



**MEMORIA EXPLICATIVA PROYECTO
FOTOVOLTAICO**
Cesfam Villa San Rafael

Rev. 1	Elaboración Giandomenico Barbagelata	Fecha Diciembre 2016	Firma
	Aprobación Rafael Carvajal	Fecha Diciembre 2016	Firma

1 DESCRIPCION	2
1.1 OBJETO DE LA MEMORIA.....	2
1.2 DATOS GENERALES.....	2
1.2.1 Emplazamiento de la instalación.....	2
1.2.2 Clasificación de la instalación.....	2
1.3 REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES CONSIDERADAS	2
2 INFORMACION UTILIZADA.....	3
3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	3
3.1 Características de la instalación.....	3
3.2 Características de la Techumbre.....	4
3.3 Equipos	5
3.4 Estructura soporte	6
3.5 Inversores	6
4 CONFIGURACION DE LA PLANTA	7
4.1 Sombras	7
4.2 Resultados.....	9
4.3 Cableado	10
5 PUNTO DE CONEXIÓN	14
5.1 Puesta a tierra.....	15
5.2 Protecciones eléctricas.....	15
6 PRODUCCIÓN ENERGÉTICA	16

1 DESCRIPCION

1.1 OBJETO DE LA MEMORIA

La presente memoria tiene por objeto describir las características de la instalación fotovoltaica sobre techo on-grid en la Cesfam Villa San Rafael de la comuna de Illapel. Este proyecto se conectará a la red de distribución acogándose a la Ley N° 20.571.

1.2 DATOS GENERALES

1.2.1 Emplazamiento de la instalación

Dirección: Mario Ahumada 200

Coordenadas; 31°38'19.46"S 71°11'29.88"O

Provincia: Coquimbo

1.2.2 Clasificación de la instalación

La instalación fotovoltaica es de 10 kWp de capacidad, por lo cual se clasifica en instalaciones menores a 100 kW

1.3 REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES CONSIDERADAS

- Procedimiento de comunicación de puesta en servicio de generadoras residenciales RGR N°1/2014.
- Instructivo diseño y ejecución de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, RGR N° 02/2014.
- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, y Norma Chilena Eléctrica 4/2003 para Instalaciones de consumo en baja tensión.
- Instrucciones y Resoluciones de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), contenidas en sus normas técnicas y otros documentos oficiales.
- Decreto Supremo No 327, del Ministerio de Minería, de 1997: Reglamento de la ley General de Servicios eléctricos y sus modificaciones posteriores.
- Diseño Estructural – Cargas de viento NCh.432-2010.
- Diseño Sísmico de Edificios NCh.433-1996 Mod 2009.
- Diseño Estructural –Cargas de Nieve Nch.431-2010.

- Materiales a utilizar para construcción de estructuras de soporte, en general normas del Instituto Nacional de Normalización (INN).

2 INFORMACION UTILIZADA

A continuación se detalla la información y documentos utilizados para la confección de este informe:

- Anexo 9 Especificaciones Técnicas Licitación DAEE-ERTS-2016-01 realizado por el Ministerio de Energía.
- Visita técnica obligatoria parte del proceso de licitación.
- Estudio de prefactibilidad

3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3.1 Características de la instalación

La instalación fotovoltaica contiene 40 paneles de 250W sobre estructura coplanar fija sobre el agua norte de la techumbre de la escuela. Una referencia de ubicación se puede observar en las Fig. 1 y 2.



Fig.1 Ubicación proyecto. Google Earth



🕒 Potencia de la instalación: **10 KWp**

3.2 Características de la Techumbre

Techo metálico a un agua con vigas y cerchas metálicas. Los paneles se instalarán en la cara norte del techo de la figura. La inclinación es paralela al techo y la estructura es anclada en las vigas y costaneras metálicas. Se resumen las características de la techumbre en la tabla 1.

TECHUMBRE			
Lugar seleccionado	Techo aguas norte		
Orientación	35° Noroeste	Inclinación	6°
Elementos a considerar	No		
Área	techo 36,5 m de largo 4 m de ancho		

Material de la cubierta	Zinc
Antigüedad de la cubierta	2008
Material de la estructura	Vigas y costaneras metálicas
Separación vigas o costaneras	

Los módulos fotovoltaicos se han dispuesto en la cubierta existente de, con una **inclinación de 30°** sobre la horizontal, y un **azimut de 15° noreste**.

3.3 Equipos

Se entrega un resumen de las características principales de los equipos utilizados, detalle de fichas técnicas en Anexo 1.

MODULOS FOTOVOLTAICOS	
Marca (*)	JS SOLAR
Modelo(*)	JS 250W 6" POLY
Características	Módulo Policristalino con Marco de aluminio anodizado
Tecnología de la Célula fotovoltaica (*)	POLICRISTALINO
Potencia Módulo STC (W) (*)	250Wp
Tolerancia a la Potencia [w] mayor o igual a cero (*)	0-3%
Años de garantía del fabricante igual a 10 años	10 años
Potencia de salida, igual o superior al 80% al año 25 después de la puesta en operación (*)	0,81
Cantidad de módulos totales	40,00
Resolución SEC	012123 del 29 de enero del 2016
Adjunta especificaciones de montaje de los módulos fotovoltaicos	si

3.4 Estructura soporte

La estructura de soporte de aluminio para techos metálicos empotrada en las costaneras de la techumbre,

Marca	SolarStruct TM
Modelo	SolarStruct SolarRoof para techos con vigas metálicas con SolarStrut Triangle frame XR-TF
Estructura de aluminio	Si
Clasificación del acero inoxidable de la pernería (A2 ó A4). Especificar	SUS 304 equivalente a A2. Normas TUV, AS/NZS 1170.2
Angulo de inclinación estructura de soporte según el proyecto	30°
Cinco (5) Años años de garantía de la estructura	10 años
Componente de fijación a la estructura del techo	Ancladas a las vigas metálicas con ST6.3 tapping screw.

3.5 Inversores

El proyecto contempla 2 inversor de 20 kW instalado anclado a muro existente aldaño a la techumbre que contiene la planta fotovoltaica.

Marca y modelo	Ingeteam Ingecom Sun 3 play TL M
Potencia Nominal AC [kW]	10 kW
Características	Protección IP 65
Eficiencia	98.4%
¿Cuál es el rango de modificación del Cos Ø ?	1
Garantía del fabricante	5 años
Número de la Resolución de autorización	9334
Número de MPPT del inversor	2

4 CONFIGURACION DE LA PLANTA

Los paneles del campo fotovoltaico se agruparán haciendo 1 series de 20 paneles a la entrada MPPT1 del inversor y 1 serie de 20 paneles a la entrada MPPT2, esto de manera de trabajar con valores recomendables del voltaje en CC para zonas desérticas. Además manteniendo los valores de tensión y corriente de las entradas de los inversores dentro de márgenes del inversor, para las temperaturas de paneles entre -15° y 75°C .

El dimensionamiento, análisis de sombras y la estimación de la producción del sistema fotovoltaico fue realizado utilizando el software fotovoltaico PVSol 7.5 Premium®.

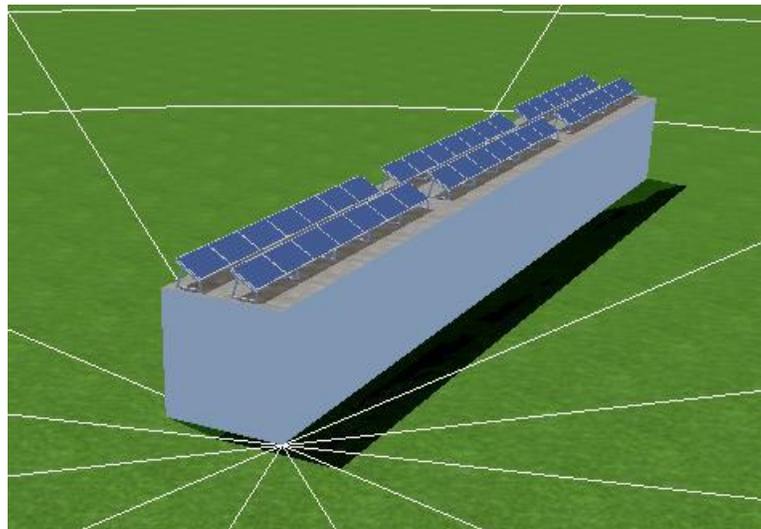


Fig.3 Modelo proyecto fotovoltaico en software PVSOL

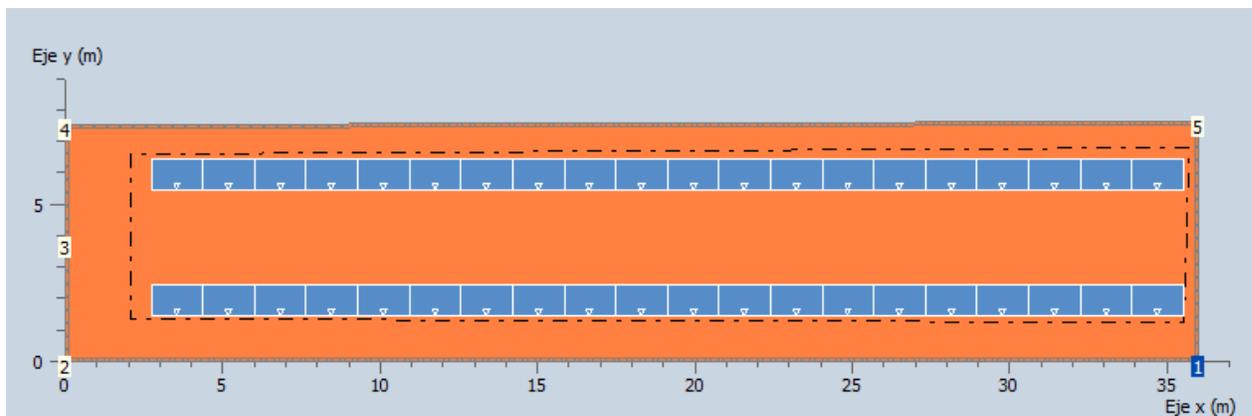
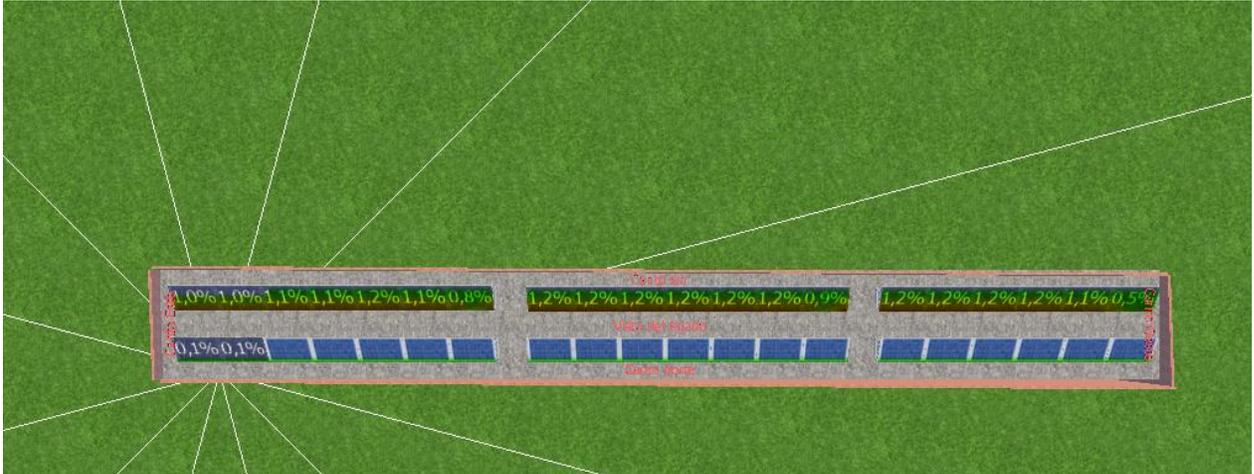


Fig.4 Modelo proyecto fotovoltaico en software PVSOL

4.1 Sombras

El área sobre el techo donde se proyecta instalar el sistema fotovoltaico no presenta sombras permanentes internas que puedan afectar la radiación incidente y en consecuencia la producción de energía del campo fotovoltaico.



Elementos considerados en el análisis de sombras	
Internas	No tiene.
Externas	La incidencia de sombras es despreciable ya que tiene un máximo de 1,2% al año

4. 2 Resultados

Los parámetros eléctricos de entrada y salida se muestran en la fig. y se resumen en la siguiente tabla:

		INFORME FINAL		Fecha 07/12/2016
Título Cesfam Villa San Rafael de Rozas Persona de contacto				
DIMENSIONADO INSTALACION				
Nº inversores 1	Nº módulos solares 40 Potencia total 10 kWp	Potencia aparente 10,4 kVA Potencia activa 10,4 kW Potencia reactiva 0 kVAR		
PARAMETROS DISEÑO				
Tamaño planta diseño 10kW Localización -31.639,-71.192	Rango de temperatura Cell MAX 70 °C DIM 50 °C MIN -10 °C Altitud 1000 m CosPhi 1 Factor dimensionado 0,96 Conditions STC			
DIMENSIONADO POR INVERSOR				
DC Total de módulos solares 40 Potencia 10 kWp	RESULTADOS MPPT1 Vmpp (70 °C) 514,53 V OK Vmpp (STC) 614 V OK Voc (-10 °C) 828,74 V OK Idc max (STC) 8,15 A OK Nº módulos solares en serie 20 Nº Strings 1	RESULTADOS MPPT2 Vmpp (70 °C) 514,53 V OK Vmpp (STC) 614 V OK Voc (-10 °C) 828,74 V OK Idc max (STC) 8,15 A OK Nº módulos solares en serie 20 Nº Strings 1		
AC Max. potencia 10,4 kVA				
INVERSOR Ingecon Sun 3Play TLM 10TL M				
Max. eficiencia 98,5 % Dimensiones (LxAxH) 268x735x706 mm Peso 47 kg Rango de temperatura (-25 °C) - (65 °C) MPPT 2	DC Vmpp range (MPP1) 200 - 820 V Vmpp range (MPP2) 200 - 820 V V range 200 - 1000 V Idc max (MPPT1/MPP2) 20 / 20 A	AC Max. potencia 10,4 kVA Tensión nominal 400 V Rango de frecuencia 50 / 60 Hz THD < 3 %		
MODULO SOLAR Jiangsu Jiasheng Photovoltaic Technology (JS) / JS250M60-24V				
Dimensiones (AxL) 1650x992 mm Peso 20 kg	Potencia nominal 250 Wp (STC) Vsys max 1000 V	Vmpp 30,7 V Imp 8,15 A Voc 36,8 V Isc 8,87 A		

Fig.5 Resultados en software INGECOM

4.3 Cableado

Las secciones del cableado se dimensionaron en función de la distancia para evitar caídas de voltaje mayores a 3% del voltaje nominal para el circuito de corriente alterna y de 1,5% para circuitos de corriente continua.

4.3.1 Conductor de CA: Inversor - Tablero de Conexión

Datos:

Longitud	: 4 m.
Potencia	: 10000 W.
Tensión de salida del Inversor	: 380 V.
Temp. Ambiente / Temp. Nominal	: 30°C / 60°C
Factor de potencia	: 1
inversor	: 15 A
con factor de seguridad 1.25	: 18.75 A
Factores de corrección por temperatura (Ft) y N° conductores (Fn)	: 0,82 / 0,8
Máxima caída tensión (3%) / Resistividad especiada del cobre	: 11,4 /0,018

Calculo de sección:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\delta} =$$

Reemplazando valores:

$$S = 0.21 \text{ mm}^2$$

Se verifica la caída de tensión para cable AWG LIBRE DE HALÓGENOS de 4 mm²

Caída de tensión:

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \rho}{S}$$

$$\delta = 0.58 = 0.15\% < 3\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 3% como lo requerido en la Norma RGR N° 02/2014.

El cable utilizado para este tramo es el: AWG, según la tabla del fabricante, la corriente admisible es de 75^a.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Calibre (AWG)	Código Venta	Diámetro Aprox (m.m.)	Corriente (A) DUCTO/AIRE
1X14	15330101	6.5	25/35
1X12	15330201	7.0	30/40
1X10	15330301	7.5	40/55
1X8	15330401	8.5	55/80
1X6	15330501	10.0	75/105
1X4	15330601	11.0	95/140
1X3	15330701		
1X2	15330801	13.0	130/190
1X1	15330901	14.0	150/220
1X1/0	15331001	15.0	170/260
1X2/0	15331101	16.0	195/300
1X3/0	15331201	18.0	225/350
1X4/0	15331301	19.0	260/405
1X250 MCM	15331401	22.0	290/455
1X300 MCM	15331501		
1X350 MCM	15331601	26.0	350/570
1X500 MCM	15331701	30.0	430/700
1X750 MCM	15331801		

Fuente: NCH Elec.4/2003

4.3.2 Conductor de DC: Planta Fotovoltaica - Inversor

Datos: (caso más desfavorable)

Distancia máxima de estos conductores	: 10 m.
Tensión máxima Vmp	: 709 V.
Temp. Ambiente / Temp. Nominal	: 40°C / 60°C
Corriente máxima Con FS=1,25	: 14.5. 18,1 A.
- Factores de corrección por temperatura (Ft) y N° conductores (Fn)	: 0.82 / 0.8
- Máxima caída tensión / Resistividad específica del cobre	: 10,6V/0.018

Top Cable
BAJA TENSIÓN CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV

TOPSOLAR PV



Norma de referencia: EA 0038

Norma nacional / Europea: UNE-EN 60320 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50271 / UNE-EN 50272 / UNE-EN 60244

Norma internacional: UNE-EN 60320 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50271 / UNE-EN 50272 / UNE-EN 60244

ZZ-F (AS)
Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

DISEÑO
Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

Conductor
Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228.

Aislamiento
Goma libre de halógenos tipo E16.

Cubierta
Goma ignífuga tipo EMB, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

APLICACIONES
Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adecuados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Aptos para instalaciones interiores y exteriores.

Top Cable

TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)

DIMENSIONES					
Sección (mm ²)	Díametro (mm)	Peso (kg/km)	Aire libre (A)	Superficie (A)	Caída tensión (VA · km)
1 x 2,5	5,6	52	41	33	23,0
1 x 4	6,3	68	55	44	14,3
1 x 6	6,7	89	75	57	9,99
1 x 10	7,8	136	98	79	5,46
1 x 16	8,8	193	122	107	3,67
1 x 25	10,8	294	176	142	2,23
1 x 35	11,9	390	238	176	1,58

Cálculo de sección:

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

$$S=0,61 \text{ mm}^2$$

Se verifica la caída de tensión para cable de sección 4mm²
Tabla Cable Solar TopSolar PV1-ZZ-F

El cable utilizado para este tramo es el Cable TOP Solar PV-ZZ-F, según la tabla N°3 del fabricante, la corriente admisible es de 55A, a esta corriente le aplicamos los factores de corrección indicados en la norma NCH4/2003 y RGR N° 2, nos da 45,1A por lo tanto está cumpliendo los requerimientos del circuito.

Caída de tensión:

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

Reemplazando valores:

$$\delta = 1.31 = 0.02\% < 1.5\%$$

El cálculo da como resultado un valor menor a 1,5% como lo requerido en la Norma RGR N° 02/2014.

Los factores de corrección: de acuerdo a la norma NCH Elec. 4/2003 y RGR N°2 se usaron las siguientes tablas para calcular la capacidad de corriente admisible, corregida por los factores de corrección f_n y Ft.

Temperatura Ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60°C	75°C	90°C	105°C
30	1	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,058	0,75	0,82	0,86
51-55	0,041	0,67	0,76	0,82
56-60	-	0,58	0,71	0,77
61-70	-	0,33	0,58	0,68
71-80	-	-	0,41	0,58

Factor de Corrección de Capacidad de Transporte de Corriente por Cantidad de Conductores en Tubería.

Cantidad de conductores	Factor de corrección f_n
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
sobre 42	0,5

En resumen:

	Material	Largo	Área	Pérdida
DC	Cobre	10 m	4 mm ²	0.61%
AC	Cobre	4 m	4 mm ²	0.75%

La canalización eléctrica para el lado de CC, será a través de ductos de acero galvanizado para uso eléctrico, según lo indicado en la Normativa RGR N°2 SEC y lo establecido en la Norma 4/2003 para el número máximo de conductores en ducto. Se canaliza en un solo ducto galvanizado el conductor de polo positivo (+) y el conductor de polo negativo (-).

5. PUNTO DE CONEXIÓN

A continuación se detallan las características del punto de conexión:

PUNTO DE CONEXIÓN	
Tablero Fotovoltaicos	Se ubica al costado del inversor, muro lateral bajo planta fotovoltaica.
Tablero o punto de conexión	Tablero Nuevo en el empalme.
Protección de cabecera 3x25 [A]	

Según las características de la edificación, se propuso instalar un tablero fotovoltaico con protecciones Bipolares adyacente al inversor.

A continuación se muestra un esquema de los componentes principales del sistema fotovoltaico propuesto.

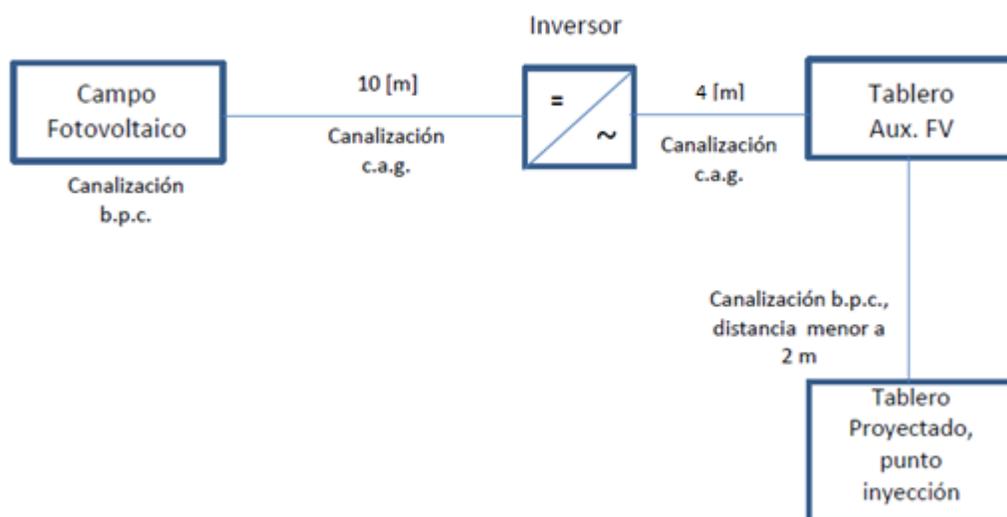


Fig.6 Esquema de Conexión

5.1 Puesta a tierra.

La puesta de tierra de la instalación comprenderán los módulos, la estructura de módulos, los inversores y las bandejas metálicas, creando una única red equipotencial distribuida según planos, asegurándose una correcta puesta a tierra.

- Sección calculada:

Material	Cobre
Metros	40m
Sección	6 mm ²

5.2 Protecciones eléctricas

El cuadro de protecciones estará ubicado junto al inversor Tablero Fotovoltaico, o lo más cerca posible contendrá protecciones que se repetirán en el tablero de conexión.

- Magnetotérmico trifásico cuadripolar de **16A**
- Diferencial trifásico cuadripolar de **25A 300mA**

Se verifica la siguiente formula:

$$I \text{ max inversor} = 15A$$

La protección diferencial debe

$$I_{dif} \geq I_{aut}$$

6. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

Dados los datos obtenidos de la simulación de la planta en el software INGECOM, la estimación de producción de la instalación será:

Evaluación económica

Rentabilidad del activo	9,36 %
Remuneración total	1.696,98 €/año
Cashflow acumulado (caja)	15.740,01 €

Calidad técnica de la instalación fotovoltaica

Energía de generador FV (Red CA)	13.652 kWh/año
Rendimiento anual espec.	1.365,23 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la	77,2 %

Integración de sistema

Referencia red	23 kWh/año	Inyección en la red	13.652 kWh/año
----------------	------------	---------------------	----------------

Pronóstico rendim.
