



INTERVENTO

TRITEC-Intervento SpA
Departamento de Operaciones
Memoria Explicativa Proyecto

MEMORIA EXPLICATIVA PROYECTO

“TELETON CALAMA”

(“Sistema de Cogeneración a través de planta fotovoltaica para Teletón Calama”)

Santiago, Agosto - 2015

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCION..... | 3 |
| DESCRIPCION DE OBRA..... | 4 |
| UBICACION..... | 5 |
| CALCULO CONDUCTORES DE TABLERO EXISTENTE A TABLERO AUXILIAR..... | 6 |
| CALCULO CONDUCTORES DE TABLERO AUXILIAR A INVERSORES..... | 7 |
| CALCULO CONDUCTORES DE INVERSORES A CAJA CC..... | 8 |
| CALCULO CONDUCTORES DE CAJA CC A STRINGS..... | 9 |
| FACTORES DE CORRECCION..... | 10 |
| ESPECIFICACIONES TECNICAS..... | 11 |
| CUBICACION DE MATERIALES..... | 14 |

INTRODUCCIÓN

El proyecto de instalación Solar Fotovoltaica “Teletón Calama” apuesta a la implementación energías renovables no convencionales por medio de utilización de equipos de cogeneración solar de última tecnología. Los cuales se instalarán en las dependencias del edificio de la fundación Teletón en la ciudad de Calama y así sacar el máximo rendimiento económico a la cubierta de este edificio, y a las excelentes condiciones climáticas que ofrece esta ubicación geográfica. Lo que corresponde a un ahorro de 29,5 ton CO₂/año, dando un gran apoyo al desarrollo de esta tecnología en Chile.

Este proyecto se enmarca dentro del concurso de licitación pública denominado “Adquisición e instalación de sistemas fotovoltaicos para el programa techos solares públicos”.

Para dar cumplimiento con las normativas vigentes de la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC), referidas a la Ley de Generación Distribuida 20.571, se expone en el siguiente informe los documentos necesarios que conforman la memoria explicativa exigida en el artículo 6.1 del “procedimiento de revisión, registro y fiscalización del TE4”

La memoria se compone con los siguientes ítems:

- a) Descripción del sistema conectado a la red.
- b) Cálculos justificativos de conductores
- c) Especificaciones técnicas
- d) Cubicación de materiales

- **Descripción del Sistema:**

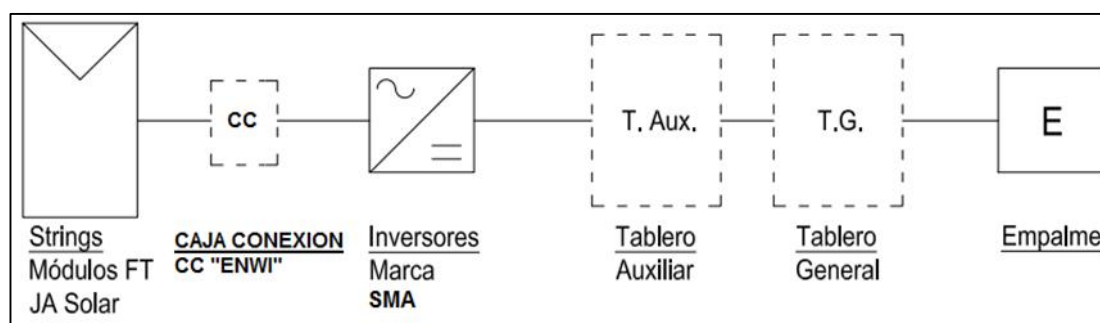
El proyecto “Teletón Calama” corresponde a una Instalación Solar Fotovoltaica, tipo “On-Grid”, con una potencia instalada de 40kW, la cual se instalará en las cubiertas del edificio de la fundación Teletón (Sociedad Pro Ayuda del Niño Lisiado) ubicado en calle Teniente Merino 3551, comuna de Calama, región de Antofagasta.

Esta instalación cuenta con un campo solar instalado en cubierta, el cual está conformado 130 paneles solares fotovoltaicos de 310Wp. la marca Ja Solar agrupados en 8 Strings, de los cuales seis contienen 18 módulos y los dos restantes contienen 11 módulos. Estos Sting se conectan una caja de conexión CC que cuentan con fusibles y protecciones de sobretensión, luego se conectan a 2 inversores CC/CA triásicos modelo STA20000TL-30 de la marca SMA los cuales se ubican en una sala eléctrica destinada para ellos.

La energía producida por la unidad de generación de conectará al tablero eléctrico denominado “Tablero auxiliar Tritec-Intervento”, el cual cuenta con luces pilotos que indican estado de las fases, protecciones diferenciales y protecciones termomagnéticas que se detallarán más adelante y en el plano. Además cuenta con conectores que desacoplarán la planta en caso desenergización de la red.

El Tablero auxiliar Tritec-Intervento se conectará al tablero eléctrico existente del inmueble, el cual cuenta con las protecciones correspondientes a las cargas de consumo existentes, y con una protección general, este tablero también cuenta con luces polito que indican el estado de las fases.

Finalmente se conectará la instalación al empalme existente a través de un medidor bidireccional el cual registrará las energías salientes y entrantes a la red, este medidor será suministrado por la empresa distribuidora de energía Elecda.

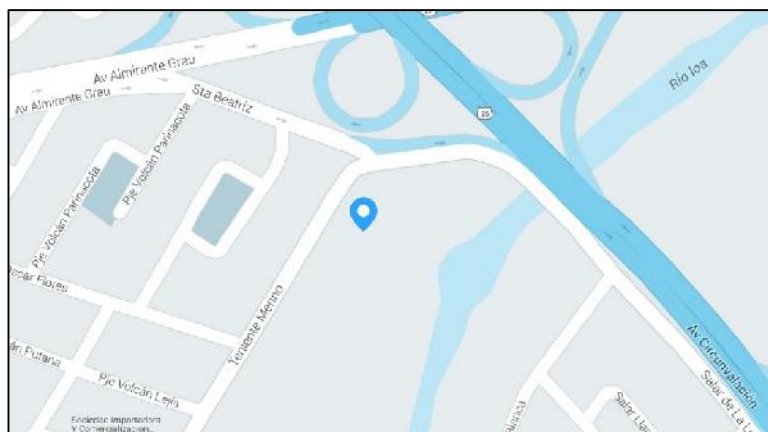


Esquema simplificado de la instalación.

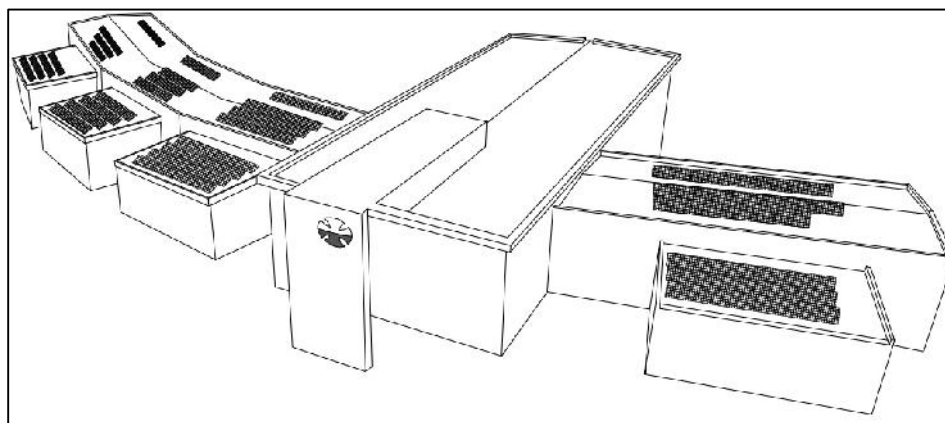
- **Ubicación y emplazamiento:**

La Instalación Solar, se ubica en calle Teniente Merino N° 3551, en el sector oriente de la comuna de Calama, región de Antofagasta. Sus coordenadas son: 510093.17 E y 7517946.38 S, zona 19K UTM.

El campo solar está instalado sobre la cubierta de edificio a través de las estructuras para paneles solares “Tri-Stand” a una distancia mínima de 20 metros a la línea oficial de la propiedad.



Referencia Mapcity: <http://life.mapcity.com/s/19f8o>



Disposición de modulo sobre cubierta.

- **Cálculos justificativos:**

Conductor de CA del Tablero existente al tablero Auxiliar Tritec-Intervento

Consideraciones:

- La distancia máxima de estos conductores : 40m.
- La potencia máxima : 40.000 W.
- La tensión de salida del Inversor : 380 V.
- La temperatura ambiente : 40°C
- Factor de potencia : 1
- La Corriente, se aplicó el factor de seguridad 1.25 : 76 A.

$$I = \frac{W}{V} = \frac{40000}{380 \sqrt{3}} \cdot 1,25 = 76A$$

Cálculo de la sección dio como resultado 10,4mm², por lo que se usa la sección siguiente 16mm², pero usaremos **25mm²** para satisfacer la corriente admisible corregida, como se muestra a continuación:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\delta} = 8,3mm^2$$

El cable utilizado para este tramo es el: AFIRENAS-X RZ1-K según la tabla del fabricante, la corriente admisible es de 105A, a esta corriente le aplicamos el los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y nos da 84A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

| Sección nominal | Espesor aislamiento | Ø exterior | Peso | Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C/C | Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C | Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo 20°C | Intensidad máx. adm. enterrado directamente 20°C | Intensidad máx. admisible al 50°C | Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 50°C | Caída de tensión a 50°C cos φ 0,8 | Caída de tensión a 50°C cos φ 1 | Radio curvatura |
|-----------------|---------------------|------------|-------|--|---|---|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| mm ² | mm | mm | kg/km | Ω/km | A | A | A | A | A | V/A km | V/A km | mm |
| 5 G 1,5 | 0,7 | 10,4 | 155 | 13,3 | 22 | 25 | - | 23 | 15,5 | 20,9 | 26,0 | 42 |
| 5 G 2,5 | 0,7 | 11,9 | 218 | 7,98 | 29 | 34 | - | 32 | 26 | 12,8 | 15,5 | 48 |
| 5 G 4 | 0,7 | 13,3 | 301 | 4,95 | 37 | 43 | - | 42 | 35 | 7,88 | 9,74 | 54 |
| 5 G 6 | 0,7 | 14,8 | 409 | 3,3 | 46 | 54 | 69 | 54 | 44 | 5,28 | 6,50 | 60 |
| 5 G 10 | 0,7 | 17,3 | 630 | 1,91 | 61 | 71 | 91 | 75 | 60 | 3,20 | 3,90 | 70 |
| 5 G 16 | 0,7 | 20,1 | 925 | 1,21 | 79 | 93 | 119 | 100 | 80 | 2,02 | 2,44 | 81 |
| 5 G 25 | 0,9 | 24,3 | 1350 | 0,78 | 101 | 119 | 156 | 127 | 105 | 1,32 | 1,58 | 98 |
| 5 G 35 | 0,9 | 29,8 | 2075 | 0,554 | 122 | 143 | 187 | 158 | 128 | 0,964 | 1,113 | 148 |
| 5 G 50 | 1 | 35 | 2855 | 0,386 | 144 | 169 | 223 | 192 | 154 | 0,686 | 0,779 | 175 |
| 5 G 70 | 1,1 | 38,85 | 4526 | 0,272 | 176 | 210 | 270 | 246 | 194 | 0,517 | 0,557 | 195 |

Fuente: ficha técnica cable.

Caída de tensión:

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{S \cdot Y} = 3,8V$$

$$\gg 0,6 \rightarrow 0,99\% \therefore < 3\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 3% que indica la Norma.

Conductor de CA del inversor al tablero Auxiliar TRITEC

Consideraciones:

- La distancia máxima de estos conductores : 100m.
- La potencia máxima de salida del Inversor según el manual : 20.000 W.
- La tensión de salida del Inversor : 380 V.
- La temperatura ambiente : 40°C
- Factor de potencia : 1
- La Corriente, se aplicó el factor de seguridad 1.25 : 38 A.

$$I = \frac{W}{V} = \frac{20000}{380 \sqrt{3}} \cdot 1,25 = 38A$$

Cálculo de la sección dio como resultado 10,4mm², por lo que se usa la sección siguiente: **16mm²**, como se muestra a continuación:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\delta} = 10,4mm^2$$

El cable utilizado para este tramo es el: AFIRENAS-X RZ1-K según la tabla del fabricante, la corriente admisible es de 80A, a esta corriente le aplicamos el los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y nos da 64A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

| Sección nominal | Epesor aislamiento | Ø exterior | Peso | Resistencia eléctrica máxima a 20°C en C.C. | Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo a 20°C | Intensidad máx. adm. enterrado bajo tubo a 25°C | Intensidad máx. adm. enterrado directa a 20°C | Intensidad máx. adm. enterrado a 30°C | Intensidad máx. adm. bajo tubo empotrado en pared a 10°C | Caída de tensión a 90°C 600 p. 0,9 | Caída de tensión a 90°C 600 p. 1 | Radio curvatura |
|-----------------|--------------------|------------|-------|---|---|---|---|---------------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| mm ² | mm | mm | kg/km | Ω / km | A | A | A | A | A | V/A km | V/A km | mm |
| 5 G 1,5 | 0,7 | 10,4 | 155 | 13,3 | 22 | 25 | - | 23 | 19,5 | 20,9 | 26,0 | 42 |
| 5 G 2,5 | 0,7 | 11,5 | 215 | 7,98 | 28 | 34 | - | 32 | 26 | 12,6 | 15,5 | 48 |
| 5 G 4 | 0,7 | 13,3 | 301 | 4,95 | 37 | 43 | - | 42 | 35 | 7,88 | 9,74 | 54 |
| 5 G 6 | 0,7 | 14,8 | 409 | 3,3 | 46 | 54 | 58 | 54 | 44 | 5,28 | 6,50 | 60 |
| 5 G 10 | 0,7 | 17,3 | 630 | 1,91 | 61 | 71 | 91 | 75 | 60 | 3,20 | 3,90 | 70 |
| 5 G 16 | 0,7 | 20,1 | 925 | 1,21 | 79 | 93 | 119 | 100 | 80 | 2,02 | 2,44 | 81 |
| 5 G 25 | 0,9 | 24,3 | 1350 | 0,78 | 101 | 119 | 156 | 127 | 105 | 1,32 | 1,56 | 98 |
| 5 G 35 | 0,9 | 29,8 | 2075 | 0,554 | 122 | 143 | 197 | 158 | 128 | 0,964 | 1,113 | 149 |
| 5 G 50 | 1 | 35 | 2855 | 0,386 | 144 | 169 | 223 | 192 | 154 | 0,696 | 0,779 | 175 |
| 5 G 70 | 1,1 | 38,65 | 4526 | 0,272 | 176 | 210 | 270 | 246 | 194 | 0,517 | 0,557 | 195 |

Fuente: ficha técnica cable.

Caída de tensión:

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{S \cdot Y} = 7.3V$$

$$\gg 7,3 \rightarrow 1,9\% \therefore < 3\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 3% que indica la Norma.

Conductor de CC desde Caja conexión CC Enwi a Inversor

Consideraciones:

- La distancia máxima de estos conductores : 40m.
- La tensión máxima Vmp. (18 paneles - 37,04V c/u) : 667 V.
- La temperatura ambiente : 50°C
- Factor de corrección temperatura Ft : 0,7
- Factor de corrección nº conductores Fn : 0,71
- Corriente máxima (8,37x4x1,25) : 41,9 A.
- Máxima caída de tensión (3%) : 20,01 V.

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\delta} = 3,01 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección dio como resultado 3,01mm², por lo que se debería usar la siguiente sección: 4mm², pero realizando el cálculo de corrección de la corriente admisible, la sección que debemos usar es de **16mm²**, la corriente admisible de esta sección es de 85A como se muestra en la tabla.

| Kabelaufbau Construction | Frei in Luft Free in air | An Flächen ohne gegenseitige Berührung On surfaces without opposite contact | An Flächen mit gegenseitiger Berührung On surfaces with opposite contact | In Rohr, Kanal, Gehäuse In conduit, casing, duct |
|-----------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| mm ² | A | A | A | A |
| 2.5 | 51 | 48 | 34 | 27 |
| 4 | 68 | 65 | 45 | 36 |
| 6 | 88 | 84 | 59 | 47 |
| 10 | 121 | 115 | 80 | 64 |
| 16 | 160 | 152 | 106 | 85 |
| 25 | 211 | 200 | 140 | 112 |
| 35 | 261 | 248 | 174 | 139 |
| 50 | 320 | 304 | 213 | 170 |

Dauerbetrieb mit den Strombelastungen nach oben stehender Tabelle.
Dies ergibt rechnerisch eine Leitertemperatur von 120 °C.
(Berechnungen nach IEC 60287)

Continuous duty with current loads as per above table.
This gives a conductor temperature of 120 °C.
(Calculation according IEC 60287)

Cable Solar Marca Studer

A esta corriente le aplicamos el los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y nos da 17,9A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

Caída de tensión:

$$\delta = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot}{S \cdot Y} = 4.7V$$

$$\gg 4,7 \rightarrow 0,7\% \therefore < 3\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 3% que indica la Norma.

Conductor de CC desde paneles a Caja conexión CC Enwi

Consideraciones:

- La distancia máxima de estos conductores : 50m.
- La tensión máxima Vmp. (18 paneles - 37,04V c/u) : 667 V.
- La temperatura ambiente : 50°C
- Factor de corrección temperatura Ft : 0,7
- Factor de corrección nº conductores Fn : 0,71
- Corriente máxima (8,37x1,25) : 10,5 A.
- Máxima caída de tensión (3%) : 20,01 V.

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\delta} = 0,94 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección dio como resultado 0,94mm², por lo que se debería usar la siguiente sección: 2,5mm², pero la mínima recomendada por el fabricante del módulo es de **4mm²**, La corriente admisible de esta sección es de 36A como se muestra en la tabla.

| Kabelaufbau Construction | Frei in Luft Free in air | An Flächen ohne gegenseitige Berührung On surfaces without opposite contact | An Flächen mit gegenseitiger Berührung On surfaces with opposite contact | In Rohr, Kanal, Gehäuse In conduit, casing, duct |
|-----------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| mm ² | A | A | A | A |
| 2.5 | 51 | 48 | 34 | 27 |
| 4 | 68 | 65 | 45 | 36 |
| 6 | 88 | 84 | 59 | 47 |
| 10 | 121 | 115 | 80 | 64 |
| 16 | 160 | 152 | 106 | 85 |
| 25 | 211 | 200 | 140 | 112 |
| 35 | 261 | 248 | 174 | 139 |
| 50 | 320 | 304 | 213 | 170 |

Dauerbetrieb mit den Strombelastungen nach oben stehender Tabelle.
Dies ergibt rechnerisch eine Leitertemperatur von 120 °C.
(Berechnungen nach IEC 60287)

Continuous duty with current loads as per above table.
This gives a conductor temperature of 120 °C.
(Calculation according IEC 60287)

Cable Solar Marca Studer

A esta corriente le aplicamos el los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y nos da 17,9A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

Caída de tensión:

$$\delta = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{S \cdot Y} = 4.7V$$

$$\gg 4,7 \rightarrow 0,7\% \therefore < 3\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 3% que indica la Norma.

Los factores de corrección: de acuerdo a la norma NCH Elec. 4/2003, se usaron las siguientes tablas para calcular la capacidad de corriente admisible, corregida por los factores de corrección F_n y F_t .

| Factor de Corrección de Capacidad de Transporte de Corriente por Cantidad de Conductores en Tubería. | | Factor de Corrección de la Capacidad de Transporte de Corriente por Variación de Temperatura Ambiente. Secciones Métricas. | |
|--|----------------------------|--|----------------------------|
| Cantidad de conductores | Factor de corrección f_n | Temperatura ambiente [°C] | Factor de corrección f_t |
| 4 a 6 | 0,8 | 10 | 1,22 |
| 7 a 24 | 0,7 | 15 | 1,17 |
| 25 a 42 | 0,6 | 20 | 1,12 |
| sobre 42 | 0,5 | 25 | 1,07 |
| | | 30 | 1,00 |
| | | 35 | 0,93 |
| | | 40 | 0,87 |
| | | 45 | 0,79 |
| | | 50 | 0,71 |
| | | 55 | 0,61 |
| | | 60 | 0,50 |
| | | 65 | - |

Coordinaciones y selectividad de protecciones:

Para la coordinación de protecciones se simuló y verificó usando el software DigSilent, se adjunta informe de coordinación de protecciones.

Las protecciones elegidas fueron las siguientes:

| Protección | Marca | Ubicación | Cantidad |
|------------------------------|------------|-------------------|----------|
| Automático trifásico de 30A | Legrand | tablero auxiliar | 2 |
| Automático trifásico de 100 | Mitsubishi | tablero auxiliar | 1 |
| Automático trifásico de 200A | Mitsubishi | tablero existente | 1 |

- Equipos y autorizaciones:**

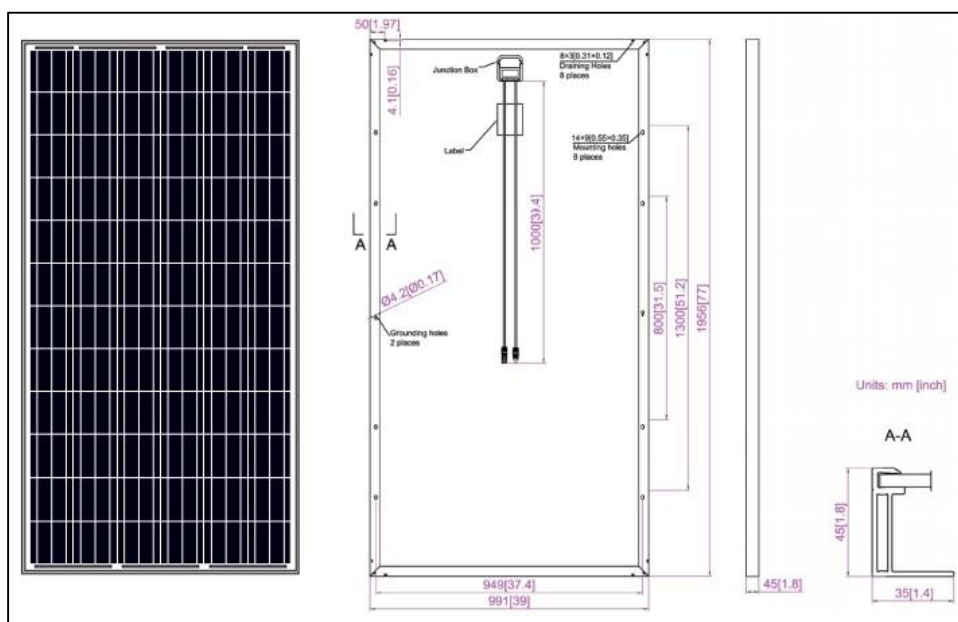
Cada equipo se encuentra autorizado por SEC, se adjuntan las resoluciones y manuales correspondientes.

| | | | |
|---|-------------------|--------------|---------------|
| Modulo Fotovoltaico JA Solar, modelo JAP 72-310/3BB | Fecha: 26-12-2014 | ACC:1104158 | RES EX. 06481 |
| Inversor SMA, modelo STP 20000TL-30 | Fecha: 19-11-2014 | ACC: 1086511 | RES EX. 05927 |

- **Especificaciones Técnicas:**

1. Paneles solares:

- La instalación cuenta con 130 módulos fotovoltaicos de la marca JA Solar, policristalinos, de potencia 310Wp, conectados en serie con conectores tipo MC4. Este equipo de encuentra actualmente autorizado por SEC. Se adjunta manual. El anclaje de los paneles se detalla en la memoria estructural adjunta.



Panel Ja Sola 310W



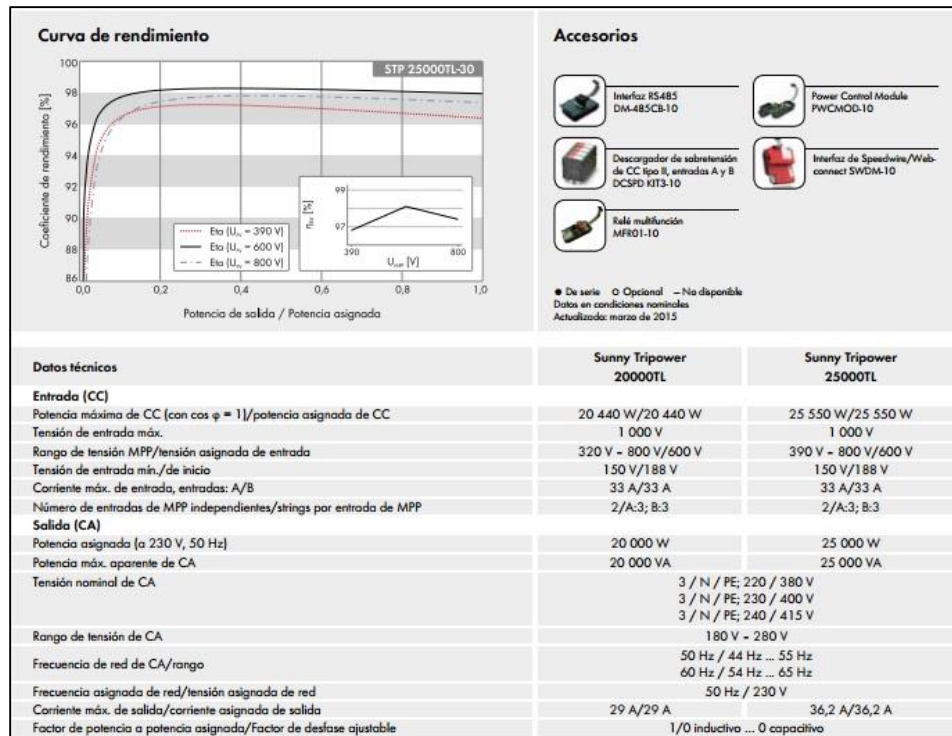
Conectores MC4 para paneles solares

2. Inversores:

- La instalación cuenta con 2 inversores de corriente continua a corriente alterna trifásicos de la marca SMA, modelo STE20.000TL-30, de potencia máxima de máxima de salida: 20kW. Los cuales se instalaran en la sala eléctrica, la instalación y configuración se detalla en el manual adjunto.

Este equipo de encuentra actualmente autorizado por SEC. Se adjunta manual.

Y cuentan con los ajustes de red correspondientes a indicados en norma Chilena.



Resumen ficha técnica.

3. Tablero Auxiliar Tritec-Intervento:

- Este gabinete de sistema trifásico, cuenta con luces pilotos que indican el estado de las fases.
- Cuenta con un dos contactores de 50A que desconecta la planta fotovoltaica.
- Protecciones diferenciales de 63A marca Mitsubishi.
- Protecciones termomagnéticas de 50A marca Legrand



Imagen referencial.

4. Empalme:

- | | |
|-------------|----------------------------|
| - Capacidad | : 190kW. |
| - Tensión | : 380V |
| - Medidor | : Trifásico Bidireccional. |
| - Acometida | : Aérea |

5. Condiciones generales:

- | | |
|---|--------------|
| - Máx. Potencia instalada en paneles | : 40,3 kWp. |
| - Máx. Potencia instalada en inversores | : 40 kWp. |
| - Temperatura ambiente | : 50°C |
| - Temperatura de servicio | : 90°C |
| - Estructura de montaje | : TRI-Stand. |



Estructura Tri-Stand.

- **Cubicación de materiales:**

| Unidad de Generación - Teletón Calama | | | |
|--|-------------------------------------|---|----------------|
| Nº | Equipo/material | Detalles | Cantidad Total |
| 1 | Panel Solar JA Solar 310 | Módulo Polycristalino 310W | 130 |
| 2 | Cable solar entre panel y ENWI | Studer Betaflam 2x6mm ² | 1000 |
| 3 | Terminales MC-4 | 4-6mm, macho | 24 |
| 4 | Terminales MC-4 | 4-6mm, hembra | 24 |
| 5 | Gabinete de protección DC | ENWI Stringbox4, S-1000-4(x2)Sx-T40-Y-PC-4.0, 254X360X165mm | 2 |
| 6 | Fusibles y portafusibles | Para fusibles 10x38 1000V,10A | 16 |
| 9 | Inversores CC/CA marca SMA | SMA STP 20.000 TLEE-30 | 2 |
| 10 | Cable entre Inversor y tablero Aux. | Cable RVK 5x16mm ² | 120 (X2) |
| 11 | Sistema de monitoreo | N/A | - |

Tabla 1