantener algún proceso en funcionamiento es una actividad fundamental que se debe programar y diseñar siguiendo las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes con el fin de no detener el proceso y alargar su vida útil.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una mejora de rotación de los paneles y plan de mantenimiento para un mayor rendimiento de la generación de energía, en la planta de generación solar ubicada en la Región de Valparaíso, Comuna de San Felipe, Carretera Los Villares, Sector lo Baltra paradero #5.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir estado actual de la planta de generación solar.
- Identificar métodos de movimiento de los paneles fotovoltaicos.
- Definir tipo de mantenimiento.
- Determinar costos del proyecto.

**CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE
GENERACIÓN SOLAR**

1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR

1.1. QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR Y QUE ES LO QUE FORMA UNA PLANTA SOLAR

La energía solar es una energía renovable no convencional que utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol. La cantidad de energía solar que incide por unidad de área y tiempo (Kwh / m² al día) corresponde al principal criterio para seleccionar el lugar de ubicación de una planta solar. La zona norte de Chile posee la mayor incidencia solar del mundo, principalmente en el desierto de Atacama y zonas próximas.

Una unidad generadora capaz de convertir la radiación solar incidente directamente en energía eléctrica en forma de corriente directa está constituida por la integración eléctrica y mecánica de los siguientes componentes:

- Módulos fotovoltaicos.
- String.
- Arreglo fotovoltaico.
- Cajas de conexión.
- Cables y conexiones eléctricas.
- Dispositivos de protección.
- Sistema de tierras.
- Estructuras de montaje.
- Inversores.
- Tablero eléctrico.
- Transformador

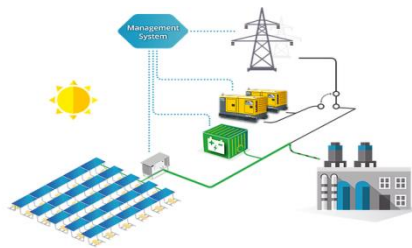
1.1.1. Sistema fotovoltaico

Generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos que captan la energía luminosa del sol para transformarla en energía eléctrica. Para conseguir la transformación se emplean células fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores. En el mercado se han desarrollado diversas tecnologías, siendo la tecnología de silicio mono cristalino la predominante debido a un mayor rendimiento.

1.1.2. Tipo de conexiones en sistema de generación solar

Los sistemas on-grid o conectados a la red se encuentran configurados por cuatro elementos principales: un String de paneles solares fotovoltaicos, los que pueden ser instalados tanto en el suelo como en el techo, planos e inclinados, un inversor central o varios micro inversores (los que se instalan de forma independiente en cada panel), un tablero de distribución y un medidor bidireccional.

También una de las posibles estrategias de diseño para sistemas fotovoltaicos on-grid se basa en la instalación de cierta cantidad de paneles fotovoltaicos que serán capaces de producir una potencia peak bajo condiciones de insolación nominales, es decir 1000 [W/m²].



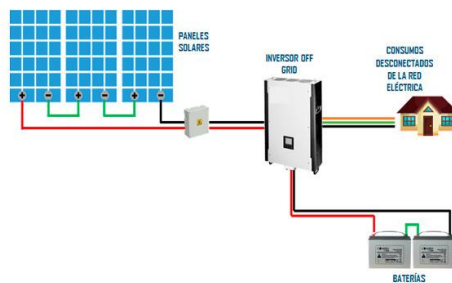
Fuente: <https://www.alphacentaurrotecnologia.com/sistemas-on-grid>

Figura 1-1. Esquema de sistema on-grid

El sistema off-grid o desconectado de la red es el que permite generar su propia electricidad captando la energía por medio de los paneles fotovoltaicos y almacenándola en

baterías. El inversor permite transformar la energía de las baterías (DC) a corriente alterna para así poder ser utilizada (AC).

Este tipo de sistemas funcionan independientemente de la red eléctrica permitiendo alimentar consumos que no estén conectados a la misma. Admite la conexión de baterías que almacenaran la energía necesaria para cubrir los consumos eléctricos durante la noche comúnmente y en ciertos casos lo usan para aquellos que no pueden conectarse por diferentes razones en todo el día.



Fuente: <http://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-off-grid/>

Figura 1-2. Esquema de sistema off-grid

1.2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

Este proyecto que está en proceso actualmente fue propuesto por don Transito Roja, que tuvo la idea de equipar su terreno con una planta de generación de energía renovable no convencional "Energía solar", que consiste con 288 paneles fotovoltaicos, y que cada uno tiene una capacidad de 325 (W) que por lo cual cubre un total de $3.500m^2$ de terreno, don Transito vio la eficiencia de la generación de energía a través de otra planta de menor tamaño que consta de

72 paneles en su local comercial "Distribuidora de Confites y Supermercado Betty Lim" que se encuentra en la calle Chacabuco #395, Los Andes, Valparaíso.

Este proyecto actualmente continúa en el trámite eléctrico (TE4).

El trámite del certificado de TE4 es una declaración para una instalación eléctrica Fotovoltaica, o certificación SEC, es un documento emitido por la Superintendencia de Electricidad (SEC), a los propietarios de una instalación eléctrica que cumple con la norma eléctrica vigente. (Norma Chilena de Electricidad NCH Elec. 4/2003, RGR 02/2017). La entrega de documento TE4, certificado SEC, implica que la instalación eléctrica fotovoltaica declarada cumple con las exigencias de esta normas.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL RECINTO

1.3.1. Ubicación Geográfica

1.3.2. Macro localización

Planta de Generación Solar, se encuentra en la carretera Los Villares/ sector Lo Baltra/ Paradero #5. Ciudad de San Felipe, Región de Valparaíso.



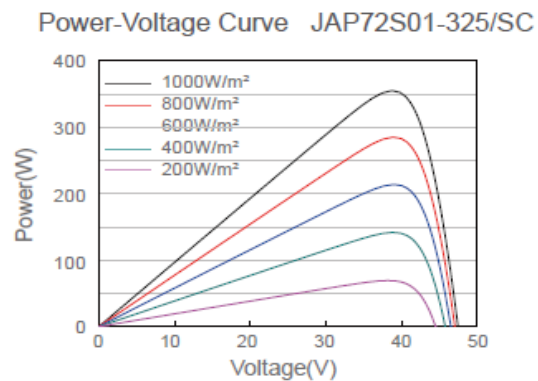
Fuente: <https://www.google.cl/maps/search/lo+baltra/@-32.8191475,-70.6759501,15z/data=!3m1!4b1>

Figura 1-3. Macro localización Planta Solar

1.4. PANELES

Esta instalación off grid consta de doscientos ochenta y ocho paneles policristalino con potencia de 325 Watts de marca JASOLAR modelo JAP72-325 la eficiencia de este módulo es de alrededor de 16% y una corriente máxima (I_{mp}) de 8.69 Amper según datos STC obtenidos de las especificaciones técnicas. Los soportes son rieles de aluminio de alta calidad con una inclinación de 45° y apuntados hacia el norte, estos son fabricados por una empresa externa e instalados por el instalador autorizado, solo se deben apretar y ajustar los paneles. Existen dieciséis String de dieciocho paneles en serie. El conductor utilizado de marca EXZHELLENT SOLAR, 4 mm^2 , es especial para instalaciones solares fotovoltaicas de corriente continua, libre de halógenos, resistencia a la intemperie, abrasión por aceites o desgarros y capaz de soportar temperatura en servicio de 90°C . Y conectores MC4 especiales para instalaciones fotovoltaicas de corriente continua.

Fuente:



<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20PANELES.pdf>

Gráfico1-1. Curva de Potencia Vs Voltaje



Fuente: Imagen tomada en terreno 25/04/2020

Figura 1-4. Hilera de paneles fotovoltaicos

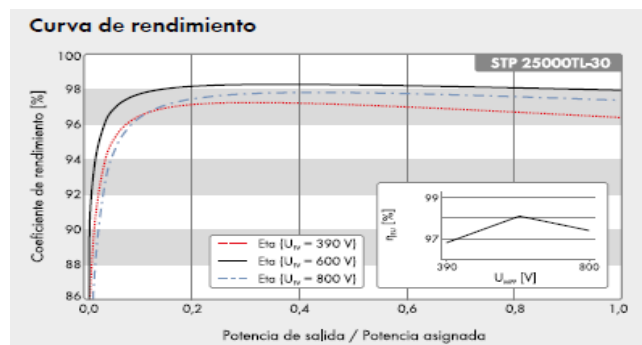
1.5 INVERSORES

La conversión de energía continua a alterna se realiza con inversores String. A cada inversor se conectan 4 String en paralelo (72 paneles), la potencia que recibe cada inversor es de 23.400 Watts. Para transformar toda la energía de la planta se utilizan 4 inversores trifásicos ideales para plantas de gran tamaño del sector comercial o industrial de marca SMA modelo 25000TL-30 su potencia es de 25000 VA y un rendimiento de 98,4%. Voltaje de salida AC 400 Volts, Corriente máxima de salida 36.2 Amper y grado de protección IP65. Los conductores que conducen la energía desde el inversor hacia los distintos tableros son Marca EXZHELLENT SOLAR, 4 mm² los mismos utilizados en los módulos fotovoltaicos.



Fuente: Imagen tomada en terreno 23/05/2020

Figura 1-5. Inversor utilizado en la planta



Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20INVERSOR.pdf>

Gráfico 1-2. Curva de Rendimiento Inversor

1.6 CANALIZACIÓN

La canalización en toda el área que abarca la instalación es subterránea de acero galvanizado de distintos diámetros por ejemplo desde los paneles hasta los distintos inversores corresponde a una t.a.g de 3/4" de pulgada, la sección de las tuberías que abarcan desde los

inversores hasta los tableros es de 1" pulgada y la sección de las tuberías que van desde los tableros hasta el transformador corresponde a 1,5" pulgadas. Las derivaciones se realizan en cajas metálicas estanco electro galvanizadas y en cajas de derivación plásticas. La unión entre cajas y tableros se realiza con tubo flexible metálico y sus correspondientes conectores rectos de diversas medidas como $\frac{3}{4}$ " de pulgada, 1" pulgada y 1,5" pulgadas dependiendo del tamaño de la tubería.

1.7. TRANSFORMADOR Y EQUIPO DE MEDIDA

El transformador está montado sobre dos postes de hormigón de 11 metros. El trafo tiene una potencia de 100 KVA trifásico, este es de tipo OA enfriado por aceite de convección natural, el voltaje del lado de baja es de 400 Volts y del lado de alta corresponde a 12 KV. El conductor utilizado entre el tablero y el trafo es de cobre con aislación de polietileno reticulado y revestimiento de PVC, mono polar tipo RV-K de 50 mm² de sección. La conexión de la planta con la red se realiza con un conductor desnudo de 21,2 mm².

El equipo compacto de medida posee una potencia de 100 KVA, este es de 3 elementos, la transformación de voltaje es 12000V/120V y la transformación de corriente es de 2,5-5-10A/5A.



Fuente: Imagen tomada en terreno 23/05/2020

Figura 1-6. Transformador y equipo de medida utilizado

1.8. TABLEROS

Existen tres tableros metálicos en la instalación de 1000x600x300mm. Hay cuatro inversores en total y cada par de inversores se conecta a cada tablero. Ambos se conectan a un tablero general que actualmente no está instalado. Los elementos utilizados en ambos TDF son interruptor termo magnético, interruptor termo magnético de caja moldeada, interruptor diferencial y barras distribuidoras. Los elementos del TDFG son barras distribuidoras e interruptor termo magnético de caja moldeada.

Las especificaciones y la disposición de conexión se explican de mejor manera en los diagramas unilineales de cada tablero.



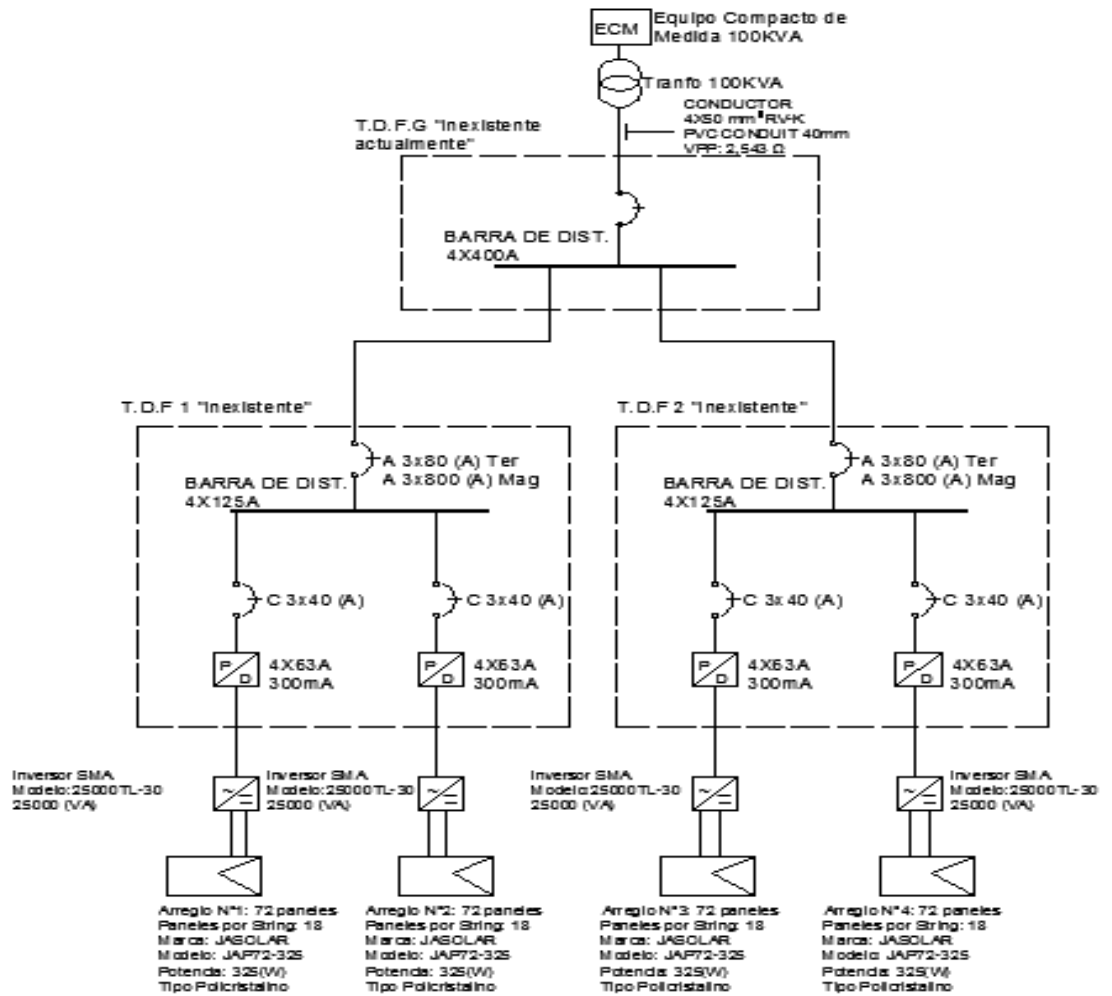
Fuente: Imagen tomada en terreno 23/05/2020

Figura 1-7. TDF 2 para inversor 1 y 2



Fuente: Imagen tomada en terreno 23/05/2020

Figura 1-8. TDF 1 para inversor 3 y 4



Fuente: Elaboración propia de diagrama de la planta 23/05/2020

Figura 1-9. Diagrama unilineal

1.9. MALLA PUESTA A TIERRA

Una de las mallas de puesta a tierra es a la que se conectan las partes no activas de la instalación como el contorno metálico de los módulos, soportes de estos y tuberías de acero. Esta es una malla lineal de 20 metros con 5 barras de cobre de 1 metro cada una, con un conductor de cobre desnudo de sección 2/0 AWG o 67,4 mm².

La segunda malla es la tierra de protección y servicio del transformador, esta es una malla lineal de 8 metros de cobre desnudo de 35 mm².

La resistencia de puesta a tierra fue medida y justificada a través de cálculos, estos valores no pudieron ser obtenidos.

1.10. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE LA UBICACIÓN

1.10.1. Sitio

En esta sección se muestran las características topográficas del sitio, obtenidos del explorador solar

Tabla 1-1. Ubicación del sitio seleccionado

Nombre	Mi Sitio
Latitud	32.8218 °S
Longitud	70.6706 °O
Elevación	740 m

Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte%20explorador%20solar.pdf>

1.10.2. Radiación

Las siguientes tablas y gráficos muestran los promedios de la radiación global, directa y difusa incidente sobre un plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del sitio.

Tabla 1-2. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [Kw h/m²/día],

(a) Radiación incidente en el plano horizontal.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	7.76	7.0	5.61	3.81	2.37	1.95	2.03	2.75	4.06	5.28	6.96	7.93
Difusa	1.02	0.94	0.83	0.79	0.76	0.64	0.72	0.86	1.05	1.26	1.17	1.07
Global	8.78	7.94	6.44	4.6	3.13	2.59	2.75	3.61	5.11	6.54	8.13	9.0

Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte%20explorador%20solar.pdf>Tabla 1-3. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de [Kw h/m²/día],

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	6.71	6.84	6.5	5.32	3.94	3.56	3.53	4.07	5.01	5.45	6.24	6.62
Difusa	0.94	0.86	0.76	0.72	0.7	0.59	0.66	0.79	0.96	1.16	1.08	0.98
Suelo	0.17	0.15	0.12	0.09	0.06	0.05	0.05	0.07	0.1	0.13	0.16	0.17
Global	7.82	7.85	7.38	6.13	4.7	4.2	4.24	4.93	6.07	6.74	7.48	7.77

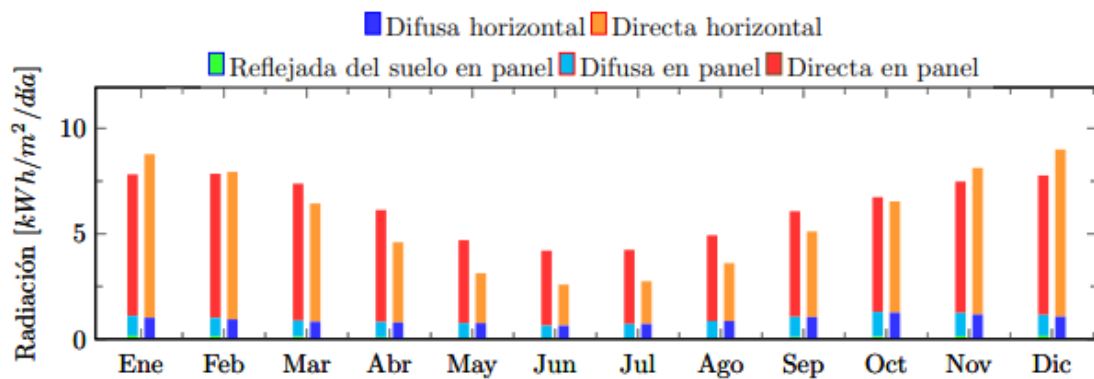
Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte%20explorador%20solar.pdf>Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte%20explorador%20solar.pdf>

Gráfico 1-3. Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo.

1.11. MANTENIMIENTO ACTUAL

El mantenimiento correctivo se realiza después de haber ocurrido el fallo o problema en alguna de sus partes, con el objetivo de devolver la funcionalidad a la instalación. Este se realiza cuando es imposible predecir una falla o cuando no existe un plan de seguimiento.

Esta estrategia puede resultar económica al corto plazo, al no invertir en planes de mantenimiento, aunque también a causa de una falta de un mantenimiento la avería puede ser de carácter irreparable y con las graves consecuencias que esto conlleva. Este plan de mantenimiento no se recomienda ya que es mucho más costoso a mediano y largo plazo.

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo evitar o amortiguar las consecuencias de las averías, aumentar la vida útil y disminuir costes de reparación. Este plan de mantenimiento permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir coste de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas. El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo.

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado del sistema en operación, se realiza con el fin de percibir los síntomas de la instalación antes de que ocurra el fallo, para posteriormente tomar las acciones.

En el mantenimiento predictivo se suelen realizar ensayos no destructivos, como medida de vibraciones, medición de temperaturas, termo grafías, intensidades, tensiones, potencia, etc. Para detectar cambios anormales en las condiciones del equipo, aunque no es fácil, es una buena forma de evitar posibles averías en toda la instalación.

El mantenimiento correctivo actual está a cargo del instalador autorizado que realizó la planificación e instalación de todo el sistema de generación fotovoltaico. No existe mantenimiento preventivo ni predictivo pese a la cantidad de potencia instalada en la planta. Este plan no es de completo conocimiento del propietario.

Las labores de limpieza de los paneles están a cargo del dueño de la instalación esta se realiza mensualmente o bien después de una lluvia, granizos, nevada u otros fenómenos meteorológicos que puedan ocurrir. La limpieza se realiza con agua (al final de cada String se encuentra una llave de agua potable), esponjas y paños de fibra para el secado de estos (sin

agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferentemente fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).

La revisión de los valores nominales de la planta se lleva a cabo a través del software de los inversores SMA modelos 25000TL-30 que cuentan con monitorización automática de inversores.



Fuente: Imagen tomada en terreno 23/05/2020

Figura 1-10. Sistema de Mantenimiento actual

**CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR ESTRUCTURAS CON SEGUIDOR SOLAR PARA
PANELES FOTOVOLTAICOS**

2. IDENTIFICAR ESTRUCTURAS CON SEGUIDOR SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS

2.1. ¿QUÉ ES UN SEGUIDOR SOLAR?

Un seguidor solar es un dispositivo mecánico - automático que busca la orientación más favorable hacia el sol a medida que se mueve por el cielo durante el día, buscando formar un ángulo recto entre el receptor o módulo y la radiación para cada hora del día.

El seguidor solar provoca un aumento en la potencia de la energía solar capturada y, por lo tanto, un aumento del rendimiento real de cada módulo. Un tipo de seguidor solar es el helióstato. Históricamente, los primeros sistemas de seguimiento solar fueron los presentes en órbita en satélites artificiales en los respectivos paneles solares.

El objetivo principal de un rastreador es maximizar la eficiencia del dispositivo que capta la energía. En el campo fotovoltaico, los módulos montados en un rastreador generalmente están dispuestos geométricamente en un solo panel, una práctica que evita el uso de un rastreador para cada módulo individual. Los rastreadores solares pueden aumentar la producción de potencia entre un 10% a 30% dependiendo si estos son de un eje o dos. Esta tecnología mejora la economía del proyecto del panel solar ya que se saca un mayor provecho de la planta solar y se aumentan los ingresos de la venta de energía.

2.2. CLASIFICACIÓN DE SEGUIDORES SOLARES

Un seguidor solar dirige los paneles solares o módulos hacia el sol. Estos dispositivos cambian su orientación a lo largo del día para seguir la trayectoria del sol y maximizar la captura de energía.

En los sistemas fotovoltaicos, los seguidores solares ayudan a minimizar el ángulo de incidencia (el ángulo que un rayo de luz forma con una línea perpendicular a la superficie) entre la luz entrante y el panel, lo que aumenta la cantidad de energía que produce la instalación.

La energía solar fotovoltaica concentrada y la energía solar térmica concentrada tienen ópticas que aceptan directamente la luz solar, por lo que los rastreadores solares deben tener un ángulo correcto para recolectar energía. Todos los sistemas solares concentrados tienen seguidores porque los sistemas no producen energía a menos que estén dirigidos correctamente hacia el sol.

Los seguidores solares traen más ventajas que desventajas a las instalaciones, pero un aspecto negativo a tener en cuenta se manifiesta en problemas mecánicos que inevitablemente se encuentran con el desgaste del tiempo. Los servomecanismos de los rastreadores son equipos poco estresados, pero por su naturaleza están sujetos a condiciones climáticas adversas durante al menos 20 años. Estos límites deben cumplirse mediante la preparación de un programa de mantenimiento predictivo que se llevara a cabo mediante encuestas realizadas con cada fase de limpieza del sistema.

El consumo de electricidad de los componentes electrónicos es insignificante en un sistema moderno diseñado adecuadamente.

La limpieza de los paneles es un proceso simple que también se ve beneficiado gracias al movimiento la cantidad de polvo depositado en la superficie es menor, y al haber un menor ángulo de incidencia el polvo dispersa en menor porcentaje la radiación solar.

Los estudios de caso disponibles hasta la fecha atestiguan el hecho de que el campo de uso más rentable para los seguidores solares es el de las grandes plantas terrestres.

Grados de libertad ofrecidos. Los seguidores solares pueden ofrecer al panel una libertad de movimiento mono o biaxial.

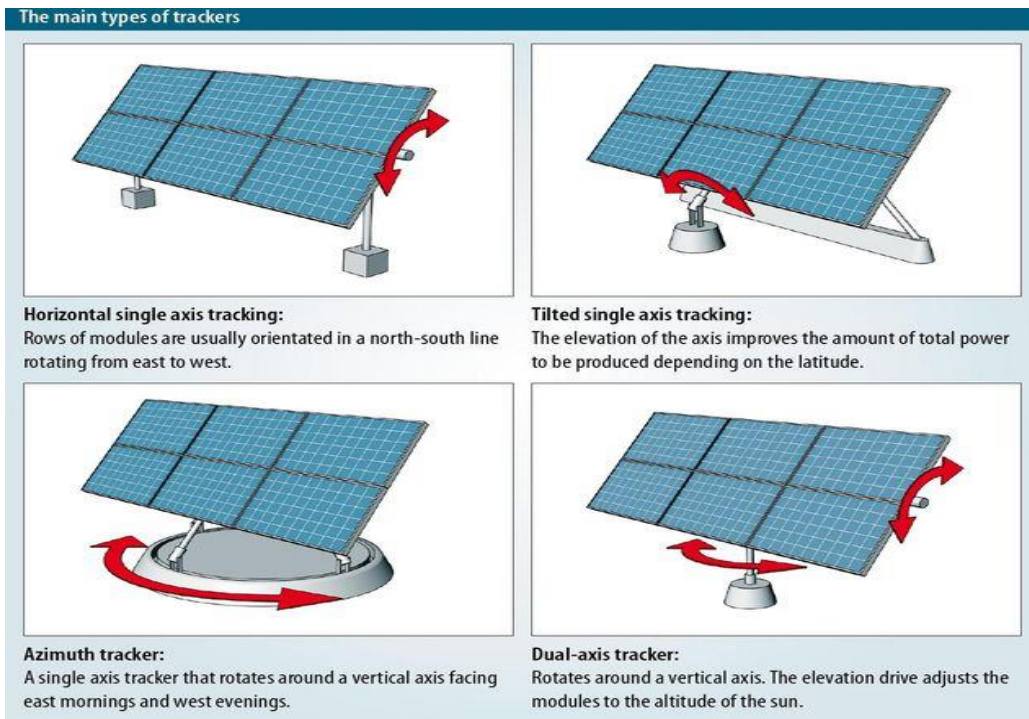
2.3. FIJOS

No posee un sistema de seguimiento que lo oriente perpendicular al sol. El panel se encuentra inmóvil en una posición óptima para obtener la mayor cantidad de energía a lo largo

del año. Es la peor opción pues para un mismo panel en la misma ubicación es la que menos energía capta, ya que se puede llegar a desperdiciar hasta un 30% de captación solar.

2.3.1. Seguidor solar de un eje

Con este tipo de seguidor el panel fotovoltaico gira en un eje, puede ser Norte-Sur o Este-Oeste, la rotación depende del tipo de estructura, pero siempre se mantiene fijo en un eje. De esta forma se puede seguir la órbita del sol pero sin estar perpendicular a la dirección del sol (eje y), o lo más cercano al ángulo óptimo siguiendo la trayectoria del sol (eje polar).



Fuente: https://www.google.com/search?q=tsat+solar&rlz=1C1CHBF_esCL868CL868&sourc=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjhIjTOLLqAhWkK7kGHTzeDg0Q_AUoAnoECAoQBA&biw=1366&bih=625#imgrc=SAebgn-67h1DIM&imgdii=3IV1waRWnMqQ2M

Figura 2- 11. Disposición de varios paneles con un sistema de seguimiento de un eje.

2.3.2. Eje X

Los módulos solares se elevan o bajan (generalmente manualmente dos veces al año) hacia el horizonte, de modo que el ángulo con respecto al suelo es estadísticamente óptimo según la estacionalidad. En la práctica, se realiza un seguidor de inclinación utilizando perfiles mecánicos telescópicos para subir o bajar el panel fotovoltaico con respecto al horizonte. Estos rastreadores ofrecen un aumento en la producción de menos del 10%,

2.3.3. Eje Y

Los rastreadores apuntan a seguir el sol a lo largo del cielo en su viaje diario, independientemente de la temporada de uso. En este caso, el eje de rotación es el Norte - Sur, mientras que la altura del Sol sobre el horizonte se ignora. Estos rastreadores son particularmente adecuados para países de baja latitud, donde la trayectoria del sol es, en promedio, más ancha durante el año. La rotación requerida para estas estructuras es más amplia que la inclinación, a veces hasta $\pm 60^\circ$.

Estos seguidores hacen que cada fila de módulos fotovoltaicos se vea como un asador orientado hacia el ecuador. Este tipo de rastreador permite aumentar la producción de energía en aproximadamente un 15%, en comparación con un sistema fotovoltaico fijo.

2.3.4. Eje Z

Los seguidores de azimut tienen un grado de libertad con un eje cenital - nadir. Para lograr esto, el panel se monta sobre una base giratoria servoasistida, al ras del suelo. El aumento resultante en la producción eléctrica es aproximadamente del 25%

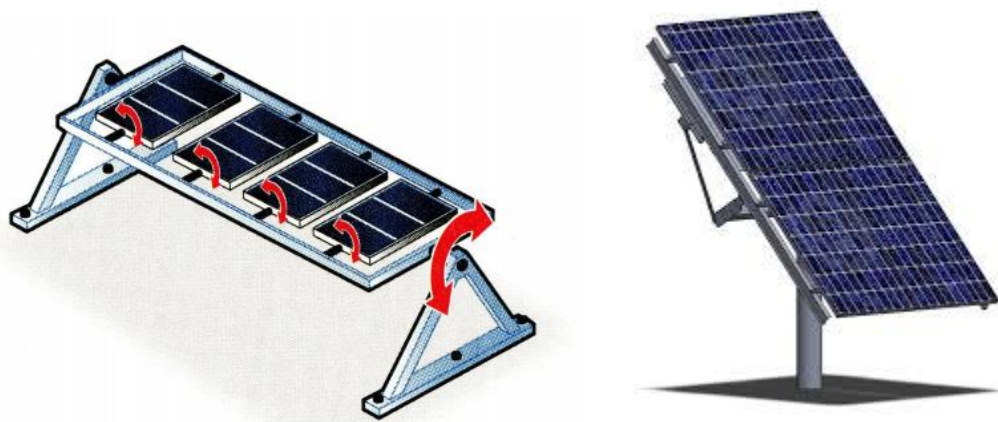
2.3.5. Eje Polar

Los rastreadores del eje polar se mueven en un solo eje inclinado con respecto al suelo y aproximadamente paralelo al eje de rotación de la tierra. Este eje es similar al alrededor del cual el sol dibuja su trayectoria en el cielo. El eje es similar pero no el mismo debido a las

variaciones en la altura de la trayectoria del sol con respecto al suelo en las diferentes estaciones. Por lo tanto, este sistema de rotación del panel fotovoltaico alrededor de un solo eje logra mantener el panel perpendicular al sol durante todo el día (siempre descuidando las oscilaciones verano-invierno de la trayectoria del sol) y brinda la máxima eficiencia que se puede obtener con un solo eje de rotación.

2.4. SEGUIDOR SOLAR DE DOS EJES

Los seguidores solares más sofisticados tienen dos grados de libertad, con el objetivo de alinear perfectamente los paneles fotovoltaicos con los rayos del sol en tiempo real. La forma más barata, pero no la única, de hacerlos es montar un rastreador en otro. Con estos seguidores solares hay aumentos en la producción de energía que alcanzan desde un 35% a un 40%, pero con una mayor complejidad constructiva.



Fuente: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11844/TFGTurrillasSalobreEduardo2014.pdf>
http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/165625/TFG_2016_BalaguerZuecoSergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Figura 2-12. Sistema de seguimiento de dos ejes para paneles solares

Al utilizar el seguimiento solar tanto el de un eje o el de dos ejes este aumentaría sus capacidades de captación solar, ya que al estar constantemente siguiendo los movimientos del sol de Este a Oeste, estas placas fotovoltaicas aumentarían su producción de energía dentro de un 20 a un 30% más que en comparación de las placas fotovoltaicas que están fijas constantemente.

2.5. RADIACIÓN SOLAR EN PLANTA

La planta fotovoltaica de la cual se realiza este informe proporciona una energía de 93,6 kW. Esta se ubica en la región de Valparaíso, con datos del explorador solar del ministerio de energía se saldrá que el promedio de insolación mensual en el lugar de coordenadas (latitud 32,8218 °S, longitud 70,6706 °O) varía de 2,59 kWh/m² siendo esta en el mes de junio, hasta 9 kWh/m² en el mes de diciembre. El nivel de insolación de esta región del país es aceptable y empieza a mejorar desde la región de Coquimbo en adelante. La máxima insolación en el país se registra en la región de Atacama debido a la poca probabilidad de nubes que hace aumentar la cantidad de kWh/m² en esta zona. Los niveles de insolación aceptables según el explorador solar se alcanzan hasta la región del Biobío, pero estos datos son promedios anuales así que para obtener una información personalizada y más específica se deben realizar estudios específicos en el lugar. Más hacia el sur de Chile la insolación recibida por metro cuadrado se hace más difícil de captar debido a la probabilidad de nubes por lo que las plantas fotovoltaicas ubicadas en esta zona serán menos eficientes que cualquier otra ubicada más al norte de Chile.

Tabla 2-1. Promedio de nubosidad diurna anual

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	3.54	3.52	4.33	8.23	11.58	11.28	12.65	14.33	12.39	13.14	8.25	4.33

(a) Porcentaje del mes con nubosidad diurna

Fuente: http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/temp/reporteMeteo_HXDFMEW.pdf

Tabla 2-2. Promedio de insolación mensual [Kwh/m2]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	7.76	7.0	5.61	3.81	2.37	1.95	2.03	2.75	4.06	5.28	6.96	7.93
Difusa	1.02	0.94	0.83	0.79	0.76	0.64	0.72	0.86	1.05	1.26	1.17	1.07
Global	8.78	7.94	6.44	4.6	3.13	2.59	2.75	3.61	5.11	6.54	8.13	9.0

(a) Radiación incidente en el plano horizontal

Fuente: http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/temp/reporteMeteo_HXDFMEW.pdf

Tabla 2-3. Promedio horario de radiación [W/m2]

Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Directa	3.28	53.46	165.36	323.81	467.87	576.47	648.51	655.84	611.95	516.82	396.54	245.16	97.62	17.69
Difusa	4.43	21.97	48.57	71.88	86.54	99.57	105.19	109.23	105.32	95.2	79.64	57.53	29.57	9.68
Global	7.71	75.43	213.93	395.69	554.41	676.04	753.7	765.07	717.27	612.02	476.18	302.69	127.19	27.37

Fuente: http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/temp/reporteMeteo_HXDFMEW.pdf

2.6. SOPORTE CON SEGUIDOR SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles fotovoltaicos se suelen instalar en techos o en el suelo a cierta altura dependiendo de donde será el lugar que no lo alcance la sombra durante el día ya que esto afecta en la producción de energía y en la vida útil de la celda. Actualmente con el uso de nuevas tecnologías se puede realizar un seguimiento del movimiento del sol para sacar un mayor provecho de la insolación a cualquier hora del día. De todos modos, el soporte y sujeción de los módulos se realiza con los mismos materiales independientes de la tecnología de seguimiento solar a utilizar.

Las estructuras utilizadas en todos los sistemas ya sea fijo o con seguimiento de uno o dos ejes son de aluminio estructural de alta resistencia ensamblado mediante tornillería de acero inoxidable y tornillería auto taladrante zinc-niquelada y testeado con 1000 horas en cámara de

niebla salina, además de recibir un tratamiento térmico que mejora sus propiedades mecánicas. Los materiales de los que se compone la estructura garantizan una resistencia excepcional a la corrosión.

Las distintas marcas o distribuidoras que venden estos kit o estructuras cuentan con sus respectivas especificaciones técnicas. Las estructuras son de fácil instalación, ya que todas las perforaciones para pernos están pre mecanizadas y controladas por el departamento de calidad para cumplir las normas ISO

.La estructura es adaptable al módulo fotovoltaico de cualquier fabricante. La base donde va apoyada esta estructura debe ser obligatoriamente de concreto siguiendo las recomendaciones del fabricante.

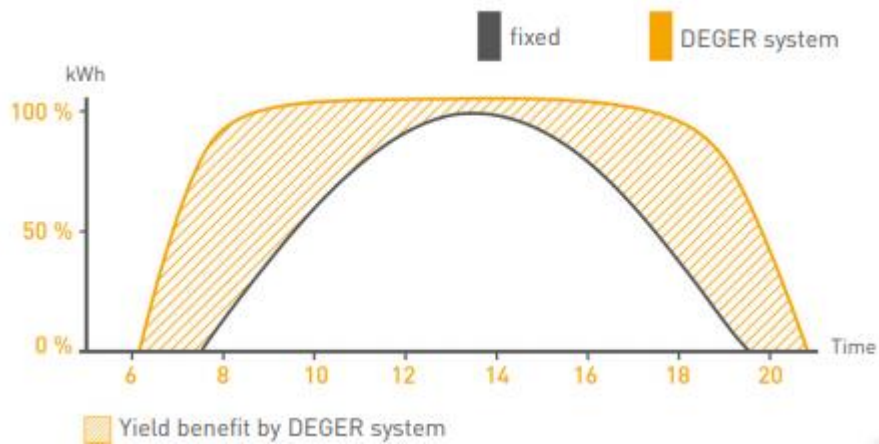
A continuación, se presentarán algunas alternativas de estructuras a las cuales tienen implementado seguidor solar de un eje debido a que así no se aumenta tanto el costo, además al utilizar seguidores de dos ejes se deben modificar más variables como la posición de las nuevas estructuras debido a su mayor tamaño, nuevas canalizaciones, etc.

Estructuras marca DEGER. Los sistemas de seguimiento activo de un solo eje de DEGER permiten la utilización óptima de toda la energía de irradiación, adecuada para todos los módulos independiente de su potencia. Cuenta con su propia tecnología patentada basada en sensores, puede lograr aumentos de rendimiento de aprox. 30%. Una instalación fácil y se realiza mediante la construcción de soporte estable.

El control descentralizado permite la máxima independencia.

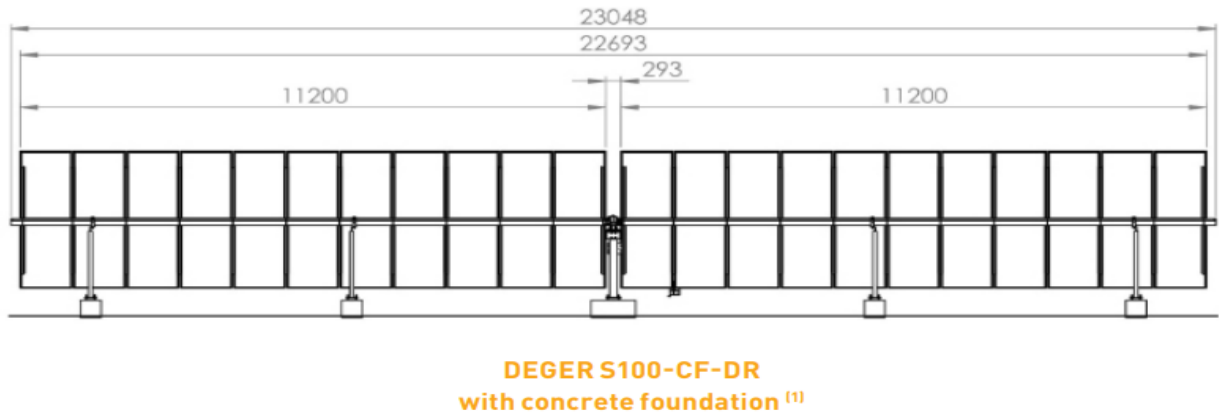
2.6.1. DEGER S100-DR

Esta es una estructura con un seguidor solar sin ángulo de elevación de un solo eje que oscila entre +/- °55. Una estructura puede ocupar un área máxima de 71 m² y la cantidad de módulos entre 11.300 y 14.300Wp dependiendo. Cuenta con protección contra vientos fuertes, tormentas, sistema de monitoreo y análisis de datos. Reinicio automático a posición inicial durante la noche, hasta 100 rastreadores pueden ser administrados por un control de seguimiento central (CTC) y un bajo consumo energético.



Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET-DEGER-S100-DR%20INGLES.pdf>

Gráfico 2-1. Kw VS Tiempo



Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET-DEGER-S100-DR%20INGLES.pdf>

Figura 2-13. Modelo de estructura de montaje

2.6.2. DEGER 8.5

Esta es una estructura con un seguidor solar con ángulo de elevación ajustable entre 20° y 30° de un solo eje que oscila entre +/- 45°. Una estructura puede ocupar un área máxima de 8.5

m² y la cantidad de módulos entre 500 y 1.300 Wp dependiendo. Cuenta con protección contra vientos fuertes, tormentas, sistema de monitoreo y análisis de datos. Reinicio automático a posición inicial durante la noche, hasta 100 rastreadores pueden ser administrados por un control de seguimiento central (CTC) y un bajo consumo energético. Puede o no tener base de concreto.



Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20DEGER-TOPtracker-8.5-EN.pdf>

Gráfico 2-2. Kw VS Tiempo



Fuente: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20DEGER-TOPtracker-8.5-EN.pdf>

Figura 2-14. Estructura de soporte de panel y seguidor solar

Estructuras marca MIBET ENERGY. El sistema inteligente de seguimiento de eje único MRac es principalmente aplicado a plantas de energía solar a gran escala en áreas de alta y baja latitud. La estructura de articulación única y el rodamiento giratorio aseguran la estabilidad del sistema en conjunto, baja tasa de fallas y bajo costo de mantenimiento. Es una buena opción para una planta de energía solar de gran escala ya que se puede obtener aproximadamente un 20% de generación de energía, en comparación con un sistema fijo.

2.6.3. MRac Smart Horizontal Single Axis Tracking Solar PV Mounting System.

Esta es una estructura con un seguidor solar sin ángulo de elevación de un solo eje que oscila entre $\pm 60^\circ$. Una estructura puede ocupar un área máxima de 71 m² y la cantidad de módulos entre 25.000 Wp dependiendo. Cuenta con protección contra vientos fuertes, tormentas, configuración personalizada del sistema disponible. Reinicio automático a posición inicial durante la noche, equipado con GPS para garantizar la exactitud de tiempo, comunicación a distancia, control de grupo para varios equipos y un bajo consumo energético.



Fuente:

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20MIBET%20ENERGY%20SEGUIDOR%20UN%20EJE.pdf>

Figura 2-15. Modelo de estructura de seguidor solar

Estructuras marca SALIX SOLAR. Se busca realizar un diseño óptimo con el objetivo de conseguir la mayor producción y rentabilidad de la inversión. SALIX SOLAR cuenta con tecnologías de estructura fija y seguimiento a uno y dos ejes, completados con sistemas y programas de motorización. Es una buena opción para una planta de energía solar de gran escala ya que se puede obtener aproximadamente un 20% de generación de energía, en comparación con un sistema fijo.

2.6.4. SALIX PPV Tracker

Esta es una estructura con un seguidor solar con ángulo de elevación ajustable según latitud. Este seguidor de un solo eje oscila entre +/- °50. Las estructuras son fabricadas de acuerdo a las exigencias del usuario al igual que la cantidad de módulos. Ensamblaje mediante tortillería sin soldaduras en campo. Su sencillez permite un montaje sin necesidad de grúa. Adaptable a cualquier módulo fotovoltaico del mercado. Número de filas y composición de las mismas en el seguidor en función del terreno y/o del proyecto.

Su modularidad permite ser montado sobre zapata de hormigón o sobre perfil o tornillo metálico, reduciendo de esta manera los costes de instalación.

Estructura de acero en galvanizado en caliente. Tortillería con baño Dracomet. Excelente comportamiento en ambientes agresivos.

Seta de parada de emergencia y selector de movimientos para labores de inspección y mantenimiento.

Monitorización Scada de control remoto, pudiendo maniobrar el seguidor desde terminal informático.



Fuente: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DATASHEET%20Salix_PPV%20seguidor%20polar.pdf

Figura 2-16. Estructura de seguidor solar

**CAPÍTULO 3: REORGANIZACIÓN DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CON
SEGUIDOR SOLAR DEGER 8.5**

3. REORGANIZACIÓN DE LA PLANTA DE GENERACIÓN SOLAR CON SEGUIDOR SOLAR DEGER 8.5

3.1. SEGUIDOR SOLAR

Esta estructura de aluminio galvanizado tiene una inclinación de 20° o 30° siendo ideal para esta latitud ya que el Angulo optimo es de 28°, el peso de ésta es de 125 kg. La rotación de los paneles será entre +/-45°. La caja de control y electrónica posee un grado de protección IP 54 esto significa que evita la entrada de polvo pero no es 100% estanco y el otro digito indica protección contra chorros de agua, debido a esto el equipo se puede ubicar bajo los paneles o fijado a una de las vigas de aluminio sin necesidad de una caja adicional.



Fuente: datasheet DEGER 8.5

Figura 3-1. Estructura DEGER 8.5

El sistema de control del seguidor opera con un voltaje de 24 VDC, el consumo del dispositivo de control es de 0,1 W, el consumo con actuador en marcha es de 9 W y consumo interno por año de 1 kWh.

El accionamiento se controla directamente por un circuito electrónico y un microprocesador incorporado en el sensorMLD. El limitador de corriente evita que el motor de la estructura DEGER se sobrecargue. En el caso de una sobrecarga debido a un accionamiento congelado o bloqueado por ejemplo, el motor se desconecta. Tan pronto como el accionamiento está funcionando libremente de nuevo, el motor se reinicia automáticamente.

Se puede suministrar energía a los sistemas de control y accionamiento a través de una conexión directa con el módulo solar con menos de un vatio de potencia. Esto posibilita ampliar los rangos de tensión de alimentación del DEGERconverter dependiendo de los distintos módulos solares además de su sistema de baterías.



Fuente: <https://degeriberica.com/mld-sensor/>

Figura 3-2. Sensores y sistema de control

Este equipamiento es recomendable para máximo 2000 msnm y unas temperaturas extremas de -20°C y $+55^{\circ}\text{C}$, y una velocidad máxima del viento de 130 km/h.

El seguidor solar escogido es el de marca DEGER modelo 8.5, en este seguidor se puede utilizar un área máxima de 8.5 m² o un equivalente de 1300 Wp.

Cada panel solar de 325Wp mide 1,96 m de largo y 0,991 m de ancho, con estas medidas se puede calcular el área que ocupa un panel.

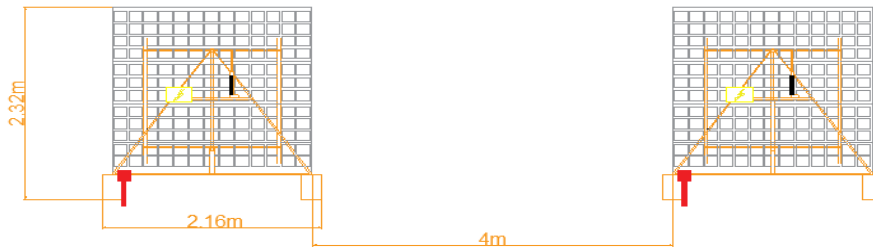
$$A_{panel} = 1,96_m * 0,991_m = 1,94 m^2$$

$$A_{MAX} = 1,94_{m^2} * 4_{modulos} = 7,76 m^2$$

$$7,76 m^2 < 8,5m^2$$

Según el fabricante de esta y otras marcas de seguidores polares, la separación de un seguidor al lado del otro, debe ser mínimo cuatro metros y uno delante del otro mínimo de tres metros.

Cada estructura estará acompañada además de una caja metálica para realizar las conexiones debido a que actualmente cada String está compuesto por 18 módulos fotovoltaicos y cada arreglo está formado por 4 String. Para mantener esa configuración se debe agregar una caja de conexión con un grado IP65 y prensas estopa para asegurar la entrada a la caja.



Fuente: Elaboración propia 24/07/2020

Figura 3-3. Separación lateral de las estructuras



Fuente: Elaboración propia 24/07/2020

Figura 3-4. Separación de estructuras polares

3.2. GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

En este reporte se presenta información sobre el recurso solar basada en la modelación numérica de la transferencia de radiación solar en la atmosfera y en datos satelitales de alta resolución. El producto obtenido ha sido validado con observaciones, sin embargo, no debe ser considerado como definitivo antes de ser corroborado con mediciones in situ.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de la generación del sistema fotovoltaico evaluado, de acuerdo con los parámetros ingresados, el impacto de la radiación incidente y las condiciones meteorológicas en el sitio de interés. además, se muestra información sobre la radiación global, directa y difusa. Que incide en el panel de acuerdo con las características del arreglo fotovoltaico escogido, la radiación incidente en un plano horizontal y los promedios de la nubosidad, temperatura y la velocidad del viento en el sitio seleccionado.

Tabla 3-1. Parámetros de configuración del software explorador solar pertenecientes a la instalación actual.

Configuración	Fijo Inclinado
Montaje	open rack cell glassback
Inclinación	45°
Azimut	0°
Nº celdas por panel	72
Nº paneles	288
Voltaje máxima potencia	37.39 V
Corriente máxima potencia	8.69 A
Voltaje circuito abierto	46.38 V
Coef. temperatura voltaje	0.33 %/°C
Corriente cortocircuito	9.17 A
Coef. temperatura corriente	0.058 %/°C
Ef. Inversor	98.0 %
Pérdidas	14 %

Fuente: explorador solar

Tabla 3-2. Resultados aproximados de la generación eléctrica fotovoltaica.

Capacidad Instalada	93.58 kW
Total Diario	496.0 kWh
Total Anual	180.9 MWh
Factor de Planta	22.0 %

Fuente: explorador solar

Tabla 3-3. Parámetros de configuración del software explorador solar pertenecientes a la instalación con seguidor solar polar (TSAT).

Configuración	TSAT
Montaje	open rack cell glassback
Inclinación	30°
Azimut	0°
N° celdas por panel	72
N° paneles	288
Voltaje máxima potencia	37.39 V
Corriente máxima potencia	8.69 A
Voltaje circuito abierto	46.38 V
Coef. temperatura voltaje	0.33 %/°C
Corriente cortocircuito	9.17 A
Coef. temperatura corriente	0.058 %/°C
Ef. Inversor	98.0 %
Pérdidas	14 %

Fuente: explorador solar

Tabla 3-4. Resultados aproximados de la generación eléctrica fotovoltaica con nueva configuración TSAT inclinado 30° y Azimut 0°.

Capacidad Instalada	93.58 kW
Total Diario	651.0 kWh
Total Anual	237.76 MWh
Factor de Planta	29.0 %

Fuente: explorador solar

3.3. COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SISTEMAS

La planta de generación fotovoltaica actualmente continua en construcción por lo que para la investigación no se cuentan con los datos reales medidos. Ambos valores simulados corresponden a aproximaciones realizadas por un software que cuenta con el apoyo del ministerio de energía del gobierno de Chile.

Los seguidores solares polares son la tecnología más eficiente que existe con un solo eje.

Con esta tecnología se puede lograr un aumento de hasta un 35% en la generación considerando como por ejemplo un ángulo de inclinación óptimo, en este caso sería de 28° pero la estructura viene diseñada para 20° o 30°, siendo el ultimo el más cercano al óptimo.

Para este caso en específico la generación diaria aumentaría en un 31,25% y anualmente en un 31,43%. lo que se traduce en un aumento de 155kWh diarios y 56MWh por año.

Tabla 3-5. Comparación entre estructura fija y seguidor solar.

	Total diario kWh	Total anual MWh
Energía producida calculada. Estructura fija45°	496,0	180,9
energía producida calculada. Seguidor solar30°	651,0	237,76
DIFERENCIA	155,0	56,86

Fuente: Elaboración propia 2/08/2020

3.4. COMPARACIÓN ECONOMICA

Las inyecciones que realicen las personas o pequeñas empresas serán valorizadas al precio que las empresas de distribución traspasan a sus clientes conforme a los precios regulados fijados por decreto, lo que debe incluir las menores pérdidas de energía.

La ley contempla un mecanismo que no consiste en un pago directo por las inyecciones de energía, sino que el mecanismo establecido es que las inyecciones de energía provenientes del equipo de generación deberán ser descontadas de la facturación correspondiente al mes en el cual se realizaron.

El quinto inciso de un modelo de contrato de “Conexión de generadoras residenciales” de la empresa distribuidora de energía CGE resalta lo siguiente:

QUINTO: Las inyecciones de energía eléctrica que realice el USUARIO serán valorizadas al precio de nudo de la energía que la EMPRESA traspasa mensualmente al USUARIO sometido a regulación de precios, en este caso en tarifa _____. Lo anterior, de acuerdo con el Artículo N° 37 del Decreto N° 71/2014 Reglamento de la Ley 20.571 del Ministerio de Energía.

Para un cliente residencial con una tarifa BT-1, significa que los excedentes tendrán un valor cercano al 50% del valor al cual compra la electricidad a la distribuidora.

A modo de ejemplo la compañía CGE al año 2020 tiene un precio de venta de un kW de alrededor de 0,0042UF entonces el precio de venta por la generación será de 0,0021UF. Con este dato podemos calcular la venta de la generación producida anualmente con la herramienta explorador solar. La energía producida anualmente con la estructura actual a una inclinación de 45° es de 180,9 MWh y su venta produce una ganancia de alrededor de 379,89UF y con el nuevo diseño de la planta con seguidor solar polar a una inclinación de 30° producirá 237,76 MWh anuales y su venta generará una ganancia de alrededor de 499,23UF.

Tabla 3-6. Comparación económica de generación

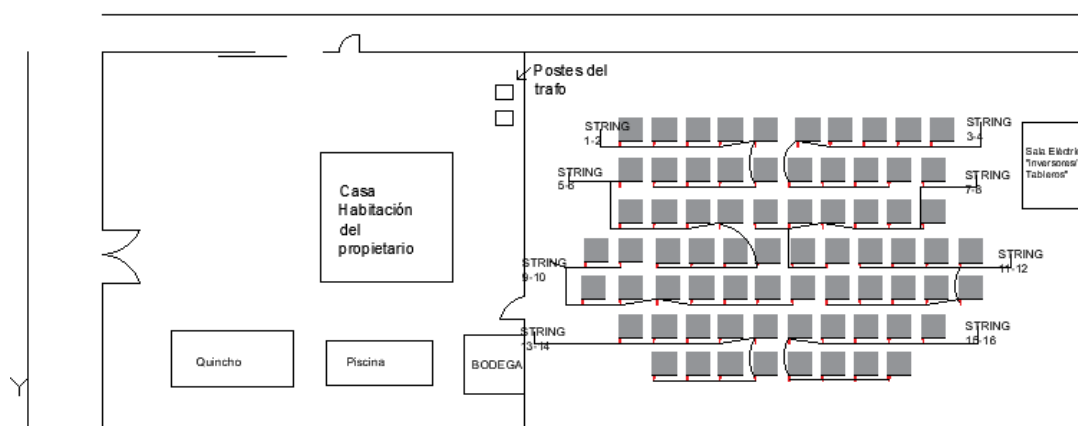
	Total diario kWh	Total anual MWh	Total UF
Energía producida 45°	496,0	180,9	379,8
Energía producida calculada (seguidor solar) 30°	651,0	237,76	499,2
DIFERENCIA	155,0	56.86	119,4

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

3.5. NUEVO DISEÑO DE PLANTA GENERADORA

La cantidad máxima de paneles de 325Wp por estructura son 4 módulos fotovoltaicos. La planta de generación solar cuenta con 288 paneles policristalino, para esta nueva distribución se necesitan 72 estructuras con seguidor solar marca DEGER 8.5.

El lugar donde se encuentra la planta es un terreno amplio de alrededor de 3.500 m². Por lo que el espacio no es un problema para la nueva distribución. Debido a esto no se deben realizar cálculos del área a utilizar.



Fuente: Elaboración propia 02/08/2020

figura 3-5. Nueva organización de la planta fotovoltaica.

3.6. MATERIALES

En este proyecto se diseñó una nueva organización basado en la utilización de seguidores solares polares (TSAT), debido a esto solo se deberá modificar la canalización exterior subterránea de la planta, además de el reemplazo de los conductores de conexión entre los paneles fotovoltaicos.

Según la planificación para este proyecto se deberá contar con seis trabajadores entre ellos un supervisor, dos técnicos eléctricos, un prevencionista y dos ayudantes.

La construcción de la nueva distribución contempla un tiempo de 60 días.

Tabla 3-7. Detalle de materiales

N°	descripción	uni.
1	estructura con seguidor solar DEGER 8.5	c/u
2	cable EXZHELLENT SOLAR rojo + negro 4mm ²	mts
3	conduit rígido galvanizado EMT 1,5"	3 mts
4	cintas aisladoras roja + negra	gl
5	caja metálica con tapa (sin perforaciones) 150x100x100	c/u
6	prensa estopa	c/u
7	copla EMT 1,5"	c/u
8	conector MC4	gl
9	cinta de goma	gl
10	contratuerca galvanizada	gl
11	tornillos autoperforantes	gl

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

CAPÍTULO 4: PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS DEL PROYECTO

4. PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS DEL PROYECTO

El objeto del presente Manual de Mantenimiento es establecer una serie de actuaciones indicadas para garantizar la mayor productividad posible de la instalación solar fotovoltaica, de forma que se minimicen los tiempos de parada por avería o mal funcionamiento y a su vez los costos asociados a dichas fallas.

Esta guía se ha preparado para la planta solar ubicada en san Felipe, pero debido a que todas las plantas solares tienen los mismos componentes, puede servir de guía para otros interesados en el tema con el propósito de orientar y sugerir tareas y estrategias de operación y mantenimiento de manera de asegurar una operación segura, alta disponibilidad de la planta y un alto rendimiento en las instalaciones fotovoltaicas.

Desde el punto de vista del mantenimiento, se busca maximizar la generación de energía, evitar los tiempos de inactividad, minimizar las fallas, evitar las fallas más costosas y aumentar la vida útil de la planta fotovoltaica.

Aunque un sistema fotovoltaico funciona automáticamente, un mantenimiento regular es una tarea indispensable y necesaria.

Una instalación fotovoltaica puede tener buenos equipos instalados, pero sin un programa de mantenimiento regular y adecuado, no se puede garantizar la funcionalidad de los sistemas.

El plan de Mantenimiento que se debe realizar a cada sistema fotovoltaico y depende de su contexto operacional, es decir, de las condiciones ambientales del sitio, los equipos utilizados y el lugar de instalación.

Por esta razón, esta guía se ha elaborado en base a una recopilación de buenas prácticas nacionales e internacionales de operación y mantenimiento para sistemas fotovoltaicos.

la mayoría de las fallas no se produce a causa de los componentes, sino que están relacionadas con la planificación, diseño, instalación y la mantención.

4.1. ASPECTOS DE SEGURIDAD

Seguridad eléctrica: En cualquier tipo de instalaciones eléctricas, como es el caso de una instalación fotovoltaica, se deben tener en consideración los riesgos eléctricos al momento de efectuar las tareas propias de mantenimiento. A continuación, se presentan los principales riesgos y medidas de seguridad que se deben implementar para realizar un mantenimiento seguro. Es importante mencionar, que no seguir la normativa vigente puede resultar en accidentes o lesiones del personal o usuario, como también en daños a la propiedad.

Espacio de trabajo alrededor de sistemas eléctricos: Se deberá proveer las condiciones necesarias para trabajar en una instalación fotovoltaica, tablero de disyuntores, las unidades de inversores y su interruptor. Se sugiere que todos los equipos y componentes estén instalados con suficiente espacio alrededor para moverse libremente, facilitando el acceso. Se debe procurar un nivel de iluminación adecuado a las necesidades de manipulación de los dispositivos.

Identificación y marcado: Las señales de marcado de una instalación fotovoltaica están reglamentadas en el RGR N°2 de la SEC según lo establece la ley 20.571. Es deber del instalador autorizado velar por que las señales estén visibles y se respeten en todo momento.

Seguridad laboral en altura: Protección antiácida. Plataformas elevadoras, andamios y escalas deben ser usados según las especificaciones del fabricante y sus normas. Además se debe capacitar al personal a la hora de realizar trabajos en altura.

Elementos de protección personal (EPP): Los elementos de protección personal se deben utilizar de acuerdo con los riesgos evaluados además deben estar en buen estado comprobando con una inspección visual antes de utilizarlos.

Herramientas: Para asegurar un trabajo seguro y correcto las herramientas manuales y eléctricas deben estar en un estado adecuado. Las medidas básicas son. Realizar la mantención adecuada y regular las herramientas de trabajo. No quitar los seguros o protecciones que las herramientas traen incorporadas. Usar las herramientas adecuadas para la actividad específica, seguir las instrucciones del fabricante, utilizar sistemas de alimentación eléctrica en buen estado y montado de acuerdo con normas específicas.

4.1.1. Principales riesgos al no respetar los aspectos de seguridad

Choque eléctrico y electrocución, quemaduras eléctricas, caída de distinto nivel por electrocución, golpes y atrapamiento de extremidades.

Los siguientes factores condicionan la pérdida de generación eléctrica por suciedad en un módulo fotovoltaico.

Composición fisicoquímica del material y su espesor. Como estamos en una zona rural, lo que mayormente se encuentra en el aire es polvo en suspensión debido a que cerca hay una carretera además de terrenos agrícolas por alrededor.

Inclinación y disposición horizontal y vertical de los módulos. La inclinación actual es de 45° grados, con el diseño de la planta con la estructura con seguidor solar polar el ángulo disminuye a 30° por lo que aumenta la acumulación de partículas. A su vez la disposición de los paneles ahora es horizontal siendo más ancha la parte de abajo del panel por lo que acumulara más material que cuando este estaba instalado de forma vertical.

Humedad relativa del aire. Este es un factor muy importante ya que al haber un nivel de humedad muy alto en los meses de invierno y esto sumado a la suciedad del panel puede provocar una mayor cantidad de manchas en este, como consecuencia se debe realizar una limpieza con más frecuencia

Frecuencia de precipitaciones. Es importante diferenciar entre la lluvia torrencial y la lluvia fina e intermitente, siendo esta última menos efectiva en términos de limpieza.

Para tener control sobre la planta se deben conocer todos los aspectos ya sea información de los equipos que componen la planta como también manuales y datos de seguridad para aquellos que deseen manipular algún componente de la instalación o en caso de alguna emergencia.

4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Operar un sistema fotovoltaico significa observar e interpretar los datos del monitoreo continuamente. Puesto que el monitoreo envía una alarma en caso de una falla grave, muchas veces se puede identificar el desarrollo de problemas antes de que se produzcan daños graves.

4.2.1. Limpieza de módulos

La técnica de limpieza utilizada, conocida como limpieza en seco, consiste en limpiar los paneles sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos, utilizando paños multifibras para evitar posibles daños al vidrio. Sólo se utilizará agua en aquellos casos en que se necesite de una mayor intervención, como en el caso de retiro de material sólido. En los casos en que se utiliza agua, se realizara un secado inmediato de los paneles una vez removida la suciedad, esto con el fin de evitar manchas o huellas en el módulo.

La frecuencia de limpieza de la planta se determinará, manteniendo un String limpio continuamente para así monitorear y comparar la corriente de dicho String con otro, el cual no se haya limpiado.

Cuando la diferencia de corriente entre ambos String supere el 6% se deberá efectuar la limpieza.

Precauciones:

Tomar todas las medidas de seguridad necesarias: EPP.

No se debe caminar sobre los módulos fotovoltaicos ya que no solo daña a los módulos sino que además se corre el riesgo de resbalar.

Se recomienda usar bastones telescópicos no conductores y mangueras para alcanzar los módulos fotovoltaicos.

Realizar una revisión para asegurar que no hay módulos rotos para no rociar agua sobre módulos dañados.

Planificar hacia dónde va a escurrir el agua y en caso de usar productos químicos, recoger el agua usada.

Verificar la temperatura del módulo para evitar diferencias de temperatura entre el agua y el módulo. Grandes diferencias de temperatura podrían ocasionar la fractura del vidrio.

Privilegiar la limpieza temprano por la mañana o al final del día.

4.2.2. Análisis de infrarrojos

El análisis de infrarrojos es útil para la detección de fallos en la conexión de celdas, fallos en diodos, conexión a barras o identificación de puntos calientes.

Precauciones:

A pesar de que la termografía de módulos FV es un procedimiento no destructivo y generalmente no representa exposición a riesgos eléctricos, los protocolos de seguridad estándar para trabajos eléctricos tienen que ser seguidos.

4.2.3. Medición de curva de características

Las mediciones de la curva característica corriente-voltaje del campo fotovoltaico en condiciones reales in situ y su debida extrapolación a las condiciones estándar de medida STC o NOCT, puede proporcionar información sobre la potencia nominal real, del desempeño energético del arreglo FV comparado con las especificaciones de diseño, de posibles diferencias entre las características de los módulos in situ y las mediciones en laboratorio o fábrica, así como de la detección de una posible degradación del rendimiento de un módulo o String respecto de las mediciones iniciales.

Para realizar una adecuada medición de la curva I-V es necesario un instrumento de medición de curva I-V con sensor de irradiación, termómetro IR, pinza amperimétrica, guantes de seguridad de 1000 V.

La medición de la curva I-V debe realizarse bajo condiciones de radiación alta cuando el cielo está despejado.

Precauciones.

Superficie de los módulos limpia y completamente libres de sombras.

Antes de conectar o desconectar cualquier dispositivo en el arreglo fotovoltaico, familiarizarse con el sistema y sus componentes.

Nunca separar un módulo de una cadena que se encuentra bajo carga eléctrica.

Al abrir el interruptor principal de CC en la caja de combinación o inversor, utilizar siempre los guantes de seguridad de 1000 V.

Asegurarse de la efectiva desconexión de las cadenas usando la pinza amperimétrica en los módulos o String que se van a medir.

Desconectar los módulos fotovoltaicos en los cuales se llevará a cabo la medición de la curva I-V utilizando los guantes de seguridad de 1000 V.

4.2.4. Inversor

Los inversores son equipos electrónicos diseñados para operar cubiertos por una carcasa, protegidos de la intemperie y de la lluvia. Muchos de estos equipos ya cuentan con un índice de protección IP igual o superior a 65 que les permite funcionar a la intemperie, deben ser protegidos de la radiación solar directa para evitar temperaturas altas ya que estas pueden incidir negativamente en su rendimiento. También deben mantenerse alejados de fuentes de polvo y de la lluvia.

En general los inversores requieren bajo nivel de mantenimiento. Pese a lo anterior, las actividades de mantenimiento consisten en verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca, bien ventilada y que no sea atacada por insectos u otros animales

Una actividad que debe realizarse de manera regular es la verificación de la correcta ventilación del inversor, para que el sistema de refrigeración funcione adecuadamente. En caso de mal funcionamiento el inversor se sobrecalienta innecesariamente, lo que puede resultar en limitación de potencia temporal, significando una pérdida de rendimiento. Muchos inversores lo indican con una luz roja. Es importante seguir las instrucciones del fabricante, pues cualquier intervención indebida puede ocasionar la pérdida de garantía.

Precauciones.

Muchos fabricantes recomiendan que se apague el sistema desde los interruptores de desconexión del lado CA y CC, que se espere algunos minutos hasta que el capacitor interno se descargue antes de abrir el espacio que alberga el ventilador. Existen inversores que permiten remover el ventilador por completo. En este caso es importante desconectar las conexiones eléctricas del ventilador. Antes de volver a instalar el ventilador debe asegurarse que no hay nada atrapado y que sus aspas están girando con facilidad. Algunos tienen un filtro para la entrada de aire, la cual se debe remover y limpiar según las indicaciones del fabricante. Se puede usar aire comprimido o en ocasiones basta con soplar para retirar el polvo. En caso de acumulación de residuos, hay fabricantes que permiten utilizar un pequeño cepillo y frotar hacia fuera. Algunos inversores pueden tener múltiples filtros. Adicional al ventilador para la entrada de aire, normalmente se tiene otro para la salida con un tubo de escape exterior. También se debe revisar que el tubo de escape no esté obstruido. Cada vez hay más inversores que no tienen ventiladores integrados. Estos tipos de inversores tienen una ventilación pasiva por convección en la parte

frontal que disipa el calor por medio del movimiento del aire a través de unas aletas. En este caso, solo se necesita comprobar que las aletas no tienen residuos, acumulación de objetos, insectos o excremento de pájaros.

4.2.5. Inspección visual

La inspección visual frecuente de la instalación es una tarea recomendable. Esta actividad consiste en una revisión visual para identificar objetos y en caso necesario buscar alternativas para mitigar problemas simples que con el paso del tiempo pueden traer pérdidas, tal como la poda de árboles u otro elemento que provoque efecto sombra, inspección de la estructura en caso de haber aparatos sueltos, revisión del lugar de instalación de los inversores, etc.

4.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo corresponde a todas las operaciones de reparación o sustitución de partes necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

Es importante conocer los procedimientos de éste para poder hacer frente a situaciones que requieran de acciones inmediatas, de tal forma que se reduzcan los costos asociados al tiempo de inactividad no planificado del sistema o la reducción en la generación de energía.

4.3.1. Fallas típicas

Las fallas más comunes en los sistemas fotovoltaicos se presentan en los inversores; razón por la cual el mantenimiento de los inversores representa el mayor porcentaje en costos, aproximadamente el 50%. Las fallas en los inversores son responsables de la mayoría de las paradas de la planta no planificadas. La mayoría de las fallas reportadas corresponden al inversor, sin considerar fallas por problemas en la conexión.

4.3.2. Inversor

La confiabilidad de los inversores en el mercado ha aumentado considerablemente en los últimos años. Sin embargo, un presupuesto de mantenimiento debe considerar la avería del inversor al menos una vez durante la vida útil del sistema. Es la parte del sistema más propensa a causar pérdidas en la generación. El primer paso es que se identifique que el inversor no está funcionando correctamente. Para lograr esto es importante ajustar las alarmas de monitoreo, para que en caso de falla envíe una alarma a la persona responsable del funcionamiento de la planta.

Algunos ejemplos de las pérdidas ocurridas a causa del inversor son:

- A causa de mantenimiento o falla en la red eléctrica.
- Operación de protecciones de la instalación existente.
- Falla de los ventiladores por exceso de material acumulado como generalmente polvo.
- Corriente de fuga o residual demasiada alta.
- Corriente CC demasiada alta.
- Limitación de potencia a causa de temperaturas altas o sobrecarga.
- Falta de sincronización de voltaje o frecuencia con la red.

El segundo paso es que el encargado del mantenimiento tenga claro qué hacer en caso de falla del inversor. Estas instrucciones la entrega el fabricante en el manual del inversor. También contiene el contacto de asistencia profesional si el problema solo se puede solucionar por personal especializado en inversores de este fabricante. Es importante consultar la garantía y la información legal. Es importante que quién realizará el mantenimiento entreguen información simplificada de las principales fallas de los inversores para así poder minimizar los mantenimientos correctivos en caso de fallas comunes y de fácil solución, por ejemplo, una falla en la sincronización con la red o en caso de que la interrupción repetida del inversor se origine por una mala calidad de suministro.

4.3.3. Módulos fotovoltaicos

Los paneles solares son la base de la generación de energía, por lo tanto, cualquier falla afectara el funcionamiento sistema.

Algunas fallas típicas atribuidas a los módulos son:

- Rotura del vidrio producto de un golpe con algún elemento contundente.
- Degradación del laminado que evita el ingreso de humedad, contaminación y sirve de aislante eléctrico entre las celdas y los contactos. Al estar expuesto a la intemperie puede generar un envejecimiento, que algunas veces está acompañado por coloración entre amarillo y marrón.
- Roturas y micro-roturas. Pueden ser causadas por estrés mecánico o térmico sobre la celda durante el transporte, instalación o por condiciones ambientales. Es difícil evitar micro-roturas en las celdas finas de la actualidad. Los daños producidos en las celdas por maltrato durante el transporte o instalación quedan excluidos de la garantía. Este tipo de averías es de difícil detección, por lo que se usa la técnica de electroluminiscencia.

4.3.4. Puntos y celdas calientes

El sobrecalentamiento localizado en una celda ocurre cuando una ella está cubierta, por ejemplo por sombras y actúa como consumidor alcanzando altas temperaturas. Otra causa de falla ocurre con el diodo bypass, que es el sistema de protección contra puntos calientes. Aunque las pérdidas de potencia asociadas a los puntos calientes son bajas, esta parte de la celda queda dañada de manera irreversible. Se puede detectar con una cámara térmica. Los puntos calientes ocurren cuando solo una parte de la celda permite el paso de corriente.

4.3.5. Rayaduras

se produce principalmente por la manipulación inadecuada de los paneles durante la etapa de instalación. El principal problema de este fallo es que afecta a la seguridad, comprometiendo el grado IP y la protección de clase II doble protección ante contacto, suponiendo por tanto un alto riesgo para los operarios de la planta.

4.3.6. Cableado y conexiones

Un cableado ejecutado según las normas vigentes minimiza el riesgo de fallas. Sin embargo, es importante revisar el cableado que está expuesto a la intemperie regularmente para identificar roturas en el aislamiento. Es posible detectar conexiones defectuosas a través de un análisis termográfico

4.3.7. Estructura de Montaje

Ensamblaje mecánico Durante el mantenimiento es importante verificar que la estructura está bien fijada. Por tanto, todos los tornillos y fijaciones deben revisarse regularmente.

4.3.8. Tiempos de reacción

La velocidad de actuación del equipo de mantenimiento dependerá de los tiempos de reacción definidos por contrato y de la clasificación que cada fallo recibe en función de su impacto en la seguridad y rendimiento del sistema. Una clasificación típica obtenida podría ser la siguiente:

- Clase I: falla ocurrida en el transformador tiempo de reacción inferior a 4 hrs.
- Clase II: falla ocurrida en un String de paneles tiempo de reacción inferior a 24 hrs.
- Clase III: módulo roto reparar en la siguiente visita.

Precauciones.

Antes de conectar o desconectar cualquier dispositivo en el arreglo fotovoltaico, familiarizarse con el sistema y sus componentes.

Nunca separar un módulo de una cadena que se encuentra bajo carga eléctrica.

Al abrir el interruptor principal de CC en la caja de combinación o inversor, utilizar siempre los guantes de seguridad de 1000 V.

Asegurarse de la efectiva desconexión de las cadenas usando la pinza amperimétrica en los módulos o String que se van a medir.

4.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo busca utilizar la información en tiempo real para llevar a cabo medidas preventivas como limpieza, monitoreo de temperatura o mantenimientos correctivos para anticiparse a las fallas o identificarlas tempranamente. El objetivo de este mantenimiento es disminuir la frecuencia de las medidas correctivas, reduciendo los costos del mantenimiento correctivo. Este tipo de seguimiento no evita el mantenimiento preventivo, pero si extender el periodo hasta la próxima revisión.

Las ventajas del mantenimiento predictivo son:

Optimización de la seguridad y funcionalidad de los equipos y subsistemas a lo largo del ciclo vital de la planta, anticipación y optimización de actividades de mantenimiento, reducción de tiempos de sustitución, aumento rendimiento y producción de la planta, reducción de emergencias y actividades no contempladas.

4.4.1. Monitoreo

Un sistema de monitoreo recolecta información de la planta fotovoltaica y su entorno, en el caso de la utilización de sensores, para que los operadores puedan tener acceso en todo momento a los datos importantes. Los portales de monitoreo facilitan esta información de manera sencilla empleando tablas y gráficos, para poder así analizar y comparar de manera manual o automática determinadas tendencias y detectar divergencias en el funcionamiento. En general los sistemas de monitoreo se distinguen por el alcance de los datos adquiridos.

Un registrador de datos se comunica con el inversor con un cable o de manera inalámbrica y graba los datos del inversor y de los sensores, si es que existen, para mostrar el rendimiento y los valores eléctricos. Los sensores de irradiación, temperatura ambiente y temperatura de los módulos que sirven para la evaluación de datos. Con esos sensores es más fácil localizar la falla o la divergencia de la producción esperada.

4.4.2. Bitácoras

El uso de check list o bitácoras de mantenimiento se utilizar para llevar un registro de todas las operaciones hechas en la planta con el fin de no repetir u omitir tareas de análisis y reparación. Los check list de mantenimiento se utilizan todas las etapas ya sea mantenimiento preventivo y correctivo. Estos documentos deben existir de manera digital y física, para poder desechar estos documentos deben superar los 2 años, para mantener un registro histórico. Estos documentos se referirán a, bitácora de pruebas de protecciones, bitácora de limpieza de módulos, bitácora de medición de aislación, bitácora de medición de temperatura, bitácora de puesta a tierra. Junto con estos documentos se almacenarán también el plano de la planta, fichas técnicas de los inversores, módulos y conductores, manual de apagado de emergencia.

4.5. PRESUPUESTO

A continuación se presentan los distintos presupuestos, iniciando con el reemplazo de la estructura actual por los seguidores solares polares especificando mano de obra y listado de materiales.

Para el reemplazo de las estructuras y la posterior puesta en marcha, se contemplan nueve horas diarias de lunes a viernes, en un plazo de 60 días.

Tabla 4-1. Valor de una UF, como referencia para este presupuesto.

UF al 03-08-2020	\$	28.664,7
------------------	----	----------

Fuente: www.sii.cl

Tabla 4-2. Presupuesto en detalle mano de obra.

Mano de obra	Valor hora	Cantidad	Días trabajados	Impuestos	Valor total
Supervisor	0,3	1	60	10,73%	19,93
Elec 1	0,2	1	60	10,73%	13,29
Elec 2	0,2	1	60	10,73%	13,29
Prevencionista	0,2	1	60	10,73%	13,29
Ayudante 1	0,1	1	60	10,73%	6,64
Ayudante 2	0,1	1	60	10,73%	6,64

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

Todas los arreglos y recambios se realizan en el exterior de la planta. Se mantendrá en la misma disposición los inversores, tableros y canalizaciones de corriente alterna pertenecientes a la instalación.

Tabla 4-3. Presupuesto en detalle materiales

N°	Descripción	Uni	Cantidad	Valor unitario [UF]	Valor total [UF]
1	Estructura con seguidor solar DEGER 8.5	c/u	72	35,75	2574,23
2	Cable EXZHELLENT SOLAR rojo + negro 4mm2	mts	500	0,020	10,07
3	Conduit rígido galvanizado EMT 1.5"	3 mts	166	0,46	76,36
4	Cintas aisladoras roja + negra	gl	6	0,024	0,14
5	Caja metálica con tapa (sin perforaciones) 150x100x100	c/u	72	0,49	35,28
6	Prensa estopa	c/u	600	0,0074	4,44
7	Copla EMT 1.5"	c/u	300	0,044	13,2
8	Cinta de goma auto fundente	gl	2	0,075	0,15
9	Contratuerca galvanizada	gl	300	0,0082	2,46

10	Tornillos autoperforantes	gl	200	0,42	0,42
----	---------------------------	----	-----	------	------

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

La siguiente tabla expone los detalles de procedimientos, duración, cantidad de personal y horas aproximadas del mantenimiento preventivo, correctivo y preventivo para esta planta de generación fotovoltaica.

Tabla 4-4. Presupuesto en detalle del plan de mantenimiento.

Mant. preventivo	Trabajadores				Hrs	impuesto	valor total
	Elec	Elec	Ayud.	Ayud.			
	1	2	1	2			
Limpieza periódica de paneles	1		1	1	5	10,73%	1,1
inspección visual (trimestral)	1	1	1		2	10,73%	0,48
Análisis de infrarrojos (trimestral)	1	1	1		4	10,73%	0,97
Estructura soporte de paneles (trimestralmente)	1		1	1	2	10,73%	0,44
Lectura de datos archivados en inversores (mensual)	1	1	1		1	10,73%	0,24
Limpieza filtros de aire inversor (trimestralmente)	1	1	1		2	10,73%	0,48
Prueba de protecciones (anualmente)	1	1			1.5	10,73%	0,26
Medición de puesta a tierra. (anualmente)	1	1			1.5	10,73%	0,26
Mant. correctivo							
Reemplazo de panel	1		1	1	1.5	10,73%	0.33
Fallo en la estructura	1		1	1	2	10,73%	0.44
Revisión malla puesta a tierra	1	1	1		2	10,73%	0.48
Solución en 24-48Hrs	1	1			4	10,73%	0.7
Mant. predictivo. Costo pagado una vez al año							

Bitácora limpieza			1		1	10,73%	0,066
Bitácora pruebas de protecciones	1		1		1	10,73%	0,15
Bitácora medición de aislación	1		1		1	10,73%	0,15
Levantamiento planta	1	1			1	10,73%	0,16
Manual de apagado de emergencia	1				1	10,73%	0,088
Bitácora de puesta a tierra	1				1	10,73%	0,088
Bitácora análisis de temperatura			1		1	10,73%	0,066
Mantenimiento anual							50

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

Tabla 4-5. Total de instalación seguidor solar polar.

Materiales	2718,1
Mano de obra	73,1
Sub total 1	2791,2
arriendo de equipos	279,12
Sub total 2	3070,30
imprevisto 5%	153,51
sub total 3	3223,8
IVA	612,5
Total	3836,3

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

En la siguiente carta Gantt se observa el procedimiento para el diseño del proyecto de mantenimiento y factibilidad de mejora para un mayor rendimiento en la generación de energía solar.

Tabla 4-6. Cronograma general de diseño del proyecto

CRONOGRAMA			Semanas									
MANTENIMIENTO Y FACTIBILIDAD DE MEJORA PARA UN MAYOR RENDIMIENTO EN LA GENERACION DE ENERGIA A PLANTA SOLAR.			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Horas									
Actividades	Responsables	Duración	5	8	6	4	3	3	2	4	4	8
Posibilidad de implementación de una nueva tecnología	Alexander Tapia	HH	■									
Problemas que afectan a la planta	Alexander Tapia	HH	■	■								
Realizar levantamiento de la instalación fotovoltaica	Alexander Tapia	HH		■	■							
Tipos de seguidores solares	Vicente Maulén	HH				■						
Investigación seguidores solares polares	Vicente Maulén	HH					■					
Determinación del tipo de tecnología	Vicente Maulén	HH						■	■			
Nuevo diseño de la planta de generación fotovoltaica	Tapia - Maulén	HH								■		
Cubicación	Tapia - Maulén	HH									■	
Comparación en la producción y venta de energía.	Vicente Maulén	HH						■				
Análisis de riesgos	Alexander Tapia	HH										■
Mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.	Tapia – Maulén	HH										■

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

Tabla 4-7. Costos de preparación del proyecto

PREPEARACION DEL PROYECTO				
Mano de obra	valor hora	Cantidad horas	impuestos	valor total
TecnicoElectricoMaulen	0,5	28	10,73%	15,50
TecnicoElectrico Tapia	0,5	48	10,73%	26,58
TOTAL				42,08

Fuente: elaboración propia 02/08/2020

En esta tabla se muestra los costos totales del proyecto. En ello se contempla la preparación, el nuevo diseño de la planta fotovoltaica y el plan de mantenimiento.

Tabla 4-8. Costo total del proyecto.

	COSTO
PREPARACION DEL PROYECTO	42,08
EJECUCION DEL PROYECTO	3776,1
PLAN DE MANTENIMIENTO	56,94
TOTAL	3875,12

Fuente: Elaboración propia 02/08/2020

CONCLUSIÓN

Los seguidores solares polares son la tecnología más eficiente con un solo eje de movimiento. Con estas estructuras bajo condiciones óptimas, según fabricante, se puede obtener un aumento en la producción de hasta un 35%.

Se puede suministrar energía a los sistemas de control y accionamiento a través de una conexión directa con el módulo solar con menos de un vatio de potencia.

El consumo del dispositivo de control es de 0,1 W, el consumo con actuador en marcha es de 9 W y consumo interno por año de 1 kWh. Debido a esto el consumo energético por parte del seguidor solar polar no es un ítem relevante dentro de los costos.

Todos los cálculos de energía se realizaron mediante el software explorador solar el cual permite simular plantas solares con distintos tipos de estructuras. Esta herramienta es una base de datos sobre radiación solar en Chile, que incluye la información entre los años 2004 y 2016 a una resolución horizontal de 90 m sobre Chile continental e insular.

Según los datos calculados, con la implementación de esta tecnología la captación de energía se verá aumentada diariamente en un 31,25% y anualmente en un 31,43%.

El aumento en la generación de esta planta se traduce en un aumento de 155kWh diarios y 56MWh por año en comparación con la energía producida con la actual estructura que tiene una inclinación de 45° y azimut 0°.

Los paneles fotovoltaicos JA solar, utilizados en esta planta de generación poseen una garantía de 12 años. Al transcurrir diez años la potencia máxima del panel disminuye un 10% y al transcurrir 25 años disminuye otro 10% estos porcentajes están avalados por el fabricante. La planta solar no puede mantener un mismo panel fotovoltaico por más de 25 años.

El valor total de la mejora en la generación de energía solar además del plan de mantenimiento anual es de 3875,12UF, este proyecto será financiado con 119,4UF anuales, que

corresponde al valor de diferencia de la generación anual. Este proyecto será financiado en su totalidad en un periodo de 32 años aproximadamente.

El precio de las estructuras con seguidor solar polar es alto debido a la gran cantidad de estructuras necesarias para esta planta, y la deuda se saldará a los 32 años por lo cual ya no existirá la garantía de los paneles, además su potencia se verá disminuida en más de 20%. Este proyecto no es viable debido al elevado costo de inversión. Otra solución más factible aunque menos tecnológica es la ampliación de la planta solar ya que el terreno consta de 3.500m² y con esta inversión se podría ampliar la potencia existente actualmente.

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red son muy confiables y seguros, y su vida útil puede extenderse hasta los 25 años además se caracterizan por ser instalaciones que requieren escaso mantenimiento.

La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se sigue el plan de mantenimiento diseñado para esta planta.

El plan de mantenimiento creado para esta planta cuenta con una solución de emergencia en un tiempo breve el cual debe ser especificado y relacionado a algunas fallas graves que comúnmente ocurren para poder tener referencias, además del reemplazo de módulos fotovoltaicos de la misma marca o semejante en caso de no tener abastecimiento, reparaciones en la estructura y demás reparaciones mecánicas.

También se cuenta con un procesamiento de datos para el mantenimiento preventivo como también para el mantenimiento predictivo todo esto realizado por personal calificado para mantener el funcionamiento regular de la planta de generación fotovoltaica ubicada en San Felipe.

BIBLIOGRAFÍA

Tiendas:

1. www.tiendatecnored.cl [consulta: 25 de Mayo del 2020]
2. www.dartel.cl [consulta: 25 de Mayo del 2020]
3. www.vitel.cl [consulta: 27 de Mayo del 2020]
4. www.solarteck.cl [consulta 28 de Mayo del 2020]
5. generalcable.com [consulta 28 de Mayo del 2020]

Explorador solar:

6. www.minenergia.cl [consulta: 18 de Junio del 2020]
7. www.dgf.uchile.cl [consulta: 21 de Junio del 2020]

Inversor:

8. www.sma.de [consulta: 24 de Junio del 2020]

Seguidores solares:

9. www.degeriberica.com [consulta: 27 de Junio del 2020]
10. www.mibetsolar.com [consulta: 27 de Junio del 2020]
11. www.solartracker.cl [consulta: 29 de Junio del 2020]
12. www.salixsolar.cl [consulta: 30 de Junio del 2020]

Información mantenimiento:

13. www.solartracker.cl [consulta: 3 de Agosto del 2020]

14. www.cambioenergetico.com [consulta: 15 de Agosto del 2020]
15. www.mantenimiento.renovetec.com [consulta: 17 de Agosto del 2020]
16. www.ingenieríadelmantenimiento.com [consulta: 17 de Agosto del 2020]
17. www.cca.org.mx [consulta: 26 de Agosto del 2020]
18. www.4echile.cl [consulta: 26 de Agosto del 2020]

ANEXO

ANEXO A: CONDUCTOR DE ALIMENTACION ENTRE PANELES SOLARES

exZhelent SOLAR
CABLES CORRIENTE CONTINUA
Conexión para paneles fotovoltaicos



EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

Conductor : Conductor estañado clase 5 para servicio móvil (-F)

Aislación : Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)

Cubierta : Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)

Norma Constructiva : AENOR EA 0038
TÜV 2 Pfg 1169/08.2007 cables para paneles solares.

Norma Nac / Europea : UNE-EN 60332-1-2
UNE-EN 50226-2-4
UNE-EN 50267
UNE EN 61034-2

Internacional : IEC 60332-1-2
IEC 60332-3-24
IEC 60754
IEC 61034-2





La serie de cables EXZHELLENT SOLAR (AS), está constituida por cables flexibles monoconductores de tensión 1,8 kV en corriente continua (cc)

Son cables específicos para instalaciones solares fotovoltaicas (pV), capaces de soportar las extremas condiciones ambientales que se producen en este tipo de instalaciones.

Sus características principales son:

- Servicio móvil.
- Alta seguridad. **Especialmente diseñado para no dañar los paneles solares.**
- Resistencia a la intemperie.
- Trabajo a muy baja temperatura (-40°C)
- Resistencia a la abrasión, al desgarrar y los aceites y grasas industriales.
- Endurecimiento térmico de los materiales para garantizar una vida útil de 30 años.

La temperatura máxima del conductor en servicio permanente es de 90°C, pudiendo soportar temperaturas de 120°C durante 20.000 horas

EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC					
SECCIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	RADIO MÍNIMO CURVATURA	RESISTENCIA MAX. DEL CONDUCTOR	INTENSIDAD AL AIRE / 40°C
mm ²	mm	kg/km	mm	Ohm/km	A
3x2,5	5,0	30	20	0,21	41
3x4	5,6	37	23	0,26	50
3x6	6,3	45	26	0,32	59
3x10	7,8	54	32	0,40	70
3x16	9,0	63	38	0,49	83

OTROS CALIBRES, REALIZAR CONSULTA A NUESTRO EQUIPO

ANEXO B: CONDUCTOR DE MALLA PUESTA A TIERRA.



CABLES DE COBRE DESNUDO

Características

Conductor de cobre electrolítico con temple blando, de sección circular, compuesto por hebras cableadas helicoidalmente bajo capas concéntricas.

Aplicaciones

Usado para sistemas de puesta a tierra.

Secciones disponibles a partir de los 6 AWG.

Normas de Fabricación

NCH - 360.

ASTM - B8.

NFPA 70 (NEC).












ATRIBUTOS

- Permite uso en zonas contaminadas.
- Buena conductividad eléctrica.
- No sufre depreciación en el largo plazo.

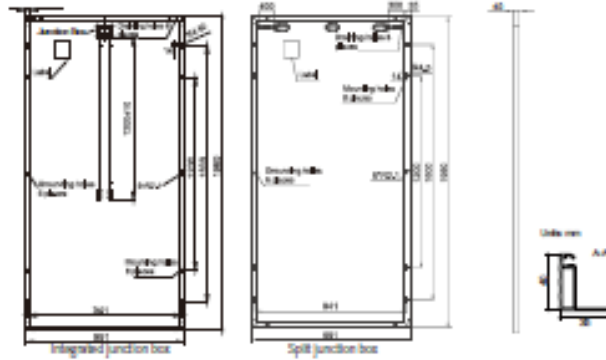
Código	Calibre	Número de Hebras	Diámetro Hebras (mm)	Diámetro Total Aprox. (mm)	Resistencia Eléctrica 20°C Ohm/km	Peso Aprox. (kg/km)	Corriente a 40°C (Amp)	
	Awg	mm²						
2201056	6	13,3	1	4,11	4,11	1,35	117,9	135
2201065	-	16	1	4,5	4,5	1,12	142	118
2201075	4	21,2	1	5,19	5,19	0,85	188,1	170
2201078	4	21,2	7	1,96	5,88	0,882	192	155
2201080	-	25	7	2,13	6,4	0,727	226	167
2201086	2	33,6	7	2,47	7,41	0,5549	305	209
2201085	-	35	7	2,52	7,6	0,524	317	209
2201088	1	42,4	7	2,78	8,34	0,4398	385	215
2201090	1/0	53,5	7	3,12	9,36	0,3487	485	282
2201102	2/0	67,4	7	3,5	10,5	0,2766	611	329
2201095	-	70	19	2,17	10,8	0,268	637	324
2201108	3/0	85	7	3,93	11,79	0,2194	770	382
2201114	4/0	107,2	19	2,68	13,4	0,168	972	444
2201112	4/0	107,2	7	4,42	13,26	0,174	972	444
2201120	-	120	37	2,03	14,2	0,153	1,086	471

**ANEXO C: CONDUCTOR PERTENECIENTE AL CIRCUITO DE CORRIENTE
ALTERNA.**

	SKU: 0002604514																																		
Cable Reviflex monopolar RV-K Metro-50mm²																																			
<p>DETALLE</p> <p>Cable de cobre blando flexible, en formato monopolar o multifilar, con aislación de polietileno reticulado (XLPE) y revestimiento, compuesto termoplástico de Policloruro de Vinilo (PVC). Color: Negro. Aplicaciones: Conductores de potencia y control para instalaciones fijas. Especialmente diseñado para ser usado en edificios residenciales, comerciales, industriales y subestaciones. Se caracteriza por su alta flexibilidad lo que permite una fácil instalación. Puede ser instalado de forma aérea, en bandeja, en ducto, directamente enterrado y de buen comportamiento en lugares húmedos, puede estar temporalmente sumergido en agua.</p> <p>FICHA TÉCNICA</p> <table border="1" data-bbox="318 947 781 1455"> <tr><td>Marca</td><td>REVI</td></tr> <tr><td>Oferta (Etiqueta)</td><td>OFERTA</td></tr> <tr><td>Un(Etiqueta)idad de Medida</td><td>VENTA POR METRO</td></tr> <tr><td>Modelo</td><td>Reviflex RV-K</td></tr> <tr><td>Calibre</td><td>50 mm²</td></tr> <tr><td>Cubierta</td><td>PVC tipo DMV18.</td></tr> <tr><td>Polos</td><td>Monopolar</td></tr> <tr><td>Color conductor</td><td>Negro</td></tr> <tr><td>Tensión nominal</td><td>0.6/1kV</td></tr> <tr><td>Diametro</td><td>14.5mm</td></tr> <tr><td>Espesor</td><td>1mm</td></tr> <tr><td>Unidad de medida</td><td>Metro</td></tr> <tr><td>Intensidad al aire</td><td>188A</td></tr> <tr><td>Intensidad en tubos</td><td>152A</td></tr> <tr><td>Peso aprox</td><td>520 (kg/km)</td></tr> <tr><td>Temperatura máxima</td><td>90°C</td></tr> <tr><td>Resistencia a 20°C</td><td>0.386 (Ohm/km)</td></tr> </table>	Marca	REVI	Oferta (Etiqueta)	OFERTA	Un(Etiqueta)idad de Medida	VENTA POR METRO	Modelo	Reviflex RV-K	Calibre	50 mm ²	Cubierta	PVC tipo DMV18.	Polos	Monopolar	Color conductor	Negro	Tensión nominal	0.6/1kV	Diametro	14.5mm	Espesor	1mm	Unidad de medida	Metro	Intensidad al aire	188A	Intensidad en tubos	152A	Peso aprox	520 (kg/km)	Temperatura máxima	90°C	Resistencia a 20°C	0.386 (Ohm/km)	 
Marca	REVI																																		
Oferta (Etiqueta)	OFERTA																																		
Un(Etiqueta)idad de Medida	VENTA POR METRO																																		
Modelo	Reviflex RV-K																																		
Calibre	50 mm ²																																		
Cubierta	PVC tipo DMV18.																																		
Polos	Monopolar																																		
Color conductor	Negro																																		
Tensión nominal	0.6/1kV																																		
Diametro	14.5mm																																		
Espesor	1mm																																		
Unidad de medida	Metro																																		
Intensidad al aire	188A																																		
Intensidad en tubos	152A																																		
Peso aprox	520 (kg/km)																																		
Temperatura máxima	90°C																																		
Resistencia a 20°C	0.386 (Ohm/km)																																		
<table border="0"> <tr> <td data-bbox="297 1478 402 1493">Sucursal Chile:</td> <td data-bbox="428 1478 703 1493">Chiloe N° 1189, Santiago - Fono: 229279200</td> <td data-bbox="703 1493 951 1549" rowspan="4" style="text-align: center;">  </td> <td data-bbox="1013 1478 1295 1570" rowspan="4" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="297 1493 402 1507">Sucursal Maipo:</td> <td data-bbox="428 1493 703 1507">Av. Maipo N° 1155, Santiago - Fono: 227960000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="297 1507 402 1522">Sucursal Viñara:</td> <td data-bbox="428 1507 703 1522">Germán de Alderete N° 1633, Santiago - Fono: 451104000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="297 1522 402 1537">Oficina Concepción:</td> <td data-bbox="428 1522 703 1537">Av. Bernardo O'Higgins Poniente No 77, Piso 15 - Concepción - Fono: 41-5350000</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="297 1537 483 1570">www.vitel.cl / ventas@vitel.cl</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Sucursal Chile:	Chiloe N° 1189, Santiago - Fono: 229279200			Sucursal Maipo:	Av. Maipo N° 1155, Santiago - Fono: 227960000	Sucursal Viñara:	Germán de Alderete N° 1633, Santiago - Fono: 451104000	Oficina Concepción:	Av. Bernardo O'Higgins Poniente No 77, Piso 15 - Concepción - Fono: 41-5350000	www.vitel.cl / ventas@vitel.cl																							
Sucursal Chile:	Chiloe N° 1189, Santiago - Fono: 229279200																																		
Sucursal Maipo:	Av. Maipo N° 1155, Santiago - Fono: 227960000																																		
Sucursal Viñara:	Germán de Alderete N° 1633, Santiago - Fono: 451104000																																		
Oficina Concepción:	Av. Bernardo O'Higgins Poniente No 77, Piso 15 - Concepción - Fono: 41-5350000																																		
www.vitel.cl / ventas@vitel.cl																																			

ANEXO D: PANELES FOTOVOLTAICOS DE LA INSTALACION.

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Poly
Weight	22kg±3%
Dimensions	1900mm×991mm×40mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	72(6×12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MCH Compatible(1000V) GC 4.10-35(1500V)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	315	320	325	330	335
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	45.85	46.12	46.38	46.64	46.70
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	37.09	37.29	37.39	37.65	37.69
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	9.01	9.09	9.17	9.29	9.35
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	8.49	8.58	8.69	8.77	8.87
Module Efficiency [%]	19.2	19.5	19.7	19.9	19.9
Power Tolerance	0~±5W				
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.05%/°C				
Temperature Coefficient of V _{oc} (α _{Voc})	-0.330%/°C				
Temperature Coefficient of P _{max} (α _{Pmp})	-0.400%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

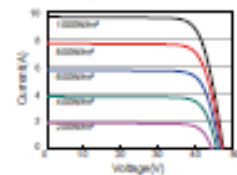
TYPE	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Rated Max Power(P _{max}) [W]	299	297	291	294	298
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	42.94	43.04	43.24	43.41	43.63
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	34.45	34.64	34.82	35.05	35.21
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	7.29	7.29	7.35	7.46	7.46
Max Power Current(I _{mp}) [A]	6.77	6.84	6.91	6.97	7.04
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

OPERATING CONDITIONS

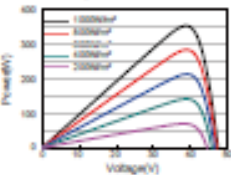
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load_Front	5400Pa
Maximum Static Load_Back	2400Pa
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

CHARACTERISTICS

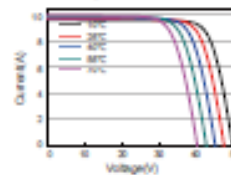
Current-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



Power-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



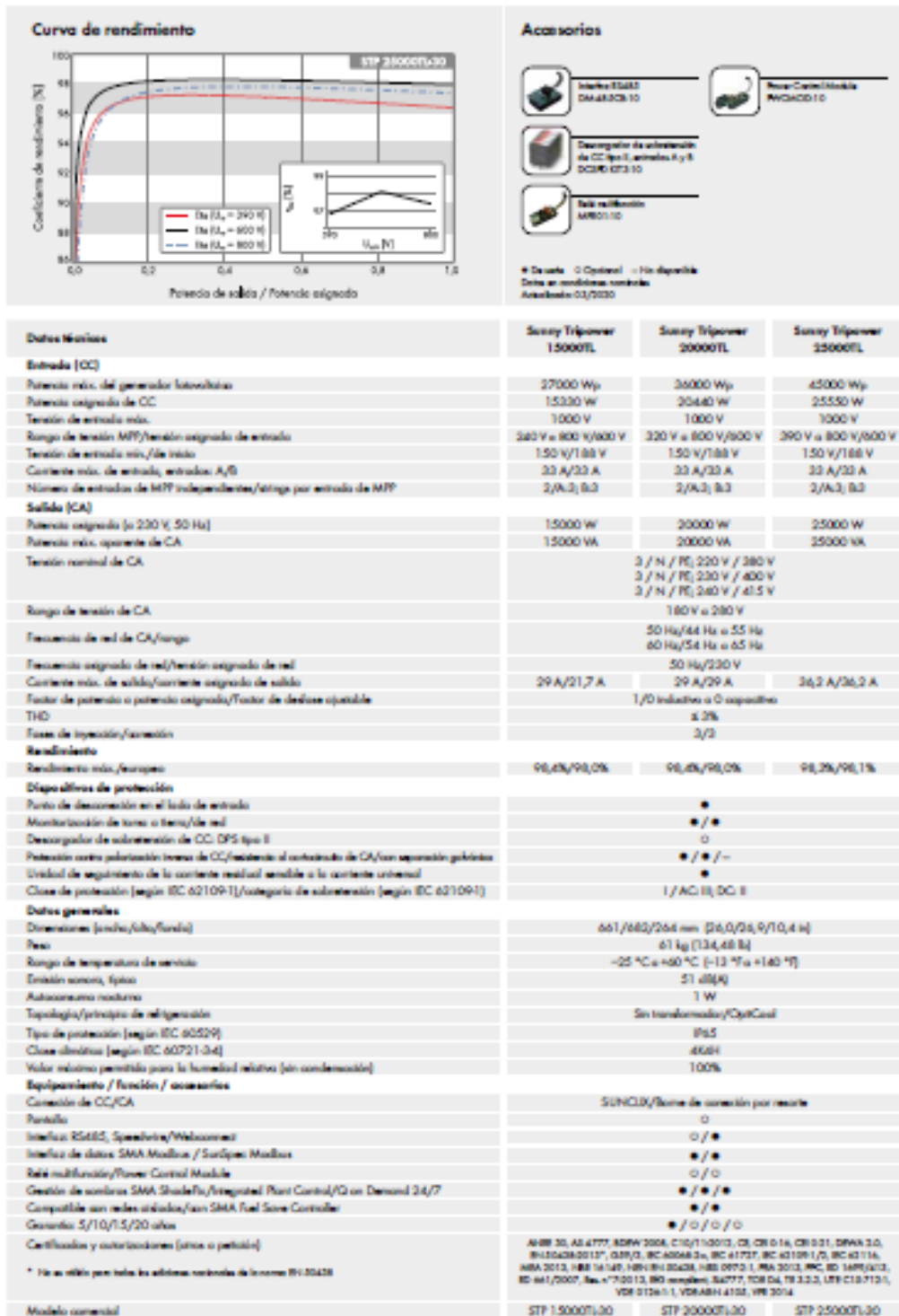
Current-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global_EN_20180513A

ANEXO E: INVERSOR TRIFASICO DE LA INSTALACION.



ANEXO F: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN



Es utilizado en la distribución de la energía eléctrica en sistemas urbanos y rurales. Son fabricados principalmente para uso intermedia, montados en uno o dos postes con aisladores y pintura especial apta para zonas costeras, húmedas y corrosivas.

Su diseño y construcción es según normas de las compañías de distribución eléctrica y normas internacionales ANSI C57 o IEC 78.

Los transformadores son aptos para sistemas monofásicos y trifásicos de hasta 25 kV y potencias de hasta 500 kVA.

CARACTERÍSTICAS:

- Clase 15 kV o clase 25 kV.
- Potencias desde 5 a 500 kVA.
- Incluye cambiador de derivaciones.
- Mochila para montaje en un poste.
- Base para montaje en 2 postes.
- Ganchos de izaje.
- Otros accesorios estándares.



Tipo	Código			Potencia (kVA)	Clase (kV)	Pérdidas		%	Dimensiones			Aisl. (LxLxL)	Peso (kg)	
	SN (02 kV)	DSI (02,2 kV)	NAO (02,2 kV)			Pt (W)	Pta (Normal IEC)		Alt. (mm)	Ancho (mm)	Largo (Diámetro Base)			
Monofásicos	-	-	380005	5	15	40	100	4	480	-	510	30	80	
	380004	-	380006	10	15	66	200	4	600	-	510	34	115	
	380003	380008	380009	15	15	80	270	4	1280	-	580	42	100	
	-	-	380007	25	15	100	425	4	1380	-	580	44	188	
	Código 23 [kV]			Clase (kV)	Potencia (kVA)	Pérdidas		2%	Dimensiones			Aisl. (LxLxL)	Peso (kg)	
						Pt (W)	Pta (Normal IEC)		Alt. (mm)	Ancho (mm)	Largo (Diámetro Base)			
				5	25	45	100	4	900	-	510	30	84	
				15	25	105	270	4	1170	-	580	30	145	
	Trifásicos	Código			Potencia (kVA)	Clase (kV)	Pérdidas		2%	Dimensiones			Aisl. (LxLxL)	Peso (kg)
		SN (02 kV)	DSI (02,2 kV)	NAO (02,2 kV)			Pt (W)	Pta (Normal IEC)		Alt. (mm)	Ancho (mm)	Largo (Diámetro Base)		
-		-	380008	10	15	60	300	4	675	680	465	40	170	
380010		380013	380006	15	15	80	400	4	800	700	480	50	300	
380009		380014	380007	30	15	130	670	4	800	750	580	70	295	
380012		380015	380010	45	15	180	790	4	800	865	580	80	355	
380016		380018	380015	75	15	310	1070	4	805	1100	680	130	590	
380019		380020	380016	100	15	360	1380	4	1000	1100	710	170	600	
380021		380018	380016	150	15	480	2430	4	1070	1080	800	180	780	
380017		380022	380019	300	15	670	3520	4	1380	1120	980	270	890	
380011		380023	380018	500	15	740	3640	4	1505	1080	1080	285	1000	
380015		380021	380016	800	15	800	6020	5	1880	1270	1270	440	1590	
Código 23 [kV]			Clase (kV)	Potencia (kVA)	Pérdidas		2%	Dimensiones			Aisl. (LxLxL)	Peso (kg)		
						Pt (W)	Pta (Normal IEC)		Alt. (mm)	Ancho (mm)	Largo (Diámetro Base)			
				15	25	45	440	4	1285	700	800	65	320	
				30	25	160	640	4	1385	840	580	75	300	
				45	25	250	770	4	1380	800	580	85	385	
				75	25	380	1180	4	1370	1100	680	130	560	
				100	25	400	1310	4	1180	1100	710	170	610	
				150	25	540	2080	4	1380	1080	800	180	780	
			300	25	640	2860	4	1580	1120	980	270	890		
			500	25	680	3680	4	1880	1080	1080	285	1000		
			800	25	1070	5650	5	1670	1270	1270	440	1590		

www.tiendatecnored.cl

ANEXO G: EQUIPO COMPACTO DE MEDIDA.

EQUIPOS COMPACTOS DE MEDIDA (ECM)



Un ECM reúne en un solo estanque los transformadores de corriente y de tensión necesarios para realizar mediciones de consumo y de las variables eléctricas del lado de media tensión.

CARACTERÍSTICAS

- Agrupa elementos de medida de tensión y corriente en un solo equipo. Apto para montaje en un poste.
- Equipos de 2 y 3 elementos (barridos a equipos de 3 elementos).
- Precisión clase 0.2 de norma ANSI garantizada.
- 2 y 3 razones de transformadores de corriente.
- Térmicamente apto para soportar un 30% de sobrecarga permanente.



GUÍA PARA SELECCIÓN, CON CARGAS HASTA 500 KVA

La presente es una guía para la selección de un compacto de medida en función de la potencia del transformador asociado, la tensión y la compañía eléctrica donde se instalará. La finalidad es apoyar el proceso de venta y al cliente, pero no es mandatorio y el equipo siempre debe venir especificado por este último conforme a la especificaciones de la compañía donde se instalará.

PARA DERNIR UN ECM SE DEBE CONSIDERAR:

- 1 Potencia y tensión nominal del sistema y su posible expansión (aumento 50 o 100%) Tensión
- 2 Compañía eléctrica donde se instale y configuración, 2 o 3 elementos, Tasa 2

POT. [KVA]	COMPANIA	TENSION [KV]	RAZON TP	POT. NOM. [KVA]	+50% DE POT. NOM. [KVA]**	+100% DE POT. NOM. [KVA]**
75	CEE	12/13.2	8400004	1-3-6A	8-10-30A	8-10-30A
		20	14400040	1-3-6A	1-3-6A	1-3-6A
	EMEL(CHILICTRA)	12	12000120	2.5-6A	8-10A	8-10A
		20	24000120	1.25-3-6A	2.5-6A	2.5-6A
	CHEQUINTA	12	18000120	2.5-6-10A	2.5-6-10A	2.5-6-10A
		20	24000120	2.5-6-10A	2.5-6-10A	2.5-6-10A
150	CEE	12/13.2	8400004	1-3-6A	8-10-30A	8-10-30A
		20	14400040	1-3-6A	1-3-6A	1-3-6A
	EMEL(CHILICTRA)	12	12000120	2.5-6A	8-10A	8-10-30A
		20	24000120	2.5-6A	2.5-6A	2.5-6A
	CHEQUINTA	12	18000120	2.5-6-10A	2.5-6-10A	2.5-6-10A
		20	24000120	2.5-6-10A	2.5-6-10A	2.5-6-10A
SARISA	13.2	8400040	1.2-3-6A	2.5-6-10A	10-30-30A	
	20	14400040	1-3-6A	1-3-6A	1-3-6-6A	
150	CEE	12/13.2	8400004	8-10-30A	8-10-30A	8-10-30A
		20	14400040	1-3-6A	8-10-30A	8-10-30A
	EMEL(CHILICTRA)	12	12000120	8-10A	10-30A	10-30A
		20	24000120	2.5-6A	8-10A	8-10A
	CHEQUINTA	12	18000120	2.5-6-10A	10-30-40A	10-30-40A
		20	24000120	2.5-6-10A	2.5-6-10A	2.5-6-10A
SARISA	13.2	8400040	15-20-30A	10-30-30A	10-30-30A	
	20	14400040	1-3-6A	8-10-10A	8-10-10A	
300	CEE	12/13.2	8400004	8-10-30A	8-10-30A	8-10-30A
		20	14400040	8-10-30A	8-10-30A	8-10-30A
	EMEL(CHILICTRA)	12	12000120	8-10A	10-30A	10-30A
		20	24000120	8-10A	8-10A	8-10A
	CHEQUINTA	12	18000120	2.5-6-10A	10-30-40A	10-30-40A
		20	24000120	2.5-6-10A	10-30-30A	10-30-30A
SARISA	13.2	8400040	15-20-30A	10-30-30A	10-30-30A	
	20	14400040	1-3-6A	8-10-10A	8-10-10A	
600	CEE	12/13.2	8400004	8-10-30A	8-10-30A	8-10-30A
		20	14400040	8-10-30A	8-10-30A	8-10-30A
	EMEL(CHILICTRA)	12	12000120	8-10A	10-30A	10-30A
		20	24000120	8-10A	8-10A	8-10A
	CHEQUINTA	12	18000120	2.5-6-10A	10-30-40A	10-30-40A
		20	24000120	2.5-6-10A	10-30-30A	10-30-30A
SARISA	13.2	8400040	15-20-30A	10-30-30A	10-30-30A	
	20	14400040	15-20-30A	10-30-30A	10-30-30A	

* Transformador de corriente sugerido para sistema con expansión futura del 50% de su potencia nominal.
 ** Transformador de corriente sugerido para sistema con expansión futura del 100% de su potencia nominal.

ANEXO H: SEGUIDOR SOLAR POLAR.

Technical Specification



DEGER 8.5



BASIC DATA

Nominal output (depending on module)	500 - 1.300 Wp
Tracking type	1-axis
Module surface up to	8,5 m ²
Max. module surface w x h	5,1 m x 1,7 m
60-cell Standard Module (max.)	5
72-cell Standard Module (max.)	4
Elevation angle	Standard: 30°, Optional: 30°
Approvals	UL, CSA
Option for building integration	Yes

STRUCTURE

Materials	Premium steel, aluminium, steel
Galvanization	EN ISO 1461 or comparable
Bond-type	bolted connection
Weight (without module/array)	125 kg

DRIVE

Principle	maintenance free spindle drive
East-West angle	± 65°
Stroke length	380 mm Hub
Sound level (without load)	at a distance of 10 meters: 20-40 dB(A)
Protection class	IP 65

ELECTRONICS & CONTROL

Operating voltage	24V DC
Rated input current	5A
Control	MLO
Protection class	IP 54

POWER CONSUMPTION (APPROX)

Control mode	0,1 W
With running actuator	9 W
Internal consumption per year	1 kWh

CLIMATIC CONDITIONS

Installation over sea level	max. 2000 m
Permissible ambient temperature	-20°C - +55°C
Humidity range	5% - 95%
Permissible wind speed	130 km/h ¹⁾

1) With full occupancy - Limit not to be playing load.

SCOPE OF DELIVERY

Complete single-axis DEGER 8.5 system, solar module carrier system made of aluminium - matching the module type used, patented MLO control (Maximum Light Detection) with MLO sensor and assembly instructions.

DEBERenergie GmbH & Co. KG
Industriestraße 70
72160 Horb am Neckar
Germany

Phone +49 7145 153 91 4-0
Fax +49 7145 153 91 4-10
info@DEBERenergie.com
www.DEGER.biz

DEBERenergie GmbH & Co. KG
Industriestraße 70
72160 Horb am Neckar
Germany

ANEXO I: PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA CON SEGUIDOR SOLAR POLAR

SINGLE-AXIS SYSTEMS DEGER 8.5

DEGER TOPracker®
appropriate for open land or
building integration.



FLXIBLE SOLUTIONS FOR PLANNERS, PLANT ENGINEERS, OPERATORS AND INVESTORS.

With the largest product portfolio on the market and with over 100,000 projects installed in more than 60 countries, DEGER is the world leader in its technology.

Article n°	Article	Description	List price (€)
1110002	DEGER 8.5 single axis with 20° tilt angle	Active single-axis tracking system for up to 8.5 m² module surface for northern hemisphere. Scope of delivery: MLD control unit (without 20W power supply), module carrier system in aluminium.	1.150,-
1110001	DEGER 8.5 single axis with 20° tilt angle	Active single-axis tracking system for up to 8.5 m² module surface for northern hemisphere. Scope of delivery: MLD control unit (without 20W power supply), module carrier system in aluminium.	1.150,-

ANEXO J: DIAGRAMA UNILINEAL ACTUAL DE LA PLANTA.

