



INTERVENTO

TRITEC-Intervento SpA  
Departamento de Operaciones  
Memoria Explicativa Proyecto

## MEMORIA EXPLICATIVA PROYECTO

### “FISCALIA CALAMA”

(“Sistema de Cogeneración a través de planta fotovoltaica para Fiscalía 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 “Fiscalía Calama” apuesta a la implementación de 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 Fiscalía 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 11,5 ton CO<sub>2</sub>/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 conductores
- c) Especificaciones técnicas
- d) Cubicación de materiales

- **Descripción del Sistema:**

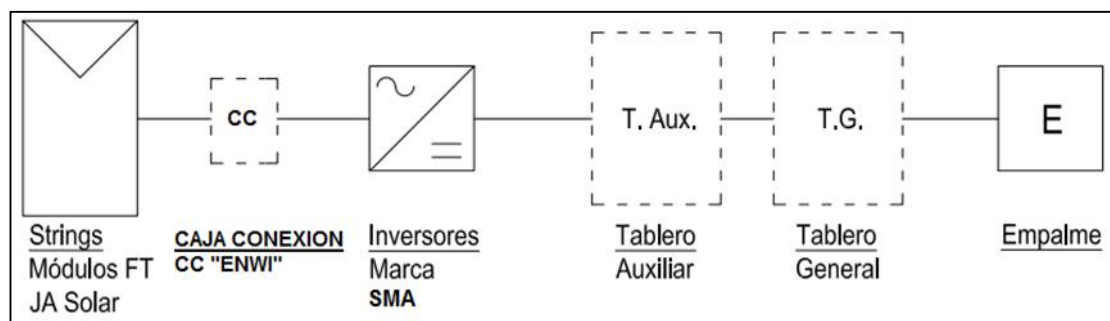
El proyecto “Fiscalía Calama” corresponde a una Instalación Solar Fotovoltaica, tipo “On-Grid”, con una potencia instalada de 15kW, la cual se instalará en las cubiertas del edificio de la fiscalía de Clama, ubicado en avenida Granaderos 2426, comuna de Calama, región de Antofagasta.

Esta instalación cuenta con un campo solar instalado en cubierta, el cual está conformado 51 paneles solares fotovoltaicos de 310Wp. la marca Ja Solar agrupados en 3 Strings, de 17 módulos cada uno. Estos Sting se conectan una caja de conexión CC que cuentan con fusibles y protecciones de sobretensión, luego se conectan a 1 inversor CC/CA triásicos modelo STA15000TLEE-10 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.

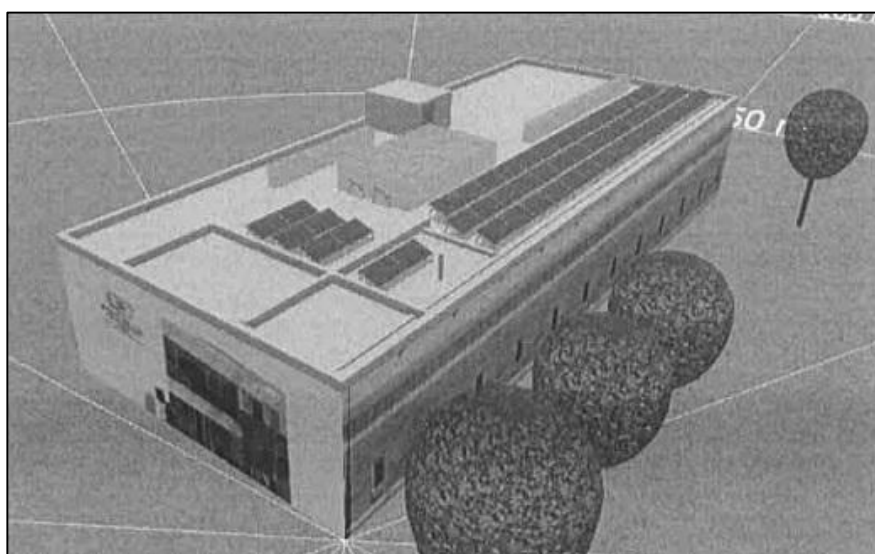
- **Ubicación y emplazamiento:**

La Instalación Solar, se ubica en avenida Granaderos Nº 2426, en el sector centro de la comuna de Calama, región de Antofagasta.

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 15 metros a la línea oficial de la propiedad.



Referencia Mapcity: <http://life.mapcity.com/s/194e8>



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 : 10m.
- La potencia máxima : 15.000 W.
- La tensión de salida del Inversor : 380 V.
- Temperatura ambiente : 50°C
- Factor de potencia : 1
- La Corriente, se aplicó el factor de seguridad 1.25 : 28,5 A.

$$I = \frac{W}{V} = \frac{15000}{380 \sqrt{3}} \cdot 1,25 = 28,5A$$

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

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\delta} = 0,78mm^2$$

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. cableado bajo tubo a 20°C	Intensidad máx. adm. cableado bajo tubo a 30°C	Intensidad máx. adm. enterrado directo a 20°C	Intensidad máx. adm. cableado al aire a 30°C	Intensidad máx. adm. cableado en pared a 30°C	Caída de tensión bajo tubo empotrado en pared a 90°C cos φ 0,8	Caída de tensión a 90°C cos φ 1	Radio curvatura
mm²	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	11,9	216	7,98	29	34	-	32	26	12,5	15,5	48
5 G 4	0,7	13,3	301	4,86	37	43	-	42	35	7,88	9,74	54
5 G 6	0,7	14,6	409	3,3	46	54	68	54	44	5,28	6,50	60
5 G 10	0,7	17,3	630	1,91	51	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	158	127	105	1,32	1,56	98
5 G 35	0,9	26,8	2075	0,564	122	143	187	158	128	0,984	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	4525	0,272	178	210	270	240	194	0,517	0,557	195

Fuente: ficha técnica cable.

#### **Caída de tensión:**

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{S \cdot Y} = 0,9V$$

$$\gg 0,9 \rightarrow 0,23\% \therefore < 3\%$$

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 : 30m.
- La potencia máxima de salida del Inversor según el manual : 15.000 W.
- La tensión de salida del Inversor : 380 V.
- La temperatura ambiente : 50°C
- Factor de potencia : 1
- La Corriente, se aplicó el factor de seguridad 1.25 : 28,5 A.

$$I = \frac{W}{V} = \frac{15000}{380 \sqrt{3}} \cdot 1,25 = 28,5A$$

Cálculo de la sección dio como resultado 2,34mm<sup>2</sup>, por lo que se debería usar la siguiente sección: 4mm<sup>2</sup>, pero realizando el cálculo de corrección de la corriente admisible, la sección que debemos usar es de **16mm<sup>2</sup>**, la corriente admisible de esta sección es de 85A como se muestra en la tabla.

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\delta} = 2,34mm^2$$

El cable utilizado para este tramo es el: AFIRENAS-X RZ1-K según la tabla del fabricante, la corriente admisible es de 60A, a esta corriente le aplicamos el los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y nos da 38A 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 30°C	Intensidad máx. adm. enterrado directamente 20°C	Intensidad máx. admisible al aire 30°C	Intensidad máx. admisible bajo tubo empotrado en pared 30°C	Caída de tensión a 90°C cos φ 0,8	Caída de tensión a 90°C cos φ 1	Radio curvatura
mm <sup>2</sup>	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	11,9	218	7,98	29	34	-	32	26	12,8	15,8	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	68	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	158	127	105	1,32	1,58	98
5 G 35	0,9	28,8	2075	0,554	122	143	187	156	126	0,954	1,113	149
5 G 50	1	35	2855	0,386	144	169	223	182	154	0,696	0,779	175
5 G 70	1,1	38,85	4526	0,272	178	210	270	246	194	0,517	0,557	195

Fuente: ficha técnica cable.

### Caída de tensión:

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{S \cdot Y} = 2,6V$$

$$\gg 2,6 \rightarrow 0,7\% \therefore < 3\%$$

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 : 50m.
- La tensión máxima Vmp. (17 paneles - 37,04V c/u) : 630 V.
- La temperatura ambiente : 50°C
- Factor de corrección temperatura Ft : 0,7
- Factor de corrección nº conductores Fn : 0,71
- Corriente máxima (8,37x3x1,25) : 41,9 A.
- Máxima caída de tensión (3%) : 18,9 V.

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\delta} = 0,6 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección dio como resultado 0,94mm<sup>2</sup>, por lo que se debería usar la siguiente sección: 2,5mm<sup>2</sup>, pero la mínima que satisface los requerimientos de corriente admisible es la sección **10mm<sup>2</sup>**, 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 <sup>2</sup>	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:

$$\delta = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot}{S \cdot Y} = 1.12V$$

$$\gg 1,12 \rightarrow 0,17\% \therefore < 3\%$$

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 : 35m.
- La tensión máxima Vmp. (17 paneles - 37,04V c/u) : 630 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%) : 18,9 V.

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\delta} = 0,7 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección dio como resultado 0,7mm<sup>2</sup>, por lo que se debería usar la siguiente sección: 2,5mm<sup>2</sup>, pero la mínima recomendada por el fabricante del módulo es de **4mm<sup>2</sup>**, 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 <sup>2</sup>	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 25,6A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

### Caída de tensión:

$$\delta = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot}{S \cdot Y} = 3.27V$$

$$\gg 2,27 \rightarrow 0,52\% \therefore < 3\%$$

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:**

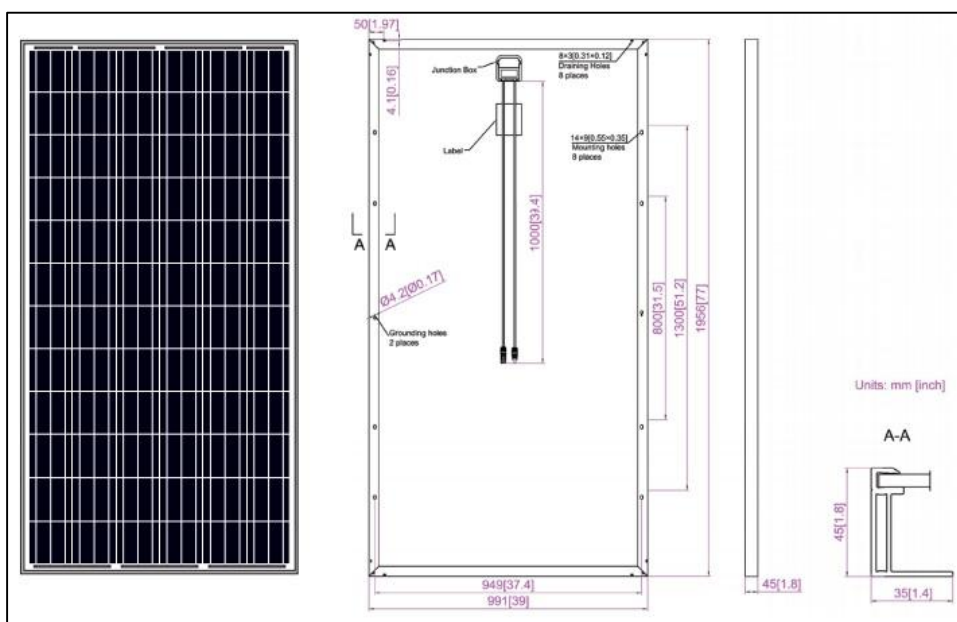
Cada equipo se encuentra autorizado por SEC, se adjuntan las resoluciones y manuales correspondientes.

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 51 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.



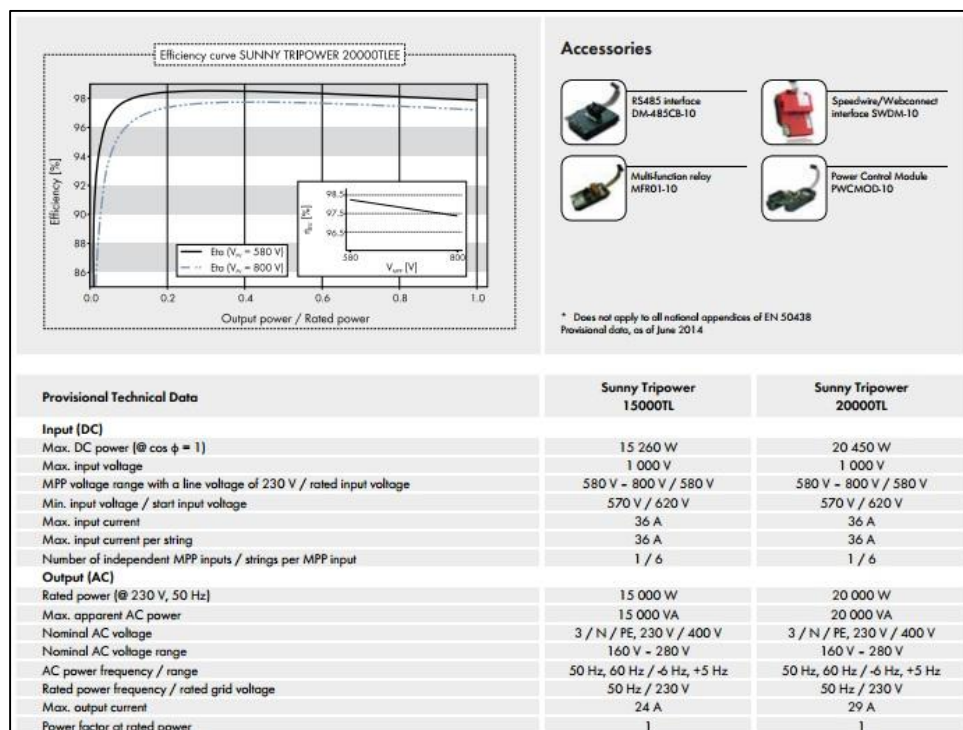
**Panel Ja Sola 310W**



**Conectores MC4 para paneles solares**

## 2. Inversores:

- La instalación cuenta con 1 inversor de corriente continua a corriente alterna trifásicos de la marca SMA, modelo STE15.000TLEE-10, de potencia máxima de máxima de salida: 15kW. Los cuales se instalaran en la sala eléctrica. 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 contactares de 40A que desconecta la planta fotovoltaica.
- Protecciones diferenciales de 40ª, 300mA marca Mitsubishi.
- Protecciones termomagnéticas de 40A, 10KA marca Legrand



**Imagen referencial.**

**4. Empalme:**

- |             |                            |
|-------------|----------------------------|
| - Capacidad | : 96,68 kW.                |
| - Tensión   | : 380V                     |
| - Medidor   | : Trifásico Bidireccional. |
| - Acometida | : Aérea                    |

**5. Condiciones generales:**

- |   |              |
|---|--------------|
| - Máx. Potencia instalada en paneles    | : 15,81 kWp. |
| - Máx. Potencia instalada en inversores | : 15 kWp.    |
| - Temperatura ambiente                  | : 50°C       |
| - Temperatura de servicio               | : 90°C       |
| - Estructura de montaje                 | : TRI-Stand. |



**Estructura Tri-Stand.**

- **Cubicación de materiales:**

<b>Unidad de Generación - Fiscalía Calama</b>			
Nº	Equipo/material	Detalles	Cantidad Total
1	Panel Solar JA Solar 310	Modulo Polycristalino 310W	51
2	Cable solar entre panel y ENWI	Studer Betaflam 2x6mm <sup>2</sup>	500m
3	Terminales MC-4	4-6mm, macho	6
4	Terminales MC-4	4-6mm, hembra	6
5	Gabinete de protección DC	ENWI Stringbox4, S-1000-4(x2)Sx-T40-Y-PC-4.0, 254X360X165mm	1 unid.
6	Fusibles y portafusibles	Para fusibles 10x38 1000V,10A	6
9	Inversores CC/CA marca SMA	SMA STP 15.000 TL-10	1
10	Cable entre Inversor y tablero Aux.	Cable RVK 5x16mm <sup>2</sup>	30ml
11	Sistema de monitoreo	N/A	-

**Tabla 1**