



ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACION  
CONTINUA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,  
INGENIERIA Y AGRIMENSURA

---

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Posgrado y Educación Continua



Proyecto Final de Maestría

DESARROLLO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE  
UN PROYECTO DE UNA PLANTA DE  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A  
PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA

Ing. Juan M. Castell

Director: Dr. Javier A. SCHMIDT

*Proyecto Final de Maestría presentado en la Facultad de Ciencias Exactas,  
Ingeniería y Agrimensura, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al  
título de*

**Magister en Energía para el Desarrollo Sostenible**

Junio 2020



## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Agricultores Federados Argentinos, institución donde trabajo, por permitirme realizar la maestría.

Mi agradecimiento al Dr. Javier Schmidt por su apoyo, predisposición para dirigir el presente proyecto.

Mi agradecimiento al Dr. Roman Buitrago por compartir su experiencia y conocimientos.

Mi agradecimiento al Lic. Alfredo O. Sesé por su aporte en el desarrollo de este trabajo.

Mi agradecimiento al Ing. Julian Piancatelli por su aporte en el desarrollo de este trabajo.

Mi agradecimiento al Ing. Sebastian Tkaczyk por su aporte en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente hacer extensivo los agradecimientos a todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron con el desarrollo de este trabajo.



ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACION  
CONTINUA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,  
INGENIERIA Y AGRIMENSURA

---

**DEDICATORIA**

Es mi deseo dedicarle el presente trabajo a mi esposa por su comprensión y apoyo, a mi familia que fue un gran sostén para que haya llegado a esta instancia.



## RESUMEN

Se presenta el proyecto "Planta Solar Fotovoltaica Agricultores Federados Argentinos - Las Rosas". El proyecto pretende mostrar la importancia del aprovechamiento del recurso solar en la zona en cuestión, con el propósito de generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables, evitando el impacto ambiental provocado por la generación proveniente de combustibles fósiles, y adecuándose a lo establecido por la Ley 27.191 "Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica". Con una potencia instalada de 1,48 [MW] en una primera etapa, y 3,82 [MW] correspondientes a una segunda etapa, se prevé que la planta aporte unos 1.890.000 [kWh] y 4.900.000 [kWh] de energía "limpia" a la red, respectivamente. Las dos etapas de la planta insumirán 4,4 hectáreas para la implantación de paneles fotovoltaicos y para la infraestructura complementaria; esta última incluye salas de conversión y transformación, sala de maniobra y medición en media tensión, y sala de monitoreo y control.

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.</b>	<b>Objeto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.</b>	<b>Marco regulatorio de referencia .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.</b>	<b>Emplazamiento .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.</b>	<b>Estudio de factibilidad .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.</b>	<b>Descripción genérica de la planta de generación .....</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.</b>	<b>Energía eléctrica a generar.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>Requisitos técnicos y condiciones de la red eléctrica.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Especificación técnica para equipos de maniobra y medición.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1.1.</b>	<b>Características generales .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1.2.</b>	<b>Planilla de datos técnicos garantizados (PDTG).....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.1.3.</b>	<b>Ensayos .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.1.4.</b>	<b>Garantía .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.1.5.</b>	<b>Esquemas unifilares .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.</b>	<b>Determinación del emplazamiento.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.</b>	<b>Potencia de la planta de generación.....</b>	<b>27</b>
<b>4.</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.</b>	<b>Análisis de aspectos tributarios y administrativos .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.</b>	<b>Análisis de costos e inversiones .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.</b>	<b>Cálculo de beneficios del proyecto .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.</b>	<b>Construcción de los flujos de fondos.....</b>	<b>45</b>
<b>4.5.</b>	<b>Cálculo y análisis de la rentabilidad .....</b>	<b>51</b>
<b>4.6.</b>	<b>Análisis de riesgo e incertidumbre .....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1.</b>	<b>Marco legal.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2.</b>	<b>Categorización del proyecto.....</b>	<b>57</b>
<b>5.3.</b>	<b>Evaluación del impacto ambiental .....</b>	<b>58</b>
<b>5.4.</b>	<b>Plan de gestión ambiental .....</b>	<b>75</b>
<b>5.5.</b>	<b>Plan de monitoreo .....</b>	<b>83</b>



---

<b>5.6.</b>	<b>Plan de contingencias.....</b>	<b>85</b>
<b>5.7.</b>	<b>Plan de cierre y abandono de la actividad .....</b>	<b>87</b>
<b>6.</b>	<b>MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN .....</b>	<b>88</b>
<b>6.1.</b>	<b>Alcance.....</b>	<b>88</b>
<b>6.2.</b>	<b>Manual de mantenimiento.....</b>	<b>88</b>
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>93</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>
<b>9.1.</b>	<b>Cálculos justificativos.....</b>	<b>97</b>
<b>9.2.</b>	<b>Planos.....</b>	<b>132</b>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La idea de un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de una fuente renovable surge para dar respuesta a una necesidad que posee dos aristas. Por un lado, a nivel de conciencia energética, el motivo de mitigar el impacto ambiental proveniente de la generación de energía eléctrica mediante combustibles fósiles. Por otro lado, la cuestión reglamentaria de cumplir con la Ley 27.191 con vistas a ampliar la matriz energética nacional con fuentes renovables de energía (Poder Legislativo Nacional, 2015).

De la variedad de energías renovables que se pueden aprovechar, la solar es una de las de mayor magnitud. De hecho, la energía solar que llega a la Tierra en una hora casi iguala a la consumida por la humanidad en un año (Luque y Hegedus, 2003). La tecnología más exitosa para aprovechar este recurso es la fotovoltaica, la cual está creciendo a un ritmo sorprendente de entre 30 y 70 % cada año. En 2018 se instalaron a nivel mundial 102,4 [GW] de sistemas fotovoltaicos, totalizando una capacidad instalada acumulada de 509,3 [GW] (Solar Power Europe, 2019).

En los últimos años, nuestro país comenzó a sumarse a esta tendencia mundial. En octubre de 2015 el Congreso Nacional sancionó la Ley 27.191, llamada “Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de Energía Eléctrica”, la cual entró en vigencia luego de su reglamentación por el Decreto 531/2016 del Poder Ejecutivo Nacional (Poder Ejecutivo Nacional, 2016). La Ley establece como objetivo lograr una contribución creciente de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 20% para el 31 de diciembre de 2025. Asimismo, los Grandes Consumidores con demandas de potencia iguales o mayores a 300 [kW], deberán cumplir individualmente con estos objetivos. Esto último pone a muchas empresas en la necesidad de evaluar la posibilidad de generar parte de su energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

El sujeto implicado en el desarrollo del proyecto es la cooperativa Agricultores Federados Argentinos (en adelante AFA), con actividades agropecuarias principalmente en la región centro del país, entendiéndose por ésta como norte de Buenos Aires, sur y centro de Santa Fe y este de Córdoba. Energéticamente el



ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACION  
CONTINUA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,  
INGENIERIA Y AGRIMENSURA

---

sujeto se posiciona como gran usuario en el Mercado Eléctrico Argentino, condición que lo encuadra en el alcance de la mencionada Ley. La Planta Solar Fotovoltaica (en adelante PSF) se instalará en la ciudad de Las Rosas, Departamento Belgrano, Provincia de Santa Fe.

---

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

### 2.1. Objeto

El objeto de este apartado es presentar el Proyecto PSF AFA Las Rosas. Para ello se analizan las características técnicas necesarias que permitan la definición de la infraestructura para la implantación de la PSF con conexión a la red eléctrica.

La PSF cuenta con 18 inversores strings, un controlador de inversores, 4280 módulos fotovoltaicos y un centro de transformación a media tensión. Esta instalación suma una potencia total instalada de 1.476.600 [Wp].

Entre otros, se describe el emplazamiento donde se pretende ubicar la instalación y las características técnicas. La infraestructura de obra eléctrica a las que se refiere se compone de las siguientes partes:

- Módulos fotovoltaicos e inversor de conexión a red.
- Conexión eléctrica de los módulos, adecuación de la corriente y conexión con la red eléctrica.
- Cuadros de corriente continua, alterna y medidor.
- Red de tierras de la planta fotovoltaica.

La infraestructura de obra civil se compone de las siguientes partes:

- Accesos y adecuación de la superficie. Caminos interiores.
- Estructura fija soporte de módulos fotovoltaicos.
- Canalizaciones y cámaras.
- Tejido perimetral del emplazamiento.

### 2.2. Marco regulatorio de referencia

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta la normativa y reglamentaciones que se detallan a continuación:

- Ley 27.191, Ley 11.717, Decreto 531/2016, Resolución 72/2016, Reglamentación de las Ley 26.190, Decreto 101
- Asociación Electrotécnica Argentina (en adelante AEA)
- International Electrotechnical Commission (en adelante IEC)
- Procedimientos de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (en adelante CAMMESA)

- 
- Procedimientos de la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (en adelante EPESF)
  - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (en adelante CIRSOC) N°101 “Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras sobrecargas”
  - CIRSOC N°102 “Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones”
  - CIRSOC N°202 “Reglamento argentino de estructuras de hormigón”
  - CIRSOC N°301 “Reglamento argentino de estructuras de acero para edificios”
  - CIRSOC N°303 “Reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío”

Se considera además lo aportado por el análisis de especialistas en el rubro energético en *Energías Renovables no Convencionales – Argentina frente al desafío de un futuro sostenible*<sup>1</sup>.

### **2.3. Emplazamiento**

Las instalaciones definidas en el presente proyecto se encuentran situadas en la ciudad de Las Rosas, provincia de Santa Fe. Los datos de ubicación del emplazamiento son:

- Ciudad: Las Rosas
- Provincia: Santa Fe

A continuación se muestran la situación en un plano catastral y una foto aérea del emplazamiento.

---

<sup>1</sup> Luis M. Rotaeché y Gerardo A. Rabinovich (2016)

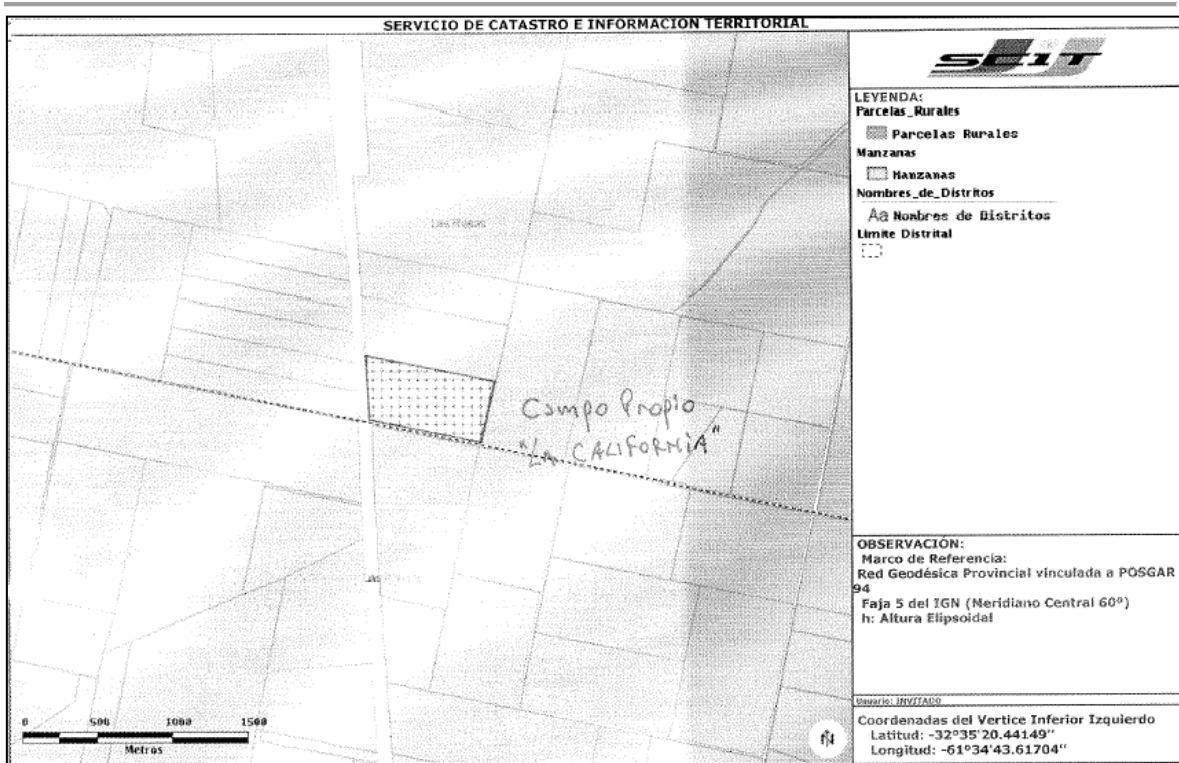


Figura 1. Plano catastral



Figura 2. Imagen satelital del emplazamiento

En la figura 2 se observa, en color negro, el perímetro de la superficie correspondiente a la primera etapa del proyecto, y en color rojo la correspondiente a la segunda etapa. A un costado de la Ruta Nacional N° 178, a unos 85 metros hacia el lado oeste, se encuentra la línea aérea de media tensión hacia donde se prevé evacuar la energía desde la PSF.

La planta fotovoltaica objeto del proyecto se pretende ubicar sobre la Ruta Nacional N° 178, kilómetro 192, siendo las coordenadas geográficas latitud -32,56, longitud -61,54.

La PSF ocupa 2,2 [Ha] en la primera etapa y 6,6 [Ha] total en la segunda etapa, llegando a ocupar 13,5% de la superficie total del predio. La superficie total del predio se divide en dos partes, una planta de acopio y almacenaje de cereales y oleaginosas que ocupa 17,8 [Ha] (incluyendo sus ampliaciones), y las 31,2 [Ha] restantes que actualmente son cultivadas. De estas se destinan 6,6 [Ha] para el proyecto de la PSF.

Desde la Ruta Nacional N° 178 se accede al emplazamiento a través de un camino rural sobre el costado sur del predio.

#### **2.4. Estudio de factibilidad**

El estudio de factibilidad se compone de la factibilidad ambiental, técnica y económica. Los alcances de cada una se describen a continuación:

- **Factibilidad ambiental**

Se pretende determinar el impacto ambiental que representa el proyecto, para ello se estudia la legislación vigente y sus reglamentaciones, abordando a una categorización y su consecuente evaluación de impacto ambiental. Se analizan los resultados y se propone los planes de gestión ambiental y de monitoreo.

- **Factibilidad técnica**

El objeto de la factibilidad técnica es determinar los aspectos técnicos del proyecto y analizar su implementación. Para ello se deben evaluar los requisitos de los organismos implicados y las condiciones de la red eléctrica para el nuevo ingreso del generador.

- **Factibilidad económica**

Mediante la factibilidad económica se pretende llevar a cabo el estudio económico y financiero del proyecto, para ello se estudian todos los costos, se proyectan los beneficios y se analizan los distintos escenarios de inversiones. La finalidad es determinar la rentabilidad del proyecto.

## 2.5. Descripción genérica de la planta de generación

### 2.5.1. Potencia prevista

La potencia nominal de la instalación está definida por la suma de potencias nominales de los módulos fotovoltaicos, presentado una potencia pico instalada para la primera etapa de 1.476.600 [Wp], completando a futuro una potencia instalada de 3.818.805 [Wp].

### 2.5.2. Configuración del campo generador

La PSF está constituida por 18 strings con sus respectivos inversores strings conectados en paralelo, cada uno con una potencia de 75 [kW]. Los primeros 16 strings están compuestos por un conjunto de 12 mesas conectadas en paralelo, los dos restantes se componen de 11 mesas conectadas en paralelo. Cada mesa se compone de 20 módulos fotovoltaicos de 345 [Wp] conectados en serie. De esta manera la suma total de módulos es de 4.280.

La orientación de las mesas es hacia el norte y con una inclinación de 29,2°. La separación entre las filas de mesas es de 3,6 [m].

De esta forma, las características eléctricas del sistema fotovoltaico son las que se describen a continuación:

CONFIGURACIÓN FÍSICA DEL GENERADOR							
Latitud del emplazamiento [°]					-32,48		
Inclinación óptima del generador ( $\beta_{opt}$ ) [°]					29,17		
Inclinación óptima del generador ( $\beta$ ) [°]					29,2		
Azimut del generador ( $\alpha$ ) [°]					0		
CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA DEL GENERADOR							
Módulo seleccionado					JINKO JKM345M-72(Plus)		
Pp [W]	Isc [A]	Voc [V]	Ip [A]	Vp [V]	$\eta$ [%]	$\alpha$ [%/°C]	$\beta$ [%/°C]
345	9,31	47,30	8,87	38,90	17,78	0,05	-0,29
Inversor seleccionado					SMA SHP75-10		
Pn [kVA]	Pn (CC) [kW]	Vmax(CC) [V]		Vn(CA) [V]	I <sub>max</sub> (CA)[A]	$\eta$ [%]	
75	76,5	1000		400	109	98,2	
Configuración del campo							
Configuración				N° módulos	Pp [W]	Isc [A]	Voc [V]
Serie				20	6.900	9,31	946
Paralelo				214	1.476.600	1.992,34	946
Inversor				240	82.800	111,72	946

Figura 3. Ficha técnica campo generador fotovoltaico

### 2.5.2.1. Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico seleccionado es el modelo JKM345M-72(Plus) de la firma JINKO SOLAR, que tiene una potencia pico<sup>2</sup> de 345 [W]. El módulo fotovoltaico está fabricado con celdas de silicio monocristalino, se elige esta tecnología debido a que tiene una mayor eficiencia frente a la tecnología policristalina. Las características físicas y eléctricas de este módulo se resumen en la tabla que se muestra a continuación:

DATOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO		
Fabricante	JINKO SOLAR	
Modelo	JKM345M-72(Plus)	
Tipo de célula	Si-Monocristalino	
Características eléctricas	Valor	Unidad
Potencia nominal (STC)	345	[Wp]
Tolerancia	± 3	[%]
Intensidad de cortocircuito (STC)	9,31	[A]
Tensión de circuito abierto (STC)	47,3	[V]
Intensidad punto de máxima potencia (STC)	8,87	[A]
Tensión punto de máxima potencia (STC)	38,9	[V]
Eficiencia (STC)	17,78	[%]
Parámetros térmicos	Valor	Unidad
TONC	45	[°C]
Coeficiente de temperatura para intensidad de cortocircuito	0,05	[%/°C]
Coeficiente de temperatura para tensión circuito abierto	-0,29	[%/°C]
Coeficiente de temperatura para potencia	-0,39	[%/°C]
Características físicas	Valor	Unidad
Longitud	1.956	[mm]
Ancho	992	[mm]
Profundidad	40	[mm]
Superficie	1,94	[m <sup>2</sup> ]
Peso	26,5	[kg]

Figura 4. Ficha técnica módulo fotovoltaico

<sup>2</sup> Condiciones estándar de medición, 1000 [W/m<sup>2</sup>] y 25 [°C] de temperatura

### 2.5.2.2. Inversor con conexión a red

El inversor de conexión a red tiene la misión de adaptar la tensión y la corriente procedente del campo fotovoltaico a las condiciones de funcionamiento de la red a la que se conecta la planta fotovoltaica. El inversor que se ha seleccionado es el modelo SHP75-10 de la firma SMA.

Las características más significativas del inversor son las que se muestran a continuación:

DATOS DEL INVERSOR		
Fabricante	SMA	
Modelo	SHP75-10	
Características Eléctricas	Valor	Unidad
Potencia nominal	75	[kVA]
Tensión máxima de entrada	1000	[Vcc]
Rango de tensión mínima entrada MPP a 400 Vca	570/800	[Vcc]
Tensión nominal salida	400	[Vca]
Corriente máxima de entrada (Isc)	210	[A]
Corriente máxima de salida	109	[A]
Rendimiento europeo	98,2	[%]
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable	1/0,9 inductivo...0,9 capacitivo	
Punto de desconexión entrada	SI	
Descargador de sobretensión de CC	Tipo II	
Descargador de sobretensión de CA	Tipo II +III (Combinado)	
Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	SI/-	
Monitorización de red	Si	
Monitorización de falla a tierra	SI	
Unidad de seguimiento a la corriente residual sensible a la corriente universal	SI	
Clase de protección (según IEC 62109-1)/ categoría de sobretensión (según IEC 60109-1)	I/CA:III ; CC:II	
Autoconsumo nocturno	<3	[W]
Equipamiento		
Pantalla	Gráfica	
Comunicación/ protocolos	Modbus TPC (a través de controlador ext.)	
Características constructivas	Valor	Unidad
Dimensiones (ancho x alto x fondo)	570/740/306	[mm]

Peso	77	[kg]
Emisiones de ruido	58	[db (A)]
Grado de protección electrónica/ área de conexión	IP65	
Rango de temperatura de funcionamiento	-25...60	[°C]

Figura 5. Ficha técnica del inversor string

### 2.5.2.3. Protecciones, cableado y puesta a tierra

Las protecciones de la instalación cumplen con lo establecido en el reglamento AEA 90364-7-712 “Lugares y locales especiales – Sistemas de suministro de energía mediante paneles solares fotovoltaicos” del año 2015, y con las condiciones particulares de conexión facilitadas por la compañía eléctrica distribuidora.

#### 2.5.2.3.1. Protecciones

Se incluyen las siguientes protecciones para la instalación:

- Interruptor de media tensión, de acceso únicamente por parte de la empresa distribuidora.
- Interruptores de media tensión, de acceso desde la PSF
- Interruptores lado baja tensión alterna incluidos en el tablero general de baja tensión
- Descargadores de sobretensión CC/CA incluido en los inversores
- Monitor de falla a tierra incluido en los inversores
- Monitor de aislamiento para la parte de corriente continua al ingreso de los inversores
- Fusibles de CC incluidos en las cajas de combinación de los strings

#### 2.5.2.3.2. Cableado

Tanto los cables de media tensión como los de baja tensión son subterráneos con conductores de cobre. Se utiliza cable de cobre desnudo para el sistema de puesta a tierra.

Todos los cables, tanto en corriente continua como en corriente alterna, están calculados según la corriente admisible, efectos del cortocircuito y caída de tensión.

Los cables de comunicación son del tipo par trenzado con apantallamiento (en adelante FTP).

La canalización está comprendida por caños enterrados a una profundidad que depende del nivel de tensión, donde se tienden los conductores activos, y el cableado de comunicación. Cada 25 metros de tendido de caños subterráneos hay una cámara de acceso, la cual está realizada de mampostería de acuerdo a los planos de construcción que forman parte del proyecto.

#### 2.5.2.3.3. Puesta a tierra

La puesta tierra de las masas de una instalación tiene por objeto proteger a las personas en el caso de que un defecto provoque la aparición de tensión donde normalmente no debería haberla, y también permite que funcionen otras medidas de protección. En este caso, tal y como establece el PRO-103-101<sup>3</sup> de la EPESF, las masas de la instalación de generación deberán estar conectadas a una tierra independiente del neutro y de la tierra de la EPESF. Los contactos indirectos se protegen de acuerdo a lo establecido por la reglamentación AEA90364 y las recomendaciones de la norma IEC 60364-7<sup>4</sup>.

El sistema de puesta a tierra de la PSF está comprendido por las masas de las carcasas de los paneles fotovoltaicos, las carcasas de todos los equipos, la malla del centro de transformación y las masas extrañas de la instalación, todo vinculado a un sistema único de puesta a tierra a través de cables de protección.

#### 2.5.3. Estructura soporte

Los paneles fotovoltaicos de la instalación se situarán sobre estructuras fijas abulonadas sobre una base de hormigón, mediante una placa de anclaje. Están diseñadas para resistir el peso propio de los módulos y las sobrecargas de viento. El material utilizado para su construcción es acero galvanizado, con lo que la estructura está protegida contra la corrosión. La tornillería de la estructura es de acero galvanizado. La estructura soporte está diseñada para dos filas de diez módulos fotovoltaicos. Esta estructura se repite 214 veces hasta conseguir el espacio necesario para ubicar los 4280 módulos fotovoltaicos que componen el generador fotovoltaico.

<sup>3</sup> Procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF

<sup>4</sup> Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations. Section 707: Earthing requirements for the installation of data processing equipment

---

#### 2.5.4. *Obra civil*

Las infraestructuras de obra civil necesarias para la implantación de la planta fotovoltaica se pueden resumir en las siguientes tareas:

- Preparación de la superficie y caminos internos
- Cimentaciones de las estructuras
- Construcción de las salas
- Canalizaciones y cámaras de acceso
- Vallado perimetral del emplazamiento

##### 2.5.4.1. Preparación de la superficie y caminos internos

Se prepara la superficie del terreno realizándose un desbroce del mismo y un pequeño allanamiento de la misma si fuese necesario para evitar posibles desniveles en las zapatas de las estructuras.

##### 2.5.4.2. Cimentaciones de las estructuras

La cimentación de las estructuras se realiza de forma puntual con dimensiones de 0,8 [m] x 0,8 [m] x 0,8 [m]. Las cimentaciones de las estructuras están levantadas unos centímetros con el objeto de evitar procesos de corrosión de las estructuras metálicas por el contacto directo con el suelo y el agua.

##### 2.5.4.3. Construcción de las salas

Los cimientos de la sala de transformación, y de la sala de monitoreo y control, se realizan con el método de cimiento tradicional o corrido. El sistema de construcción de las salas está constituido por estructura de paredes de mampostería de ladrillos comunes, con revoque exterior impermeable de color, techo de losa. En interior con revoque grueso, revoque fino y pintura plástica, techo suspendido de yeso. Piso interior confeccionado con contrapiso, carpeta y cerámico de alto tránsito. En el anexo se especifican los detalles referentes a las instalaciones de las salas.

El cimiento de la sala de maniobra y medición respeta lo indicado por el fabricante para terreno con peligro de inundaciones; en este caso se emplea un centro monobloque. La envolvente es de hormigón armado y vibrado, y se compone de dos partes, una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo. Todas las armaduras están unidas entre sí y al colector de puesta a tierra. La terminación se realiza con

---

pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y color marrón en techos, puertas y rejillas.

Alrededor de todas las salas existen veredas de un metro de ancho.

#### 2.5.4.4. Canalizaciones y cámaras de acceso

Sobre el lado posterior de cada fila compuesta por las mesas de 20 módulos fotovoltaicos se prevé bandeja portacables de chapa galvanizada en origen de 150 mm de ancho, 92 mm de ala. La canalización que vincula las filas entre sí está compuesta de caños de PVC enterrados a una profundidad de 0,7 metros, con acceso mediante cámaras de hormigón de 1 metro por 1 metro, ubicadas en el extremo de cada fila. El tendido de cables de media tensión se compone de dos cámaras en los extremos del tendido, estas cámaras son de 1 metro por 1 metro con una profundidad de 2,2 metros, entre estas se considera tendido directamente enterrado a una profundidad de 2 metros.

Las restantes canalizaciones consisten en zanjas de una anchura de 0,7 metros por una profundidad de 2,2 metros para tendido de cable de media tensión y 0,9 metros para tendido de baja tensión, en las cuales se instalarán las líneas de corriente continua y corriente alterna, y los cables de comunicación. Las mismas cuentan con reserva. La excavación se realiza con retroexcavadora. El procedimiento para el tendido de caños y conductores se divide en tres etapas:

- Tapado en primera fase: se prepara el lecho de apoyo, se colocan los caños en la zanja, se realiza el tapado de la primera fase con tierra de la excavación dejando de lado piedras o elementos que tengan aristas que puedan dañar los caños. Se coloca una cama de 10 centímetros de arena fina, se proceden a colocar los caños del tendido superior y el cable de equipotenciación del sistema de PAT, respetando las distancias según sea el caso. Luego se realiza el tapado de los caños superiores.
- Señalización subterránea: se coloca sobre la zanja la protección mecánica de los caños. Esto se realiza con ladrillos comunes; se colocan los mismos cubriendo los caños de manera de no dejar ninguno expuesto. A continuación se procede a colocar la cinta de señalización con el fin de evitar accidentes en caso de futuras excavaciones.

- Tapado en segunda fase: se completa el relleno de la zanja con tierra de la excavación, compactando por capas de 30 centímetros hasta conseguir el tapado completo.
- Señalización a nivel: se construyen mojones de señalización de hormigón, con carteles de chapa galvanizada. Los mismos tienen la finalidad de marcar la traza de los tendidos subterráneos. La información que llevan es el nivel de tensión de los conductores y la profundidad. Esto se realiza únicamente para el tendido de media tensión y baja tensión en corriente alterna.

Cada 25 metros de canalización se encuentran cámaras de acceso, hechas de hormigón, con camas de piedras y tapa de chapa galvanizada.

El cable de PAT de equipotenciación se tiende directamente enterrado sobre el lecho de arena fina, junto a los caños del nivel superior, para el caso de tendido con dos niveles de caños.

#### 2.5.4.5. Vallado perimetral

La parcela donde se sitúa la PSF se encuentra vallada en todo su perímetro mediante un vallado metálico de tipo olímpico. El tejido es de 2 [m] de altura, malla de 0,05 [m] de alambre calibre 2,5 [mm]. El mismo se tensa mediante 3 hilos de alambre de alta resistencia de diámetro 2,5 [mm], sobre las ménsulas se colocan 3 alambres de púa. Los postes tienen las siguientes características:

- Poste intermedio: cemento prefabricado de 0,09x0,08x2,6 [m], más ménsula de 0,09x0,08x0,44 [m].
- Poste reforzado: cemento prefabricado de 0,09x0,08x2,6 [m], con dos puntales de 0,09x0,08x1,8 [m], más ménsula de 0,09x0,08x0,44 [m].
- Esquinero: cemento prefabricado de 0,11x0,10x2,8 [m], más ménsula de 0,11x0,10x0,5 [m].

La base es de hormigón H21.

---

### 3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

En el estudio de factibilidad técnica se parte de las características de la PSF y se analizan los requerimientos técnicos para determinar su implementación. Para ello se investiga la energía a generar, se analizan los requisitos de los organismos implicados para nuevo ingreso de un generador al sistema interconectado nacional, se determina la ubicación de la PSF, y finalmente se determina la potencia de la planta de generación. El estudio del recurso solar en la ubicación seleccionada, y el cálculo el ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, se llevan a cabo para determinar la potencia final instalada de la PSF.

#### 3.1. Energía eléctrica a generar

La primera etapa del proyecto comprende una energía eléctrica a generar de 1.903.744 [kWh] anuales. Dicha energía representa el 20 por ciento de la demanda del suministro perteneciente a la Aceitera que AFA S.C.L. posee en la localidad de Los Cardos, provincia de Santa Fe. Esta energía corresponde al año 2017 y fue relevada desde las facturas de energía de la empresa distribuidora.

La segunda etapa del proyecto comprende una energía eléctrica a generar de 2.999.144 [kWh] anuales. Esta representa el 20 por ciento de una futura demanda, la cual está comprendida por la obra Molino AFA S.C.L. y un potencial incremento en la demanda de la Aceitera, consecuencia de una ampliación correspondiente a una nave de envasado y final de línea. Las estimaciones se realizaron con datos relevados mediante entrevistas con los líderes de los proyectos de las mencionadas obras.

#### 3.2. Requisitos técnicos y condiciones de la red eléctrica

De acuerdo a lo estipulado por la Secretaría de Estado de la Energía, Subsecretaría de Energías Renovables, a través de la *Resolución N° 046 Convocatoria a Inversiones en Energías Renovables 2017*, se toma el potencial fotovoltaico disponible en el nodo de 33 [kV] Las Rosas, igual a 6,9 [MWp] de potencia. Se suponen como definitivos los estudios previos de factibilidad llevados a cabo por la Subsecretaría de Energías Renovables; esto incluye lo contemplado

por *Los Procedimientos Técnicos de CAMMESA*<sup>5</sup>. De aquí en adelante se tratan los requisitos técnicos exigidos por la EPESF, especificados en el *Procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF*, para clientes con suministro en media tensión<sup>6</sup>.

### 3.2.1. Especificación técnica para equipos de maniobra y medición

Se especifican los equipos de maniobra y protección que debe tener la PSF. La cabina de maniobra y medición de media tensión debe contar con dos interruptores tripolares, uno del lado de EPESF y el otro del lado de la PSF. Dichos interruptores deben contar con protecciones que cumplan con las especificaciones que se describen a continuación.

#### 3.2.1.1. Características generales

Los equipos deben ser de tipo secundario y deben contar con tres módulos de medición de corriente más uno de tierra, todos con corriente nominal igual a 5 [A]. Además, deben contar con tres módulos de tensión de fase, con tensión nominal de línea igual a 110 [V]. Deben estar preparados para temperaturas de servicio de -10 a 55 [°C]. La tensión auxiliar debe ser de 24 a 110 [Vcc]. Se debe entregar a EPESF un ejemplar del software de configuración y descarga de datos, y un manual del equipo y del software en castellano.

- **Protección de sobrecorriente de fase:** debe contar con tres niveles de accionamiento de fase. Los niveles medio y alto de ajuste de corriente de fase deben poder bloquearse sin afectar el normal funcionamiento de los otros niveles, quedando señalizada esta situación. Para el nivel bajo se puede elegir entre tiempo de actuación independiente de la corriente o entre cuatro curvas de tiempo dependiente. Los niveles medio y alto serán de tiempo independiente de la corriente. Corrientes a arranque y tiempos de operación según ítem 7 de las Planillas de Datos Técnicos Garantizados (en adelante PDTG).
- **Protección de sobrecorriente de tierra:** debe contar con dos niveles como mínimo. El nivel alto de ajuste de corriente debe poder bloquearse

<sup>5</sup> PT N°1: "Estudios requeridos para la presentación de la solicitud de acceso y ampliaciones al sistema de transporte", ANEXO 39 "Generación con fuentes renovables de energía, excluida la hidráulica y la eólica" y ANEXO 40: "Generación eólica".

<sup>6</sup> PRO-103-101, A1.3.4.2

---

sin afectar el normal funcionamiento del otro nivel, quedando señalizada esta situación. Los ajustes de accionamiento por sobrecorriente de tierra serán de tiempo definido. Corrientes a arranque y tiempos de operación según ítem 8 de PDTG.

- **Direccionalidad:** cada una de las etapas de sobrecorriente de fase y tierra se podrán configurar en forma independiente como protecciones direccionales con características según ítem 9 de PDTG.
- **Protección de mínima y máxima tensión:** esta protección será configurable para operar según tensiones fase-fase o fase-tierra. Se dispondrá de dos etapas de tiempo definido según ítems 10 y 11 de PDTG.
- **Protección de mínima y máxima frecuencia:** se dispondrá, como mínimo, de dos etapas de mínima frecuencia y dos de máxima frecuencia. Ambas con característica de tiempo definido según ítem 12 de PDTG.
- **Protección de flujo de potencia inversa y potencia inversa sensitiva:** ambas protecciones actuarán cuando se revierta el flujo de potencia normal desde la EPESF al cliente. Las características de disparo para ambas se establecen en el ítem 13 y 14 de la PDTG.
- **Protección contra fallo de interruptor (CBFP):** esta protección proporcionará una señal de disparo hacia una de las salidas luego de transcurrido un tiempo seleccionable sin que se despeje la falla. Tiempo de operación según ítem 15 de PDTG.
- **Protección anti isla o de vector shift:** esta protección actuará cuando se pierda el paralelo con la red de la EPESF, quedando una red eléctrica en isla no intencional. Las características de disparo se establecen en el ítem 17 de la PDTG.
- **Desequilibrio de fases:** el equipo poseerá una protección que prevea el disparo por desequilibrio de corrientes de fase en base a la componente inversa de las corrientes de fase con las regulaciones detalladas en el ítem 13 de PDTG. El valor del desequilibrio se calculará como la relación entre la componente inversa de las corrientes de fase y una de estas corrientes. Si dicho valor se calculara de diferente forma, este hecho se debe aclarar detallando la forma de su determinación.

- **Registro de eventos:** la protección contará con un registrador de los últimos 30 eventos como mínimo. Estos registros podrán ser descargados a una PC mediante el software de configuración y descarga de datos. Los eventos se almacenarán en forma cíclica, reemplazando los más recientes a los más antiguos. Los eventos que se registrarán incluirán todos los cambios de estados de las señales de control internas y los relés de salida, ya sea que correspondan a señales de alarma o de disparo, indicándose los valores de las corrientes de fase y de tierra y el tiempo de ocurrencia con una incertidumbre de 1 ms.
- **Registro de perturbaciones:** se contará con un registrador de perturbaciones interno que debe tener como mínimo un canal para cada una de las cantidades analógicas medidas y las entradas y salidas lógicas. Se podrán almacenar como mínimo 5 registros de 3 segundos cada uno a una velocidad de 32 muestras por ciclo, almacenándose los registros en forma cíclica, de manera que los más recientes reemplacen a los más antiguos. El ajuste de tiempo de registro anterior y posterior al evento de disparo se podrá ajustar entre 100 ms y el total del tiempo de registro en escalones máximos de 100 ms. Debe almacenar las señales analógicas, el estado de las entradas binarias y las salidas de disparo y señalización, de modo tal que faciliten el análisis de la falla. Se podrá configurar el arranque para cualquier alarma o umbral de arranque o disparo de protección o alarma, o para cualquier entrada o comando remoto recibido por las entradas binarias. El método de registro debe permitir al software de análisis trabajar con registros que fueron muestreados a distinta velocidad.
- **Exactitud:** las exactitudes de los parámetros medidos y de actuación serán las especificadas en el ítem 20 de la PDTG.
- **Contactos de salida:** los relés deberán tener los siguientes contactos libres de potencial normalmente abiertos aptos para desenganche de interruptores y otros de señalización de operaciones, cuyas cantidades se detallan en el ítem 21 de las PDTG. La capacidad de conducción de estos contactos será: 5 [A] permanente como mínimo, 30 [A] durante 0,5 segundos para disparo, 10 [A] durante 0,5 segundos para señalización.

---

Todas las señales de alarma y disparo deberán poder configurarse para ser direccionadas a cualquiera de estos contactos de salida.

- **Otras entradas y salidas binarias:** los equipos contarán con como mínimo tres entradas binarias programables, que podrán utilizarse para activar cualquier señal de disparo, bloqueo, o para inicio del registro de oscilogramas, un relé de autosupervisión con capacidad de carga continua de 5 [A] que actuará en caso de detectarse una falla interna en la electrónica o el microprocesador.
- **Panel frontal:** el equipo contará en su panel frontal con una pantalla y un teclado que permitan la visualización y ajuste del total de los parámetros de regulación y configuración. Los mensajes y abreviaturas serán en español. Además contará con señalización por LED u otro dispositivo similar para la indicación del estado del relé.
- **Pantalla:** mostrará todos los valores de regulación, los registros de las perturbaciones y las mediciones RMS en valores primarios o secundarios de corrientes de las tres fases y tierra, componente inversa de las corrientes de fase, tensiones de las tres fases (solamente para relés direccionales), valores de actuación de las 5 últimas operaciones (mediante consulta en display).
- **Señalización:** en el panel frontal se contará como mínimo con la señalización de arranque y disparo por fase y por nivel de sobrecorriente alcanzado.
- **Comunicación:** Los equipos deberán permitir la configuración y descarga de datos de regulaciones, eventos y oscilogramas mediante un teclado en el panel frontal y por PC mediante un puerto de comunicación serie tipo RS 232/485 frontal o posterior.
- **Montaje:** la caja será de tipo embutida no pudiendo sobresalir más que 35 [mm] del frente de la superficie de montaje. El relé será extraíble. La extracción del relé de su caja deberá poder efectuarse una vez abierta la tapa del mismo, en forma sencilla y rápida. Al efectuarse dicha operación, deberán quedar cortocircuitados los terminales correspondientes a los bornes secundarios de los transformadores de intensidad. Los bornes

estarán dispuestos en la parte trasera del relé y serán aptos para la conexión de conductores de alambre de cobre de hasta 4 [mm<sup>2</sup>] de sección. El tamaño total del relé no excederá de las medidas especificadas en el ítem 29 de las PDTG.

### 3.2.1.2. Planilla de datos técnicos garantizados (PDTG)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	VALOR REQUER.	VALOR GARANTIZ.
1	Marca	---	---	
2	Modelo	---	---	
3	País de origen	---	---	
4	Corriente nominal	A	5	
4.1	Tensión nominal de línea	V	110	
5	Rango de temperaturas de trabajo	°C	-10 a 55	
6	Tensión auxiliar	Vcc	24 a 110	
7	Protección de sobrecorriente de fase	---	3 niveles	
7.1	Corriente de arranque nivel bajo	---	0,5 a 4 I <sub>n</sub>	
7.2	Corriente de arranque niveles medio y alto	---	0,5 a 30 I <sub>n</sub>	
7.3	Tiempo de operación a DT de nivel bajo, medio y alto	s	0,05 a 100	
7.4	Multiplicador de tiempo para IDMT	---	0,05 a 1	
8	Protección de sobrecorriente de tierra	---	2 niveles	
8.1	Corriente de arranque nivel bajo	---	0,1 a 0,8 I <sub>n</sub>	
8.2	Corriente de arranque nivel alto	---	0,1 a 8 I <sub>n</sub>	
8.3	Tiempo de operación a DT de nivel bajo y alto	s	0,05 a 100	
9	Direccional	---	Si	
9.1	Ángulo característico	°	0 a 90	
9.2	Ángulo de disparo referido al ángulo característico	°	± 90	
9.3	Dirección de operación Directa e Inversa	---	Si	
10	Mínima tensión	---	Si	
10.1	Rango de ajuste	V	10 a 120	
10.2	Escalones de	V	1	
10.3	Tiempo de operación IDMT	s	0,1 a 100	
11	Máxima tensión	---	Si	
11.1	Rango de ajuste	V	60 a 180	
11.2	Escalones de	V	1	
11.3	Tiempo de operación IDMT	s	0,1 a 100	
12	Protección de dos etapas de mínima y máxima frecuencia	---	Si	
12.1	Rango de ajuste para ambos en forma independiente	Hz	45 a 65	

12.2	Escalones de	Hz	0,01	
12.3	Tiempo de operación IDMT	s	0,1 a 100	
13	Protección de potencia inversa	---	Si	
13.1	Rango de ajuste del disparo	W	20 a 200	
13.2	Escalones de	W	3	
13.3	Tiempo de operación IDMT	s	0,1 a 100	
14	Protección de potencia inversa sensitiva	---	Si	
14.1	Rango de ajuste del disparo	W	2 a 75	
14.2	Escalones de	W	0,5	
14.3	Tiempo de operación IDMT	s	0,1 a 100	
15	Protección contra fallo de interruptor (CBFP)	---	Si	
15.1	Tiempo de operación	s	0,05 a 1	
16	Protección por desequilibrio de fases	---	Si	
16.1	Regulación de desequilibrio	%	0 a 100	
16.2	Tiempo de retardo	s	1 a 100	
17	Protección anti-isla o vector shift	---	Si	
17.1	Regulación de ángulo	°	2 a 30	
17.2	Escalones de	°	1	
18	Registro de eventos	---	Si	
18.1	Cantidad de eventos registrables	---	30	
19	Registro de perturbaciones según especificación	---	Si	
20	Exactitud	---		
20.1	Corrientes	%	±2	
20.2	Tiempos	%	±5	
20.3	Ángulos	%	±3	
21	Contactos de salida	---		
21.1	Disparo	---	2	
21.1.1	Capacidad de conducción permanente	A	5	
21.1.2	Capacidad de conducción durante 0,5 [s]	A	30	
21.2	Señalización	---	2	
21.2.1	Capacidad de conducción permanente	A	5	
21.2.2	Capacidad de conducción durante 0,5 [s]	A	10	
22	Entradas binarias programables	---	3	
23	Salida de autosupervisión	---	1	
24	Mediciones RMS por pantalla	---	Si	
25	Señalización de arranque y disparo	---	Si	

Figura 6. Planilla de Datos Técnicos Garantizados (PDTG)

---

### 3.2.1.3. Ensayos

En todos los relés se realizarán los ensayos que se detallan a continuación.

- **Ensayo de contactos de disparo:** Se realizarán 3 operaciones de cierre de contactos con la corriente de cierre garantizada y 110 [Vcc] y luego 30 operaciones de apertura de contactos, con la corriente de apertura garantizada a 110 [Vcc] y para una relación  $L/R = 40$  [ms]. El circuito será de acuerdo con la norma IEC 255-0-20.
- **Medición de consumo:** se medirá el consumo propio con  $I_n$ , según la norma IEC 255.3.
- **Ensayos mecánicos:** se realizará el ensayo de vibración y hermeticidad según lo establece la norma IRAM 4217 o IEC 68-2-6.
- **Ensayo de aislación:** se realizarán ensayos con 2 [kV] de corriente alterna y 50 [Hz] de frecuencia y con una tensión de impulso de 1,2 / 50 [ $\mu$ s], de acuerdo a la norma IEC 255-4.
- **Control de la Corriente Mínima de Operación:**
  - De la unidad de bajo nivel de ajuste de corriente:* para 3 posiciones distintas de ajuste de corriente, dos extremas y  $1,5 \times I_n^7$ , se medirá la corriente mínima de arranque de relé.
  - De la unidad de nivel medio y alto de ajuste de corriente:* para 3 posiciones distintas de ajuste de corriente, dos extremas y una posición intermedia, se medirá la corriente mínima de arranque del relé. En ambos casos este ensayo se realizará 3 veces por cada fase. La primera vez antes del ensayo con máxima corriente y las dos restantes luego del ensayo con máxima corriente. Con los 3 valores así obtenidos para cada ajuste se verificará para cada fase el:
    - Error de Medición:* la diferencia obtenida entre el promedio de los valores obtenidos en los ensayos y el valor que indica el ajuste de corriente, no podrá exceder el 5 %.
    - Error de Repetibilidad,* los valores individuales obtenidos en los ensayos no se apartarán en más del 4 % del promedio mencionado.
- **Control del Tiempo de Operación:**

---

<sup>7</sup> Corriente nominal

---

*Tiempo definido:* con una corriente igual a 1,3 veces la corriente de ajuste, se controlará el tiempo de accionamiento de ambas unidades. La verificación de la unidad de bajo nivel de ajuste se realizará para tres posiciones de ajuste de tiempo, dos extremas y una intermedia. En todos los casos se ajustará la corriente en valores intermedios.

*Tiempo dependiente:* se verificará la exactitud de la curva para 3 niveles, 2 extremos y 1 intermedio, del ajuste de corriente (clavija) y 3 niveles, 2 extremos y 1 intermedio, del ajuste de tiempo (dial), para 10 valores de corriente entre 1,5 y 20 veces la corriente de ajuste. Los ensayos se repetirán 3 veces para cada fase con tensión auxiliar de 93,5 [Vcc] y 3 veces para cada fase con tensión auxiliar de 126,5 [Vcc]. Mediante dicho ensayo deberá verificarse para cada fase.

*Error de medición:* para la unidad de alto nivel de ajuste la diferencia entre el promedio de los valores obtenidos y el valor requerido no excederá del 10 %. Para la unidad de bajo nivel de ajuste en el rango de 0 a 1,7 [s], la diferencia entre el promedio de los valores obtenidos en los ensayos y el valor de ajuste indicado en el dial de tiempos, no excederá de 0,05 [s]. Para el rango de 1,7 [s], esta diferencia no será mayor del 3%.

#### 3.2.1.4. Garantía

Se debe garantizar el funcionamiento de los equipos durante el término de un año a partir de la fecha de recepción.

#### 3.2.1.5. Esquemas unifilares

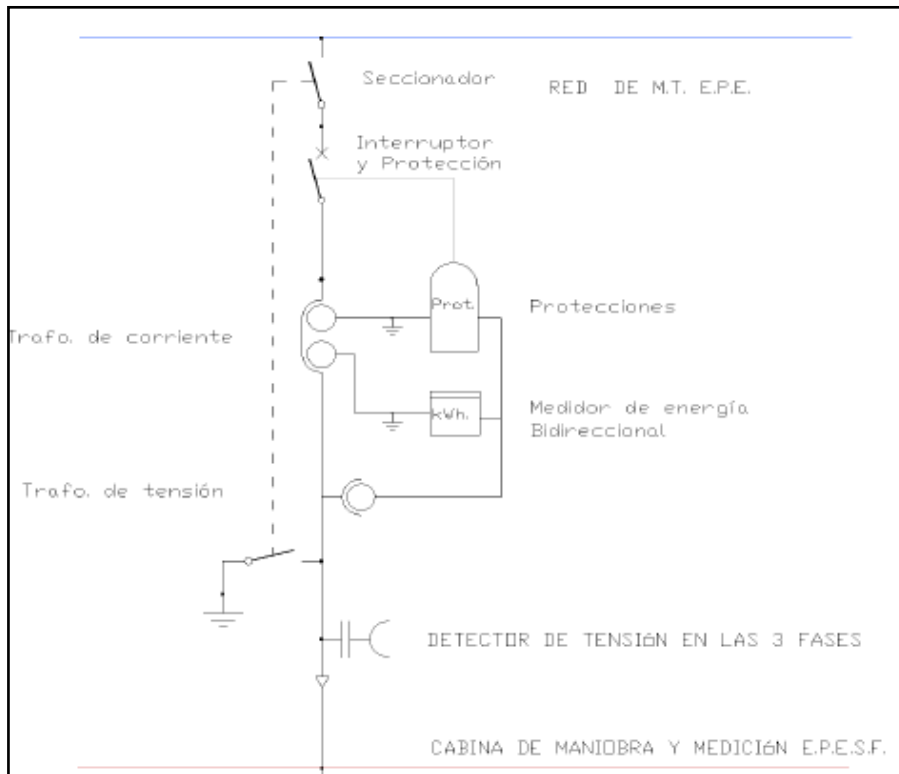


Figura 7. Esquema unifilar. Clientes con suministro en MT, generación en BT

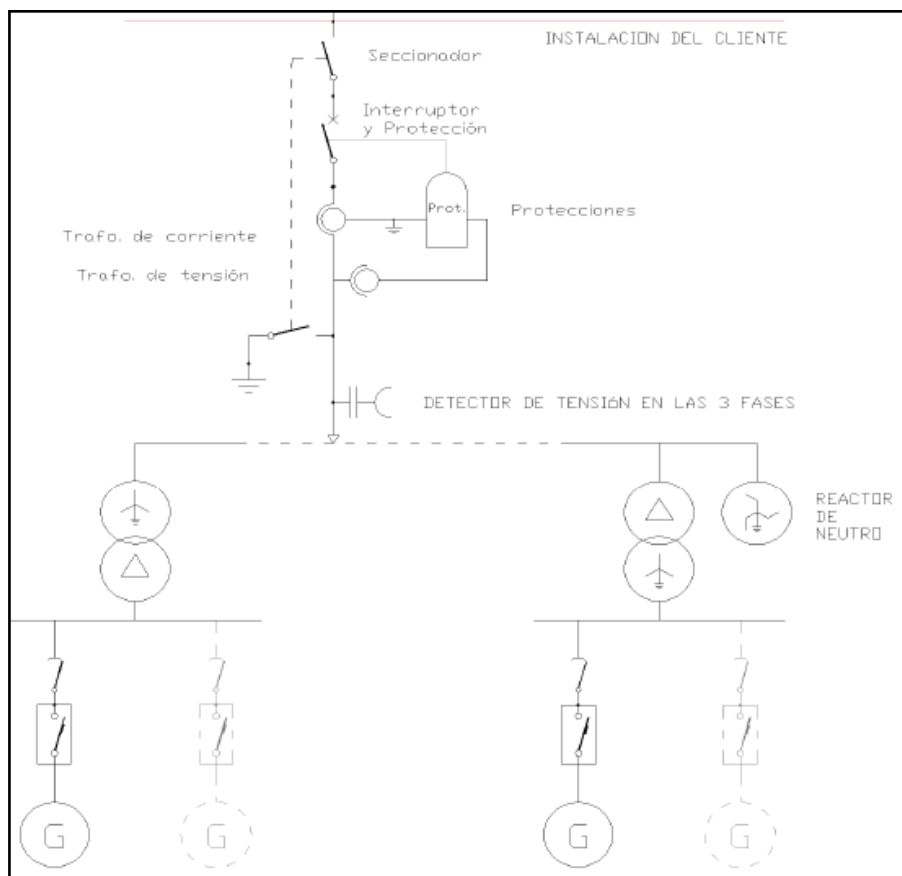


Figura 8. Esquema unifilar. Clientes con suministro en MT, generación en BT

### 3.3. Determinación del emplazamiento

La ubicación de la PSF se determina principalmente por la disponibilidad de terreno con superficie no utilizada, suficiente para albergar la infraestructura del proyecto. Por otro lado, la cercanía con la línea aérea de media tensión de 33 [kV] de la EPESF facilita la evacuación de la energía generada hacia el Sistema Argentino de Interconexión (SADI), sobre todo en cuanto a inversión en infraestructura se refiere.

### 3.4. Potencia de la planta de generación

#### 3.4.1. Estudio del recurso solar

A partir de los datos proporcionados por la Red Solarimétrica de Santa Fe<sup>8</sup> para las localidades de Cañada Rosquín y Firmat, para los años 2015, 2016 y 2017, se realiza una aproximación lineal utilizando la latitud como variable independiente, debido a que no existen mediciones *in-situ* en el punto de ubicación de la PSF (latitud =  $\phi = -32.56^\circ$ ). Se analizan los resultados y se los compara con los valores de radiación obtenidos de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), correspondientes a un promedio sobre 22 años (Julio 1983 - Junio 2005)<sup>9</sup>. Los valores analizados corresponden a un promedio mensual de la radiación global en el plano horizontal en [kWh/m<sup>2</sup>/día]. Se muestra a continuación dicha comparativa, indicando la diferencia porcentual entre ambas cuantificaciones:

Mes	APROXIM	NASA	Dif. %
Enero	7032	6970	0,9%
Febrero	5818	6100	-4,9%
Marzo	4959	5010	-1,0%
Abril	3238	3790	-17%
Mayo	2498	2930	-17%
Junio	2324	2430	-4,5%
Julio	2264	2770	-22%
Agosto	3299	3690	-12%

<sup>8</sup> GRUPO DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES (GENOC), *estado de la red solarimétrica de la provincia de Santa Fe (2016)*.

<sup>9</sup> La fuente de datos proviene de observaciones satelitales y datos meteorológicos de modelos de simulación STACKHOUSE, P. W. Jr. *Surface meteorology and Solar Energy, Release 6.0 Methodology, Version 3.2.0, June 2 (2016)*

Septiembre	4468	4780	-7,0%
Octubre	5283	5580	-5,6%
Noviembre	6651	6610	0,6%
Diciembre	7085	6960	1,8%

Figura 9. Tabla de comparación de valores de radiación. Unidad en kWh/m<sup>2</sup>/día

La aproximación utilizada, en base a los valores medidos en superficie en las localidades antes mencionadas, arroja las siguientes conclusiones parciales: el 70% de los valores tienen una diferencia menor a un 10% comparados con los valores obtenidos de la NASA y el 50% de los mismos tienen una diferencia menor a un 5% en relación a los de la NASA.

Se observa que, tomando como base de datos cualquiera de las opciones analizadas, no se incurriría en grandes discrepancias. Por consiguiente para el proyecto se toman los valores aproximados para la ubicación determinada.

#### *3.4.2. Cálculo del ángulo óptimo de orientación y cálculo de la radiación solar recibida en el plano de los módulos fotovoltaicos*

El ángulo de inclinación seleccionado es 29,2 [°], dicho valor se obtiene de la NASA para las coordenadas de referencia, y representa el promedio de los ángulos de inclinación óptimos correspondientes a cada mes.

Con motivos de comparar la energía recibida en el plano del módulo fotovoltaico se analizan otras tres variantes:

- Ángulo variable en cuatro estaciones (variante número uno)
- Ángulo variable en dos estaciones (variante número dos)
- Ángulo variable mes a mes (variante número tres)

Además se considera como apoyo los *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*<sup>10</sup>.

##### 3.4.2.1. Cálculo de la radiación solar recibida en el plano de los módulos fotovoltaicos

El siguiente análisis se basa en el trabajo de Luque y Hegedus (2003), Capítulo 20.

<sup>10</sup> H. Grossi Gallegos y R. Righini, *Ángulo óptimo para planos colectores de energía solar integrados a edificios* (2012).

La Tierra se mueve alrededor del Sol en una órbita elíptica, con el Sol en uno de sus focos. La distancia viene dada por:

$$r = r_0 \cdot [1 + 0,017 \cdot \text{sen}(360 \cdot (dn - 93)/365)]$$

donde el radio medio  $r_0 = 1,496 \times 10^8$  [km] se conoce como *unidad astronómica (UA)*, y  $dn$  es el día del año, empezando por el número uno el primero de enero.

La radiación solar que llega a la Tierra a nivel extra-atmosférico, en dirección perpendicular y a una UA de distancia, se asume **constante y con un valor de  $B_0 = 1.376$  [W/m<sup>2</sup>]**. Este valor está notablemente reducido para una ubicación sobre la superficie terrestre y un momento determinado, debido a los fenómenos de absorción y dispersión de la energía radiante solar por parte de la atmósfera.

El factor de corrección por la excentricidad de la órbita terrestre se obtiene a partir de:

$$\epsilon_0 = (r_0/r)^2 = 1 + 0,033 \cdot \text{cos}(360 \cdot dn/365)$$

Se exponen los valores de  $\epsilon_0$  calculados para el día característico de cada mes, definido como aquel día en el cual la radiación extraterrestre tiene el mismo valor que la radiación extraterrestre promedio del mes:

MES	n	$\epsilon_0$
Enero	17	1,03
Febrero	45	1,02
Marzo	74	1,01
Abril	105	0,99
Mayo	135	0,98
Junio	161	0,97
Julio	199	0,97
Agosto	230	0,98
Septiembre	261	0,99
Octubre	292	1,01
Noviembre	322	1,02
Diciembre	347	1,03

Figura 10. Valores de  $\epsilon_0$  para el día típico de cada mes

El eje de la Tierra se encuentra inclinado respecto del plano de la órbita, formando un ángulo de 23,45 [°] respecto de la perpendicular al plano.

El ángulo entre el plano del ecuador y la línea Sol-Tierra se llama *declinación solar*  $\delta$  y va cambiando a lo largo del año:

$$\delta = 23,45 \cdot \text{sen}[360 \cdot (dn + 284)/365]$$

Se exponen los valores de  $\delta$  calculados:

MES	dn	$\delta$
Enero	17	-20,92
Febrero	45	-13,62
Marzo	74	-2,819
Abril	105	9,415
Mayo	135	18,79
Junio	161	23,01
Julio	199	21,01
Agosto	230	12,79
Septiembre	261	1,009
Octubre	292	-11,05
Noviembre	322	-19,82
Diciembre	347	-23,24

Figura 11. Valores de  $\delta$  para el día típico de cada mes

El ángulo de salida del Sol  $\omega_s$  se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\omega_s = -\text{arcos}(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi)),$$

Midiendo los ángulos a partir del Norte, negativos hacia el Este y positivos hacia el Oeste.

Se exponen los valores de  $\omega_s$  calculados para la latitud de la PSF,  $\phi = -32,58^\circ$ :

MES	$\delta$	$\omega_s$ [°]
Enero	-20,92	-104,1
Febrero	-13,62	-98,87
Marzo	-2,819	-91,80
Abril	9,415	-83,94
Mayo	18,79	-77,49
Junio	23,01	-74,31
Julio	21,01	-75,85
Agosto	12,79	-81,69
Septiembre	1,009	-89,36
Octubre	-11,05	-97,14
Noviembre	-19,82	-103,3

Diciembre	-23,24	-105,9
-----------	--------	--------

Figura 12. Valores de  $\omega_s$  para el día típico de cada mes

La posición de una superficie se puede determinar a través de su *inclinación*  $\beta$ , que representa el ángulo que forma con la horizontal, y su *orientación*  $\alpha$ , respecto de la dirección Norte-Sur. El ángulo entre la normal a la superficie considerada y los rayos solares, se denomina  $\theta_s$ .

El estudio de la radiación solar que incide en la superficie inclinada de los módulos fotovoltaicos, requiere algún tipo de *modelo del cielo*, que sea simple y a su vez suficientemente preciso. El modelo que se utiliza en este proyecto es el de Liu y Jordan<sup>11</sup>, ampliado por Klein<sup>12</sup>, que es uno de los más utilizados y considera la radiación difusa y reflejada como isótropas.

Para hallar la radiación solar global recibida en una superficie inclinada, se deben hallar por separado las componentes directa, difusa y reflejada:

$$G(\beta, \alpha) = B(\beta, \alpha) + D(\beta, \alpha) + R(\beta, \alpha)$$

La componente directa se obtiene a partir de la irradiancia directa  $B(0)$  que llega a una superficie horizontal, considerando los ángulos  $\theta_s$  entre los rayos del sol y la normal a la superficie, y el ángulo zenital  $\theta_{zs}$ :

$$B(\beta, \alpha) = B(0) \cdot (\cos(\theta_s) / \cos(\theta_{zs}))$$

La radiación extra-atmosférica experimenta variaciones regulares debido al movimiento aparente del sol, la cual se puede calcular a partir de consideraciones geométricas:

$$B_0(0) = B_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \cos(\theta_{zs})$$

con lo cual, integrando a lo largo del día, queda:

$$B_0 d(0) = (T/\pi) \cdot B_0 \cdot \epsilon_0 [ -(\pi/180) \cdot \omega_s \cdot \text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\phi) - \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \text{sen}(\omega_s) ]$$

<sup>11</sup> Liu B., Jordan R., *Solar Energy* **4**, 1-19 (1960)

<sup>12</sup> Klein S., Beckman W., *Solar Energy* **39**, 499-512 (1987)

donde  $T$  es la longitud del día, es decir 24 horas.

Se exponen los valores de  $B_0d(0)$  calculados para el día típico de cada mes:

MES	$\delta$	$\epsilon_0$	$\omega s$ [°]	$B_0d(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> ]
Enero	-20,92	1,03	-104,1	$1,199 \times 10^4$
Febrero	-13,62	1,02	-98,87	$1,099 \times 10^4$
Marzo	-2,819	1,01	-91,80	$9,326 \times 10^3$
Abril	9,415	0,99	-83,94	$7,242 \times 10^3$
Mayo	18,79	0,98	-77,49	$5,570 \times 10^3$
Junio	23,01	0,97	-74,31	$4,810 \times 10^3$
Julio	21,01	0,97	-75,85	$5,145 \times 10^3$
Agosto	12,79	0,98	-81,69	$6,580 \times 10^3$
Septiembre	1,009	0,99	-89,36	$8,591 \times 10^3$
Octubre	-11,05	1,01	-97,14	$1,051 \times 10^4$
Noviembre	-19,82	1,02	-103,3	$1,177 \times 10^4$
Diciembre	-23,24	1,03	-105,9	$1,225 \times 10^4$

Figura 13. Valores de  $B_0d(0)$  para el día típico de cada mes

Se define a continuación el *índice de claridad atmosférica  $KTm$* , el cual representa la relación entre la radiación solar sobre la superficie de la Tierra y la radiación solar fuera de la atmósfera, para superficies horizontales:

$$KTm = Gdm(0)/B_0d(0)$$

Es pertinente aclarar que  $KTm$  no depende únicamente del recorrido de los rayos solares a través de la atmósfera, es decir del número  $AM^{13}$ , sino además de la composición y contenido nuboso de la atmósfera, por lo que se lo suele llamar también *índice de nubosidad*.

Se exponen los valores de  $Ktm$  calculados a partir de los valores de  $Gdm(0)$  de la Figura 9 y los valores de  $B_0d(0)$  de la Figura 13:

MES	$Gdm(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	$B_0d(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	$KTm$
Enero	7032	$1,199 \times 10^4$	0,59
Febrero	5818	$1,099 \times 10^4$	0,53
Marzo	4959	$9,326 \times 10^3$	0,53

<sup>13</sup> Air Mass, definida como la longitud del rayo a través de la atmósfera, relativa a la longitud para una trayectoria vertical al nivel del mar.

Abril	3238	$7,242 \times 10^3$	0,45
Mayo	2498	$5,570 \times 10^3$	0,45
Junio	2324	$4,810 \times 10^3$	0,48
Julio	2264	$5,145 \times 10^3$	0,44
Agosto	3299	$6,580 \times 10^3$	0,50
Septiembre	4468	$8,591 \times 10^3$	0,52
Octubre	5283	$1,051 \times 10^4$	0,50
Noviembre	6651	$1,177 \times 10^4$	0,56
Diciembre	7085	$1,225 \times 10^4$	0,58

Figura 14. Valores de  $KTm$  para cada mes

El concepto, originalmente propuesto por Liu y Jordan (1960), consiste en definir la *fracción difusa de la radiación horizontal*, que es igual al cociente entre la radiación difusa y la radiación global, para una superficie horizontal:

$$FDm = Ddm(0)/Gdm(0)$$

La idea de Liu y Jordan fue correlacionar  $FDm$  con  $KTm$ . Cuanto más clara esté la atmósfera, menor será la radiación difusa, por lo tanto la correlación es negativa. Se han propuesto varias fórmulas empíricas para correlacionar  $FDm$  con  $KTm$ . Usando datos para diez lugares ubicados entre las latitudes 40 [°] N y 40 [°] S, Page<sup>14</sup> recomienda la siguiente expresión lineal, que es la más aceptada para valores promedios mensuales:

$$FDm = 1 - 1,13. KTm$$

Se exponen los valores de  $FDm$  calculados:

MES	$KTm$	$FDm$
Enero	0,587	0,337
Febrero	0,529	0,402
Marzo	0,532	0,399
Abril	0,447	0,495
Mayo	0,448	0,493
Junio	0,483	0,454
Julio	0,440	0,503
Agosto	0,501	0,433

<sup>14</sup> Page J, *Proc. U.N. Conf. New Sources Energy*, 378-390 (1961).

Septiembre	0,520	0,412
Octubre	0,503	0,432
Noviembre	0,565	0,362
Diciembre	0,578	0,346

Figura 15. Valores de  $FDm$  para cada mes

Conociendo los valores de  $FDm$ , se calculan los valores de  $Ddm(0) = Fdm * Gdm(0)$ , estimados según modelo de Liu y Jordan:

MES	$Gdm(0)$	$FDm$	$Ddm(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]
Enero	7032	0,337	2370
Febrero	5818	0,402	2338
Marzo	4959	0,399	1979
Abril	3238	0,495	1602
Mayo	2498	0,493	1232
Junio	2324	0,454	1055
Julio	2264	0,503	1138
Agosto	3299	0,433	1430
Septiembre	4468	0,412	1842
Octubre	5283	0,432	2281
Noviembre	6651	0,362	2405
Diciembre	7085	0,346	2454

Figura 16. Valores de  $Ddm(0)$  para cada mes

La componente difusa, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$D(\beta, \alpha) = D(0) \cdot (1 + \cos(\beta))/2$$

donde, para nuestro caso,  $\beta = 29,2^\circ$ .

La irradiancia reflejada o "albedo" para una superficie inclinada viene dada por:

$$R(\beta, \alpha) = \rho \cdot G(0) \cdot (1 - \cos(\beta))/2$$

donde  $\rho^{15}$  es la reflectividad del suelo y depende de su composición.

Para una superficie horizontal se supone que la radiación albedo es cero.

$$Bdm(0) = Gdm(0) - Ddm(0)$$

Se exponen los valores de  $Bdm(0)$  calculados:

<sup>15</sup>  $\rho$  suele tomar valores de 0,2 para superficies con césped o de tipo natural, en torno a 0,3 para superficies de construcción oscuras, de hasta 0,6 para superficies claras y de 0,7 para superficies blancas o cubiertas de nieve.

MES	$G_{dm}(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$D_{dm}(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$B_{dm}(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]
Enero	7032	2370	4662
Febrero	5818	2338	3480
Marzo	4959	1979	2979
Abril	3238	1602	1636
Mayo	2498	1232	1266
Junio	2324	1055	1269
Julio	2264	1138	1126
Agosto	3299	1430	1869
Septiembre	4468	1842	2626
Octubre	5283	2281	3002
Noviembre	6651	2405	4246
Diciembre	7085	2454	4631

Figura 17. Valores de  $B_{dm}(0)$  para cada mes

Para el caso de superficies orientadas hacia el ecuador ( $\alpha=0$ ) y si la radiación difusa se considera isotrópica, se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$G_d(\beta, \alpha) = B_{d(0)} \cdot RB + D_{d(0)} \cdot \left( \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) + \rho \cdot G_{d(0)} \cdot \left( \frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right)$$

donde  $RB$  representa el cociente entre la irradiancia directa diaria para una superficie inclinada y para una superficie horizontal, y se puede aproximar por el cociente correspondiente entre las radiaciones extra-atmosféricas para las mismas superficies. Se tiene que:

$$RB = \left\{ \omega_{ss} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot [\text{signo}(\phi)] \cdot \text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(|\phi| - \beta) + \cos(\delta) \cdot \cos(|\phi| - \beta) \cdot \text{sen}(\omega_{ss}) \right\} / \left[ \omega_s \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\phi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \text{sen}(\omega_s) \right]$$

donde  $\omega_{ss}$  es el ángulo de salida del sol para la superficie inclinada, dado por:

$$\omega_{ss} = \text{máx}[\omega_s, -\text{arcos}(-[\text{signo}(\phi)] \cdot \tan(\delta) \cdot \tan(|\phi| - \beta))]$$

Se exponen los valores de  $RB$  y  $\omega_{ss}$  calculados para nuestra latitud e inclinación:

MES	$\delta$	$\omega_s$ [°]	$\omega_{ss}$ [°]	$RB$
Enero	-20,92	-104,1	-91,27	0,868

Febrero	-13,62	-98,87	-90,80	0,964
Marzo	-2,819	-91,80	-90,16	1,132
Abril	9,415	-83,94	-83,94	1,382
Mayo	18,79	-77,49	-77,49	1,645
Junio	23,01	-74,31	-74,31	1,800
Julio	21,01	-75,85	-75,85	1,722
Agosto	12,79	-81,69	-81,69	1,466
Septiembre	1,009	-89,36	-89,36	1,203
Octubre	-11,05	-97,14	-90,65	1,001
Noviembre	-19,82	-103,3	-91,20	0,881
Diciembre	-23,24	-105,9	-91,42	0,838

Figura 18. Valores de  $w_{ss}$  y  $RB$  para cada mes

Finalmente, se exponen los valores calculados de la radiación recibida en el plano del módulo fotovoltaico, para el ángulo de inclinación elegido ( $\beta = 29,2 [^\circ]$ ):

MES	$B_{dm}(\beta)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$D_{dm}(\beta)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$R_{dm}(\beta)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$G_{dm}(\beta)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]
Enero	4044	2220	89,16	6353
Febrero	3356	2190	73,77	5620
Marzo	3374	1854	62,87	5291
Abril	2260	1500	41,05	3801
Mayo	2081	1154	31,67	3267
Junio	2284	988	29,47	3302
Julio	1939	1066	28,71	3034
Agosto	2741	1339	41,83	4122
Septiembre	3158	1725	56,66	4940
Octubre	3005	2137	66,99	5209
Noviembre	3743	2253	84,33	6080
Diciembre	3883	2298	89,83	6271
PROMEDIO				4774

Figura 19. Valores de  $G_{dm}(\beta)$  para cada mes

Se agregan a continuación los valores de la radiación recibida en el plano del módulo fotovoltaico para otros ángulos de inclinación analizados, mencionados anteriormente:

MES	$\beta = \text{var. 1}$	$G_{dm}(\beta_1)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$\beta = \text{var. 2}$	$G_{dm}(\beta_2)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]	$\beta = \text{var. 3}$	$G_{dm}(\beta_3)$ [Wh/m <sup>2</sup> .dia]
Enero	2,000	7021	10,50	6914	2,000	7021
Febrero	27,00	5668	10,50	5861	12,00	5857
Marzo	27,00	5299	47,83	4993	27,00	5299
Abril	27,00	3782	47,83	3808	42,00	3837

Mayo	55,00	3443	47,83	3446	52,00	3449
Junio	55,00	3634	47,83	3599	57,00	3636
Julio	55,00	3245	47,83	3235	56,00	3243
Agosto	32,67	4170	47,83	4244	47,00	4246
Septiembre	32,67	4936	10,50	4740	33,00	4935
Octubre	32,67	5139	10,50	5362	18,00	5346
Noviembre	2,000	6646	10,50	6567	4,000	6635
Diciembre	2,000	7062	10,50	6912	0,000	7085
Promedio		5004		4973		5049

Figura 20. Valores de  $G_{dm}(\beta)$  para distintos valores de  $\beta$ , para cada mes

Del análisis realizado se obtienen las siguientes conclusiones:

- Si se opta por la variante número uno, con cuatro inclinaciones de los módulos fotovoltaicos a lo largo del año, los mismos recibirán en promedio un 4,6% más de radiación solar que si se adoptara un ángulo fijo. Para ello se necesitaría incluir un mecanismo de regulación de la inclinación de los módulos.
- Si se opta por la variante número dos, con dos inclinaciones de los módulos fotovoltaicos, estos recibirán en promedio un 4,0% más de radiación solar que la que reciben para un ángulo fijo. Para ello se necesitaría incluir un mecanismo de regulación de inclinación de los módulos.
- Si se opta por la variante número tres, con la inclinación óptima para cada mes, los módulos fotovoltaicos recibirían en promedio un 5,4% más de radiación solar que para un ángulo fijo. Esta sería una alternativa óptima para este emplazamiento de la PSF, no obstante se requeriría de un mecanismo de regulación de la inclinación.
- Debido a que los porcentajes de incremento de la energía solar recibida en el plano de los módulos fotovoltaicos, referentes a la alternativa de ángulo fijo, no son suficientes como para justificar la inversión en un sistema automático de regulación, se elige una inclinación fija, con ángulo igual al promedio de los valores óptimos para cada mes. Este ángulo es igual a 29,2 [°].

#### 3.4.2.2. Cálculo de la distancia mínima de separación entre filas de

---

mesas

$$D_{min} = h/tg (HS)$$

Donde  $h$  es la altura del conjunto de módulos fotovoltaicos,  $HS$  se denomina altura solar, y brinda la incidencia del Sol en el solsticio de invierno. La misma se obtiene con la siguiente fórmula:

$$HS = 90 - \varphi - 23,5$$

Tomando los valores de  $h = 2,46$  [m] y con el valor calculado de  $HS = 34$  [°], se obtiene una distancia mínima entre filas de mesas igual a 3,6 [m].

### 3.4.3. Cálculo de la potencia de la planta de generación

La energía que puede generar por un módulo fotovoltaico en un mes, con una inclinación  $\beta$ , se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$E_g [kWh] = FS \times P_{stc} \times G_{dm}(\beta) \times N \times \left[1 + \frac{\gamma}{100} \times (T_c - 25[^\circ C])\right]$$

Donde  $FS$  es el factor de rendimiento que agrupa todas las pérdidas del sistema excluida la influencia de la temperatura,  $P_{stc}$  [W] es la potencia nominal del módulo fotovoltaico bajo condiciones estándar de ensayo,  $G_{dm}(\beta)$  [kWh/m<sup>2</sup>.día] es la irradiación incidente en el plano del módulo fotovoltaico,  $N$  es la cantidad de días que tiene cada mes del año,  $\gamma$  [%/°C] es el coeficiente de variación de la potencia del módulo fotovoltaico con la temperatura, y  $T_c$  [°C] es la temperatura del módulo fotovoltaico.

El factor  $FS$  incluye las pérdidas angulares y espectrales, por suciedad y polvo, por potencia del módulo distinta de la nominal, por conexionado en corriente alterna y corriente continua, por eficiencia en el inversor, por bajas irradiancias, por sombreado, por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia, etc. En un único factor que permite tener en cuenta todas estas pérdidas, su valor se toma igual a 0,8<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Predicción de la energía anual generada por una instalación fotovoltaica conectada a la red. M. Battioni, G. Risso, M. Cutrera, J. A. Schmidt, XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, San Juan, Argentina, 24 al 27 de Octubre de 2017.

La temperatura  $T_c$  se obtiene mediante la siguiente expresión, correspondiente a un método denominado *de la temperatura de operación nominal de la celda (Tnoct)*<sup>17</sup>:

$$T_c = T_a + \frac{G}{I_{noct}} \times (T_{noct} - T_{a, noct})$$

Donde  $T_a$  [°C] es la temperatura ambiente,  $G$  [W/m<sup>2</sup>] es la irradiación incidente en el plano del módulo fotovoltaico,  $T_{noct}$  [°C] se mide con la radiación incidente  $I_{noct}$  de 800 [W/m<sup>2</sup>], una temperatura de 20 [°C] y una velocidad del viento de 1 [m/s]. La  $T_{noct}$  es provista por el fabricante del módulo fotovoltaico, en este caso es igual a 45 [°C].

De acuerdo a estas expresiones, se presentan a continuación los valores de  $E_g$  para todos los meses, para el ángulo de inclinación elegido:

MES	$T_a(\text{Máx})$ [°C]	$T_c(\text{Máx})$ [°C]	$G$ [W/m <sup>2</sup> ]( $\beta=0$ )	$N$	$E_g$ [kWh]( $\beta=29,2$ )
Enero	30,8	54,86	770	31	48,0
Febrero	29	50,56	690	28	39,1
Marzo	26,9	46,28	620	31	41,5
Abril	22,4	38,03	500	30	29,9
Mayo	18,7	31,83	420	31	27,2
Junio	15,7	26,64	350	30	27,2
Julio	14,9	27,4	400	31	25,7
Agosto	18,4	34,03	500	31	34,0
Septiembre	21,1	40,16	610	30	38,5
Octubre	24,7	45,95	680	31	40,9
Noviembre	27,3	51,05	760	30	45,2
Diciembre	29,9	54,28	780	31	47,5
TOTAL				365	444

Figura 21. Valores de  $E_g(\beta)$  para cada mes

<sup>17</sup> Evaluación de distintos métodos para estimar la temperatura de operación de módulos fotovoltaicos, y estimación de las pérdidas de energía por efecto de la temperatura. M. Battioni, G. Risso, M. Cutrera, J. Schmidt, XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, La Plata, Argentina, Octubre de 2016.

---

El valor total de  $E_g$  representa la energía generada por un módulo fotovoltaico en un año, los valores irradiancia  $G$  se obtienen de la NASA para la latitud dada. La cantidad de módulos fotovoltaicos se obtiene según la siguiente expresión:

$$N_{mod} = \frac{E_{dem}}{E_g} = 1,90 \times 10^6 \frac{[kWh]}{444} [kWh] = 4.280 \text{ Módulos}$$

La potencia instalada de la PSF se obtiene multiplicando la cantidad de módulos fotovoltaicos por la potencia nominal del módulo:

$$P = N_{mod} \times P_p [Wp] = 4.280 \times 345 [Wp] = 1,47 \times 10^6 [Wp]$$

---

## 4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

La factibilidad económica busca determinar, mediante la comparación de los costos y los beneficios estimados para el proyecto, si es rentable la inversión que demanda su implementación.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los valores en el presente proyecto están expresados en dólares. Los valores que se manejan en pesos siguen una evolución distinta, por lo tanto para realizar el estudio de factibilidad económica se transformaron a dólar, de acuerdo al tipo de cambio vigente a la fecha de comienzo del estudio. Entre ellos se encuentran:

- Salarios de las personas contratadas
- Mantenimiento de las instalaciones
- Servicios y gastos locales

Antes de empezar a abordar los distintos aspectos que afectan al estudio económico del proyecto, se aclara que todos los valores expuestos se consideran sin el Impuesto al Valor Agregado (IVA), salvo que se especifique lo contrario.

### 4.1. Análisis de aspectos tributarios y administrativos

En el análisis tributario, si bien la provincia de Santa Fe aun no adhirió a la Ley 27.191, para el presente estudio se consideran todos los beneficios fiscales contemplados en la misma y su decreto reglamentario.

#### 4.1.1. Impuestos nacionales

##### 4.1.1.1. IVA

En cuanto a este tributo nacional, la Ley establece el recupero anticipado del IVA pagado por la compra de nuevos activos u obras de infraestructura que no hayan sido compensados con el débito fiscal por medio de un reintegro o crédito contra otros impuestos federales. Este beneficio estará vigente luego de dos periodos fiscales, mes a partir de la fecha en la que las inversiones fueron realizadas.

Con las inversiones de bienes de uso y los costos de operación de la PSF se genera IVA crédito que será recuperado una vez que comience la venta de energía. La PSF genera IVA débito debido a las ventas generadas a partir del año de puesta en marcha, según el flujo de fondos de IVA a partir del año 11,

---

comienza el pago de IVA a AFIP. Se puede consultar el flujo de fondos IVA en 4.4.1.1 “Flujo de fondos IVA del proyecto”.

#### 4.1.1.2. Impuestos a las ganancias

Según lo establece el Artículo 20, Inciso D, de la Ley Impuestos a las Ganancias por ser el propietario del proyecto una Cooperativa, queda exento del gravamen.

#### 4.1.2. *Impuestos provinciales*

La Ley establece beneficios en materia de fiscalidad local, dispone respecto de un conjunto de instituciones: cánones o regalías provinciales, tributos nacionales específicos, tributos provinciales, tributos municipales que graven el acceso y la utilización de energías renovables. Respecto a ellos, el artículo 17 dispone que no serán aplicados hasta el 31 de diciembre de 2025. En el presente estudio se considera gravámenes provinciales a partir de esta fecha, puntualmente *impuesto a los ingresos brutos*, en adelante *IIBB*. De acuerdo a la Ley Impositiva Anual de la provincia de Santa Fe, la actividad de producción y distribución de electricidad, gas y agua destinada a uso no residencial tributa una alícuota del 2,5% en régimen general. Es importante aclarar que la cooperativa se encuentra inscripta en convenio multilateral, lo cual no se considera en el presente análisis debido a la complejidad que genera determinar correctamente el coeficiente unificado que le corresponde tributar a la provincia de Santa Fe, por la cantidad de actividades y provincias en las que se encuentra inscripta.

#### 4.1.3. *Impuestos municipales*

Según lo detallado anteriormente, se considera gravámenes municipales a partir del 31 de diciembre de 2025, puntualmente *derecho de registro e inspección*, en adelante *DREI*. De acuerdo a la Municipalidad de Las Rosas, la alícuota general de DREI es del 0,48%.

#### 4.1.4. *Beneficio para la utilización de componente nacional*

La Ley 27.191 contempla la emisión de un Certificado Fiscal por un valor equivalente al 20% del componente nacional acreditado<sup>18</sup> para ser aplicado al pago de impuestos nacionales, si se acredita un 60% (o el porcentaje menor que acrediten en la medida que se demuestre efectivamente la inexistencia de

---

<sup>18</sup> La inexistencia de producción nacional de los bienes a importar se establece por Resolución conjunta entre el Ministerio de Energía y Minería y el Ministerio de Producción (conforme Resolución 72/2016 del Ministerio de Energía y Minería)

producción nacional, el que en ningún caso podrá ser inferior al 30%) de integración de componente nacionales en las instalaciones electromecánicas, excluida la obra civil, transporte y montaje de equipos. En el presente estudio se considera este beneficio, ya que el componente nacional representa más del 65% de los componentes totales necesarios para llevar a cabo la construcción de la PSF. Dicho Certificado Fiscal, con un valor de U\$S 118.848,61 será utilizado para compensar el débito fiscal de IVA por la venta de energía. Se puede consultar el flujo de fondos IVA en 4.4.1.1 “Flujo de fondos IVA del proyecto”.

## 4.2. Análisis de costos e inversiones

### 4.2.1. Inversiones del proyecto

Los gastos de capital (CAPEX) son inversiones que crean beneficios y son utilizados por un sujeto, para adquirir o mejorar los activos fijos. En este proyecto la inversión total se presenta en el año 0 y se compone por todos los equipos, infraestructura y, materiales necesarios para poner en funcionamiento la PSF.

### 4.2.2. Costos relevantes

Los costos relevantes del proyecto están representados por tres categorías CAPEX, gastos operativos (OPEX) y el costo de gestión del proyecto.

El primero de divide en dos partes, el costo de los módulos fotovoltaicos e inversores strings y el resto del sistema (Balance of System, BoS).

Se muestra a continuación el CAPEX módulos fotovoltaicos e inversores string:

CAPEX - Módulos fotovoltaicos e inversores string	
Módulos fotovoltaico, cables y conectores	USD 561.108,00
Inversores string	USD 129.600,00
Controlador de inversores	USD 2.378,00
Cajas de combinación	USD 14.346,00
Central meteorológica	USD 3.197,00
Mano de obra montaje módulos	USD 31.022,98
Mano de obra montaje resto equipamiento	USD 1.043,76
<b>TOTAL</b>	<b>USD 742.695,74</b>

Figura 22. CAPEX – Módulos fotovoltaicos e inversores string

El CAPEX BoS se constituye por la obra eléctrica y la obra civil, esto incluye todo el equipamiento necesario y complementario a los equipos específicos, para poner en funcionamiento la PSF.

CAPEX BoS	
Obra eléctrica	<b>USD 926.013,36</b>
Obra Civil	<b>USD 227.560,91</b>

Figura 23. CAPEX BoS

El OPEX lo componen los costos de operación y mantenimiento de la PSF, los valores que se muestran en la tabla son anuales:

OPEX	
Costo de operación	USD 25.878,44
Costo de mantenimiento	USD 16.293,83
<b>TOTAL</b>	<b>USD 42.172,27</b>

Figura 24. OPEX

Por último el costo de gestión del proyecto lo componen aquellos derivados del desarrollo y dirección de obra, estudio de impacto ambiental, asesoramientos legales y financieros:

Gestión de proyecto	
Costo gestión del proyecto	<b>USD 28.109,01</b>

Figura 25. Costo gestión del proyecto

#### 4.2.3. Costos contables no desembolsables

Los costos contables no desembolsables del proyecto, están representados por las depreciaciones del equipamiento de la PSF. Si bien la depreciación en sí no constituye un movimiento de caja, debe ser considerado por su efecto tributario.

#### 4.2.4. Costos de falla y políticas de mantenimiento

Los costos de mantenimiento proyectados, se dividen en limpieza de los módulos fotovoltaicos y general de la PSF, y mantenimiento preventivo en tableros. La limpieza está planificada mensualmente por un total de 4 personas. El mantenimiento preventivo de tableros contempla la revisión de funcionamiento general, medición de parámetros, medición termográfica de componentes y puntos de conexión. El mantenimiento preventivo está proyectado ejecutarse por 2 personas con capacidad de diagnosticar y resolver una falla, las tareas se prevén realizarse 2 veces al año, totalizando 88 horas anuales.

Se muestra en la siguiente tabla el desglose de estos costos:

Costos de mantenimiento	
Encargado de limpieza	USD 15.480,04

Encargado de mantenimiento preventivo y predictivo	USD 813,79
<b>TOTAL</b>	<b>USD 16.293,83</b>

Figura 26. Costo de mantenimiento

#### 4.2.5. Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento

Para el presente proyecto, se consideran costos de mantenimiento fijos anuales.

### 4.3. Cálculo de beneficios del proyecto

Previo a la exposición de los ingresos y beneficios del proyecto, se listan las variables para definir el *caso base*. Las mismas, son variables de entrada las cuales puede modificarse afectando los resultados del estudio.

- El precio de venta de la energía (en U\$/MWh)
- El precio de los Certificados de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, en adelante CER (en U\$/tCO<sub>2</sub>)
- Estructura de financiamiento
- Tasa de interés del préstamo a obtener para financiar el proyecto

#### 4.3.1. Ingresos, ahorro de costos y beneficios

Los ingresos serán generados a través de la venta de energía al MEM y por la venta de los “CER”, comúnmente llamados bonos de carbono. Los ingresos por venta de energía se determinan por el precio del MWh, el cual se obtiene mediante un contrato del Mercado a Término, en el cual se fija el pago en dólares por MWh a proveer y el periodo de abastecimiento.

#### 4.3.2. Cálculo de valores de desecho

Un beneficio que no constituye ingreso pero que debe estar incluido en el flujo de caja del proyecto es el valor de desecho de los activos remanentes al final del periodo de evaluación.

El método que se utiliza para el cálculo del valor de desecho, es el *comercial*. Se fija un valor al cual se presume que tendrá la venta de los activos del proyecto, este valor se obtiene de casos de proyectos similares, este valor representa un 40% del valor del activo total inicial.

### 4.4. Construcción de los flujos de fondos

El presente análisis se realiza para un periodo de funcionamiento de 20 años a partir de la construcción de la PSF, se considera el plazo de contrato de venta de

---

energía como horizonte de evaluación del proyecto. Las inversiones se realizan en el año 0, considerado al 1 de enero de 2017. Se desestiman las depreciaciones ya que no se consideran gravámenes municipales, provinciales y nacionales. El precio de venta de energía se toma igual a 80 [U\$/MWh], valor que se propone tomando como referencia el precio máximo de licitación propuesto por el gobierno provincial a través del programa Generación de Energías Renovables de la Provincia de Santa Fe, en adelante GENERFE.

Para el caso base se toma las siguientes consideraciones:

- Moneda de evaluación: Dólar
- Horizonte de evaluación: 20 años
- Precio de venta de energía: 80 [U\$/MWh]
- Precio de CER: 3 [U\$/tCO<sub>2</sub>]
- Estructura de financiamiento: 40% fondo propios, 60% de endeudamiento
- Plazo de préstamo: 15 meses
- Tasa de interés de préstamo solicitado: 7%

#### *4.4.1. Flujo de fondos del proyecto*

El flujo de fondos del proyecto mide la rentabilidad del proyecto, independientemente de cómo se financia, es decir la inversión se financia con fondos propios. Se presenta a continuación el flujo de fondos del proyecto para el caso base.

Figura 27. Flujo de fondos del proyecto caso base

CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreso por venta de energía		152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299
Ingreso por CER		2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856
Costo operación y mantenimiento		-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172
Depreciación		-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731
Ganancia gravable		55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
Impuestos nacionales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos provinciales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos municipales		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia neta		55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
Depreciación		57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731
Resultado de venta		0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	-1.924.379								
Flujo de fondo sin financiamiento	-1.924.379	112.983	112.983	112.983	112.983	112.983	112.983	112.983	112.983
Flujo de fondo acumulado		-1.811.396	-1.698.414	-1.585.431	-1.472.449	-1.359.466	-1.246.484	-1.133.501	-1.020.519

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299
2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856
-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172
-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731
55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879
-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745
50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628
57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	769.752
108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	108.359	878.111
-912.160	-803.801	-695.442	-587.083	-478.724	-370.365	-262.006	-153.647	-45.288	63.071	171.430	1.049.540



4.4.1.1. Flujo de fondos IVA del proyecto

CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreso por venta de energía		41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121
Ingreso por CER		771	771	771	771	771	771	771	771
Costo operación y mantenimiento		-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856
Depreciación		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia gravable		33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
Impuestos nacionales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos provinciales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos municipales		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia neta		33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
Depreciación		0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado de venta		0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	-345.203								
Flujo de fondo sin financiamiento	-345.203	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
Flujo de fondo acumulado		-312.168	-279.132	-246.096	-213.061	-180.025	-146.990	-113.954	-80.918

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121
771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771
-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161.648
33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	194.683
-47.883	-14.847	-100.660	-67.624	-34.589	-1.553	31.482	64.518	97.554	130.589	163.625	358.308

Figura 28. Flujo de fondos de IVA del proyecto caso base

#### 4.4.2. Flujo de fondos del inversionista

Se presenta a continuación el flujo de fondos del inversionista para el caso base

CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreso por venta de energía		152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299
Ingreso por CER		2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856
Costo operación y mantenimiento		-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172
Depreciación		-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731
Ganancia gravable		55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
Impuestos nacionales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos provinciales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos municipales		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia neta		55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
Depreciación		57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731
Resultado de venta		0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	-1.924.379								
Préstamo	1.154.627								
Reembolso préstamo		-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363
Flujo de fondo con financiamiento	-769.752	30.619	30.619	30.619	30.619	30.619	30.619	30.619	30.619
Flujo de fondo acumulado		-739.132	-708.513	-677.894	-647.275	-616.656	-586.037	-555.418	-524.799

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299	152.299
2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856	2.856
-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172	-42.172
-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731	-57.731
55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251	55.251
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879	-3.879
-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745	-745
50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628	50.628
57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731	57.731
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	769.752
-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	-82.363	0	0	0	0	0
25.996	25.996	25.996	25.996	25.996	25.996	25.996	108.359	108.359	108.359	108.359	878.111
-498.803	-472.808	-446.812	-420.817	-394.821	-368.826	-342.830	-234.471	-126.112	-17.753	90.606	968.716

Figura 29. Flujo de fondos del inversionista caso base

4.4.2.1. Flujo de fondos de IVA del inversionista

CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreso por venta de energía		41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121
Ingreso por CER		771	771	771	771	771	771	771	771
Costo operación y mantenimiento		-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856
Depreciación		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia gravable		33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
Impuestos nacionales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos provinciales		0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos municipales		0	0	0	0	0	0	0	0
Ganancia neta		33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
Depreciación		0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado de venta		0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	-345.203								
Préstamo	242.472								
Reembolso préstamo		-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165
Flujo de fondo con financiamiento	-102.731	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871
Flujo de fondo acumulado		-85.861	-68.990	-52.119	-35.248	-18.377	-1.506	15.364	32.235

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121	41.121
771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771
-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856	-8.856
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036	33.036
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161.648
-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165	-16.165					
16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	16.871	33.036	33.036	33.036	33.036	194.683
49.106	65.977	-36.001	-19.130	-2.259	14.612	31.482	64.518	97.554	130.589	163.625	358.308

Figura 30. Flujo de fondos de IVA del inversionista caso base

---

#### 4.5. Cálculo y análisis de la rentabilidad

Se presentan a continuación los criterios de evaluación que se utilizan para evaluar la rentabilidad del proyecto. Luego se analizan los mismos aplicándolos para el caso base del proyecto.

##### 4.5.1. Criterios de evaluación

Los métodos más comunes<sup>19</sup> corresponden al valor actual neto, la tasa interna de retorno, y el periodo de recuperación de la inversión.

El *Valor actual neto*, en adelante VAN, mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento 0. Si el resultado es mayor que 0, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto; si el resultado es igual a 0, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión. Cuando el VAN es negativo, el proyecto puede tener una alta rentabilidad, pero será inferior a la exigida.

La *Tasa interna de retorno*, en adelante TIR, mide la rentabilidad como porcentaje. La TIR tiene las siguientes características:

- Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN.
- No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función del monto de la inversión realizada.
- Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo, por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas TIR como cambios de signo se observen en el flujo de caja.
- No sirve en los proyectos de desinversión, ya que la TIR muestra la tasa que hace equivalentes los flujos actualizados negativos con los positivos,

---

<sup>19</sup> SAPAG CHAIN, N., *Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación* (2011).

sin discriminar cuál es de costo y cuál es de beneficio para el inversionista, por lo que siempre es positiva.

El *Período de recuperación de la inversión*, en adelante PRI, tiene como objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo del capital involucrado. La importancia de este indicador es que complementa la información, muchas veces oculta por el supuesto de que, si el flujo no alcanza, “se adeuda” tanto del VAN como de la TIR.

#### 4.5.2. Evaluación de la rentabilidad

##### 4.5.2.1. Elección de la tasa de descuento

A continuación se calculan los indicadores recientemente presentados para el caso base, para el proyecto y para el inversionista. Se adopta para el estudio económico una tasa de descuento del 3,5%, valor obtenido tomando como referencia la tasa de interés para préstamos del *Banco Interamericano del Desarrollo (BID)* de acuerdo a *Historic Rates and Charges Flexible Financing Facility US\$ and Single Currency Facility LIBOR US\$ (2020)*.

##### 4.5.2.2. Cálculo de los indicadores caso base

INDICADOR	PROYECTO	INVERSIONISTA
VAN	34.295	240.309
TIR	3,66%	5,42%
PRI	18	19

Figura 31. Valores de los indicadores de rentabilidad

Del análisis para el caso base se observan un VAN positivo tanto para el proyecto como para el inversionista, con TIR bajas, esto significa que la rentabilidad es superior a la exigida después de recuperar la inversión, pero el PRI en ambos casos es alto.

#### 4.6. Análisis de riesgo e incertidumbre

Es importante establecer cuáles de las variables tienen una influencia decisiva y cuáles no. Para ello, se recurre a un *análisis de sensibilidad*, que consiste esencialmente, en determinar la relación existente entre la variación del valor asignado a cada variable interviniente en el flujo de fondos, y el valor resultante de los indicadores de evaluación financiera.

Los pasos para el análisis de sensibilidad son:

- 1) Se elige una variable del flujo de fondos a la cual se le aplican distintas variaciones porcentuales (positivas y negativas) sobre su valor estimado originalmente, manteniendo todas las demás variables constantes.
- 2) Por cada variación porcentual que se aplica a la variable en cuestión, se recalculan los indicadores de rentabilidad del proyecto.
- 3) Las series formadas de esta forma se vuelcan a un gráfico bidimensional.

Los tres pasos anteriores se deben repetir para todas las variables que conforman el flujo de fondos. Una vez establecidas aquellas variables que tienen mayor importancia, en términos de riesgo, es necesario considerar los cursos de acción a adoptar, ya sea para reducir la incertidumbre relativa a la estimación que se ha hecho, o para minimizar las consecuencias negativas que estas variables puedan causar.

#### *4.6.1. Análisis de escenarios y puntos críticos*

Las variables que se consideran en el presente estudio son:

- Precio de venta de energía
- Tasa de interés de préstamo

En el análisis de puntos críticos se trata de analizar hasta donde se pueden modificar el valor de una o más variables para que el proyecto tenga como mínimo un VAN mayor a 0, una TIR mayor que 0 y un PRI aceptable.

El criterio de modificación de las variables en cuanto al precio de venta de energía consta de ir variando el mismo hasta conseguir dichas condiciones. En referencia a la tasa de interés se proponen tres escenarios, tasas del 7, 11 y 15%, valores seleccionados tomando en consideración distintos escenarios financieros que cursa el país frente a la situación de obtener préstamos en el exterior.

#### 4.6.2. Simulación

##### 4.6.2.1. Análisis de sensibilidad del proyecto

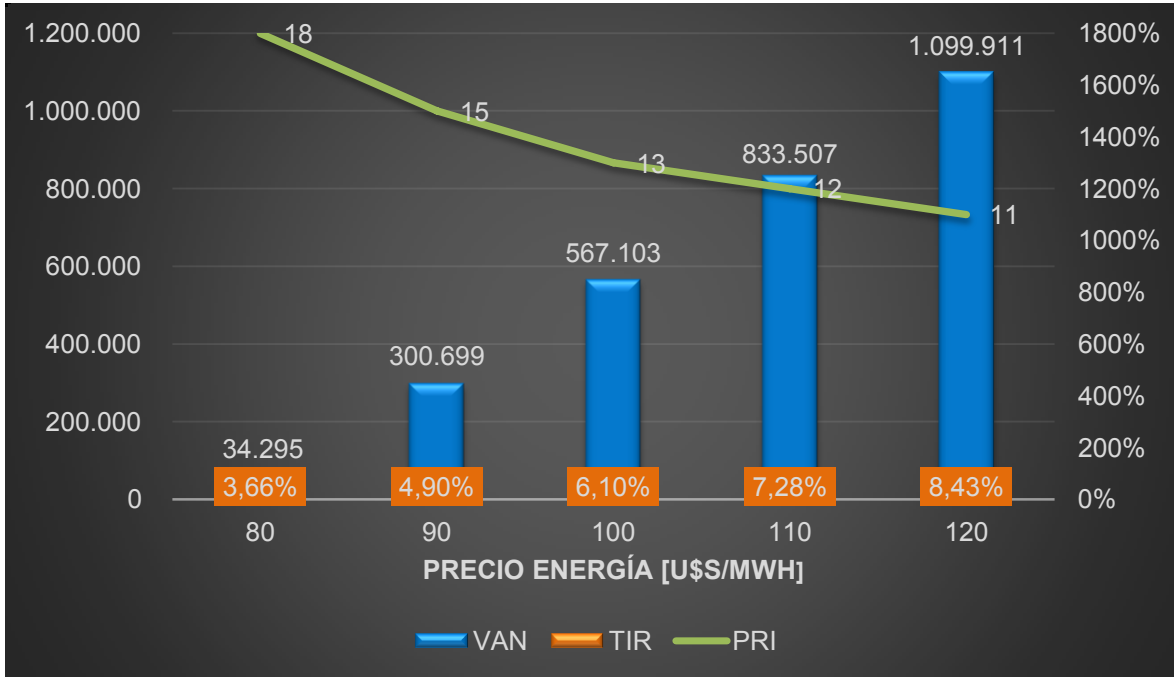


Figura 32. Gráfico de indicadores de rentabilidad del proyecto

Considerando que tanto el VAN y la TIR se mantienen positivos, el PRI se considera aceptable tomando un precio de venta de energía a partir de 100 [U\$/MWh].

##### 4.6.2.2. Análisis de sensibilidad del inversionista

**Caso A:** tasa de interés del préstamo igual a 7%.

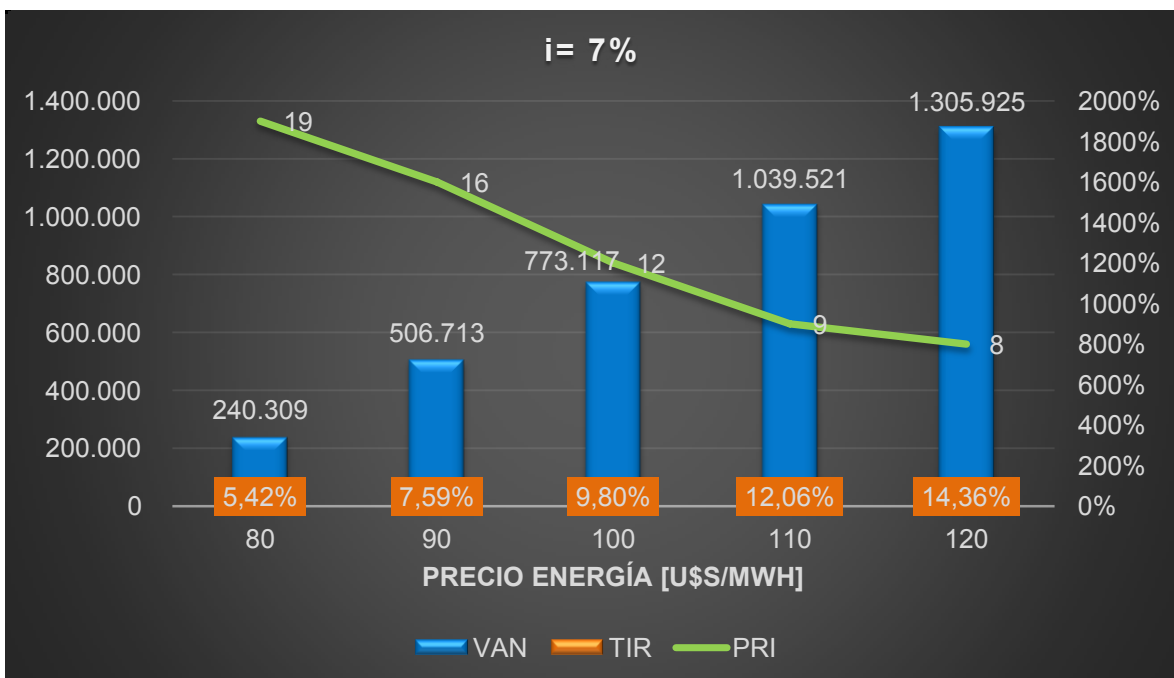


Figura 33. Gráfico de indicadores de rentabilidad del inversionista, caso A

**Caso B:** tasa de interés del préstamo igual a 11%.

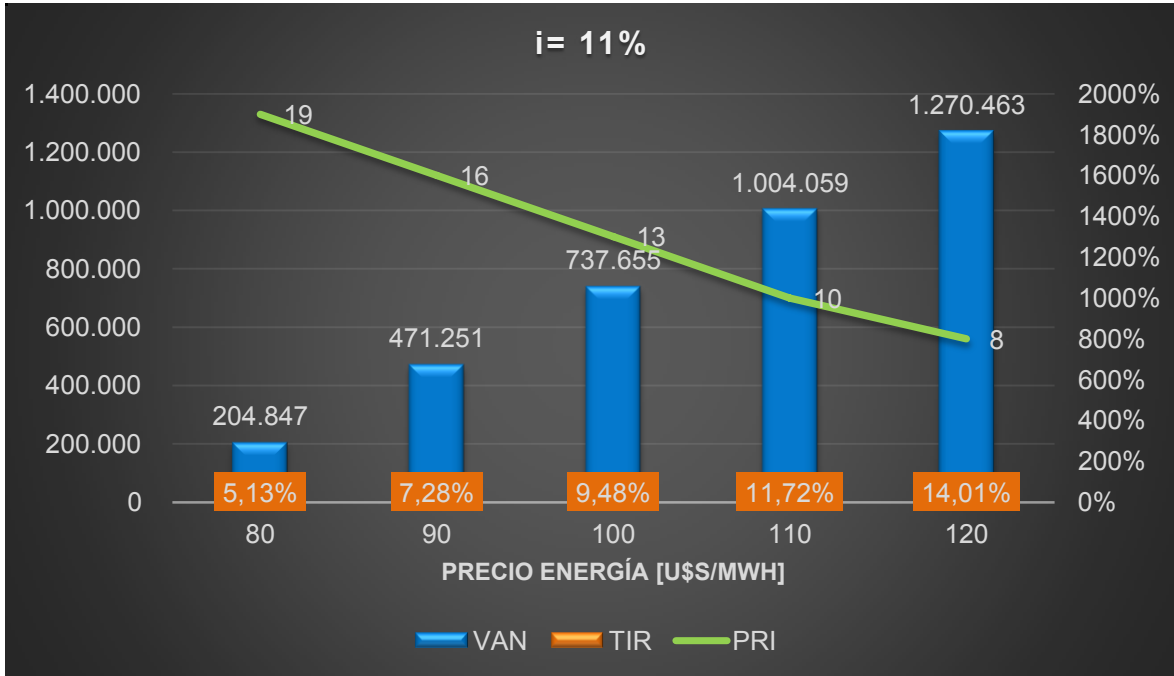


Figura 34. Gráfico de indicadores de rentabilidad del inversionista, caso B

**Caso C:** tasa de interés del préstamo igual a 15%.

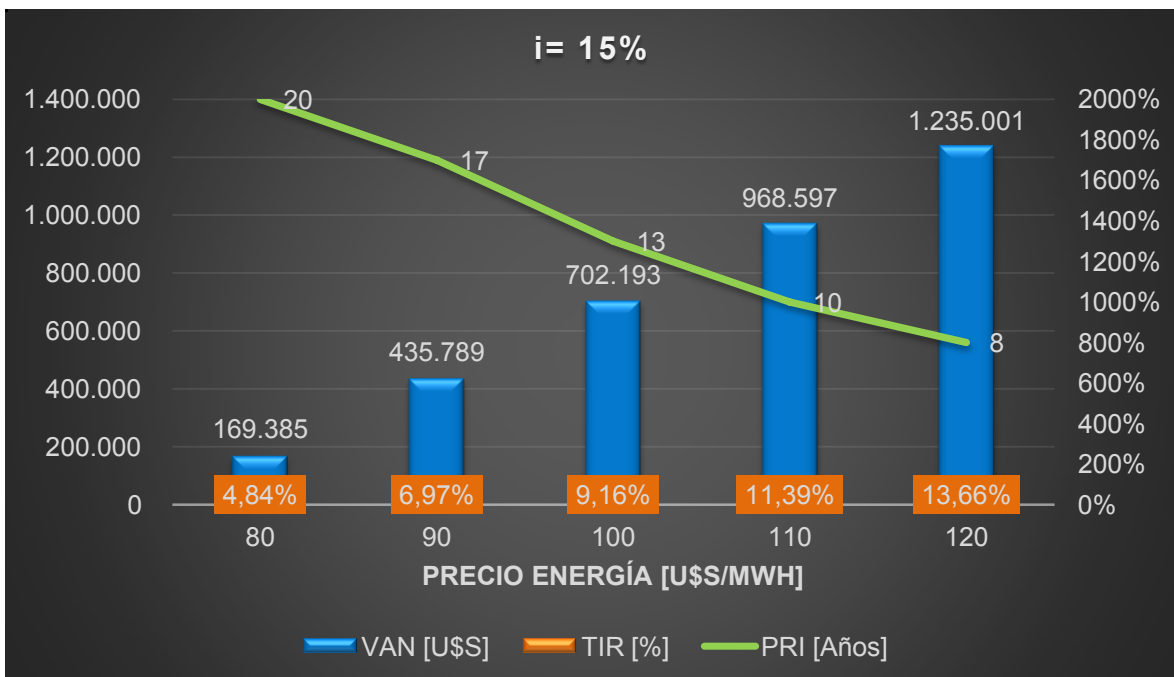


Figura 35. Gráfico de indicadores de rentabilidad del inversionista, caso C

Las conclusiones parciales que surgen para los tres escenarios propuestos son: para el caso A, tasa de interés del préstamo del 7%, el proyecto se considera

---

rentable para un precio de venta de energía a partir de 100 [U\$S/MWh]. Los valores de los indicadores son: VAN de U\$S 773.117, una TIR 9,80% y PRI de 12 años. Para el caso B, tasa de interés del préstamo del 11%, el proyecto se considera rentable para un precio de venta de energía a partir de 100 [U\$S/MWh]. Los valores de los indicadores son: VAN de U\$S 737.655, una TIR 9,48% y PRI de 13 años. Para el caso C, tasa de interés del préstamo del 15%, el proyecto se considera rentable para un precio de venta de energía a partir de 100 [U\$S/MWh]. Los valores de los indicadores son: VAN de U\$S 702.193, una TIR 9,16% y PRI de 13 años.

Las reflexiones que se desprenden son: si se recurre a la propia financiación el valor mínimo de venta de energía, para considerar el proyecto económicamente viable, es de 100 [U\$S/MWh], dado que para este precio el proyecto económico arroja un VAN de U\$S 562.730 y una TIR 6,08%, obteniendo un flujo acumulado positivo a partir del año 13.

Si se opta por el tipo de financiamiento 60/40, mediante un préstamo con las tasas supuestas en el presente estudio, en cualquiera de los casos el valor mínimo de venta de energía para considerar el proyecto económicamente viable, es también de 100 [U\$S/MWh]. Finalmente de los escenarios planteados lo conveniente es optar por una financiación 60/40 mediante un préstamo.

---

## 5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL

### 5.1. Marco legal

El marco legal lo componen la Ley Provincial 11.717 de "Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable" y el Decreto 101 que reglamenta los artículos 12, 18, 19, 20, 21 y 26 de la misma. El artículo 12 refiere a los mecanismos de participación ciudadana, los artículos 18, 19, 20 y 21 tratan el impacto ambiental y el artículo 26 trata las infracciones, sanciones e incentivos.

De acuerdo a lo establecido por el artículo 19 del Decreto 101 Reglamentario de la Ley 11.717, el responsable del proyecto debe presentar un estudio e informe de evaluación del impacto ambiental de todas sus etapas, conforme el artículo 21 de la mencionada Ley. El artículo 21 establece que la reglamentación brinda los procedimientos necesarios para el estudio de impacto ambiental (EIA) y de las Auditorías Ambientales.

### 5.2. Categorización del proyecto

El Anexo IV del Decreto 101, establece la siguiente fórmula que categoriza el proyecto:

$$FC = ER + CA + R + D + Lo$$

Donde:

FC: Fórmula de categorización

ER: Efluentes y residuos

CA: Clasificación de actividad

R: Riesgo presunto

D: Dimensionamiento

Lo: Localización

El resultado de la fórmula permite categorizar a los establecimientos en las siguientes categorías:

- Hasta 11: Establecimientos de 1° categoría
- De más de 11 a 25: Establecimientos de 2° categoría
- Mayor de 25: Establecimientos de 3° categoría

A continuación se presentan los valores asignados y su justificación.

---

Valorización de ER: se le asigna un valor de 0, encuadrada en el tipo 0.

Efluentes gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural. Efluentes líquidos: agua sin aditivos a temperatura ambiente. Efluentes sólidos y semisólidos: asimilables a domiciliarios.

Valorización de CA: se le asigna un valor de 5, encuadrada en actividad Standard 2.

Código: 401.19, generación de energía (Incluye la producción de energía eléctrica mediante fuentes de energía solar, biomasa, eólica, geotérmica, mareomotriz, etc.), según Anexo II del Decreto 101.

Valorización de R: se le asigna un valor de 2, correspondientes a incendio de equipamientos y explosión de transformadores.

Valorización de D: se le asigna un valor de 3, debido a que la PSF tiene una potencia instalada mayor a 500 [HP].

Valorización de Lo: se le asigna un valor de 2,5.

Zona industrial y rural, con carencias de servicios de agua, gas y cloacas.

El resultado de la categorización arroja una valorización de 12,5, lo que encuadra al proyecto en un *establecimiento de categoría 2*. Según lo establece el Artículo 21 del Decreto 101, "Los emprendimientos encuadrados en las Categorías 2 y 3, deberán presentar un Estudio de Impacto Ambiental (...)".

### **5.3. Evaluación del impacto ambiental**

#### *5.3.1. Planteo de la metodología de matrices*

La metodología que se adopta para la EIA es la de "matriz de importancia", la cual utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \pm(3 \times IN + 2 \times EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

La fórmula presentada le otorga un grado mayor de ponderación al atributo de "extensión" (EX) y un grado aun mayor al atributo "intensidad" (IN).

En función de este modelo, los valores extremos de la importancia pueden variar entre un mínimo de 13 y un máximo de 100. Según la variación, se califica al impacto ambiental de acuerdo a la siguiente escala: bajo o incompatible ( $I < 25$ ), moderado ( $25 < I < 49$ ), severo o alto ( $50 < I < 74$ ) y crítico ( $I > 74$ ).

---

Se explican los atributos y la cuantificación de cada uno, a continuación:

**Naturaleza (NA):** Hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

**Intensidad (IN):** Grado de incidencia de la acción sobre el factor. El baremo está comprendido entre 1 (afección mínima) y 12 (destrucción total), contemplándose situaciones intermedias.

**Extensión (EX):** Área de influencia teórica del impacto. Efecto puntual (1); en todo el proyecto (8); además se considera criticidad adicionando 4 al valor determinado. En este caso se considera 12 si se extiende más allá del proyecto.

**Momento (MO):** Plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo. Inmediato o corto plazo (4) si es inferior a 1 año; medio plazo (2) de 1 a 5 años; largo plazo (1) si su manifestación es mas allá de 5 años.

**Persistencia (PE):** Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición. Fugaz (1) si su efecto es menor a 1 año; temporal (2) entre 1 y 10 años; permanente (4) más de 10 años.

**Reversibilidad (RV):** Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir la posibilidad de retornar a la situación inicial. Se definen como: Corto Plazo (1) inferior a un año; Mediano Plazo (2) entre 1 y 10 años; Irreversible (4) mayor a 10 años.

**Sinergia (SI):** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. Si no es sinérgica con otras acciones sobre el mismo factor el atributo toma el valor 1, sinergismo moderado 2, altamente sinérgico 4.

**Acumulación (AC):** Da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste en forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Si no produce efectos acumulativos: 1; si es acumulativo: 4.

**Efecto (EF):** Se refiere a la relación causa - efecto. Es decir la forma de manifestación del efecto sobre un factor. Puede ser directo o primario (Valor 1) o indirecto o secundario (valor 2).

**Periodicidad (PR):** Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, puede ser irregular o aperiódico y discontinuo (valor 1); periódico (valor 2) o continuo (valor 4).

**Recuperabilidad (MC):** Probabilidad de reconstrucción por medios humanos, total o parcial del factor afectado. Si es totalmente recuperable (valor 1 o 2) según

sea de manera inmediata o a medio plazo; si el efecto es mitigable (valor 4) o irre recuperable (valor 8).

<b>NA: NATURALEZA</b>		<b>IN: INTENSIDAD</b>	
(+) Beneficioso	+1	(B) Baja	1
(-) Perjudicial	-1	(M) Media	2
		(A) Alta	4
		(MA)Muy Alta	8
		(T) Total	12
<b>EX: EXTENSIÓN</b>		<b>MO: MOMENTO</b>	
(Pu)Puntual	1	(L) Largo plazo	1
(Pa)Parcial	2	(M)Medio Plazo	2
(E) Extenso	4	(I) Inmediato	4
(T) Total	8	(C)Crítico <sup>(2)</sup>	+4
(C) Crítico <sup>(1)</sup>	+4		
<b>PE: PERSISTENCIA</b>		<b>RV: REVERSIBILIDAD</b>	
(F) Fugaz	1	(C) Corto Plazo	1
(T) Temporal	2	(M) Medio Plazo	2
(P) Permanente	4	(I) Irreversible	4
<b>SI: SINERGISMO</b>		<b>AC: ACUMULACIÓN</b>	
(SS) Sin sinergismo	1	(S) Simple	1
(S) Sinérgico	2	(A) Acumulativo	4
(MS) Muy sinérgico	4		
<b>EF: RELACIÓN CAUSA-EFECTO</b>		<b>PR: PERIODICIDAD</b>	
(I) Indirecto (secundario)	1	(I) Irregular o aperiódico y discontinuo	1
(D)Directo (primario)	4	(P) Periódico	2
		(C) Continuo	4
<b>MC: RECUPERABILIDAD</b>		<b>I: IMPORTANCIA</b>	
(In) De manera inmediata	1	Irrelevante	
(MP)A medio plazo	2	Moderado	
(M)Mitigable	4	Severo	
(I)Irrecuperable	8	Crítico	
<sup>(1)</sup> Si el área cubre un lugar crítico (especialmente importante) la valoración será cuatro unidades superior <sup>(2)</sup> Si el impacto se presenta en un momento (crítico) la valoración será cuatro unidades superior.			

Figura 36. Valores de los atributos utilizados por la metodología de matrices

### 5.3.2. Identificación y análisis de los impactos ambientales

#### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

- Habilitación de la instalación de obras
- Preparación del terreno y ejecución de caminos internos
- Construcción de canalizaciones para el cableado
- Movimientos de suelo
- Montaje de módulos fotovoltaicos
- Construcción de salas
- Desmantelamiento obras temporales
- Tendido de cables, conductores y conexiones

- Generación de residuos
- Disposición materiales sobrantes y limpieza final de obra
- Contingencias

#### ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Ensayos y puesta en marcha de la PSF
- Mantenimiento de la PSF
- Medición de parámetros
- Generación de residuos
- Contingencias

##### 5.3.2.1. Medio físico

#### **Geomorfología**

##### Etapa Construcción

Dadas las características geomorfológicas del sitio no se espera modificaciones importantes. Las actividades que tienen intervención sobre este factor, como los obradores, la construcción de los caminos de acceso e interiores, canalizaciones, pueden realizarse sin producir modificaciones sustanciales, dada la morfología existente. La limpieza y acondicionamiento se extienden a toda la superficie de afectación. Se acondicionará el camino de acceso y todo el predio donde irán los paneles y las instalaciones, los que afectarán a la morfología del relieve existente por remoción y nivelación a los efectos de adecuarlas a las necesidades del proyecto. La limpieza y el acondicionamiento de este predio, se extiende a la superficie de ocupación. No presenta una morfología irregular, sino que son terrenos llanos con pendientes suaves, por lo que no habrá necesidad de una intervención importante para la ejecución de las obras. La instalación y habilitación de obradores se realizará en algún sector del predio con acceso franco y no producirá afectación sobre las geoformas. El tránsito de maquinarias, equipos y personal durante la construcción no generará impactos importantes. Se estima que los pesos transportados no producirán afectaciones y aún más que se circulará ya por los caminos internos construidos. Las excavaciones son de poca profundidad, solo para las canalizaciones de cableado y desagüe, y bases de las estructuras de los paneles. La disposición de materiales sobrantes y la limpieza

---

final serán impactos compatibles con el medio. No se esperan contingencias que tengan efectos sobre este factor (derrumbes, hundimientos, colapsos, inundaciones, etc.).

#### Etapa Operación y Mantenimiento

Las afectaciones a este factor son nulas para esta etapa.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Los impactos sobre la geomorfología particularmente sobre la morfología del relieve serán muy localizados al área de ubicación de las canalizaciones y sectores de obras particulares (salas, áreas de construcciones de arquitectura, etc.).

Las recomendaciones para la protección son:

- Minimizar el corte, nivelación, remoción de suelos para la preparación del predio.
- Restaurar el contorno original de las geoformas y los patrones de escorrentía superficial.

### **Factor Suelo**

#### Etapa Construcción

Los impactos identificados en relación al suelo son esencialmente los que afectan sus propiedades físicas (compactación, remoción, alteración del drenaje) y químicas (a partir de derrames de aceites, lubricantes, aditivos o cualquier sustancia ajena a su constitución original). Durante la etapa de construcción el suelo se afectará negativamente en diferentes grados en sus aspectos físicos en particular, (no se esperan alteraciones químicas), por la mayoría de las acciones del proyecto. Éstas están relacionadas con la remoción y compactación que se producen en las tareas tales como acceso y caminos interiores, limpieza de zona de obra, instalación temporaria del obrador, excavaciones y acondicionamiento del terreno. En la construcción y adecuación del acceso y los caminos interiores, la afectación está dada por la eventual remoción de suelo para la construcción del perfil y los trabajos de compactación. Dada la escasa cobertura vegetal, las actividades de desmalezamiento y limpieza del predio tendrán una afectación importante en el sentido de que aportaban una estructura de sostén al mismo y de protección contra la erosión. El suelo se verá afectado en forma permanente

donde se instalen las estructuras de soporte de los paneles y las instalaciones de las salas de conversi3n/transformaci3n, maniobra y medici3n en MT y monitoreo. Los suelos del 3rea de obradores se ver3n afectados por compactaci3n y remoci3n. El sector destinado a almacenamiento de combustibles y lubricantes (en caso de contarse con este tipo de instalaciones en los obradores), es una fuente potencial de p3rdidas que pueden alcanzar el suelo si no se encuentran debidamente dispuestos con la consecuente afectaci3n de la calidad del mismo. Como se trata de instalaciones temporarias, los suelos podr3n ser remediados a la finalizaci3n de las tareas de construcci3n, si as3 ocurriera. Del mismo modo donde se ubiquen los grupos electr3genos, que ser3 la forma de trabajo durante la etapa de construcci3n.

En los sitios donde se realicen excavaciones, implica la remoci3n total del suelo generando as3 una afectaci3n directa, aunque puntual sobre el recurso. La eliminaci3n de la cobertura vegetal durante esas tareas aumenta las condiciones para que se produzcan procesos de erosi3n h3drica que pueden terminar de degradar la capa ed3fica. Siempre se implementar3 un sistema adecuado de drenaje que evac3e las aguas de lluvia en forma eficaz, tanto en el 3rea de trabajo como en zonas adyacentes. El suelo excedente se usar3 en el mismo predio, ubic3ndolo teniendo en cuenta estas consideraciones. Los residuos de todo tipo que puedan generarse durante las tareas de construcci3n (restos de hormigones, hierros, cables, maderas, restos de empaques, pl3sticos termocontraibles, etc.) afectar3n la calidad del recurso suelo si los mismos no son correctamente gestionados, en particular los filtros usados, trapos con hidrocarburos y/o pinturas, que constituyen residuos peligrosos y afectar3n la calidad del suelo. Ser3 importante considerar todas las medidas propuestas en el Plan de gesti3n Ambiental en relaci3n a la gesti3n de los residuos. Del mismo modo los efluentes sanitarios podr3an afectar la constituci3n natural de los suelos si no se gestionan adecuadamente. La limpieza final de obra implica tareas de restauraci3n, disposici3n de los elementos sobrantes de obra (acumulaciones de suelos en l3neas de drenaje, accesos y/o en sectores afectados por la actividad humana), lo que conlleva en todos los casos a una intervenci3n de tipo positiva. Las contingencias durante esta etapa, producidas por derrames, accidentes, podr3an derivar en afectaciones del suelo no tan acotadas, cuya reversibilidad del

---

efecto dependerá de la implementación adecuada del Plan de Contingencias que se presenta, para este tipo de eventos.

#### Etapa Operación y Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento y medición de parámetros, implicarán realizar recorridas con vehículos, y eventualmente maquinaria, etc. por los caminos internos generando esporádicas compactaciones del suelo. También se pueden producir potenciales derrames de combustibles y lubricantes de los vehículos y/o maquinarias.

La generación y disposición de residuos involucra un potencial impacto negativo, y se espera se implementen las recomendaciones del Plan de Gestión Ambiental.

Las contingencias por derrames de combustibles o, eventualmente, incendios a gran escala derivarían en afectaciones del suelo ya no tan acotadas. La reversibilidad del efecto dependerá de la implementación del Plan de Emergencia para este tipo de eventos, estimándose la importancia como severa y negativa.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Los impactos sobre el suelo serán muy localizados en toda el área de paneles e instalaciones, vías de acceso y caminos interiores.

Las recomendaciones para la protección son:

- Minimizar el tránsito de vehículos y maquinaria fuera de vías autorizadas y áreas de trabajo.
- Prevención y control de derrames.
- Gestión adecuada de todo tipo de residuos generados.

### **Aguas superficiales**

#### Etapa de Construcción

En las proximidades del predio donde se localizará la PSF, no se encuentran recursos hídricos superficiales cercanos, salvo un arroyo distante aproximadamente 1 km en dirección SE.

No se identifican impactos vinculados a los recursos hídricos superficiales, provocando cambios en los patrones de drenaje o bien cambios en su naturaleza química a partir del vuelco de combustibles, aceites, lubricantes o cualquier otra sustancia que pueda afectar su calidad.

Las tareas de acondicionamiento del predio, camino de acceso e interiores, así como las tareas de canalizaciones, instalación de estructuras y puesta en marcha de la PSF, funcionamiento del obrador, excavaciones, producirán una afectación nula sobre este factor.

Para el caso de la limpieza final de obra se evalúa un impacto positivo por cuando se efectuarán tareas de limpieza, disponiendo todos los sobrantes de obra eliminando acumulaciones de tierra en líneas de drenaje lo que implica una intervención positiva.

Las contingencias en esta etapa, producidas por derrames o accidentes a escala importantes, no derivarán en afectaciones del recurso agua superficial, y en ese caso dependerá de la implementación adecuada del Plan de Contingencias que se presente. En todos los casos se evalúa como negativa y crítica.

#### Etapa Operación y Mantenimiento

Durante la operación y mantenimiento, la inadecuada gestión de residuos sólidos podría afectar este recurso. Estos impactos se minimizarán en la medida en que se cumpla con el Plan de Gestión Ambiental. Las tareas de mantenimiento de la PSF, particularmente el uso del agua para el lavado de los paneles, previstos como mínimo una vez, y a lo sumo tres veces al año, no implicarán el uso del recurso de agua superficial, por las características específicas para el agua de limpieza. Las mediciones, monitoreos y trabajos de mantenimiento de los caminos interiores y del acceso producirán movimientos de vehículos en el predio pero no se esperan impactos sobre las aguas superficiales.

Las contingencias en la etapa operación y mantenimiento, son semejantes a las previstas para la etapa construcción, también producidas por derrames o accidentes a escala importante, no se esperan afectaciones sobre las aguas superficiales; sin embargo siempre se considerarán negativos y severos.

#### Conclusiones y recomendaciones

No se esperan afectaciones sobre el recurso hidrológico superficial. Las recomendaciones para la protección y gestión del agua superficial para el proyecto incluyen:

- Minimizar el tránsito de vehículos fuera de vías autorizadas y áreas de trabajo.

- 
- Restaurar los patrones de drenaje naturales en los sectores intervenidos que lo requieran.
  - Prevención y control de derrames.
  - Gestión adecuada de todo tipo de residuos generados.
  - La operadora del proyecto y/o contratistas deberán contar con la respectiva autorización del Departamento de Hidráulica, en caso que el abastecimiento de agua sea a partir de fuente de agua superficial.

### **Agua Subterránea**

En la zona donde se localiza el predio de la PSF, el nivel del agua subterránea se encuentra de en el orden de los 20 metros de profundidad. Por lo que no se considera como uno de los factores críticos a tener en cuenta, y se deberán gestionar cuidadosamente a los efectos de no producir impactos sobre este recurso.

### Conclusiones y Recomendaciones

Los impactos sobre las aguas subterráneas serán severos a críticos, en caso de producirse. Las recomendaciones para la protección del agua subterránea para el proyecto incluyen:

- Minimizar el tránsito de vehículos fuera de vías autorizadas y áreas de trabajo.
- Restaurar los patrones de drenaje naturales en las áreas intervenidas por el proyecto.
- Prohibir el lavado de vehículos, el cambio de lubricantes y la carga de combustibles en sectores que no se hayan adecuado y sectorizado.
- Prevención y control de derrames.
- Gestión adecuada de todo tipo de residuos generados.
- La operadora y/o contratista deberá contar con la respectiva autorización del Departamento de Hidráulica, en caso que el abastecimiento de agua se realice a partir de fuente de agua subterránea.

### **Aire**

---

En este caso se considera la afectación que producirán sobre este recurso algunas de las acciones para construir las obras, tanto por la generación de ruidos, como por las partículas en suspensión.

#### Etapa Construcción

Las tareas que implican movimientos de suelo, tales como construcción y adecuación de caminos de acceso, limpieza de la zona de obra, tránsito de maquinarias y equipos, excavaciones, generan polvo y partículas en suspensión que afectan de manera temporal la calidad del aire. Otro tanto ocurrirá con la generación de ruidos producidos por estas actividades que implicarán afectaciones al recurso aire. Los ruidos que se generarán estarán en el orden de los 80 a 90 dB. Valores normales de la actividad con máquinas y equipos. Estos impactos se evalúan como negativos, pero tienen la característica de ser transitorios, afectando el recurso puntualmente, cesarán de inmediato una vez concluida la actividad que los genera y además el predio se encuentra en una zona totalmente rural, por lo que no habrá afectaciones a poblaciones.

En caso de contingencias, aunque de baja probabilidad de ocurrencia, producida por explosiones, o incendios, etc. la importancia del impacto alcanzará un valor moderado de signo negativo.

#### Etapa de Operación y Mantenimiento

Durante la etapa de funcionamiento la calidad del aire no se verá afectada, por ninguna de las actividades previstas para esa etapa.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Por lo general, los impactos sobre el aire están muy localizados y son de corta duración. Las recomendaciones para la protección de la calidad del aire para el proyecto incluyen:

- Riego de los accesos y circuitos de circulación, para minimizar el polvo durante la construcción.
- Mantenimiento adecuado y preventivo del parque de equipos y vehículos a los efectos de minimizar las emisiones, tanto sonoras como de gases de combustión.
- Los proyectos de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos, evitan la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera como S, CO<sub>2</sub>, CO, Pb, etc., ya que introducen a la red nacional energía limpia generada

---

con radiación solar y evitan la generación de electricidad mediante otras fuentes energéticas como la nuclear, carbón y derivados del petróleo. Esta generación mediante energías sustentables mejora la calidad del aire.

## **Flora**

### Etapa Construcción

Será necesario efectuar tareas de remoción de cobertura vegetal. Si bien los porcentajes de cobertura vegetal son escasos, será necesario realizar la limpieza en toda la superficie del predio. Se considera que la afectación sobre la flora es importante, de carácter permanente e irreversible. Además de la eliminación de la vegetación, se tienen impactos relacionados el paisaje natural por la eliminación de vegetación nativa. Estos impactos son permanentes y de intensidad media.

### Etapa Operación y Mantenimiento

Los impactos potenciales para la flora en esta etapa resultarán del mantenimiento y limpieza de zona de paneles, debiendo ser realizadas con prácticas de manejo responsable para la contratista que realice la actividad. Las acciones de operación y mantenimiento del parque solar, no producirán afectaciones a la flora.

### Conclusiones y Recomendaciones

Las recomendaciones para la protección y conservación de la flora y vegetación para el proyecto incluyen:

- La remoción de la vegetación deberá hacerse con sumo cuidado a fin de afectar los especímenes estrictamente necesarios, respetando la superficie de afectación específicamente y llevando ésta a su mínimo posible.

## **Fauna**

### Etapa Construcción

Los principales impactos inmediatos sobre la fauna, están relacionados con el desplazamiento de la fauna existente por el desmalezamiento de la vegetación que conforma su hábitat. El movimiento de maquinarias, vehículos y personas redundarán en ruidos y polvo que puede ahuyentar a ciertas poblaciones de fauna residentes. Este impacto es moderado y temporal.

### Etapa Operación y Mantenimiento

En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto más significativo para la fauna está relacionado con el riesgo de generación de un nuevo hábitat algunos animales como: ratones, y arácnidos que pueden encontrar condiciones adecuadas para su desarrollo.

En lo que respecta a las contingencias, eventualmente de ocurrir generará un impacto negativo y severo.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Las recomendaciones para la protección y conservación de la fauna, para el proyecto incluyen:

- Durante la etapa de construcción evitar en los obradores la presencia de animales domésticos.
- Prohibición absoluta de la portación de armas y de la caza de cualquier tipo de especie de la fauna nativa.

#### 5.3.2.2. Medio social

##### **Paisaje y Usos del Suelo**

En lo que hace al paisaje, los impactos visuales incluyen cambios en los escenarios y la respuesta del observador a dichos cambios. La respuesta del observador a dicho impacto será indefectiblemente subjetiva. Las PSF ocasionan un impacto importante sobre el paisaje y los escenarios, pudiendo alterar un medio ambiente visual existente al agregar nuevos elementos visuales y/o modificando o eliminando recursos visuales existentes. Además se requiere de una superficie de 2,2 hectáreas.

##### Etapa Construcción

La importancia ambiental de los impactos en este caso resulta para la mayoría de las acciones de signo negativo, a excepción de las acciones de limpieza final de las obras que resultan de signo positivo.

##### Etapa de Operación y Mantenimiento

Durante esta etapa se considera un impacto visual importante, ya que la fisonomía del paisaje estará totalmente alterada con la presencia de los paneles. Del mismo modo el uso de suelo, que a partir de la creación de la PSF, estará totalmente afectado a la generación de energía sin posibilidad alguna de interactuar con otras actividades en el mismo predio.

---

Como mitigación de este impacto, está en la elección del predio, en un sector rural. Es totalmente compatible con otras actividades que pueden desarrollarse en zonas aledañas.

### Conclusiones y Recomendaciones

Las afectaciones sobre el paisaje son generalmente moderadas a fuertes, de signo negativo y permanente. Las recomendaciones para la protección y conservación del paisaje para el proyecto incluyen:

- En lo posible evitar la ubicación del emprendimiento en sitios de alto valor histórico o cultural.

### **Servicios Ecosistémicos o Ambientales**

Se definen como servicios ecosistémicos los beneficios que proveen los ecosistemas a los seres humanos. El concepto de servicios ecosistémicos (también llamados servicios ambientales), es importante para el manejo de los ecosistemas, dichos servicios puede considerarse verdaderos indicadores de la calidad o capacidad de un ecosistema para la provisión de un beneficio específico a un actor social determinado.

### Etapa de Construcción y Operación y Mantenimiento

La construcción y operación de la PSF cambiará los valores estéticos del paisaje, afectando su calidad natural con un aspecto adverso para las personas que pongan alto valor en paisajes naturales. Sin embargo, para otras personas, la presencia de las obras, tendrá un valor positivo, como símbolo de desarrollo socioeconómico de la región.

### Conclusiones y recomendaciones

Para este proyecto no se consideran los impactos sobre los servicios ecosistémicos.

Las recomendaciones son:

- En lo posible, evitar la ubicación de PSF en sitios de alto valor histórico o cultural.
- Restaurar la cobertura vegetal en las áreas de trabajo y vías temporarias.

### **Población y Viviendas**

#### Etapa construcción

---

Dado que el predio no está en un área urbana, sino en un área netamente rural, aunque a una distancia del orden de los 11 km de la localidad de Las Rosas (zona urbana), se entiende que se producirán probablemente, más interferencias en el tránsito, cuando se efectúe el transporte de paneles en particular, y del equipamiento de los centros de transformación, sobre la Ruta Nacional N° 178. Se estima una afectación de signo negativo moderado, totalmente reversible y transitorio.

#### Etapa Operación v Mantenimiento

Se entiende que una vez operativo el parque solar se producirá un impacto positivo, de intensidad baja y permanente, dado que la interconexión eléctrica en todo un sistema permitirá una distribución energética a mayor cantidad de hogares y a su vez el desarrollo de otras actividades, por lo que directa e indirectamente se producen efectos positivos sobre la población. También porque una mayor disponibilidad de energía, facilita el desarrollo de otros emprendimientos, de tipo productivo, industrial o turístico.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Las recomendaciones están relacionadas con la optimización del mantenimiento de la PSF, de modo tal que todo el sistema integrado permita un mejor y sustentable desarrollo energético.

### **Generación de Empleos**

#### Etapa construcción

Las diferentes tareas en la etapa de construcción de la obra son fuentes de trabajo que se generan, razón por la cual son considerados como impactos positivos aunque son de carácter temporal y de incidencia a nivel local. Se generará una demanda directa de mano de obra para las actividades de construcción, así como un incremento de la demanda indirecta de puestos de trabajos y/o un incremento de la cantidad de horas/hombre por la provisión de bienes y servicios para la construcción del presente proyecto.

#### Etapa de Operación y Mantenimiento

La medición de parámetros, monitoreos, mantenimiento y generación de residuos en este caso se toma como un valor positivo bajo como solicitud de servicios. Las contingencias se estima que pueden alcanzar en caso de ocurrencia de una

---

demanda temporal para asistir en las actividades de remediación, un valor positivo y bajo.

### Conclusiones y Recomendaciones

Los impactos sobre generación de empleo serán generalmente positivos y en la mayoría de los casos temporales.

Las recomendaciones para potenciar los impactos positivos de la generación de empleos para el proyecto incluyen:

- Considerar que se dé preferencia a la mano de obra local de las comunidades aledañas (Las Rosas, Las Parejas entre otras).

### **Actividades Económicas**

#### Etapa Construcción

El balance del impacto se estima como positivo, ya que la construcción de la PSF, en sí mismo se considera beneficioso para la actividad socioeconómica de la región, en particular por el requerimiento de distintos servicios. También se incrementa la demanda de servicios conexos, como transporte de áridos, combustibles y lubricantes, materiales y equipos, retiro de residuos, servicios de consultoría y control interno, demanda de equipos de seguridad, telecomunicaciones, etc. Se considera que la actividad comercial de algunos sectores aledaños a la localización de la PSF, podrán favorecerse temporariamente durante la construcción de la misma. Se consideran impactos positivos, moderados y temporarios para la etapa de la construcción.

#### Etapa de Operación y Mantenimiento

En la etapa operación y mantenimiento existe relación estrecha entre la vigilancia del parque solar, para su correcto funcionamiento y la disposición de residuos que se generen con estas acciones. Se generarán impactos positivos de intensidad moderada.

### Conclusiones y Recomendaciones

Las recomendaciones para potenciar los impactos positivos sobre actividades económicas para el proyecto incluyen:

- 
- Considerar un plan de contratación y adquisición local que dé preferencia a empresas y proveedores de bienes y servicios locales.

## **Infraestructura Existente**

### Etapa Construcción

Durante la etapa de construcción, la infraestructura existente cercana al área de localización de la PSF no se verá afectada. La instalación del obrador, generación de residuos es de signo negativo, bajo y transitorio, en cambio la limpieza final de la obra se evalúa como de signo positivo moderado.

### Etapa de Operación y Mantenimiento

En esta etapa las acciones de mantenimiento y operación de la PSF no producirán afectaciones sobre la infraestructura existente.

### Conclusiones y Recomendaciones

Previo al inicio de la construcción, se deberá comunicar a todas las instituciones, organismos oficiales y potenciales afectados a los fines de documentar las condiciones de la infraestructura a ser afectada por el proyecto y acordar las compensaciones necesarias.

## **Arqueología y Paleontología**

El patrimonio arqueológico y paleontológico es un bien único y no renovable cuya propiedad pertenece a la sociedad. Cualquier obra donde se realicen movimientos de suelos es potencial generadora de impactos negativos sobre estos bienes. Sin embargo, a partir de consultas realizadas, se determina la inexistencia de antecedentes de bienes culturales, históricos, arqueológicos y paleontológicos en la zona del proyecto. Si, como producto de las acciones de obra, se encontraran estos elementos de alto valor cultural, en ese caso el impacto tiene las siguientes características:

- Es directo: porque ocurre en el mismo tiempo y lugar
- Es discreto: porque la acción ocurre en un solo evento en el espacio-tiempo
- Es permanente: porque el impacto ocasionado se manifiesta a lo largo del tiempo

- Es irreversible; porque una vez impactados, los bienes arqueológicos, históricos, culturales pierden una de sus características esenciales, el contexto. Los bienes recuperados fuera de su contexto no pueden proveer información relevante

Según este criterio, entonces se generaría un impacto negativo severo y permanente.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Las recomendaciones para proteger los recursos arqueológicos y paleontológicos para el proyecto incluyen:

- Previo al inicio de la construcción, diseñar un procedimiento de hallazgos o descubrimientos fortuitos para proteger cualquier recurso arqueológico o paleontológico que se pudiera encontrar durante las actividades de construcción.
- Se sugiere la presencia de un experto durante las primeras instancias de la obra, como son limpieza, nivelación y las primeras excavaciones, para detectar posible presencia de recursos culturales y toma las acciones pertinentes.

#### *5.3.3. Matriz de importancia*

Del análisis de la matriz se pueden inferir las siguientes conclusiones: durante la etapa de construcción, el medio físico es el de mayor afectación, particularmente el relacionado con las propiedades del suelo, la presencia de partículas en suspensión en el aire, la extracción de la cobertura vegetal y en menor medida la contaminación sonora y el desplazamiento de la fauna existente. Del medio socio-económico el elemento más afectado durante la etapa de construcción es la posibilidad de afectación de los bienes arqueológicos y/o paleontológicos. El medio socio-económico es el más beneficiado durante las etapas de construcción y operación y mantenimiento de la PSF.

Se puede inferir de la matriz de importancia, que los impactos en general son moderados y manejables de modo que se pueden atenuar sus efectos durante la etapa de construcción, de acuerdo a la valoración analizada previamente (impactos moderados en el orden de 25 a 50) y que los beneficios de la generación de energía a partir de un recurso disponible e inagotable como la

---

energía solar, representa una ventaja económica, con potencial de desarrollo económico y turístico para las poblaciones cercanas y con una incidencia importante desde el enfoque de sustentabilidad ambiental.

**En vista de estas consideraciones podemos asumir que el proyecto es ambientalmente factible.**

En la siguiente página se expone la matriz de importancia.

## **5.4. Plan de gestión ambiental**

### *5.4.1. Objetivos*

El plan de gestión ambiental (PGA) tiene como fin garantizar minimizar el impacto ambiental ocasionado en la etapa de obra en construcción de la PSF. Para implementar este plan se deberá adoptar los procedimientos más adecuados para mitigar, minimizar y/o eliminar totalmente los impactos. El PGA contiene medidas para el manejo ambiental, en las actividades impactantes en dicha etapa, que pueden ser directa o indirectamente relacionadas.

### *5.4.2. Responsabilidad y funciones*

La cooperativa cumplimentará las normativas vigentes en los órdenes nacional, provincial, municipal y/o de organismos de regulación y control que resultaren de aplicación al proyecto y a su ejecución. Será responsable del cumplimiento de las normas ambientales, tanto por parte de subcontratistas y de cualquier otra persona de que se valga para la ejecución del proyecto. La gestión se basará en el compromiso de evitar, mitigar o compensar los impactos causados por el proyecto. El personal afectado a la obra será informado y capacitado por la cooperativa sobre los aspectos ambientales que estén involucrados directa o indirectamente de su accionar.

### Programas

Existen diversos programas que deben ser ejecutados en los distintos niveles en la ejecución de la obra en función de los impactos identificados.



---

#### 5.4.2.1. Programa de seguimiento y control

La cooperativa deberá gestionar las siguientes autorizaciones, como generales de obras:

- Factibilidad de uso del suelo
- Autorización para captación de agua
- Instalación del Obrador - Permiso municipal
- Disposición de residuos sólidos de carácter domésticos (RSU)
- Disposición de efluentes líquidos
- Disposición de materiales sobrantes de obra: escombros
- Disposición de residuos peligrosos: se deberá efectuar la inscripción como generador de residuos peligrosos para la provincia de Santa Fe
- Continuación de la construcción después de hallazgos relacionados con al Patrimonio Cultural, incluidos yacimientos arqueológicos y/o paleontológicos

#### 5.4.2.2. Programa de capacitación ambiental

El Programa de Capacitación incorpora aspectos que permitirá que el personal tenga compromiso en la protección del ambiente e implemente medidas de mitigación:

- La empresa realizará la capacitación al personal afectado directa e indirectamente en la obra
- El programa seguirá un temario con los factores ambientales afectados al proyecto y al manejo de contingencias

El plan de capacitación tendrá un temario que puede ser ajustado según las necesidades, una vez iniciada la obra y a los requerimientos resultantes del proceso de evaluación de impacto ambiental por parte de las autoridades del Ministerio de Medio Ambiente - Santa Fe.

#### Programa de Capacitación:

- Inducción de normas y leyes básicas
- Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos
- Manejo y disposición de residuos peligrosos
- Normas de protección del recurso suelo, agua, flora y fauna

- Plan de capacitación frente a contingencias y emergencias

Existirá un responsable ambiental, quien realizará las capacitaciones y charlas tendientes a concientizar al personal que participará en la obra. Con el objetivo de conservar los recursos naturales y la aplicación de medidas y técnicas de mitigación y la implementación de los planes de contingencias pertinentes.

El aporte de información oportuna apoya la toma de conciencia en los trabajadores acerca de las prácticas para prevenir la contaminación y proteger el ambiente natural, se les dará un rol partícipe en la gestión ambiental.

#### 5.4.2.3. Programa de obradores

La cooperativa localizará el obrador de acuerdo al predio y al espacio disponible, teniendo en cuenta que su actividad afecte mínimamente al medio. El obrador deberá tener espacio suficiente para el almacenaje de residuos transitorios urbanos y peligrosos, además de las áreas funcionales y sanitarios.

- Todo el obrador deberá ser del tipo de construcción prefabricadas
- Se vallará todo el sitio de obra durante la construcción. Este vallado podrá ser con tela media sombra u otro similar
- En el obrador se dispondrá de baños químicos
- Está prohibido arrojar desperdicios sólidos, que no sea en el sitio de obrador dispuesto, señalizado y seguro. Los mismos serán trasladados por una empresa autorizada por el Ministerio de Ambiente de Santa Fe, para ser llevado a disposición final
- Se definirá en el área del obrador, un sitio específico para el depósito de los residuos de carácter doméstico asimilables a residuos sólidos urbanos
- Se dispondrá de contenedores para realizar tareas de separación de residuos para orgánicos y otro para inorgánicos
- Todo equipo en reparación se realizara fuera del predio en establecimientos habilitados por el municipio perteneciente, y el mantenimiento de fluidos en los equipos será llevado a talleres externos cuyo certificado de disposición final de los hidrocarburos sean presentados, esto también será exigido a maquinaria y transporte externos afectados a la obra

- Los combustibles necesarios para el trabajo se cargarán en el sitio por equipamientos homologados
- Existirá un estacionamiento para vehículos de calle y otro para maquinarias
- Se dispondrá de un sitio específico para el lavado de máquinas, con el tratamiento de efluentes necesarios para recuperar el agua y los detergentes utilizados
- Cerrada la obra el sitio donde funcionaba el lavado y el obrador, se procederá a remover el suelo si se detectan niveles de contaminación, para tal se deberá disponer de un lugar de tratamiento autorizado
- El Decreto Provincial 1844/02 - Reglamentario Ley 11717 define los residuos peligrosos que serán tratados como tales y llevado a disposición final por los medios que la ley lo demanda
- El obrador deberá tener equipos de extinción de incendio según su carga de fuego y equipo de primeros auxilios
- La empresa deberá disponer de un encargado de Higiene y Seguridad Laboral
- La empresa deberá mantener la limpieza y el higiene de sus instalaciones
- Es posible dados los lugares a operar, que se encuentren vectores (roedores, insectos), lo que hace necesaria la aplicación de medidas que minimicen dicho efecto. Se considera la contratación de un servicio de exterminio, a fin de realizar dichas tareas de manera periódica sobre la base de las necesidades observadas
- Una vez terminados los trabajos se deberán retirar del área del obrador, todas las instalaciones fijas o desmontables que la empresa hubiera instalado para la ejecución de la obra, como así también eliminar, por medio de empresas habilitadas, las chatarras, escombros, cercos, divisiones, rellenar pozos, desarmar o rellenar las rampas para carga y descarga de materiales, maquinarias, equipos, etc.

#### 5.4.2.4. Emisiones al aire

La calidad del aire de la zona se verá afectada moderadamente por los movimientos de maquinarias y vehículos, material en suspensión que derive de los trabajos en las maniobras propias de las obras.

- Se controlarán las emisiones de gases, generación de ruidos de las máquinas
- Durante la fase de construcción, como medida de mitigación todo material trasladado deberá ser correctamente tapado
- Las emisiones de polvo procedentes de las operaciones de carga y descarga, se mitigará mediante el rociado y humedecidos con agua, particularmente en los sectores donde se detecte mucho polvo en suspensión, sin llegar a generar otros efectos indeseables como encharcamientos o barro, o uso desmedido del agua subterránea
- En todo momento se deberá respetar los valores máximos de emisión, según la SRT, además el personal afectado directamente a ruidos deberá hacer uso obligatorio los respectivos elementos de protección personal (EPP). Además el personal está obligado a realizarse periódicamente estudios clínicos según la disposición de la Súper Intendencia del Riesgo del Trabajo

#### 5.4.2.5. Programa de salud y seguridad industrial

El programa es aplicable a todos los trabajadores directos, contratistas y a cualquier persona que ingrese al área de trabajo del proyecto, con autorización de la empresa.

Se implementará de medidas de Higiene y Seguridad propuesta en este documento, asegurando que se cumplan los estándares relacionados con salud y seguridad para todas las operaciones del proyecto.

- Salud e Higiene Ocupacional
- Alcohol y drogas
- Levantamiento de cargas
- Ropa y Equipo de Protección Personal (EPP)
- Manipulación y almacenamiento de materiales peligrosos
- Lineamientos particulares de Seguridad y Salud durante la construcción

#### 5.4.2.6. Programa de residuos

Mediante la tecnología y medidas tendientes a minimizar la generación de residuos, aplicando la reutilización, el planeamiento, el reciclaje y finalmente la

---

disposición final del residuo en lugares autorizado por el Ministerio de Medioambiente de la provincia de Santa Fe.

La legislación establece la prohibición de la descarga y disposición de efluentes y residuos que puedan producir una alteración en las condiciones naturales del ambiente, ya sea en forma permanente o temporaria sobre el aire, suelo, cursos de agua, seres vivos, bienes o cosas, paisaje o patrimonio cultural, que puedan afectar la salud, higiene o bienestar público en forma directa o indirecta o que puedan constituir un impedimento para el aprovechamiento del cuerpo receptor, tanto económica como estéticamente.

- Se instalarán contenedores tapados para el retiro de los escombros y residuos generados por la obra, lo que serán retirados con la frecuencia necesaria
- De la limpieza de las tareas preliminares (limpieza del terreno y desmonte en obradores y predio de proyecto), se recuperarán los elementos que puedan ser reusados, y los considerados como residuos serán gestionados de acuerdo a la legislación vigente, y a su naturaleza
- Todos los contenedores deberán estar señalizados con su tipo de material admisible y de fácil acceso los del tipo domiciliario
- Se dispondrá de un sector para el acopio de escombros con contenedores para su posterior transporte de fácil acceso para el camión transportador y además estará debidamente señalado
- Los residuos peligrosos que se generen durante la etapa de obra, se gestionarán de modo de disponerlos en los contenedores específicos, ya sean residuos peligrosos líquidos o sólidos
- El sector de residuos peligrosos tendrá una batea de contención del 110% de su capacidad impermeabilizada de modo que si se producen derrames estos sean contenidos, evitando posibles contaminaciones del suelo
- Se realizará el transporte y disposición final de los residuos peligrosos con transportista y operadores habilitados por el Ministerio de Medioambiente de la provincia de Santa Fe
- Se verificará diariamente la limpieza y el correcto depósito de los residuos generados en el obrador

- Está prohibido incinerar residuos o realizar enterramiento en ningún lugar

#### 5.4.2.7. Programa de protección del recurso suelo, agua y aire

- No se permitirá la acumulación de material suelto
- Si existiese vertidos accidentales los suelos contaminados serán retirados y traslado para ejecutar su disposición final
- La empresa deberá velar por la seguridad en la construcción de la obra para impedir la contaminación de suelos, bajadas de agua, accesos y rutas por donde se transite
- La maquinaria deberá tener certificado por el representante técnico de la marca que notifique el perfecto estado y sello de los fluidos
- Se dará capacitación para la carga de hidrocarburos en la planta
- El mantenimiento y reparación se realizará fuera del predio en talleres autorizados por el municipio, en caso de tratarse de reparaciones menores se cuenta con un área específica con piso recubierto de nylon impermeable
- El hormigón se deberá contratar elaborado mediante camiones bombas, en caso de pequeñas construcciones se deberá disponer de lugar apropiado para los áridos
- La empresa dispondrá de un tanque que deberá contar con todos los elementos de seguridad, batea de contención, señalización, accesos, etc.

#### 5.4.2.8. Programa de comunicaciones a la comunidad

Se deberá comunicar de manera eficaz a la comunidad de la zona y al personal involucrado durante la ejecución de las obras y las autoridades competentes (a nivel provincial y municipal), entidades intermedias, gubernamentales y no gubernamentales, respecto de los planes y acciones previstas y a desarrollar durante la etapa de construcción. Se organizarán reuniones de carácter informativo abierto a la comunidad y se informará acerca de la importancia y el significado de la energía solar. Se deberá implementar un registro de sugerencias y quejas que deberán ser evaluadas una vez al mes por el directorio o autoridades. Se informará de manera transparente las contrataciones y el compromiso con el ambiente de los proveedores.

### 5.5. Plan de monitoreo

El programa de monitoreo estará basado en el seguimiento de las medidas de mitigación propuestas y el cumplimiento de las mismas por parte del responsable de ambiente de las empresas contratistas.

#### 5.5.1. Atmósfera

Impacto: contaminación por emisión de polvo fugitivo durante la fase de construcción.

Objetivo: verificar la correcta implementación de las medidas de mitigación aplicadas a los efectos de reducir el polvo fugitivo.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Control de la emisión de polvo	Partículas en suspensión	Trimestral

Impacto: ruido.

Objetivo: desarrollar un programa de seguimiento de ruido mediante evaluación de las fuentes de emisión en el predio de la instalación y fuera.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Control de presión acústica en equipos y horarios de utilización	IRAM N° 4062/01	Trimestral

#### 5.5.2. Suelo

Impacto: contaminación del suelo por residuos peligrosos.

Objetivo: control de planes de manejo de residuos peligrosos y evaluación de manifiestos de residuos peligrosos según Decreto Provincial 1844/02 - Reglamentario Ley 11717.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Gestión de residuos peligrosos	Cantidad de residuo peligroso Cantidad de recipientes Validación de manifiestos	Mensual

Impacto: contaminación del suelo por sustancias peligrosas.

Objetivo: disponer de un programa de seguimiento de la contaminación del suelo por hidrocarburos líquidos.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Auditoria de cierre y abandono de obrador	Registros fotográficos previos y posteriores a la obra	Al cierre de obra

**Impacto:** Contaminación del suelo por residuos no peligrosos.

**Objetivo:** ejecutar el plan de manejo de residuos domésticos.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Plan de residuos urbanos	Cantidad de residuo Período de recolección Cantidad de contenedores y ubicación Remitos de despachos	Mensual

### 5.5.3. Agua

**Impacto:** contaminación de aguas superficiales.

**Objetivo:** ejecución de programa de monitoreo de la calidad de agua superficial.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Control de efluentes Plan para manejo eficiente del agua	Temperatura PH Sólidos en suspensión totales Hidrocarburos de petróleo totales (HTP)	Trimestral

**Impacto:** contaminación de aguas subterráneas.

**Objetivo:** ejecución de programa de monitoreo de la calidad de agua subterránea.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Control de efluentes Criterios de explotación de agua Gestión de residuos Análisis de agua para consumo humano	PH Conductividad Arsénico Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	Trimestral

### 5.5.4. Flora y fauna

**Impacto:** muerte de animales en el predio y alrededores a la instalación de la PSF.

**Objetivo:** contabilizar registro de animales muertos o lastimados.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Registro animales muertos y posibles causas	Cantidad de animales y especies nativas	Mensual

Impacto: destrucción de la cobertura vegetal.

Objetivo: establecer mecanismos para verificar el cumplimiento de las medidas destinadas a minimizar el impacto sobre la cubierta vegetal y restaurar el ecosistema.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Plan de recuperación de suelo	Cantidad y variedad de flora salvaje	Bimestral

#### 5.5.5. Social

Impacto: molestias a localidad cercana.

Objetivo: ejecutar el plan de comunicación social.

MEDIDA	INDICADOR	FRECUENCIA
Plan de comunicación social	Registros de sugerencias, denuncias y demandas	Mensual

### 5.6. Plan de contingencias

Las medidas preventivas tienen como objetivos identificar potenciales riesgos que involucra el proyecto, como así también establecer medidas para su control en las etapas de construcción, operación y cierre. Estas medidas deben involucrar a quienes participen del proyecto, es decir empleados de la empresa, contratistas y proveedores.

#### 5.6.1. Medidas de prevención generales

La operación y mantención preventiva y correctiva de las maquinarias, materiales y equipos a utilizar en el proyecto será realizada por personal calificado, debidamente capacitado y entrenado para ejercer estas funciones. El grupo encargado de Higiene y Seguridad y Ambiente verificará sistemáticamente si la normativa está referida a aspectos relacionados con las condiciones ambientales, Higiene y Seguridad y prevención de riesgos.

Se prohíbe hacer fuego, y donde exista carga de fuego y/o fuentes de calor, se deberá calcular y proveer extintores, que estén bajo normas IRAM y contar con certificado vigente.

RIESGO IDENTIFICADO
Derrame de sustancias peligrosas
Afectación de elementos materiales de valor patrimonial
Generación de efluentes líquidos
Incendio dentro y fuera del predio
Accidente de tránsito dentro y fuera del predio
Accidentes laborales
Eventos de carácter natural

### 5.6.2. Plan de emergencias

EMERGENCIA
Derrame de sustancias o residuos peligrosos
Incendio
Emergencia eléctrica
Accidente grave en obra
Accidente fatal
Accidente de tránsito
Otras

#### 5.6.2.1. Incendios

- Siempre que se pueda y no signifique un riesgo para la persona, el incendio debe ser atacado por el que lo detecta, de forma de contener las llamas para que no se expandan por medio de extintores, arena, agua, etc.
- Siempre se deberá informar de un incidente al encargado de Higiene y Seguridad.
- En caso de incendio de mayor magnitud o fuera de control se deberá dar aviso inmediato a personal de bomberos.
- Todo el personal que trabaje en las obras, será capacitado sobre las formas de combatir el fuego y el uso apropiado de extintores.
- Se enviará a personal del Servicio Médico y la ambulancia en caso de incendio con afectados.
- Se pondrá en marcha el plan de evacuación y se deberá evacuar al personal hacia el punto de reunión.

---

### 5.6.2.2. Fugas, pérdidas o derrames en tierra

En los sectores con riesgo de derrame se debe contar con kit anti – derrame y en caso de ser necesario el residuo resultante se trata como peligroso.

- Controlado el evento, informar al responsable de la parte ambiental.
- Detener la dispersión del líquido. Construir zanjas o muro de contención y nylon en las zonas de posible derrame.
- Absorber rápidamente el líquido
- Levantar el suelo para dejar la tierra limpia, en caso que entre en contacto con la misma.

### 5.6.2.3. Accidente de tránsito dentro del predio

La capacitación en higiene y seguridad para todos los trabajadores también cuenta con las siguientes instrucciones:

- Si hay heridos, se prestara rápidamente ayuda a los heridos.
- Se llamara con urgencia a los servicios de emergencias.
- Se dará aviso urgente al Jefe de Obra / Encargado de Higiene y Seguridad.
- Se despejará el área para permitir el acceso de ambulancias, personal médico, etc.
- El personal de seguridad coordinará las actividades de despeje y atención de heridos.

## 5.7. Plan de cierre y abandono de la actividad

La vida útil del proyecto mínima es de 25 años. Según experiencias de PSF existentes, los resultados son muy buenos y solo con actualización de la tecnología de módulos fotovoltaicos, sin presentar grandes cambios ni etapa nueva de obra, la PSF puede seguir operando luego de los 25 años iniciales. En caso de que se considere o fuese necesaria una etapa de abandono del proyecto, se cumplirán todas las exigencias legales y ambientales vigentes, se retirarán los elementos mecánicos y otros en desuso, se trasladarán para su reutilización o disposición final en un establecimiento autorizado. Dado que el terreno no recibirá prácticamente preparación alguna y por tanto que la afección sobre el suelo es mínima, se procederá al nivelado del terreno dejando los niveles como estaban antes de instalar la PSF y se efectuará la limpieza general del mismo.

---

## 6. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN

### 6.1. Alcance

El alcance comprende establecer un lineamiento dirigido al mantenimiento preventivo de la PSF.

### 6.2. Manual de mantenimiento

#### 6.2.1. *Mantenimiento de módulos fotovoltaicos*

Tareas a realizar: limpieza

Frecuencia: mensual

Personal encargado: encargado de limpieza

Observaciones: la limpieza se debe realizar evitando elementos abrasivos, utilizando trapos y agua

Tareas a realizar: inspección visual

Frecuencia: bimestral

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: esta tarea busca controlar la aparición de células dañadas, deformaciones del marco del módulo fotovoltaico

#### 6.2.2. *Mantenimiento de las estructuras soportes*

Tareas a realizar: comprobación de corrosión, comprobación de fijación de la estructura misma y con el módulo fotovoltaico, comprobación de la correcta conexión de PAT de la misma.

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

#### 6.2.3. *Mantenimiento de cajas de combinación CC*

Tareas a realizar: comprobación de condensación, comprobación de la temperatura de las conexiones con termografía, inspección de fusibles, inspección de estanqueidad

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 [°C], se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. De ser necesario de debe sustituir dicha conexión.

---

#### 6.2.4. *Mantenimiento de inversores*

Tareas a realizar: limpieza de contactos del seccionador-interruptor CC, limpieza del disipador, comprobación de correcto funcionamiento del ventilador de disipación, comprobación de la temperatura de las conexiones con termografía, inspección de descargadores de sobretensión

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: la limpieza se debe realizar alternando el interruptor en las posiciones de encendido y apagado diez veces. Se debe garantizar una buena ventilación alrededor del disipador térmico, en la parte superior y lateral del inversor, donde el aire se expulsa; y en el ventilador en la base del inversor. Para garantizar el despeje de las obstrucciones se debe utilizar aire comprimido, un paño suave y un cepillo. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 [°C], se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. De ser necesario de debe sustituir dicha conexión.

#### 6.2.5. *Mantenimiento en centro de transformación*

Tareas a realizar: aspiración de polvo, retiro final del mismo mediante aire comprimido, limpieza de filtros de aire de aberturas de ventilación

Frecuencia: mensual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Tareas a realizar: control de ajuste de las conexiones

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: el control de ajuste de las conexiones se debe realizar mediante la utilización de torquímetro, respetando los valores máximos establecidos por el fabricante

#### 6.2.6. *Mantenimiento en cabina de maniobra y medición de MT*

Tareas a realizar: control de ajuste de las conexiones de celdas de MT

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

---

Observaciones: el control de ajuste de las conexiones se debe realizar mediante la utilización de torquímetro, respetando los valores máximos establecidos por el fabricante

#### 6.2.7. *Mantenimiento en cuadros de BT*

Tareas a realizar: aspiración de polvo, retiro final del mismo mediante aire comprimido de cuadros de BT

Frecuencia: mensual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Tareas a realizar: comprobación de correcto funcionamiento del ventilador de disipación, comprobación de la temperatura de las conexiones con termografía, inspección de las protecciones

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: para garantizar el despeje de las obstrucciones se debe utilizar aire comprimido, un paño suave y un cepillo. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 [°C], se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. De ser necesario de debe sustituir dicha conexión.

Tareas a realizar: control de ajuste de las conexiones eléctricas de los cuadros de BT

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: el control de ajuste de las conexiones se debe realizar mediante la utilización de torquímetro, respetando los valores máximos establecidos por el fabricante

Tareas a realizar: comprobación de funcionamiento de las protecciones

Frecuencia: cada dos años

Personal encargado: encargado de mantenimiento

Observaciones: esta tarea comprende verificar si son estables las posiciones de abierto y cerrado de las protecciones, accionar los botones de test de los interruptores diferenciales



#### *6.2.8. Mantenimiento de la PAT*

Tareas a realizar: medición de la resistencia de PAT y continuidad de las masas de acuerdo a SRT 900/2015.

Frecuencia: anual

Personal encargado: encargado de mantenimiento

#### *6.2.9. Mantenimiento de salas*

Tareas a realizar: limpieza general

Frecuencia: mensual

Personal encargado: encargado de limpieza

---

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Santa Fe cuenta con un recurso solar aprovechable para generar energía eléctrica, ello queda evidenciado en el desarrollo del presente proyecto. En el mismo se estudió la radiación solar de varios años en un terreno perteneciente a la cooperativa AFA, se estudió su viabilidad técnica, ambiental y económica, para finalmente demostrar su potencial desarrollo.

En el desarrollo técnico se estudiaron distintas posibilidades de aprovechamiento del recurso solar, en cuanto a la regulación de la inclinación de los módulos fotovoltaicos, determinando la óptima opción de ángulo fijo. Se analizó el impacto ambiental en todas las etapas del proyecto, en el cual se observó su bajo impacto en el medio ambiente, se formularon los planes de gestión ambiental, de contingencias, de monitoreo y el de cierre y abandono de la actividad, respetando lo establecido por la normativa provincial. Por último se formuló y evaluó el proyecto económico y financiero, para ello se presupuestó el mismo, se generó el flujo de fondos tanto del proyecto como del financista, para distintos escenarios que se consideran posibles en el contexto actual del país, como resultado de ello se determinó el precio mínimo de venta de energía para que el proyecto sea rentable.

A través del proyecto PSF AFA Las Rosas, la cooperativa contribuye a la mitigación del impacto ambiental, adecuándose a la normativa vigente, además de aportar su cuota para enfrentar la crisis energética nacional. A ello se le suma: el impacto social, producto de la creación de nuevos puestos de trabajos, dentro de los que se encuentran los empleos transitorios y los permanentes; el beneficio económico proveniente de la venta de la energía al sistema energético nacional; por último la motivación al desarrollo de proyectos de energías renovables en la provincia.

Se concluye que el desarrollo del proyecto deriva en un beneficio para la sociedad y el medio ambiente.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA. (2006). AEA 90364 Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles Parte 7 - Reglas Particulares para las Instalaciones en Lugares y Locales Especiales Sección 771: Viviendas, oficinas y locales (unitarios). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA.
- ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA. (2015). AEA 95101 Reglamentación sobre líneas subterráneas exteriores de energía y telecomunicaciones. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA.
- ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA. (2016). AEA 90364-7-712 Parte 7 - Reglas Particulares para la Instalación en Lugares y Locales Especiales Sección 712 - Sistemas de Suministro de Energía mediante Paneles Solares Fotovoltaicos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA - AEA.
- BATTIONI, M., RISSO, G., CUTRERA, M., SCHMIDT, J. (2016). Evaluación de distintos métodos para estimar la temperatura de operación de módulos fotovoltaicos, y estimación de las pérdidas de energía por efecto de la temperatura. ASADES, 1, 11.
- BATTIONI, M., RISSO, G., CUTRERA, M., SCHMIDT, J. (2017). Predicción de la energía anual generada por una instalación fotovoltaica conectada a la red. ASADES, 1, 9.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES. (2005). CIRSOC 101 Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras. Buenos Aires, Argentina: INTI.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES. (2005). CIRSOC 102 Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones. Buenos Aires, Argentina: INTI.

- 
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES. (1985). Reglamento CIRSOC 202 hormigón liviano de estructura compacta, dimensionamiento, elaboración y control. Buenos Aires, Argentina: INTI.
  - CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES. (2005). Reglamento CIRSOC 301 reglamento argentino de estructuras de acero para edificios. Buenos Aires, Argentina: INTI.
  - CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES. (2009). Reglamento CIRSOC 303 reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío. Buenos Aires, Argentina: INTI.
  - COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO. (2016). ANEXO 39: Generación con fuentes renovables de energía, excluida la hidráulica y la eólica. 2017, de Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico.
  - COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO. (2016). ANEXO 40: Generación eólica. 2017, de Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico.
  - DEHN + SÖHNE. (2007). BLITZPLANER Manual de Protección Contra Rayos. Madrid: DEHN IBÉRICA, S.A. Unipersonal.
  - EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGÍA DE SANTA FE. (2013). Procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF. 2017, de Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe.
  - GROSSI GALLEGOS, H. y RIGHINI, R. (01/10/12). Ángulo óptimo para planos colectores de energía solar integrados a edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 16, 7.
  - GRUPO DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES (GENOC) (2016). Estado de la red solarimétrica de la provincia de Santa Fe. Facultad de Ingeniería Química (UNL), Instituto de Física del Litoral (CONICET-UNL). Recuperado de: <https://www.santafe.gov.ar>.

- 
- INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK. (2020). Historic Rates and Loan Charges Flexible Financing Facility - USD and Single Currency Facility - LIBOR - USD. 2020, de INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK Sitio web: <https://www.iadb.org/en/idb-finance/interest-rates-and-loan-charges>.
  - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC STANDARD. (1984). Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations. Section 707: Earthing requirements for the installation of data processing equipment. Suiza: Computer typesetting and printing by Strcmpfli & Cie. Ltd., Berne.
  - LUQUE, A. Y HEGEDUS, S. (2003). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
  - MARTINEZ-MORENO, F., TYUTYUNDZHIEV, N. (2013). Manual para mejorar la calidad y reducir el coste de los sistemas fotovoltaicos. 2019, de PVCROPS.
  - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN. (2016). Decreto 531/2016. 2017, de Ministerio de Energía y Minería Presidencia de la Nación.
  - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN. (2016). Resolución 72/2016. 2017, de Ministerio de Energía y Minería Presidencia de la Nación.
  - PODER EJECUTIVO NACIONAL (2016), Reglamentación de la ley 26.190 y de los Capítulos III, IV, V, VI, VII, VIII y IX de la ley 27.191, República Argentina, Boletín Oficial del 31/03/2016.
  - PODER LEGISLATIVO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (1999), Ley 11.717: Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Santa Fe, Boletín Oficial, 11/04/2000.
  - PODER LEGISLATIVO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (2003), Decreto Reglamentario N° 0101 de la Ley 11.717, Santa Fe, Boletín Oficial, 27/02/2003.
  - PODER LEGISLATIVO NACIONAL (2015), Ley 27.191: Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía

---

destinada a la Producción de Energía Eléctrica, República Argentina, Boletín Oficial, 21/10/2015.

- ROTAECHE, L. M., RABINOVICH, G. A. (2016). ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES Argentina frente al desafío de un futuro sostenible. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Argentino de la Energía General Mosconi.
- SAPAG CHAIN, N. (2011). Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación. Chile: Pearson Educación.
- SECRETARÍA DE ESTADO DE LA ENERGÍA (2017). Resolución N°046: Convocatoria a Inversiones en Energías Renovables 2017, Subsecretaría de Energías Renovables, Gobierno de la Provincia de Santa Fe. Recuperado de: <https://www.santafe.gov.ar>.
- Solar Power Europe (2019), Global Market Outlook for Solar Power 2019-2023. Recuperado de: <https://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2019-2023/>.
- STACKHOUSE, P. W. Jr. (2017). NASA Surface meteorology and Solar Energy. 2017, de NASA. Recuperado de: [eosweb.larc.nasa.gov](https://eosweb.larc.nasa.gov).

## 9. ANEXOS

### 9.1. Cálculos justificativos

Los dimensionamientos de la infraestructura eléctrica que se presentan en el presente anexo respetan los reglamentos AEA 90364-7-712, AEA 90364-7-771, AEA 95101, IEC-7-707. El diseño de la PSF considera sugerencias establecidas por el *Manual para mejorar la calidad y reducir el coste de los sistemas fotovoltaicos* y por el *Manual de Protección Contra Rayos BLITZPLANER*. En cuanto a la infraestructura civil los reglamentos consultados son CIRSOC 101, CIRSOC 102, CIRSOC 202, CIRSOC 301, CIRSOC 303.

#### 9.1.1. Centro de transformación

El centro de transformación se compone de dos partes, por un lado la sala del tablero general de baja tensión (TGBT) y por otro la sala del transformador. El TGBT aloja las protecciones de los cables que trasladan la corriente desde los inversores string al transformador elevador, además las protecciones de los circuitos auxiliares. El mismo fue dimensionado para una corriente nominal de 2500 [A] y una corriente de cortocircuito de 26 [kA]. Los componentes del TGBT se detallan a continuación:

- Barras de baja tensión: barras de cobre 2x(80x10) mm por cada fase, 80x10 mm neutro.
- Protección general de baja tensión (IGBT): interruptor automático en aire, 4P,  $I_n = 2500$  [A],  $I_{cu} = 65$  [kA],  $I_{cs} = 100\% \cdot I_{cu}$ .
- Protección inversor 1...18 (IP-INV1...INV18): interruptor automático caja moldeada, 3P,  $I_n = 160$  [A],  $I_{cu} = 36$  [kA],  $I_{cs} = 100\% \cdot I_{cu}$ .
- Protección circuitos auxiliares (IP-CA): interruptor automático caja moldeada, 3P,  $I_n = 80$  [A],  $I_{cu} = 36$  [kA],  $I_{cs} = 100\% \cdot I_{cu}$ .
- Protecciones centro de transformación (ITM-CT): pequeño interruptor automático (PIA), 2P,  $I_n = 25$  [A],  $I_{cu} = 10$  [kA]. Interruptor diferencial (ID), 2P,  $I_n = 40$  [A],  $\Delta I = 30$  [mA]. PIA, 2P,  $I_n = 16$  [A],  $I_{cu} = 6$  [kA] circuito de iluminación, PIA, 2P,  $I_n = 16$  [A],  $I_{cu} = 6$  [kA] circuito de tomacorrientes de uso general (TUG).
- Protección sala de maniobra y medición media tensión (ITM-SMT): PIA, 2P,  $I_n = 25$  [A],  $I_{cu} = 10$  [kA].

- Protección sala de control (ITM-SC): PIA, 2P,  $I_n = 25$  [A],  $I_{cu} = 10$  [kA].
- Medidor de energía para los circuitos auxiliares.

El vínculo eléctrico entre el TGBT y los bornes de baja tensión, es un ducto de barras con sección  $2 \times (80 \times 10)$  [mm] por fase +  $80 \times 10$  [mm] neutro, con las siguientes dimensiones (largo/ancho/alto en [m])  $2,51/0,5/0,3$ . Desde barras hacia los bornes de baja tensión del transformador se vincula mediante flexibles de cobre con aptos para una corriente de  $2.500$  [A].

En función de la potencia de la PSF igual a  $1,48$  [MWp] se dimensiona el transformador, la potencia inmediata superior del catálogo de transformadores del tipo aislados en resina epoxi es  $1,6$  [MVA].

El transformador seleccionado tiene las siguientes características:

- Tipo: aislado en resina epoxi
- Potencia:  $1.600$  [kVA]
- Tensiones:  $0,4/33$  [kV]
- $P_o$  [W]:  $4.000$
- $P_{cc}$  [W]:  $13.500$
- Grupo de conexiones: Dyn11
- Dimensiones con gabinete (largo/ancho/alto en m):  $3/1,9/2,95$
- Masa con gabinete [kg]:  $6.400$
- Trocha [m]:  $1$

La sala tiene las siguientes dimensiones (largo/ancho/alto en [m])  $8,75/6,5/3,75$ , las ventanas fueron dimensionadas con la capacidad necesaria para disipar correctamente la temperatura disipada por el transformador, esto es de acuerdo a lo recomendado por Tadeo Czerweny Tesar<sup>20</sup>.

#### 9.1.2. Sistema de inyección a la red

El sistema de inyección a la red se compone de la infraestructura eléctrica necesaria para evacuar la energía que genera la PSF a la red eléctrica del sistema argentino de interconexión eléctrica o SADI. Se consideran todos los elementos desde el medidor de la PSF hasta la LAMT de  $33$  [kV] de EPESF.

<sup>20</sup> Catálogo de transformadores encapsulados en resina: "Instalación en recintos cerrados".

---

### 9.1.2.1. Cabina de maniobra y medición de MT

Según lo requerido por EPESF en PRO-103-101, el equipamiento de MT es el siguiente:

- Centro monobloque tipo caseta modelo **PFU-5**. La envolvente es de hormigón armado vibrado, y se compone de 2 partes: una que une el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo. Todas las armaduras de hormigón están unidas entre sí y al colector de tierra, las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10 [kΩ] respecto a la tierra de la envolvente. El acabado está compuesto con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y color marrón en techos, puertas y rejillas.
- Celda modular con interruptor automático de corte en vacío modelo **CMP-V-36** Ormazabal: incluye un interruptor automático de corte en vacío y un seccionador de tres posiciones en serie con él. Está dotado del sistema autónomo de protección **RPS-TCP**, las funciones de protección se detallan en 9.1.5.

Cantidad de unidades: 2, una del lado de la PSF y la otra del lado de EPESF.

- Celda modular de línea modelo **CML-36** Ormazabal: dotada con un interruptor-seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente los tres terminales de los cables de MT.

Cantidad de unidades: 3, una del lado de la PSF y 2 del lado de EPESF.

- Celda modular de medida modelo **CMM-36** Ormazabal: permite incluir en un bloque homogéneo con las otras funciones del sistema GCM los transformadores de medida de tensión y corriente. Los transformadores de medición de tensión y corriente, llevan las mediciones al medidor bidireccional ubicado en gabinete en pilar de medición EPESF.

Cantidad de unidades: 2, una del lado de la PSF y una del lado de EPESF.

- Transformador de tensión (TT):
  - Tensión nominal del primario: 33/1,73 [kV]

- Tensión máxima de servicio: 36 [kV]
- Frecuencia: 50 [Hz]
- Tensión nominal secundario: 110/1,73 [V]
- Clase de exactitud: 0,5
- Potencia de exactitud: 15 [VA]
- Transformador de corriente (TI):
  - Tensión nominal: 33 [kV]
  - Tensión máxima de servicio: 36 [kV]
  - Frecuencia: 50 [Hz]
  - Intensidad nominal primaria: 50-100 [A]
  - Intensidad nominal secundaria: 5 [A]
  - Clase de exactitud: 0,5
  - Potencia de exactitud: 15 [VA]

Cantidad de TT: 6, cantidad de TI: 6.

- Medidor de energía bidireccional multifunción modelo **SL7000 Clase 0,5**  
Itrón: este medidor es el encargado de medir la energía a través de la celda de medición de MT, medida proveniente de los transformadores de tensión y corriente en barras de 33 [kV]. Se contemplan 2 medidores, uno ubicado en el pilar de medición correspondiente a EPESF y el otro es para control interno ubicado en el interior de la cabina de Maniobra y Medición en MT, lado de PSF.
- Módulo de comunicación: módem encargado de recibir desde el medidor los datos de mediciones y transmitirlos a un receptor externo mediante GSM/GPRS. El mismo se ubica en el gabinete de medición de EPESF junto al medidor, la alimentación eléctrica y la transmisión de datos se realiza mediante el mismo cable, con un terminal del tipo RJ45.

#### 9.1.2.2. Línea de conexión a punto de despacho

La línea de conexión a PDD tiene como finalidad transportar la energía generada por la PSF hacia la LAMT EPESF. Dicha línea tiene como origen la cabina de maniobra y medición de EPESF y finaliza en el punto de despacho.

La línea de conexión al punto de despacho, se compone de un tendido de cables subterráneos de cobre sección 4x1x50 [mm<sup>2</sup>], 33 [kV], pantalla de cobre de 35

[mm<sup>2</sup>]. El tendido se hace a una profundidad de 2 [m]. Se contempla un conductor adicional para reserva.

En referencia al punto de despacho, se aprovecha un doble poste de retención existente, disposición tresbolillo, donde se acomete a la LAMT EPESF. A continuación se detallan los materiales correspondientes al punto de despacho:

- Caño de hierro galvanizado pesado de Ø4" con boquilla en la parte superior del tendido.
- Juego de cruceta de perfil C de chapa galvanizada en origen de 100x50 [mm], con seccionador autodesconectador 33 [kV] de corte rápido, según MN 247.
- Juego de cruceta de perfil C de chapa galvanizada en origen de 100x50 [mm], con descargadores de sobretensión de óxido de zinc 36 [kV], 10 [kA].
- Terminales termocontraíbles para uso exterior, para cable subterráneo unipolar de 50 [mm<sup>2</sup>], tensión máxima de utilización 36 [kV].

### 9.1.3. Cableado de fuerza

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisfaga simultáneamente las tres condiciones siguientes:

#### Criterio de la intensidad máxima admisible y de sobrecarga

Se debe cumplir las siguientes condiciones:

$$I_{adm} \leq I_c$$

$$I_p \leq 1,45 \times I_{adm}$$

Siendo:

$I_{adm}$ : intensidad de corriente admisible del conductor [A]

$I_c$ : intensidad de carga de la instalación, en este caso es la corriente generada [A]

$I_p$ : intensidad de corriente de operación de la protección [A]

#### Criterio de la intensidad de cortocircuito

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$k^2 \times S^2 \geq I^2 \times t$$

Siendo:

k: constante que depende del material de conductor y del aislante del cable utilizado

S: sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

I: intensidad de corriente máxima presunta de cortocircuito [A]

t: tiempo en el que la protección despeja la falla [s]

#### Criterio de la caída de tensión

Para el caso de corriente continua se debe cumplir la siguiente condición:

$$\Delta U = [(2 \times I_{cc} \times \rho \times L) \div S] \leq 3\%$$

Siendo:

I<sub>cc</sub>: corriente continua de carga [A]

ρ: resistividad del conductor, para el cobre es 0,01785 [Ω.mm<sup>2</sup>/m]

L: longitud del conductor [m]

S: sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

Para el caso de corriente alterna se debe cumplir la siguiente condición:

$$\Delta U = [(\sqrt{3} \times I_{ca} \times \rho \times L) \div S] \leq 3$$

Siendo:

I<sub>ca</sub>: corriente alterna de carga [A]

ρ: resistividad del conductor, para el cobre es 0,01785 [Ω.mm<sup>2</sup>/m]

L: longitud del conductor [m]

S: sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

#### 9.1.3.1. Cableado corriente continua

El cableado de corriente continua transporta la energía generada por los módulos fotovoltaicos hacia los inversores strings. El cable seleccionado es cable subterráneo de BT, aislante de PVC, clase 5, tensión nominal de 1,1 [kV] y temperatura de servicio de 70 [°C]. Los tendidos en corriente continua sobre las filas de mesas, se realizan sobre bandeja portacables de chapa galvanizada en origen de ala 0,092 [m] y ancho 0,15 [m]. Los tendidos en corriente continua entre las filas de mesas, se realizan en interior de caños de PVC de diámetro 0,16 [m] enterrados a una profundidad de 0,7 [m].

A continuación se exponen los tendidos y datos de los cables de corriente continua dimensionados:

<i>Inicio</i>	<i>Destino</i>	<i>S [mm<sup>2</sup>]</i>	<i>Un [kV]</i>	<i>Iadm [A]</i>	<i>Long [m]</i>
M1	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	100
M2	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	80
M3	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	90
M4	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	100
M5	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	60
M6	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	80
M7	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	80
M8	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	90
M9	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	30
M10	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	20
M11	CC1-CC	2x1,5	1,1	25	10
M13	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	120
M14	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	130
M15	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	60
M16	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	70
M17	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	80
M18	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	90
M19	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	100
M20	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	110
M21	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	30
M22	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	20
M23	CC2-CC	2x1,5	1,1	25	10
M25	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	120
M26	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	130
M27	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	60
M28	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	70
M29	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	80
M30	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	90
M31	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	100
M32	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	110
M33	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	30
M34	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	20
M35	CC3-CC	2x1,5	1,1	25	10

M37	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	120
M38	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	130
M39	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	60
M40	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	70
M41	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	80
M42	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	90
M43	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	100
M44	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	110
M45	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	30
M46	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	20
M47	CC4-CC	2x1,5	1,1	25	10
M49	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	120
M50	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	130
M51	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	60
M52	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	70
M53	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	80
M54	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	90
M55	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	100
M56	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	110
M57	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	30
M58	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	20
M59	CC5-CC	2x1,5	1,1	25	10
M61	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	130
M62	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	140
M63	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	70
M64	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	80
M65	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	90
M66	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	100
M67	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	110
M68	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	40
M69	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	30
M70	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	20
M71	CC6-CC	2x1,5	1,1	25	10
M73	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	50
M74	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	60
M75	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	70
M76	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	80
M77	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	90

M78	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	30
M79	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	40
M80	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	50
M81	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	60
M82	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	70
M83	CC7-CC	2x1,5	1,1	25	80
M85	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	60
M86	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	70
M87	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	80
M88	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	90
M89	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	100
M90	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	30
M91	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	40
M92	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	50
M93	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	60
M94	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	70
M95	CC8-CC	2x1,5	1,1	25	80
M97	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	80
M98	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	90
M99	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	100
M100	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	110
M101	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	50
M102	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	60
M103	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	70
M104	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	80
M105	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	20
M106	CC9-CC	2x1,5	1,1	25	10
M108	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	120
M109	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	110
M110	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	100
M111	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	90
M112	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	100
M113	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	90
M114	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	80
M115	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	70
M116	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	30
M117	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	20
M118	CC10-CC	2x1,5	1,1	25	10

M120	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	120
M121	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	130
M122	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	60
M123	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	70
M124	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	80
M125	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	90
M126	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	100
M127	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	110
M128	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	30
M129	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	20
M130	CC11-CC	2x1,5	1,1	25	10
M132	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	120
M133	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	130
M134	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	60
M135	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	70
M136	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	80
M137	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	90
M138	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	100
M139	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	110
M140	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	30
M141	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	20
M142	CC12-CC	2x1,5	1,1	25	10
M144	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	130
M145	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	140
M146	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	70
M147	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	80
M148	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	90
M149	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	100
M150	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	110
M151	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	40
M152	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	30
M153	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	20
M154	CC13-CC	2x1,5	1,1	25	10
M156	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	50
M157	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	60
M158	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	70
M159	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	80
M160	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	90

M161	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	30
M162	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	40
M163	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	50
M164	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	60
M165	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	70
M166	CC14-CC	2x1,5	1,1	25	80
M168	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	60
M169	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	70
M170	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	80
M171	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	90
M172	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	100
M173	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	30
M174	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	40
M175	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	50
M176	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	60
M177	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	70
M178	CC15-CC	2x1,5	1,1	25	80
M180	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	60
M181	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	70
M182	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	80
M183	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	90
M184	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	100
M185	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	30
M186	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	40
M187	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	50
M188	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	60
M189	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	70
M190	CC16-CC	2x1,5	1,1	25	80
M192	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	60
M193	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	70
M194	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	80
M195	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	90
M196	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	100
M197	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	30
M198	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	40
M199	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	50
M200	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	60
M201	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	70

M202	CC17-CC	2x1,5	1,1	25	80
M204	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	80
M205	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	90
M206	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	100
M207	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	110
M208	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	50
M209	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	60
M210	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	70
M211	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	80
M212	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	20
M213	CC18-CC	2x1,5	1,1	25	10
CC1	INV-1	2x50	1,1	157	2
CC2	INV-2	2x50	1,1	157	2
CC3	INV-3	2x50	1,1	157	2
CC4	INV-4	2x50	1,1	157	2
CC5	INV-5	2x50	1,1	157	2
CC6	INV-6	2x50	1,1	157	2
CC7	INV-7	2x50	1,1	157	2
CC8	INV-8	2x50	1,1	157	2
CC9	INV-9	2x50	1,1	157	2
CC10	INV-10	2x50	1,1	157	2
CC11	INV-11	2x50	1,1	157	2
CC12	INV-12	2x50	1,1	157	2
CC13	INV-13	2x50	1,1	157	2
CC14	INV-14	2x50	1,1	157	2
CC15	INV-15	2x50	1,1	157	2
CC16	INV-16	2x50	1,1	157	2
CC17	INV-17	2x50	1,1	157	2
CC18	INV-18	2x50	1,1	157	2

Figura 38. Cableado corriente continua

#### 9.1.3.2. Cableado corriente alterna de baja tensión

El cableado de corriente alterna de BT transporta la energía convertida en alterna por los inversores strings hacia el centro de transformación. El cable seleccionado es cable subterráneo de BT, aislante de PVC, clase 5, tensión nominal de 1,1 [kV] y temperatura de servicio de 70 [°C]. Los tendidos en corriente alterna de BT sobre las filas de mesas, se realizan sobre bandeja portacables de chapa galvanizada en origen de ala 0,092 [m] y ancho 0,15 [m]. Los tendidos entre las

filas de mesas, se realizan en interior de caños de PVC de diámetro 0,16 [m] enterrados a una profundidad de 0,7 [m].

A continuación se exponen los tendidos y datos de los cables de corriente alterna de BT dimensionados:

<i>Inicio</i>	<i>Destino</i>	<i>S [mm<sup>2</sup>]</i>	<i>Un [kV]</i>	<i>Iadm [A]</i>	<i>Long [m]</i>
INV-1	TGBT	4x50	1,1	133	165
INV-2	TGBT	4x50	1,1	133	100
INV-3	TGBT	4x50	1,1	133	85
INV-4	TGBT	4x50	1,1	133	65
INV-5	TGBT	4x50	1,1	133	50
INV-6	TGBT	4x50	1,1	133	35
INV-7	TGBT	4x50	1,1	133	95
INV-8	TGBT	4x50	1,1	133	100
INV-9	TGBT	4x50	1,1	133	75
INV-10	TGBT	4x50	1,1	133	80
INV-11	TGBT	4x50	1,1	133	65
INV-12	TGBT	4x50	1,1	133	45
INV-13	TGBT	4x50	1,1	133	30
INV-14	TGBT	4x50	1,1	133	85
INV-15	TGBT	4x50	1,1	133	100
INV-16	TGBT	4x50	1,1	133	120
INV-17	TGBT	4x50	1,1	133	135
INV-18	TGBT	4x50	1,1	133	125

Figura 39. Cableado corriente alterna de BT

### 9.1.3.3. Cableado de corriente alterna de media tensión

El cableado de corriente alterna de MT transporta la energía en MT desde el centro de transformación hacia el punto de evacuación. El cable seleccionado es cable subterráneo, categoría I, tensión nominal de 33 [kV], aislación de XLPE, capa semiconductor externa, pantalla de cobre de 35 [mm<sup>2</sup>], envoltura exterior de PVC y temperatura de servicio de 90 [°C]. El tendido en corriente alterna de MT entre el centro de transformación y la cabina de maniobra y medición en MT, y entre ésta y el punto de evacuación es directamente enterrado a una profundidad de 2 [m]. Se deja previsto un tendido de caños de PVC diámetro 0,16 [m] enterrados a una profundidad de 2 [m], desde la cabina de maniobra y medición en MT hacia el sitio correspondiente a la futura ampliación, con cámaras de

inspección y acceso, separadas a 25 [m]. A continuación se exponen los tendidos y datos de los cables de corriente alterna de MT dimensionados:

Inicio	Destino	S [mm <sup>2</sup> ]	Un [kV]	I <sub>adm</sub> [A]	Long [m]
SET	CMyM	3x1x50	33	230	100
CMyM	PDD	3x1x50	33	230	615

Figura 40. Cableado corriente alterna de MT

#### 9.1.4. Elementos de protección

El sistema de protección está comprendido por todos los dispositivos que tienen como objetivo proteger a las personas y al equipamiento ante fallas o anomalías de origen interno y/o externo del sistema eléctrico.

##### 9.1.4.1. Cuadro de protección corriente continua

Cada conjunto de 20 módulos fotovoltaicos que componen una mesa y el cable subterráneo 2x1,5 [mm<sup>2</sup>] correspondiente a dicha mesa, se encuentran protegidos por sobrecarga y cortocircuito mediante fusibles con las siguientes características:

- Tipo: gPV
- In: 15 [A]
- Un: 1000 [Vcc]
- Dimensiones: 10x38 [mm]

Cada caja de combinación reúne el cableado de 12 mesas.

Luego cada inversor posee un interruptor-seccionador, con un descargador de protección tipo 2 internos del lado de corriente continua.

##### 9.1.4.2. Cuadros de protección corriente alterna de baja tensión

Cada inversor posee internamente un descargador de sobretensión tipo 2 + 3, siendo los de tipo 2 aquellos que protegen contra sobretensiones de funcionamiento o maniobra, por su lado los de tipo 3 aquellos que protegen frente a sobretensiones ocasionadas por transitorios de baja intensidad.

Comenzando por el TGBT las protecciones son las que se describen a continuación:

- IGBT:
  - Circuito de protección: TGBT
  - Tipo: interruptor automático en aire
  - Número de polos: 4
  - Un: 690 [V]

- 
- In: regulable entre 1000-2500 [A]
  - Icu: 65 [kA]
  - Ics: 100%Icu
  - DST-TGBT:
    - Circuito de protección: circuitos del TGBT
    - Número de polos: 4
    - Tipo: descargador de sobretensiones 1 + 2
    - Protección contra sobrecorrientes: seccionador tripolar con fusibles tipo NH aR, 125 [A]
  - IP-INV1...18:
    - Circuito de protección: cableado e inversores strings
    - Tipo: interruptor automático caja moldeada
    - Cantidad de polos: 3
    - Un: 690 [V]
    - In: regulable entre 64-160 [A]
    - Icu: 36 [kA]
    - Ics: 100%Icu
  - DIF-INV1...18:
    - Circuito de protección: cableado e inversores strings
    - Tipo: bloque diferencial incorporado en interruptor automático de caja moldeada
    - $\Delta I$ : regulable 0.03-0.3-1-3-10 [A]
    - Temporización: regulable 0-60-150-310 [mS]
  - IP-AUX:
    - Circuito de protección: circuito auxiliares
    - Tipo: interruptor automático caja moldeada
    - Cantidad de polos: 3
    - Un: 690 [V]
    - In: regulable entre 64-160 [A]
    - Icu: 36 [kA]
    - Ics: 100%Icu
  - ITM-CT:

- Circuito de protección: central térmica transformador
- Tipo: PIA
- Cantidad de polos: 2
- Un: 230 [V]
- In: 16 [A]
- Icu: 30 [kA]
- Ics: 100%Icu
- ID-CT:
  - Circuito de protección: central térmica transformador
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-PLC:
  - Circuito de protección: PLC
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 16 [A]
  - Icu: 30 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ID-PLC:
  - Circuito de protección: PLC
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-MCI:
  - Circuito de protección: medidor de consumo interno
  - Tipo: PIA

- Cantidad de polos: 2
- Un: 230 [V]
- In: 6 [A]
- Icu: 30 [kA]
- Ics: 100%Icu
- ID-MCI:
  - Circuito de protección: medidor de consumo interno
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-MyM:
  - Circuito de protección: cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - Icu: 30 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ID-MyM:
  - Circuito de protección: cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 40 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-TUG:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general centro de transformación y sala TGBT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2

- Un: 230 [V]
- In: 25 [A]
- Icu: 30 [kA]
- Ics: 100%Icu
- ID-TUG:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general centro de transformación y sala TGBT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 40 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-ILU:
  - Circuito de protección: circuitos de iluminación centro de transformación y sala TGBT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - Icu: 30 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ID-ILU-IN:
  - Circuito de protección: circuito de iluminación interior centro de transformación y sala TGBT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ID-ILU-EX:
  - Circuito de protección: circuito de iluminación exterior centro de transformación y sala TGBT

- 
- Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]

Siguiendo por el tablero de cabina de maniobra y medición de MT, las protecciones son las que se describen a continuación:

- ITM-MyM:
  - Circuito de protección: circuitos de iluminación y tomacorrientes cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- DST-CMyM:
  - Circuito de protección: circuitos cabina de maniobra y medición de MT
  - Número de polos: 2
  - Tipo: descargador de sobretensiones 1 + 2
  - Protección contra sobrecorrientes: seccionador bipolar con fusibles tipo NH aR, 125 [A]
- ITM-TUG:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu

- ID-TUG:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 40 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
  
- ITM-ILU:
  - Circuito de protección: circuito de iluminación interior y exterior de la cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 16 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
  
- ID-ILU:
  - Circuito de protección: circuito de iluminación interior y exterior de la cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
  
- ITM-TE:
  - Circuito de protección: circuitos de tensión estabilizada de cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 16 [A]

- Icu: 6 [kA]
- Ics: 100%Icu
- ID-TE:
  - Circuito de protección: circuitos de tensión estabilizada de cabina de maniobra y medición de MT
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-EKOR:
  - Circuito de protección: relés incluidos en celdas de medición de MT (EKOR)
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 6 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ITM-M/EPE:
  - Circuito de protección: fuente auxiliar de alimentación de medidor EPE
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 6 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ITM-M/EPE:
  - Circuito de protección: fuente auxiliar de alimentación de medidor PSF
  - Tipo: PIA

- 
- Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 6 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu

Siguiendo por el tablero de la sala de control, las protecciones son las que se describen a continuación:

- ITM-CON:
  - Circuito de protección: circuitos de tomacorrientes y UPS de la sala de control
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 40 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- DST-CON:
  - Circuito de protección: circuitos sala de control
  - Número de polos: 2
  - Tipo: descargador de sobretensiones 1 + 2
  - Protección contra sobrecorrientes: seccionador bipolar con fusibles tipo NH aR, 125 [A]
- ITM-TUG:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general de la sala de control
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ID-TUG:

- 
- Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso general de la sala de control
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 40 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
  - ITM-TUE:
    - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso especial de la sala de control
    - Tipo: PIA
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 25 [A]
    - Icu: 6 [kA]
    - Ics: 100%Icu
  - ID-TUE:
    - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso especial de la sala de control
    - Tipo: interruptor diferencial
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 40 [A]
    - $\Delta I$ : 30 [mA]
  - ITM-UPS:
    - Circuito de protección: UPS
    - Tipo: PIA
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 16 [A]
    - Icu: 6 [kA]
    - Ics: 100%Icu

- ID-TUE:
  - Circuito de protección: circuito de tomacorrientes de uso especial de la sala de control
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-SCA:
  - Circuito de protección: computadora SCADA, alimentación proveniente de UPS
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 16 [A]
  - Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
- ID-SCA:
  - Circuito de protección: computadora SCADA, alimentación proveniente de UPS
  - Tipo: interruptor diferencial
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 25 [A]
  - $\Delta I$ : 30 [mA]
- ITM-CINV:
  - Circuito de protección: fuente de alimentación controlador de inversores, alimentación proveniente de UPS
  - Tipo: PIA
  - Cantidad de polos: 2
  - Un: 230 [V]
  - In: 16 [A]

- 
- Icu: 6 [kA]
  - Ics: 100%Icu
  - ID-CINV:
    - Circuito de protección: fuente de alimentación controlador de inversores, alimentación proveniente de UPS
    - Tipo: interruptor diferencial
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 25 [A]
    - $\Delta I$ : 30 [mA]
  - ITM-CMyM:
    - Circuito de protección: cabina de maniobra y medición, alimentación proveniente de UPS
    - Tipo: PIA
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 25 [A]
    - Icu: 6 [kA]
    - Ics: 100%Icu
  - ID-CMyM:
    - Circuito de protección: cabina de maniobra y medición, alimentación proveniente de UPS
    - Tipo: interruptor diferencial
    - Cantidad de polos: 2
    - Un: 230 [V]
    - In: 25 [A]
    - $\Delta I$ : 30 [mA]

#### 9.1.4.3. Cuadro de protección corriente alterna de media tensión

El sistema de protección en MT hasta el punto de medición, es decir lado PFS se compone por el siguiente equipamiento:

- Unidad de corte en vacío:
  - Circuito de protección: cableado de MT y transformador

- 
- Tipo: interruptor automático de corte en vacío y seccionador de tres posiciones en serie
  - Un: 36 [kV]
  - In: 630 [A]

Del lado correspondiente a EPESF se encuentra una celda de corte en vacío de iguales características.

Ambas cuentan con un sistema autónomo de protección que cuenta con las siguientes funciones de protección:

- Sobreintensidad
  - Fases (3 x 50/51)
  - Neutro (50N/ 51 N)
  - Neutro Sensible (50Ns/51Ns)
  - Direccional de fases (3 x 67)
  - Direccional de neutro (67N)
  - Direccional de neutro sensible (67Ns)
  - Direccional de neutro aislado (67NA)
  - Imagen Térmica (49)
  - Desequilibrio de intensidades (46-46FA)
  - Arranque en carga fría (Cold Load Pickup)
  - Sobreintensidad controlada por tensión (51V)
  - Bloqueo del regulador de tensión (50CSC)
  - Fallo de interruptor (50BF)
- Subintensidad (37)
- Tensión
- Sobretensión (59)
- Subtensión (27)
- Sobretensión homopolar (59N)
- Sincronismo (25)
- Desequilibrio de tensiones (47)
- Máxima y mínima frecuencia (81 M/m)
- Derivada de frecuencia (81R)
- Máxima / mínima potencia activa
- Máxima / mínima potencia aparente

- 
- Inversión de potencia activa / reactiva
  - Frecuencia
  - Potencia (32)

En el PDD la configuración de maniobrabilidad propuesta permite inyectar energía a la LAMT en ambas direcciones, según sea el estado de disponibilidad de las secciones de la LAMT, lado sur y lado norte. El agregado de dos seccionadores en el PDD permite elegir la dirección de flujo de energía desde la PSF. Luego se encuentran las protecciones de sobrecorrientes y sobretensiones.

Los elementos se detallan a continuación:

- S-MT:
  - Tipo: seccionador a cuernos (MN 254a)
  - Un: 36 [kV]
  - In: 400 [A]
- SF-MT:
  - Tipo: seccionador autodesconectador de corte rápido (MN 247)
  - Un: 36 [kV]
  - In: sujeta a EPESF
- DS-MT:
  - Tipo: descargador de sobretensión de óxido de cinc
  - Un: 36 [kV]
  - In: 10 [kA]

#### *9.1.5. Sistema de puesta a tierra*

El sistema de PAT está comprendido por todos los componentes que garantizan la seguridad de las personas y/o equipamiento contra las fugas de corriente.

Según Reglamentación AEA 90364-7-771.3.2 "las masas de la instalación del sistema fotovoltaico deberán estar conectadas a una tierra independiente del neutro y de la tierra de la empresa distribuidora", por lo que el ECT de la PSF es del tipo TT.

Para los diferentes valores de corriente diferencial asignada de disparo de los dispositivos diferenciales, el valor máximo de resistencia de la toma de tierra de las masas para que el potencial de dichas masas no supere en forma permanente a  $U=24$  [V], valor establecido por la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, son los que se presentan a continuación:

Corriente diferencial máxima asignada del dispositivo diferencial $I\Delta$	Valor máximo permitido de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas $R_a$ [ $\Omega$ ]
20 [A]	0,6
10 [A]	1,2
5 [A]	2,4
3 [A]	4
1 [A]	12
500 [mA]	24
300 [mA]	40
100 [mA]	40
30 [mA]	40

Figura 41. Valores máximos de resistencia de PAT

Es pertinente aclarar que los valores presentados para la resistencia de las tomas de tierra de las masas eléctricas son menores debido a que se consideran las posibles variaciones ocasionales.

Cada circuito del campo generador contempla protección contra contactos indirectos mediante el bloque diferencial dispuesto sobre los interruptores automáticos en el TGBT. De manera que si la sensibilidad de la protección diferencial se considera en 300 [mA], la resistencia de PAT no puede tener un valor superior a 40 [ $\Omega$ ].

Con el objetivo de simplificar y considerando los criterios de secciones mínimas establecidos por la norma, el conductor de protección seleccionado para uso de PAT es el CCDD de 25 [mm<sup>2</sup>]. Este conductor se utiliza como conductor de protección de cada masa, colector principal, conductor de equipotenciación. Así mismo se selecciona la jabalina de dispersión de  $\varnothing$  3/4", longitud 3 [m] la cual se utiliza para dispersar la potencial corriente de fuga a tierra.

La infraestructura del sistema de PAT de la PSF se compone por tres sectores:

- **Sector campo de generación y transformación:** el colector principal reúne las masas de las carcasas de los módulos fotovoltaicos, las carcasas de las cajas de concentración, las carcasas de los inversores strings, las estructuras soportes, las bandejas portacables, y las lleva a la barra principal de PAT ubicada en el TGBT. Esta además conecta la carcasa del TGBT, los conductores de protección de los circuitos de tomacorrientes e

---

iluminación de la sala, las masas extrañas de la sala TGBT y el conductor de equipotenciación que viene de la barra secundaria de PAT ubicada en la sala del transformador. Esta barra secundaria de PAT reúne los conductores de la malla del centro de transformación, el centro de estrella de BT del transformador puesto a tierra a través de una jabalina y las masas extrañas de la sala del centro de transformación.

- **Sector maniobra y medición MT:** la existencia de una barra secundaria de PAT reúne los conductores de protección de las celdas de MT, las mallas de los cables subterráneos de MT, las carcasas de los tableros de protección y medición, conductores de protección de los circuitos de tomacorrientes e iluminación, las masas extrañas de la cabina. La misma se conecta a la barra principal de PAT, ubicada en el TGBT mediante un cable de equipotenciación y a la vez se pone a tierra a través de una jabalina de dispersión ubicada en la inmediación de la cabina.
- **Sector control:** la existencia de una barra secundaria de PAT reúne los conductores de protección de los circuitos de tomacorrientes e iluminación, la carcasa del tablero de la sala de control, las masas extrañas de la sala. La misma se conecta a la barra principal de PAT ubicada en el TGBT mediante un cable de equipotenciación y a la vez se pone a tierra a través de una jabalina de dispersión ubicada en la cercanía de la sala.

El punto neutro extraído del transformador se divide en un conductor neutro y un conductor de protección. El punto neutro se conecta a tierra para garantizar la toma a tierra de los inversores.

#### *9.1.6. Sistema de monitoreo y control*

El sistema de monitoreo y control se compone por la infraestructura necesaria para llevar a cabo la recolección, transporte, procesamiento de datos para finalmente controlar la operación de la PSF.

El sistema de recolección de datos está comprendido por los siguientes equipos:

- Inversor: mide la energía generada por los strings fotovoltaicos, registra el estado del mismo.
- Medidor de energía de consumo interno: mide la energía que demandan los circuitos auxiliares de la PSF.

- 
- Medidor de energía bidireccional: mide la energía volcada a la red, mide la energía demandada cuando no hay generación.
  - Central térmica de transformador: registra las mediciones de temperatura de los arrollamientos del transformador.
  - Central meteorológica: mide las condiciones atmosféricas.

El sistema de transmisión de datos está comprendido por el medio físico a través del cual se conectan y comunican los equipos que recolectan y los que procesan los datos, para ello se utiliza cable FTP categoría 6 blindado. Los terminales que se usan en todos los casos son RJ45 blindados.

El control de la PSF es llevado a cabo por el controlador de inversores, el cual recibe la información de los siguientes equipos:

- Inversores string: se comunican a través de la red Ethernet en configuración serie.
- PLC: se comunica a través de la red Ethernet, el mismo lleva las mediciones de consumo de circuitos auxiliares y central térmica del transformador.
- Central meteorológica: se comunica a través de la red RS485, lleva las mediciones atmosféricas al controlador de inversores.
- Medidor bidireccional PSF: se comunica a través de la red RS485, el mismo lleva el registro de la energía que se vuelca al SADI y la energía que consume la PSF en horas de no generación. Además del registro de potencias, factor de potencia, etc.

El controlador de inversores procesa la información y la muestra en la PC de control, a través de un sistema Scada. Este puesto de control se encuentra conectado a internet por medio de un radio enlace, a través de una antena receptora ubicada sobre la sala de control. Esto permite el acceso remoto a la red de datos de la PSF.

Por el lado de EPESF el sistema de monitoreo y control se compone de los siguientes elementos:

- Medidor bidireccional: mide la energía que la PSF vuelca al SADI y la energía que demanda la PSF en horas de no generación. Además mide

otros parámetros como potencias, factor de potencia, etc. Se comunica con el módem GSM/GPRS a través de un cable FTP utilizando la red RS485.

- Módem: recibe los datos del medidor bidireccional de EPESF y los transmite al organismo responsable de gestionar la generación de la PSF en forma remota, mediante una red GSM/GPRS.

#### 9.1.7. Diseño de la estructura soporte

La estructura soporte está compuesta por perfiles C de chapa galvanizada en origen, vinculados entre sí mediante plegados de chapas galvanizadas, con tornillo y tuercas galvanizados M12. Cada cama sobre cual se fijan 20 módulos fotovoltaicos, se encuentra compuesta por parantes verticales, parantes horizontales, travesaños y correas, sobre las cuales se fijan los módulos.

##### 9.1.7.1. Datos de viento

Las variables de ingreso utilizadas para determinar las acciones introducidas por el viento son las siguientes:

- $v = 50$  [m/s]
- Categoría: II
- Factor de importancia:  $I = 1$
- Categoría de exposición: C
- Clasificación del cerramiento: abierto

##### 9.1.7.2. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la estructura soportes son:

- Perfil C de chapa galvanizada en origen
- Plegados de chapa galvanizada en origen de 1,6 [mm]
- Bulones, turcas y arandelas galvanizados M12

##### 9.1.7.3. Cálculo de fuerzas

Los valores de las cargas son las siguientes:

- Presión del viento sobre cubierta:  $-1.610$  [N/m<sup>2</sup>]
- Presión del viento sobre paredes:  $1.341$  [N/m<sup>2</sup>]
- Sobrecarga de uso:  $L_r = 0,30$  [KN/ m<sup>2</sup>]

Para el dimensionamiento de las correas se utiliza lo establecido por el reglamento CIRSOC 303.

<b>DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS</b>					
<b>Presiones de viento:</b>					
Presiones de viento sobre cubierta:		succión	presión		
		100	0	[kg/m <sup>2</sup> ]	
	Peso Panel	-15		[kg/m <sup>2</sup> ]	
	Peso Corras	-5		[kg/m <sup>2</sup> ]	
Peso propio cubierta:		-20		[kg/m <sup>2</sup> ]	
<b>CORREAS SOBRE CUBIERTA:</b>					
Tensión admisible:			$\sigma$ adm. =	1625	Kg/cm <sup>2</sup>
Separación entre correas:			s =	0,70	m
Luz de correa según eje fuerte:			Lx =	5,00	m
Flecha admisible según eje fuerte:			$f$ adm. = L / 200 =	2,5	cm
Angulo del faldón:			$\alpha$ :	15,00	°
Cantidad de tillas:			$n^{\circ}t$ =	0	
Luz de correa según eje débil:			Ly =	5,00	m
Flecha admisible según eje débil:			$f$ adm. = L* / 300 =	1,7	cm
Presión total:			pt =	80,00	Kg/m <sup>2</sup>
Solicitaciones según x-x:	Carga repartida:		qw =	56,00	Kg/m
	Momento flector:		Mx =	175,00	Kgm
	Modulo necesario:		$W_x$ nec. =	10,8	cm <sup>3</sup>
	Modulo necesario para flecha:		$I_x$ nec. =	86,8	cm <sup>4</sup>
Solicitaciones según y-y:	Carga puntual:		p =	100,00	Kg
			$p \text{ sen } \theta$ =	25,88	Kg
	Momento flector:		My =	32,35	Kgm
	Modulo necesario:		$W_y$ nec. =	2,0	cm <sup>3</sup>
Correa adoptada:	<b>PERFIL ESTRUCTURAL "C"</b>				
	<b>C-120-50-15-2,0</b>	<i>Modulo elástico según x-x:</i>	$W_x$ =	18	cm <sup>3</sup>
	<b>separacion: 0,70 m</b>	<i>Modulo elástico según y-y:</i>	$W_y$ =	5	cm <sup>3</sup>
		<i>Inercia según x-x:</i>	$I_x$ =	106	cm <sup>4</sup>
		<i>Inercia según y-y:</i>	$I_y$ =	16	cm <sup>4</sup>
		<i>Peso correas:</i>	g =	3,7	Kg/m
Deformación según x-x:		$f_x = 5 / 384 \times q_w \times L_x^4 / E / I_x =$	Lx / 244		<b>OK</b>
Deformación según y-y:		$f_y = 5 / 384 \times q_w \times L_y^4 / E / I_y =$	Ly / 248		<b>OK</b>
Tensión según x-x:	$\sigma_x = M_x / W_x =$	993	Kg/cm <sup>2</sup>	< 1625	Kg/cm <sup>2</sup> <b>OK</b>
Tensión según y-y:	$\sigma_y = M_y / W_y =$	671	Kg/cm <sup>2</sup>	< 1625	Kg/cm <sup>2</sup> <b>OK</b>

Figura 42. Cuadro de dimensionamiento correas

La estructura se modela en un programa de elementos finitos, teniendo en cuenta las combinaciones de acciones recomendadas en el reglamento CIRSOC.

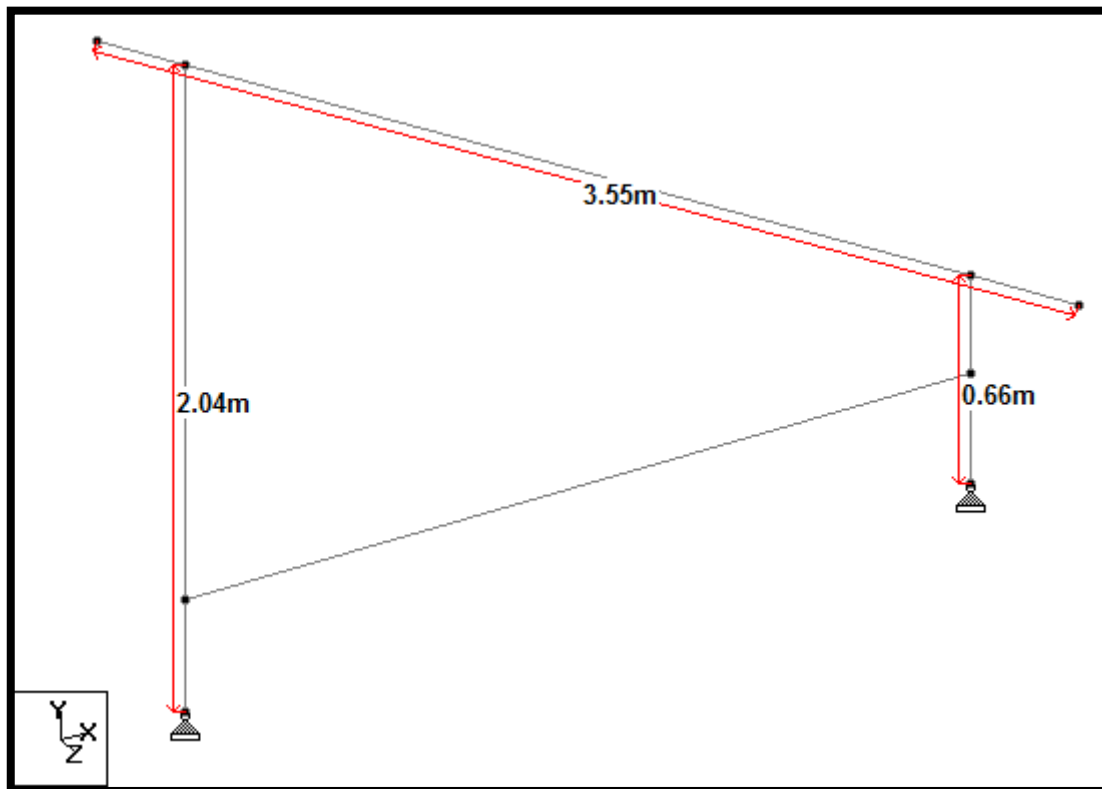


Figura 43. Diagrama de fuerzas estructura soporte

A continuación se presentan los perfiles propuestos y los resultados del dimensionamiento:

COMPONENTE	Parante vertical	Parante horizontal	Travesaño
Perfil propuesto	C140x60x20x1,6	C140x60x20x1,6	C140x60x20x1,6
L [m]	2,05	2,45	3,55
M máx [Kg.cm]	28.090	31.000	17.800
N [Kg]	-864	-303	560
A [cm <sup>2</sup> ]	4,63	4,63	4,63
W [cm <sup>3</sup> ]	20,52	20,52	20,52
Skx [cm]			280
ix [cm]	5,57	5,57	5,57
$\lambda_x$	36,8	44	51
$\omega$			1,4
$\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>1.560</b>	<b>1.580</b>	<b>1.040</b>

Figura 44. Cuadro de dimensionamiento parantes y travesaño

De acuerdo a los valores de esfuerzos obtenidos, los perfiles seleccionados verifican para las condiciones estudiadas, es decir  $\sigma \leq \sigma_{adm}$ .

### 9.1.8. Cálculo de la obra civil

La obra civil se compone por el estudio del suelo, y los cálculos de los cimientos de las estructuras soportes y de las salas de conversión y transformación, centro de monitoreo y control. Respecto a la cimentación de la sala de maniobra y medición de MT, se respeta lo establecido por las instrucciones del fabricante.

#### 9.1.8.1. Estudio del suelo

Para el presente proyecto se utilizan los datos de un estudio realizado en el año 2013. Se presentan en el cuadro siguiente:

PROFUNDIDAD [m]	CAPACIDAD DE CARGA FUNDACIONES [Kg/cm <sup>2</sup> ]			
	Superficiales		Profundas	
	Continua	Aislada	Fuste	Punta
0,5 a 1,5	5,3	6,9	0,27	---
1,5 a 2,5	2,6	3,4	0,13	---
2,5 a 3,5	2	2,65	0,1	---
3,5 a 4,5	2,8	3,7	0,14	---
4,5 a 6	5	6,4	0,25	---
6 a 9	---	6,8	0,26	---
9 a 10,5	---	8,9	0,34	22,1
10,5 a 12	---	9,2	0,35	22,75
12 a 14	---	14,15	0,54	35,1
14 a 15	---	14,7	0,56	36,4

Figura 45.

Capacidad de carga suelo

#### 9.1.8.2. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la obra civil son: hormigón H21 para las bases de las estructuras soportes, hormigón pobre para los cimientos de las salas. Las losas de las salas se componen de viguetas, ladrillos de telgopor, hormigón H21 y hormigón pobre. Los muros de las salas se componen de ladrillos comunes, cemento portland y arena.

#### 9.1.8.3. Cálculo de la cimentación

La presión admisible se determina basándose en la capacidad de carga dada en el estudio de suelo, utilizando un coeficiente de seguridad no menor que tres, para cargas calculadas normalmente, ni menor que dos, para cargas calculadas considerando todos los efectos desfavorables posibles actuando simultáneamente y con sus valores máximos.

### 9.1.8.3.1. Cimentación del campo fotovoltaico

Para dimensionar la obra civil de la estructura soporte se utiliza un tipo de *fundación directa*. De los resultados del modelo de cálculo se obtienen las peores condiciones de servicio:

$$T = - 864,3 \text{ [Kg]}$$

$$Q = 854 \text{ [Kg]}$$

$$N = 655 \text{ [Kg]}$$

$$Q = 51 \text{ [Kg]}$$

Se propone una fundación de 0,8 [m]x0,8 [m]x0,8 [m].

Se procede a verificar la base:

$$P = Pe \times V \text{ debe ser mayor a } T$$

$$\sigma = N/S \text{ debe ser menor a la capacidad de carga suelo}$$

$$P = 2.400 \text{ [Kg/m}^3\text{]} \times 0,8 \text{ [m]} \times 0,8 \text{ [m]} \times 0,8 \text{ [m]} = 1.228,80 \text{ [Kg]} > 864,3 \text{ [Kg]}$$

$$\sigma = 655 \text{ [Kg]} / (80 \text{ [cm]} \times 80 \text{ [cm]}) = 0,1 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} < 6,9 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}/3 = 2,3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Donde:

Pe: peso específico del hormigón H21 [Kg/m<sup>3</sup>]

V: volumen de la base [m<sup>3</sup>]

T: esfuerzo de tracción [Kg]

N: esfuerzo de compresión o normal [Kg]

Q: esfuerzo de corte [Kg]

$\sigma$ : esfuerzo de tensión [Kg]

### 9.1.8.3.2. Cimentación del centro de conversión y transformación

Para dimensionar el cimiento de la sala de conversión y transformación se utiliza un tipo de *fundación corrida o continua* de hormigón pobre.

Se propone una fundación de 1 [m]x0,45 [m].

Se obtienen los esfuerzos de corte del muro y losa:

$$Q_{losa} = (\text{Peso propio} + \text{Peso permanente} + \text{Sobrecarga}) \times L$$

$$Q_{losa} = 580 \text{ [Kg/ m}^2\text{]} \times 2,95 \text{ [m]} = 1.711 \text{ [Kg/ m]}$$

Donde el peso propio de la losa está representado por la vigueta, ladrillo de telgopor, capa de H21; el peso permanente es de la capa de hormigón pobre,

capa impermeable; y finalmente el reglamento considera una determinada sobrecarga, para este caso corresponde a techo no transitado.

$$Q_{muro} = \text{Peso específico} \times S$$

$$Q_{muro} = 1.300 \text{ [Kg/m}^3\text{]} \times (0,3 \text{ [m]} \times 3,75 \text{ [m]}) = 1462,5 \text{ [Kg/m]}$$

Se verifica la fundación propuesta:

$$\sigma = (Q_{losa} + Q_{muro})/S \text{ debe ser menor a la capacidad de carga suelo}$$

$$\sigma = 3173,5 \text{ [Kg/m]} / (1 \text{ [m]} \times 0,45 \text{ [m]}) = 7052,22 \text{ [Kg/m}^2\text{]} = 0,7 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$< 5,3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}/3 = 1,77 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Donde:

L: longitud losa/2 [m]

S: área longitudinal muro [m<sup>2</sup>]

#### 9.1.8.3.3. Cimentación del centro de monitoreo y control

Para dimensionar el cimiento de la sala de monitoreo y control se utiliza un tipo de *fundación corrida o continua* de hormigón pobre.

Se propone una fundación de 1 [m]x0,45 [m].

Se obtienen los esfuerzos de corte de la losa y muro:

$$Q_{losa} = 580 \text{ [Kg/ m}^2\text{]} \times 2,2 \text{ [m]} = 1.276 \text{ [Kg/ m]}$$

$$Q_{muro} = 1.300 \text{ [Kg/m}^3\text{]} \times (0,3 \text{ [m]} \times 3 \text{ [m]}) = 1.170 \text{ [Kg/m]}$$

Se verifica la fundación propuesta:

$$\sigma = 2.446 \text{ [Kg/m]} / (1 \text{ [m]} \times 0,45 \text{ [m]}) = 5435,56 \text{ [Kg/m}^2\text{]} = 0,55 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$< 5,3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}/3 = 1,77 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$


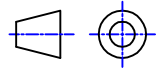
#### 9.1.8.3.4. Cimentación del vallado perimetral

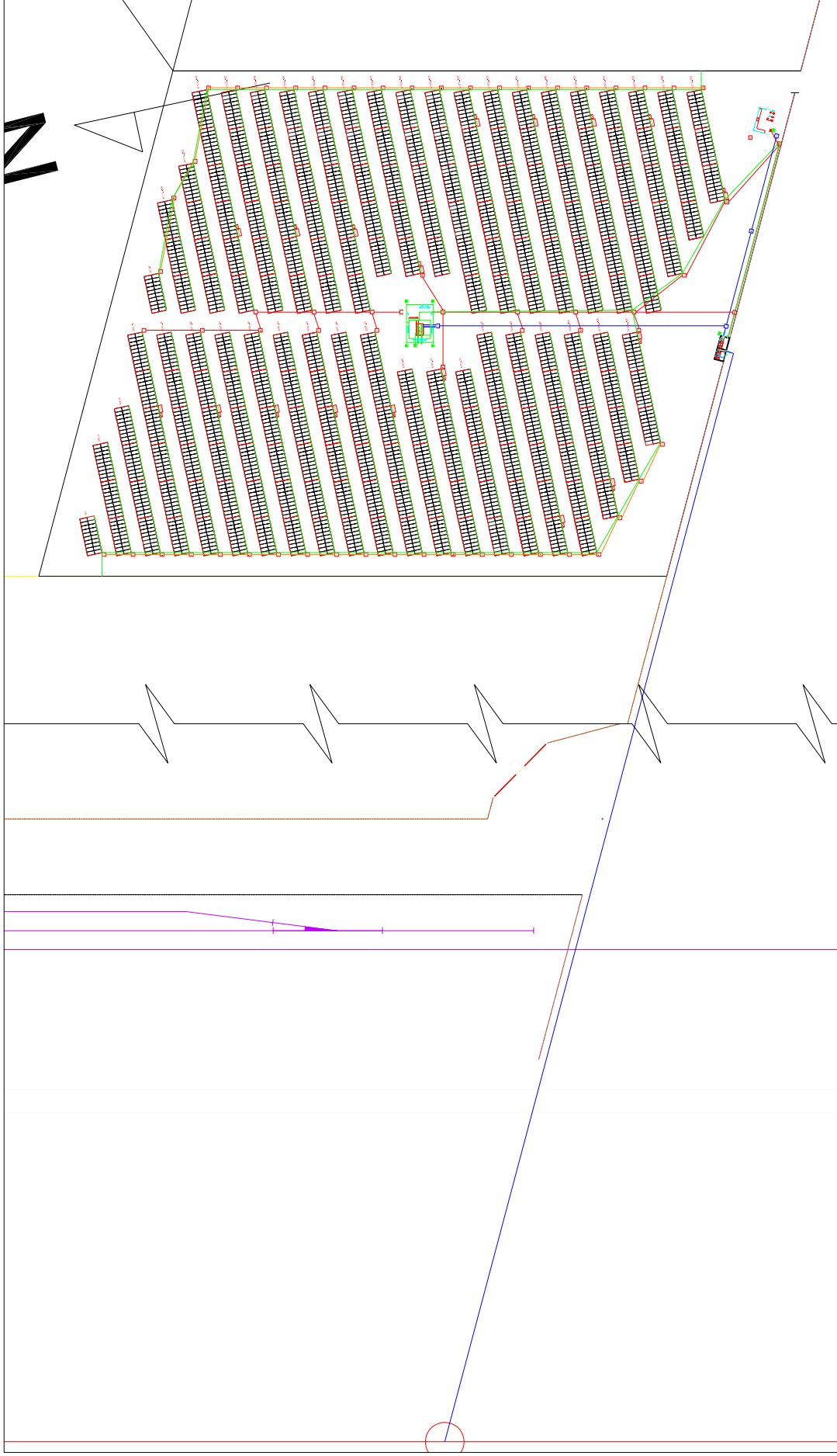
Para dimensionar el cimiento del vallado se utiliza un tipo de *fundación aislada* de hormigón H21, con dimensiones de 0,5 [m]x0,45 [m].


## 9.2. Planos

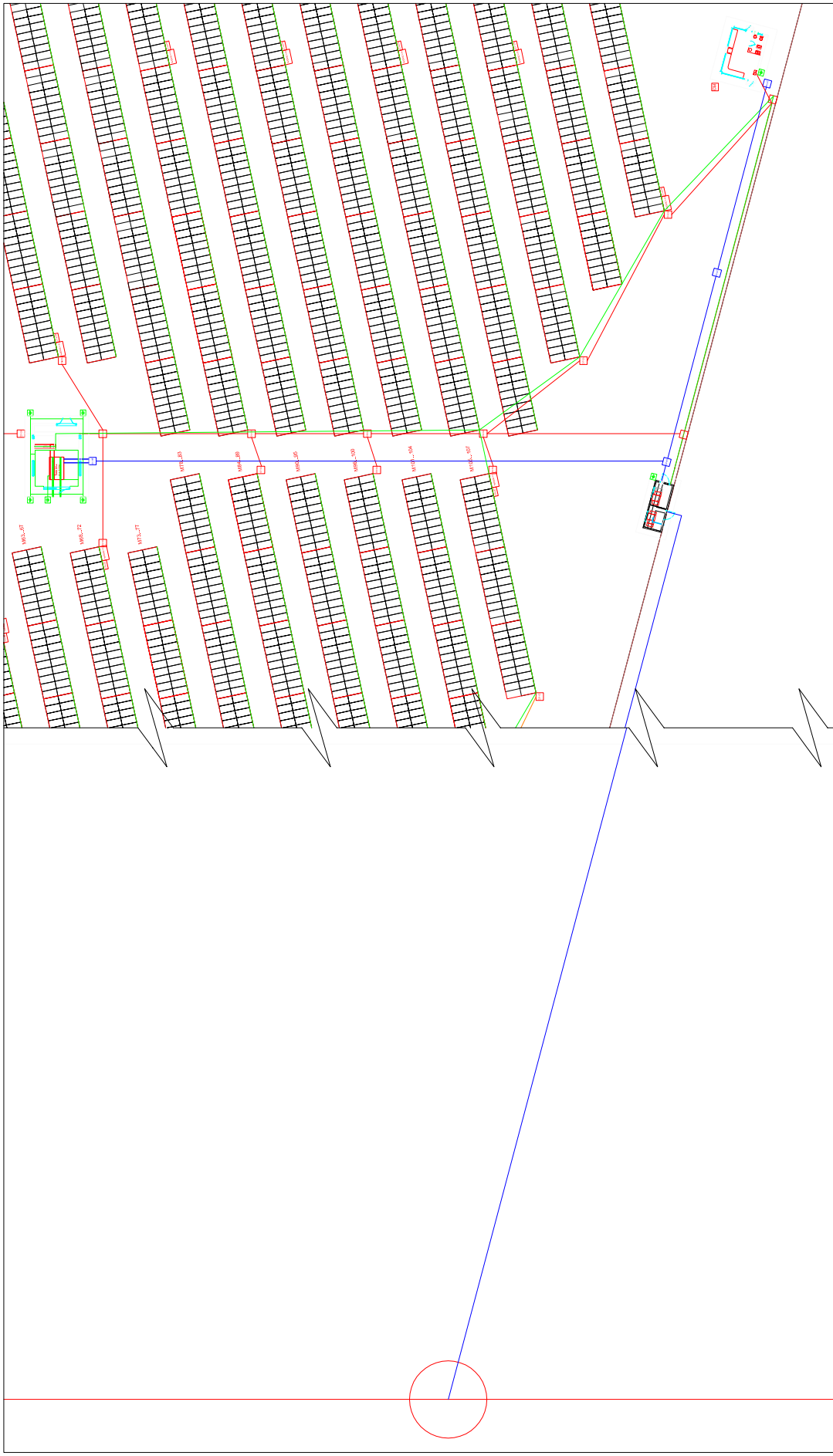
**LISTA DE PLANOS**

Plano	Edición										Descripción	
	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09		
P01-1	29/04/19											Vistas general
P01-2	29/04/19											Tendido subterráneo de MT
P01-3	29/04/19											Tendido subterráneo de BT

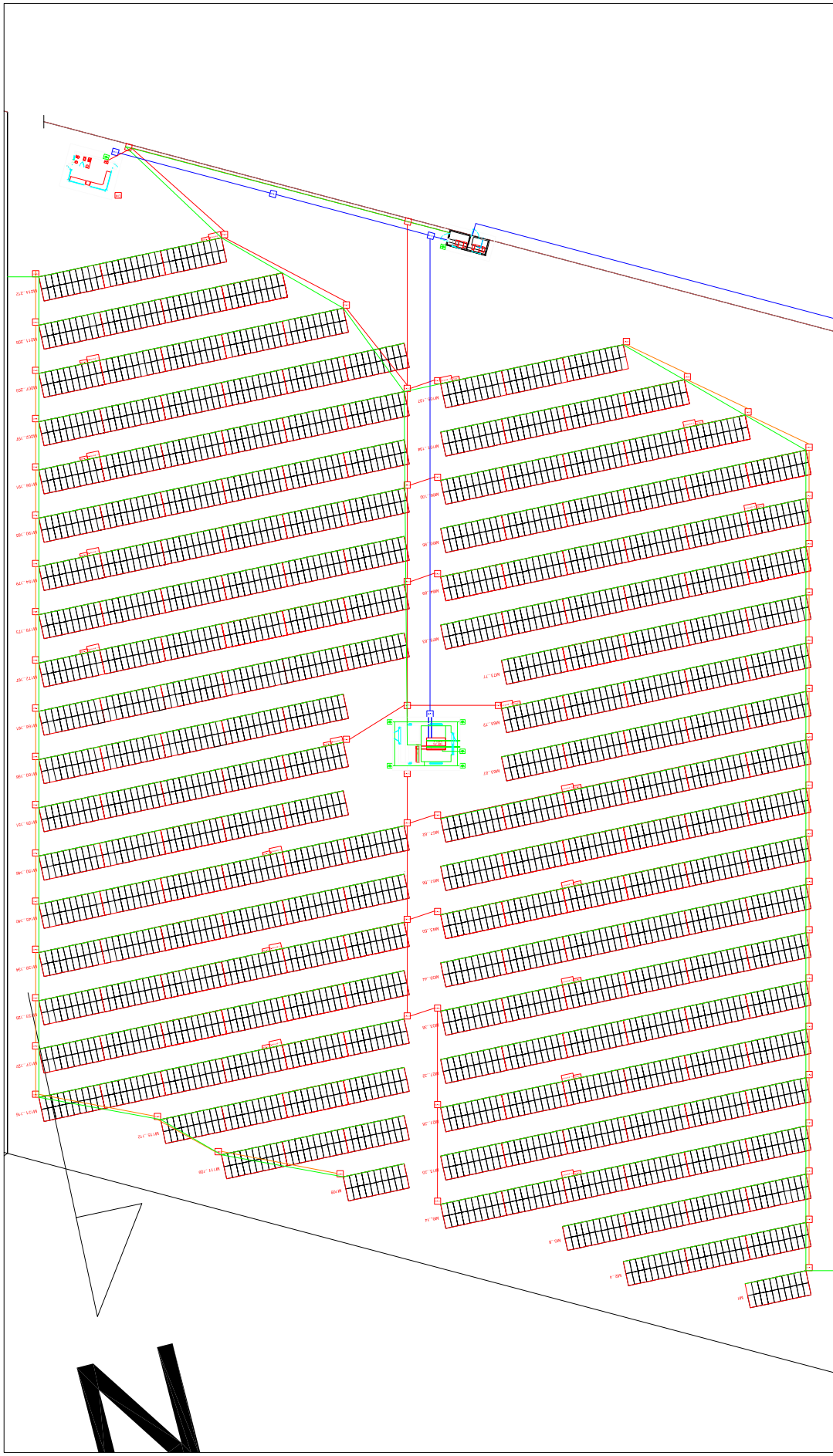
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
 <p align="center"><b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)</p>						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---		
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:
Título:				PSF-AFA Las Rosas		<b>LO 1</b>
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Índice 01				Medidas en:		Edición: Hoja:
				---		0 1



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	--	Escala:		1:1000
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Materia:	--	Plano:		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	--	Proyecto:		
Título:				PSF-AFA Las Rosas		
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica				Medidas en: m		
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas				Edición: 0		
Vistas general				Hoja: 1		




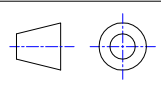
Revisión:	Descripción:		Dibujó:	Aprobó:	Fecha:		
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:			J.M.C. 29/04/19	Archivo:	--	Escala:	1:500
Revisó:			J.M.C. 29/04/19	Material:	--	Plano:	
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	--	Proyecto:	PSF-AFA Las Rosas		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Tendido subterráneo de MT				Edición:	0		
				Medidas en:	m		
				Hoja:	1		

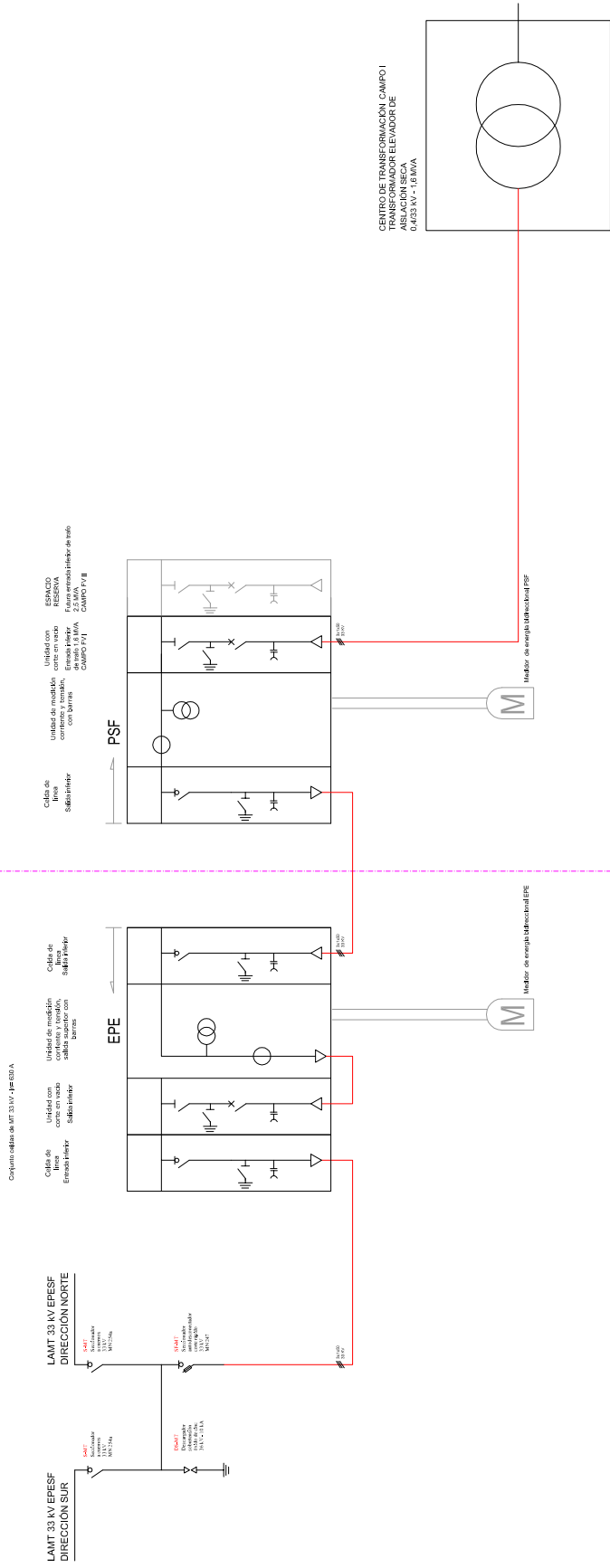


Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	--	Escala:		
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Material:	--	1:600		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	--	Plano:		
Título:				Proyecto:		
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Tendido subterráneo de BT				<b>PSF-AFA Las Rosas</b> Medidas en: m		
				Edición:		
				0		
				Hoja:		
				1		

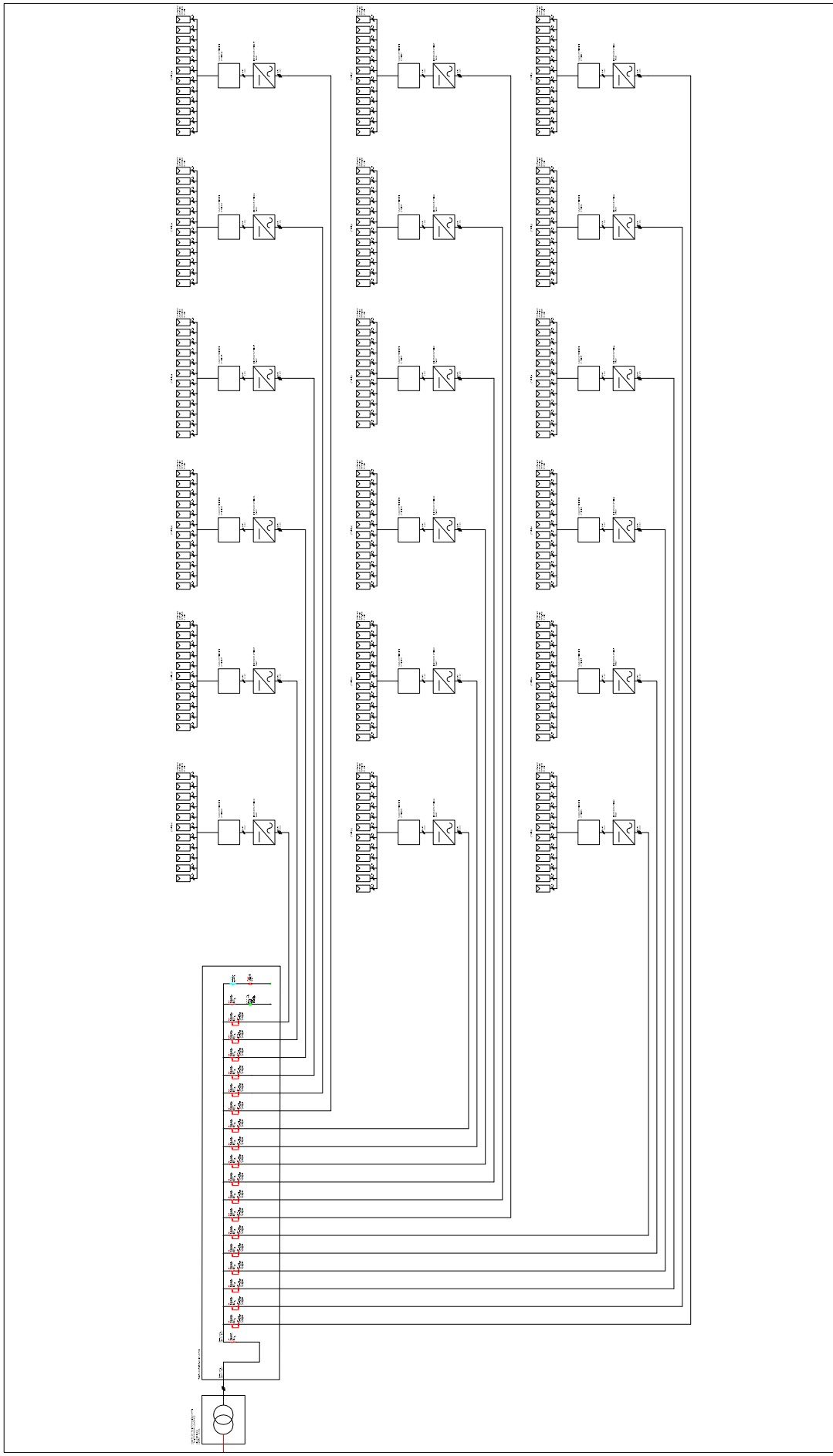
**LISTA DE PLANOS**


Plano	Edición										Descripción	
	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09		
P02-1	29/04/19											Esquema unifilar MT
P02-2	29/04/19											Esquema unifilar BT
P02-3	29/04/19											Esquema unifilar BT - string
P02-4	29/04/19											Esquema unifilar BT - TGBT
P02-5	29/04/19											Esquema unifilar BT - auxiliares TGBT
P02-6	29/04/19											Esquema unifilar BT - auxiliares cabina MyM
P02-7	29/04/19											Esquema unifilar BT - auxiliares sala de control
P02-8	29/04/19											Diagrama de comunicación
P02-9	29/04/19											Esquema de PAT

Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:	
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:		
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---	s/e		
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:	
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Índice 02					PSF-AFA Las Rosas	<b>LO2</b>	
					Medidas en:	Edición:	Hoja:
					--	0	1

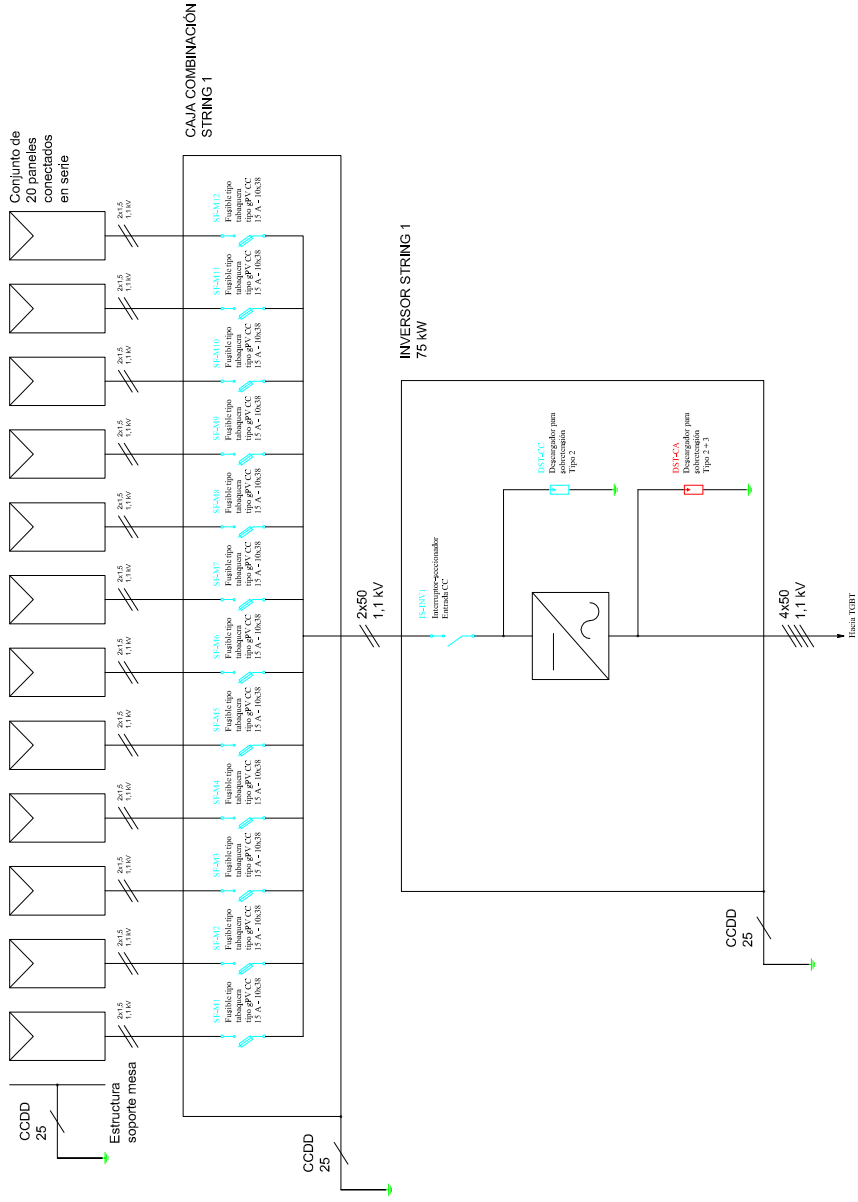


Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)			
Dibujó: J.M.C. 29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		
Revisó: J.M.C. 29/04/19	Materia: --	Plano: P02-1		
Aprobó: J.M.C. 29/04/19	Cant.: --	Proyecto: PSF-AFA Las Rosas		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas		Medidas en: --		
Esquema unifilar MT		Edición: 0		
		Hoja: 1		



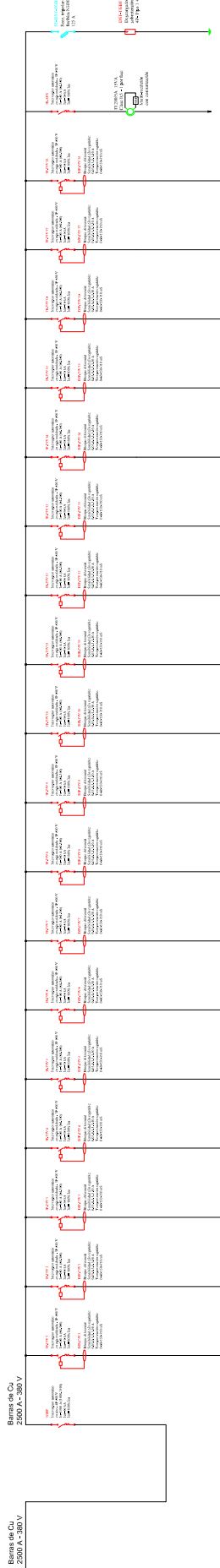
Revisión:	Descripción:		Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)				
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	--	Escala:
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Materia:	--	s/e
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	--	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT			Proyecto: <b>PSF-AFA Las Rosas</b> Medidas en: --		
			Edición: 0		
			Hoja: 1		


STRING 1

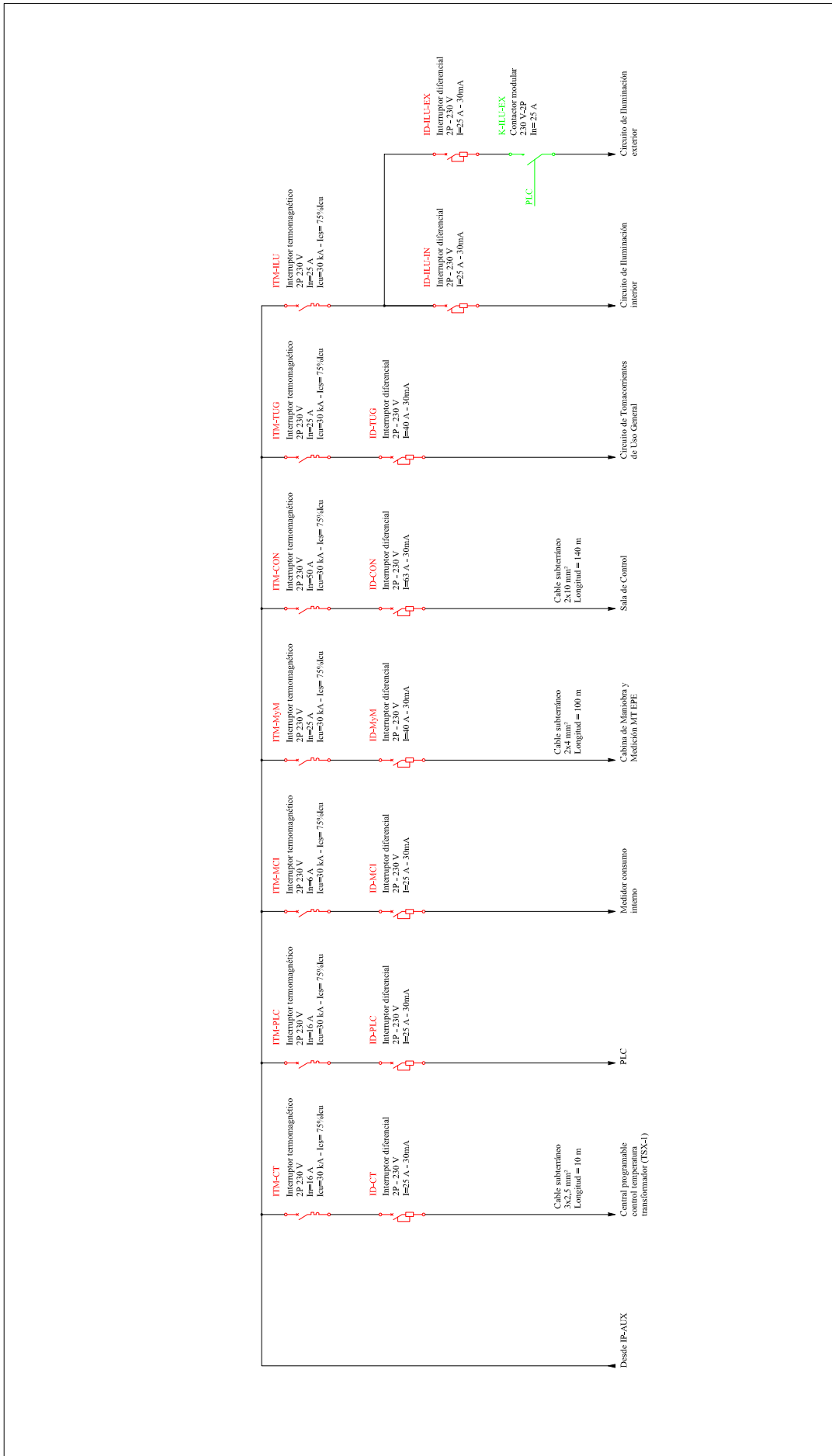


Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)			
Dibujó: J.M.C. 29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		
Revisó: J.M.C. 29/04/19	Materia: --	Proyecto: PSF-AFA Las Rosas		
Aprobó: J.M.C. 29/04/19	Cant.: --	Plano: P02-3		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT - string		Medidas en: ---		
		Edición: 0		
		Hoja: 1		

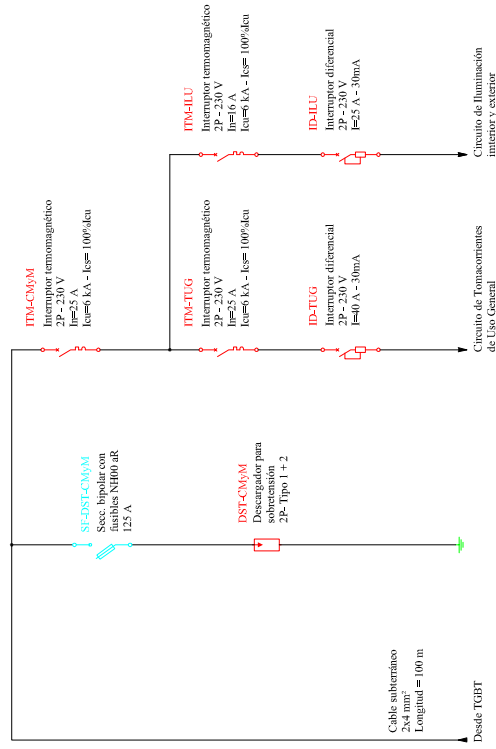
Barra de Cu  
2500 A - 380 V



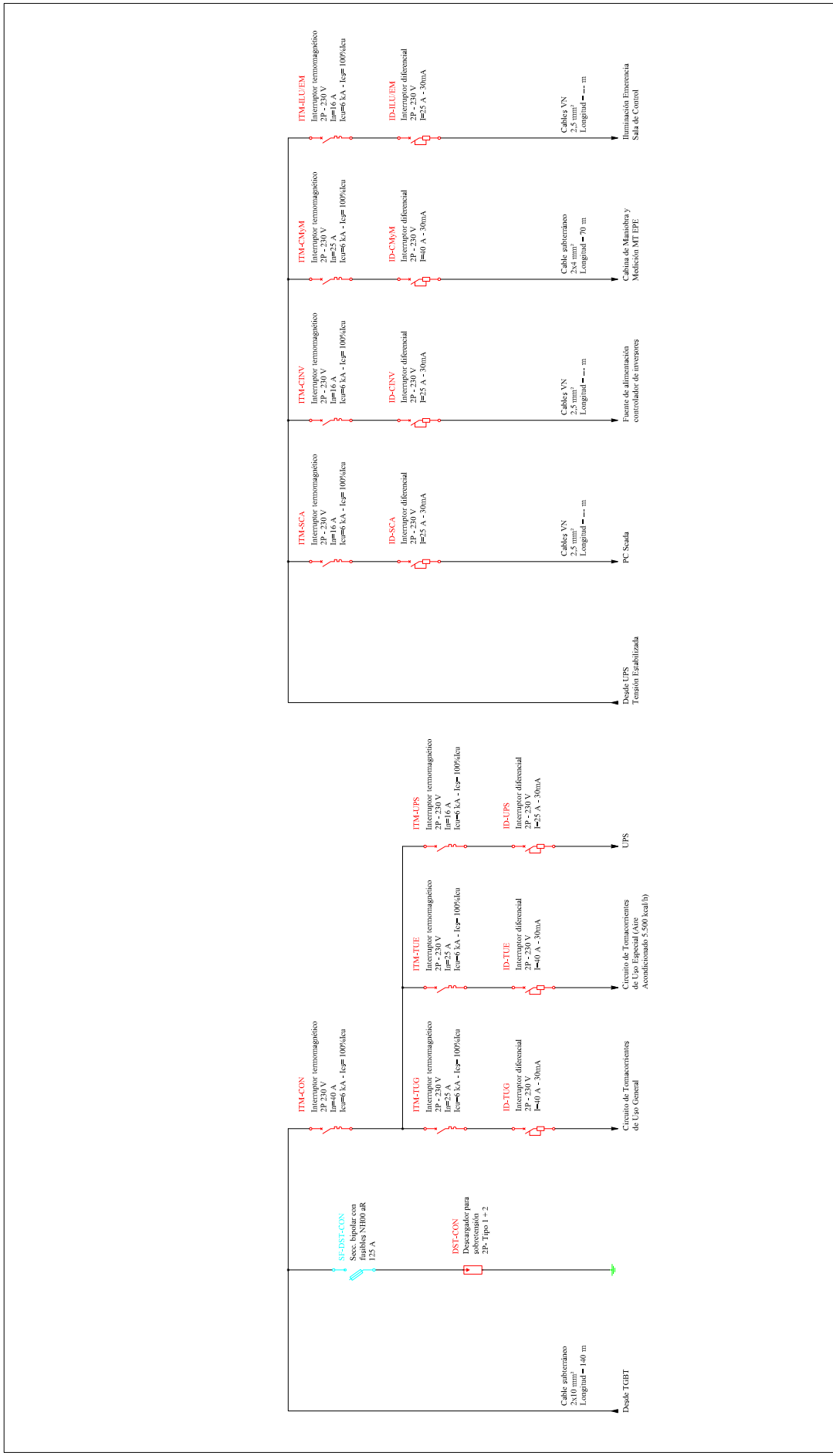
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:	
	 <b>Agrícolas Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		Plano: <b>P02-4</b>	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Materia: --	Proyecto: <b>PSF-AFA Las Rosas</b>			Edición: 0
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.: --	Medidas en: --			Hoja: 1
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT - TGBT							



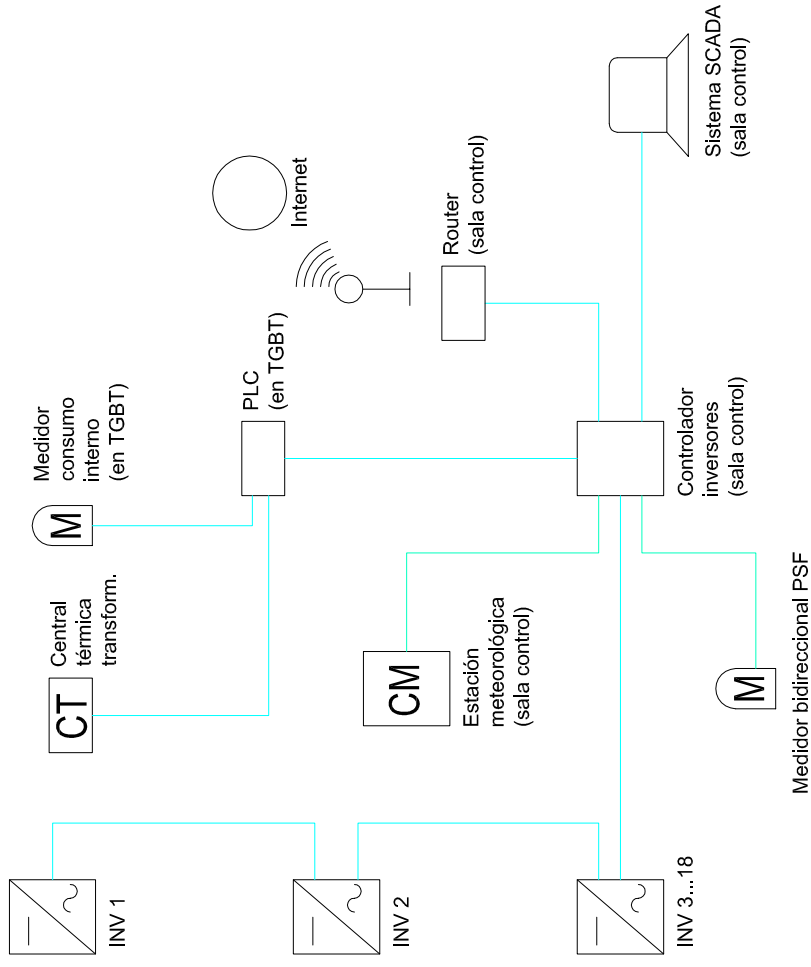
Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)			
Dibujó: J.M.C. 29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		
Revisó: J.M.C. 29/04/19	Material: --	Plano: PSF-AFA Las Rosas P02-5		
Aprobó: J.M.C. 29/04/19	Cant.: --	Edición: 0		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT - auxiliares TGBT		Medidas en: --		
		Hoja: 1		



Revisión:	Descripción:		Dibujó:	Aprobó:	Fecha:		
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:			J.M.C. 29/04/19	Archivo:	--	Escala:	s/e
Revisó:			J.M.C. 29/04/19	Material:	--		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	--	Proyecto:	Plano:		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT - auxiliares cabina MyM			Proyecto: <b>PSF-AFA Las Rosas</b>		Hoja: 1		
			Medidas en:		Edición: 0		



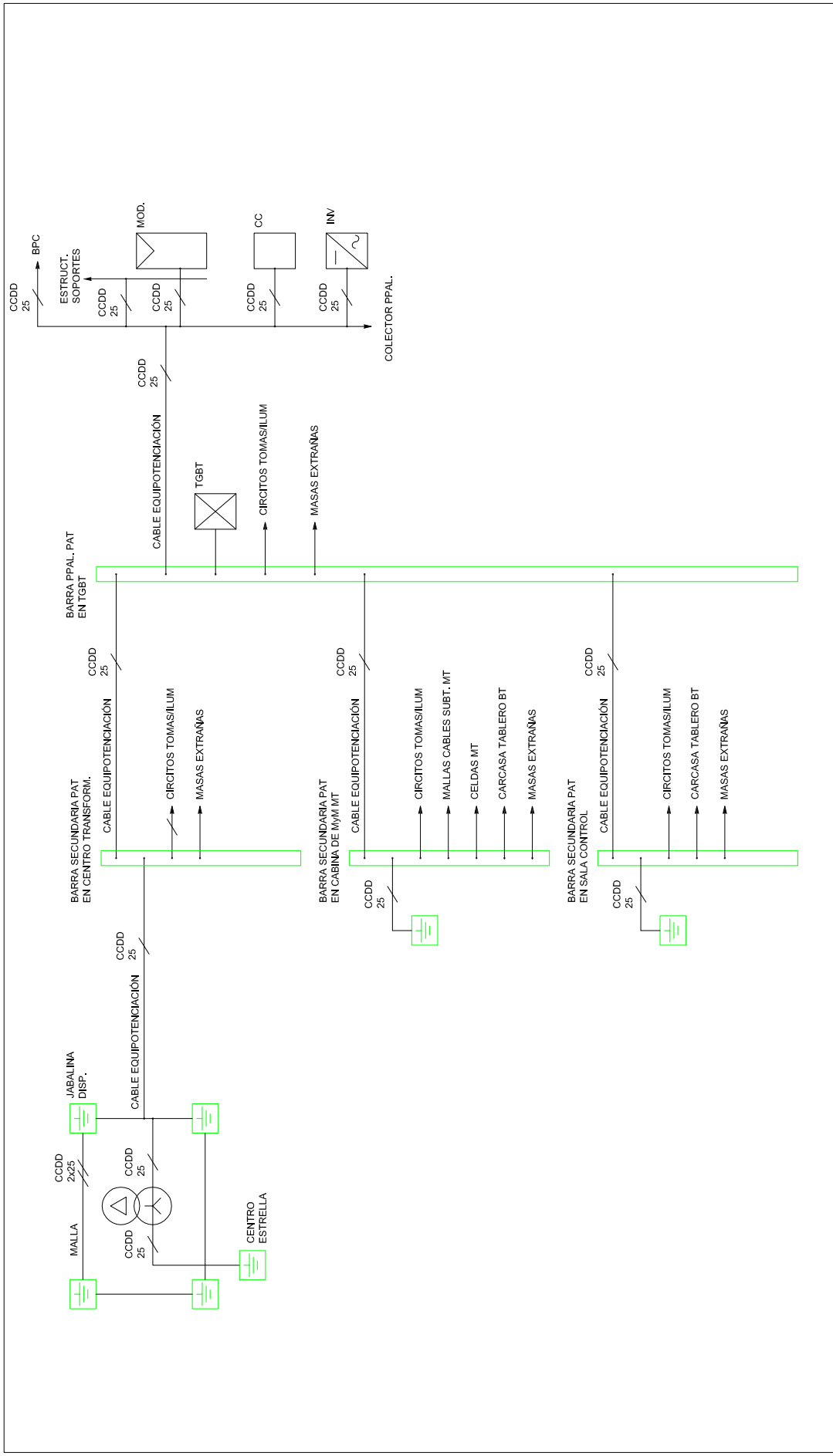
Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)			
Dibujó: J.M.C. 29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		
Revisó: J.M.C. 29/04/19	Material: --	Plano: PSF-AFA Las Rosas		
Aprobó: J.M.C. 29/04/19	Cant.: --	Proyecto: PSF-AFA Las Rosas		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Esquema unifilar BT - auxiliares sala de control		Edición: 0		
		Hoja: 1		



Referencias:

- ETHERNET
- RS485


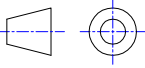
Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)			
Dibujó: J.M.C. 29/04/19	Archivo: --	Escala: s/e		
Revisó: J.M.C. 29/04/19	Material: --	Proyecto: PSF-AFA Las Rosas		
Aprobó: J.M.C. 29/04/19	Cant.: --	Plano: P02-8		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Diagrama de comunicación		Medidas en: --		Edición: 0
				Hoja: 1

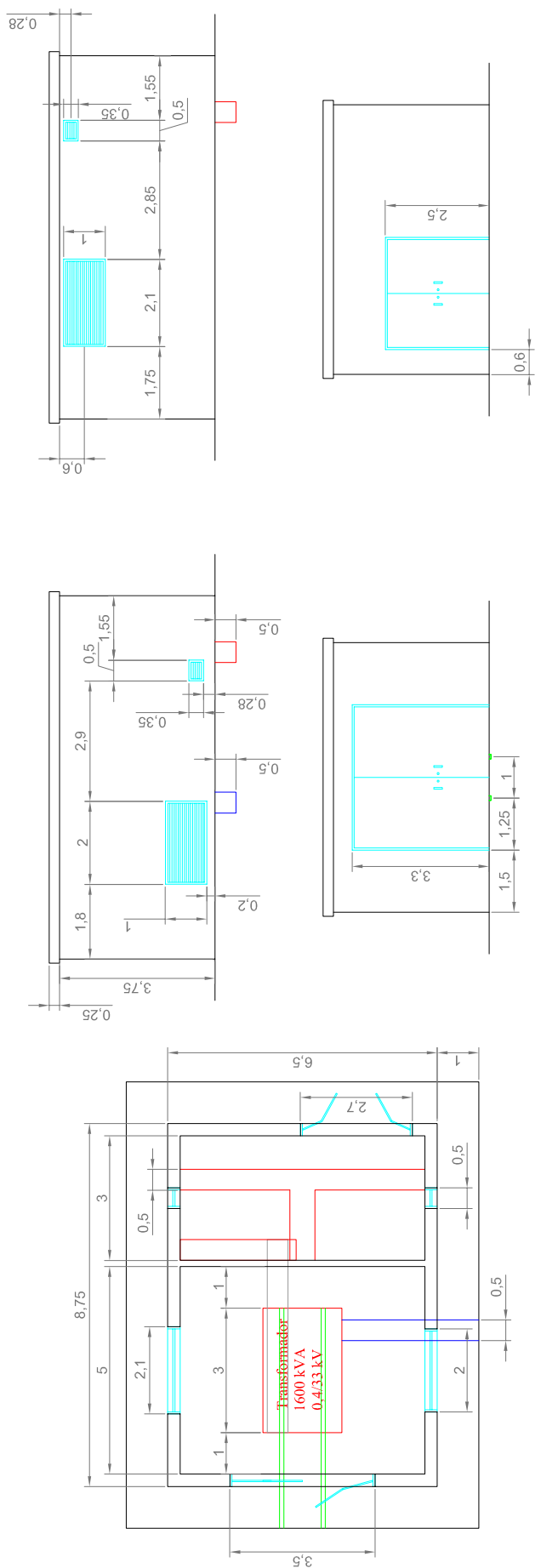


Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	Agricultores Federados Argentinos S.C.L. Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	--	Escala:	s/e
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Materia:	--		
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	--	Proyecto:	PSF-AFA Las Rosas
Título:			Plano:			
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica			P02-9			
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas			Medidas en:			
Esquema de PAT			Edición:			
			0			
			1			

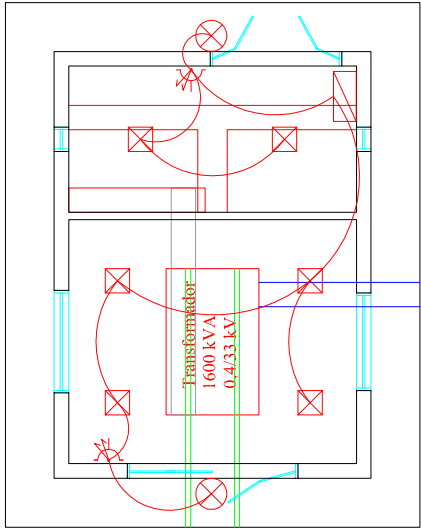
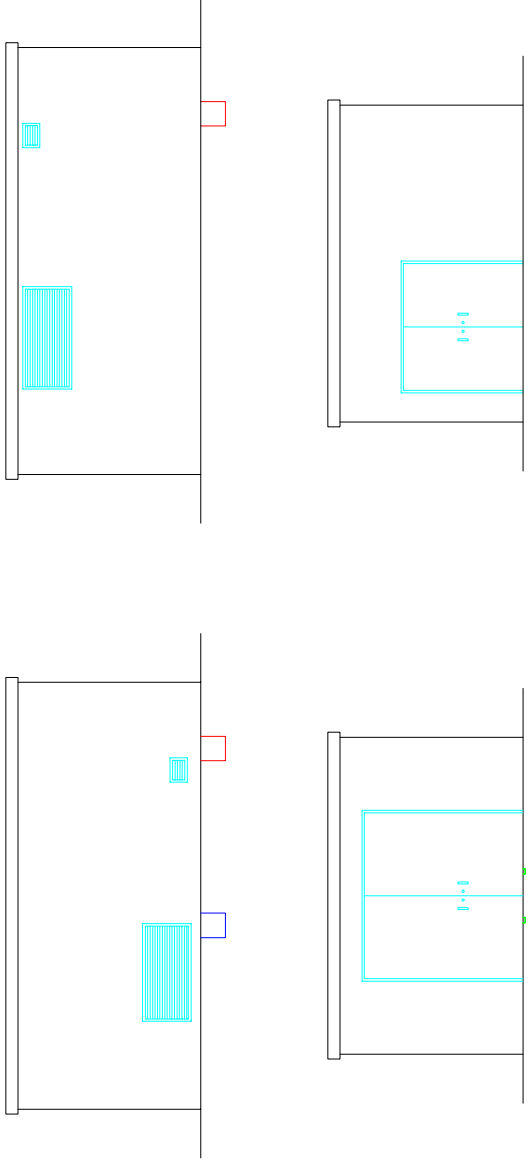
**LISTA DE PLANOS**

Plano	Edición										Descripción
	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	
P03-1	29/04/19										Vistas sala de transformación
P03-2	29/04/19										Instalación eléctrica sala de transformación
P03-3	29/04/19										Vistas sala de manibra y medición (MyM) de MT
P03-4	29/04/19										Instalación eléctrica sala de MyM de MT
P03-5	29/04/19										Vistas sala monitoreo y control
P03-6	29/04/19										Instalación eléctrica sala monitoreo y control
P03-7	29/04/19										Referencias

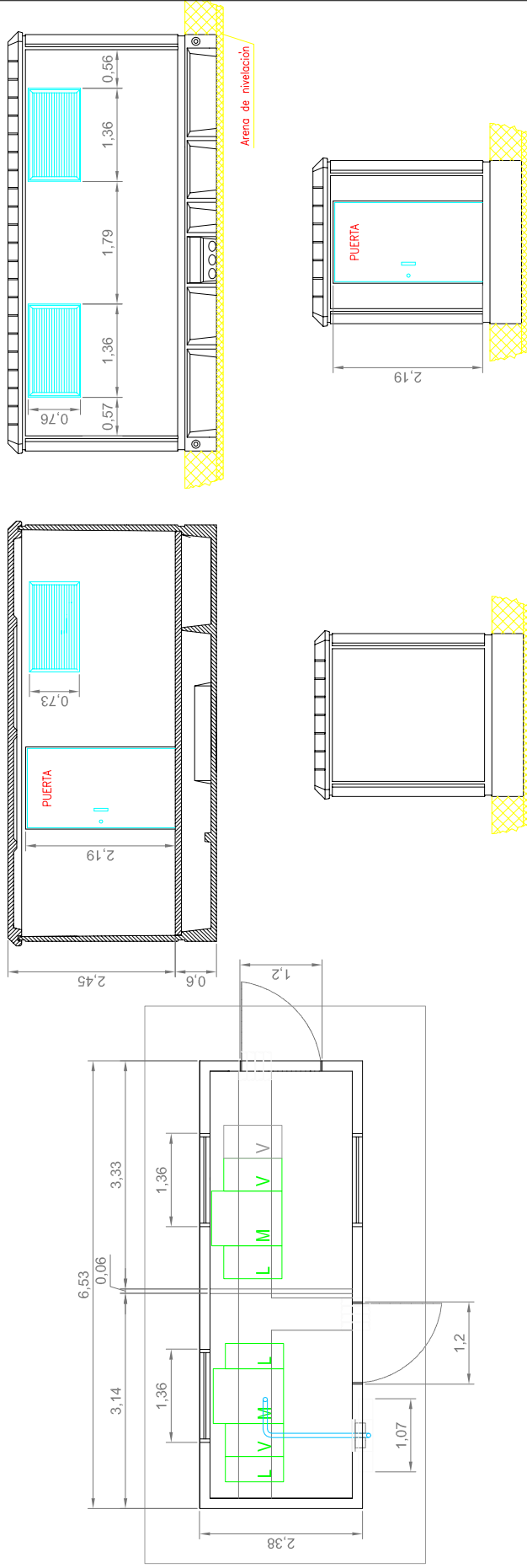
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
 <p align="center"><b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)</p>						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---	s/e	
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Índice 03				PSF-AFA Las Rosas		<b>LO3</b>
				Medidas en:	--	Edición: 0 Hoja: 1



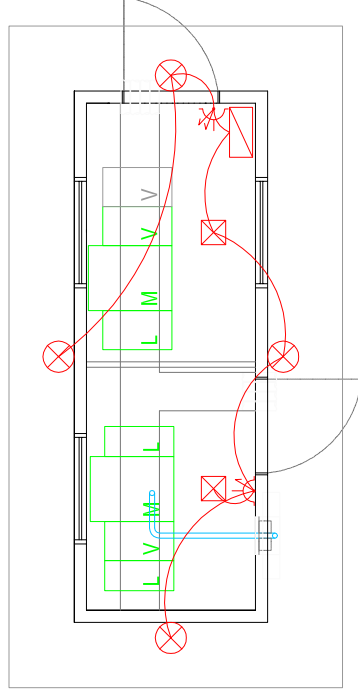
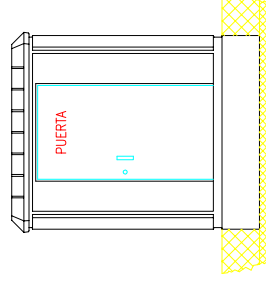
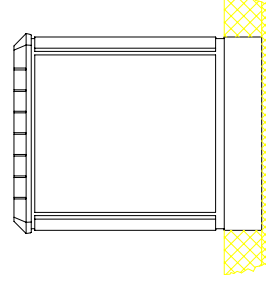
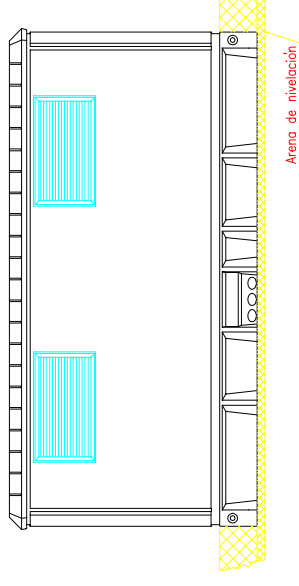
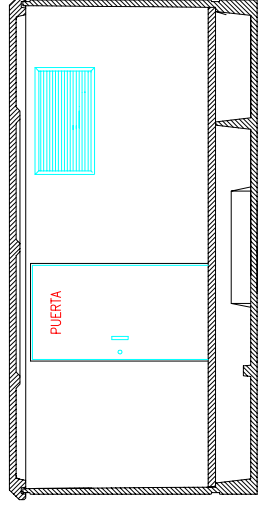
Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)				
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Material:	---	1:100
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	---	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Vistas sala de transformación				Proyecto: <b>PSF-AFA Las Rosas</b> Edición: 0 Hoja: 1




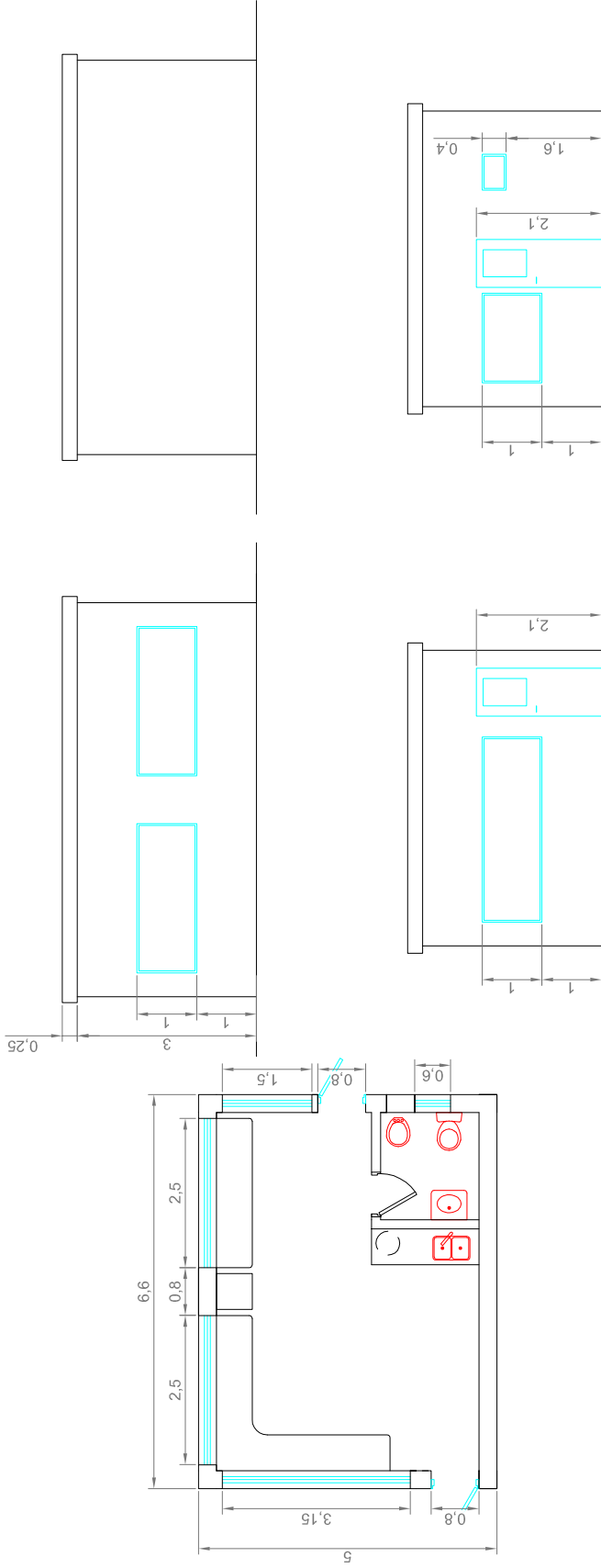
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:		1:1600
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Material:	---	Plano:		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:		
Título:				PSF-AFA Las Rosas		
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica				Medidas en: m		
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas				Edición: 0		
Instalación eléctrica sala de transformación				Hoja: 1		





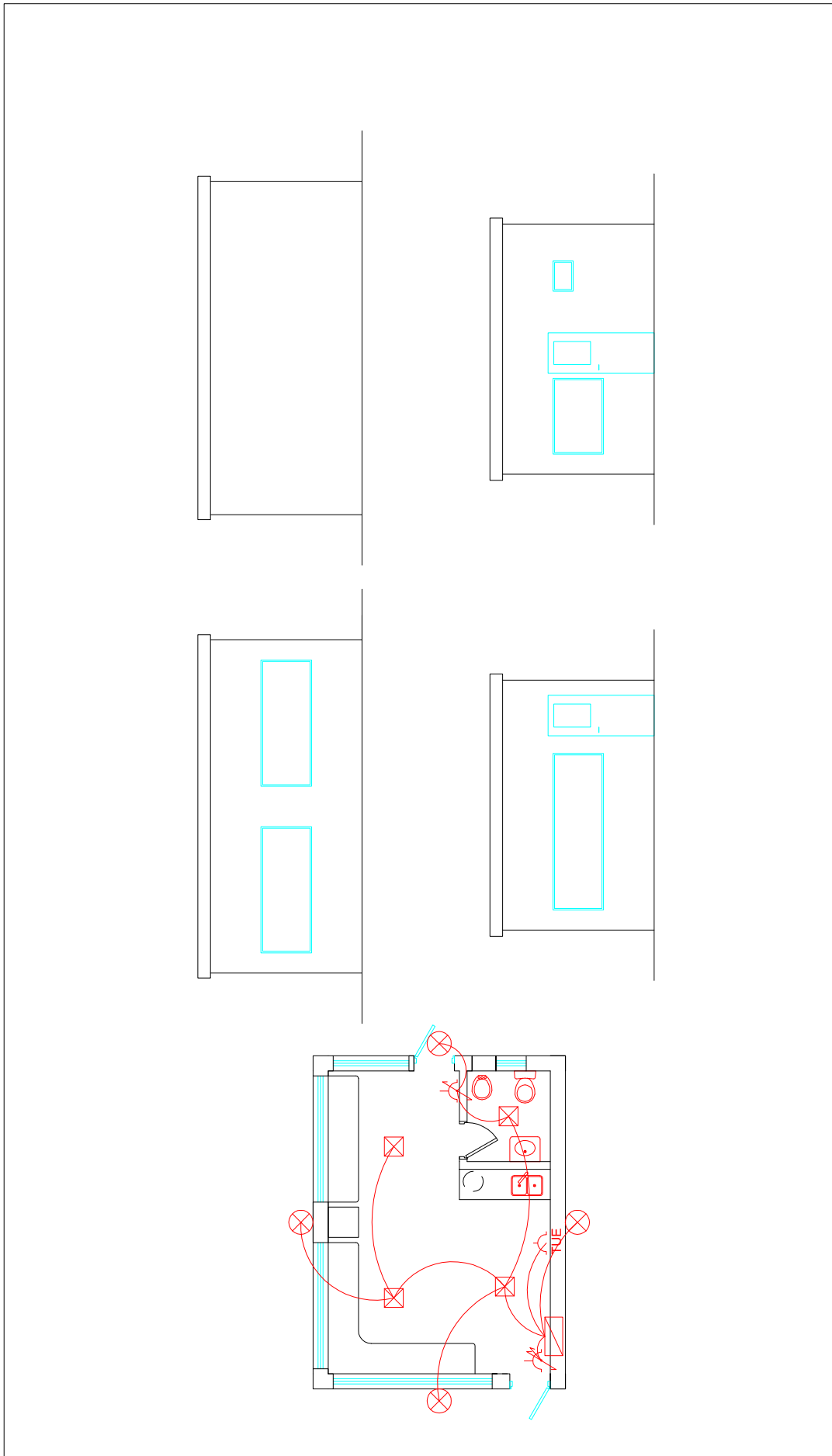
Revisión:	Descripción:	Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)				
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Materia:	---	1:60
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant:	---	Proyecto:
Título:				Plano:
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica				PSF-AFA Las Rosas
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas				<b>P03-3</b>
Vistas sala de manibra y medición (MyM) de MT				Medidas en: m
				Edición: 0
				Hoja: 1



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:		1:60
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Materia:	---	Proyecto:		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	---	PSF-AFA Las Rosas		
Título:			Plano:			
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica			P03-4			
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas			Medidas en: m			
Instalación eléctrica sala de MyM de MT			Edición: 0			
			Hoja: 1			










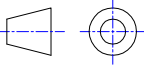
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:		 1:60
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Material:	---	Proyecto:		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant:	---	PSF-AFA Las Rosas Medidas en: m		
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Vistas sala monitoreo y control				Plano: <b>P03-5</b>		Edición: 0 Hoja: 1



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:		1:60
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Material:	---	Proyecto:		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant:	---	PSF-AFA Las Rosas		
Título:				Plano:		P03-6
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica				Medidas en:		m
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas				Edición:		0
Instalación eléctrica sala monitoreo y control				Hoja:		1


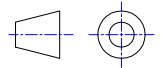
## REFERENCIAS

-  Luminaria interior adosable LED 45W, medidas 640x640x55 mm
-  Luminaria exterior adosable LED 15W, medidas 215x155x62 mm
-  Módulo tomacorriente de uso general, interruptor de iluminación combinada, interruptor de iluminación de un punto
-  Módulo tomacorriente de uso general, 2 interruptores de iluminación de un punto
-  Módulo tomacorriente de uso general, interruptor de iluminación combinada
-  Módulo tomacorriente de uso especial

Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---	s/e	
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Referencias				<b>PSF-AFA Las Rosas</b>		<b>P03-7</b>
				Medidas en:	--	Edición: 0 Hoja: 1

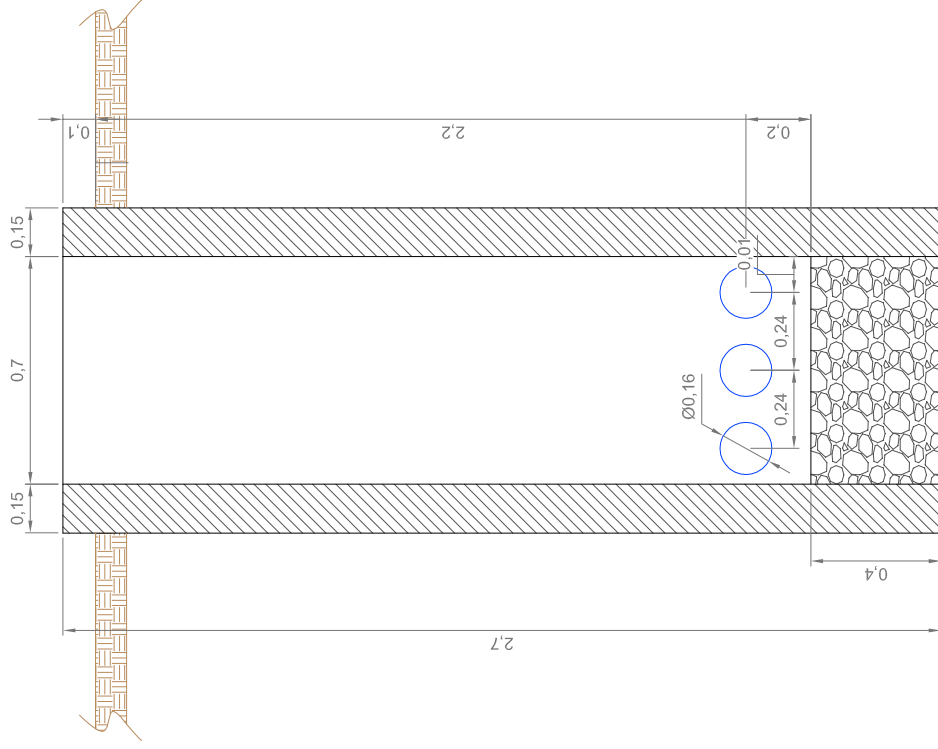
**LISTA DE PLANOS**

Plano	Edición										Descripción
	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	
P04-1	29/04/19										Vistas en corte mesa
P04-2	29/04/19										Vistas en corte cámaras de BT y MT
P04-3	29/04/19										Detalle placa de anclaje
P04-4	29/04/19										Detalle vallado perimetral
P04-5	29/04/19										Detalle transición MT subterráneo - aéreo
P04-6	29/04/19										Detalle pletinas de fijación

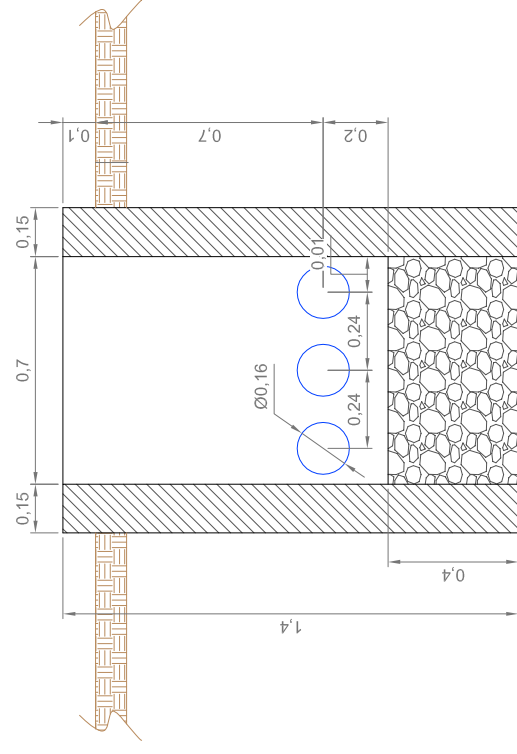
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---	s/e	
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Índice 04				PSF-AFA Las Rosas		<b>LO4</b>
				Medidas en:	Edición:	Hoja:
				--	0	1




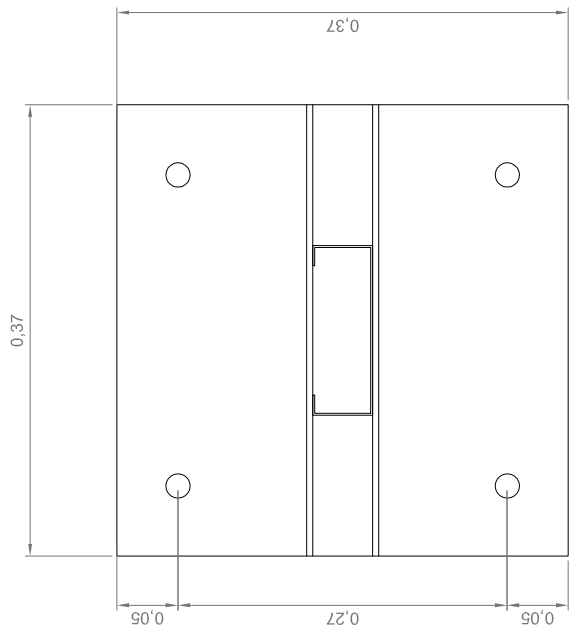
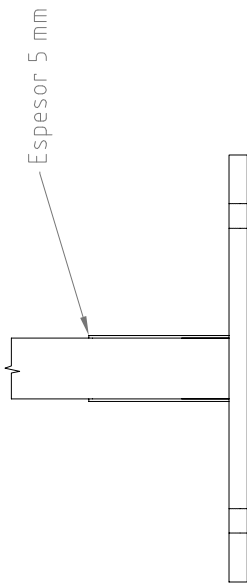
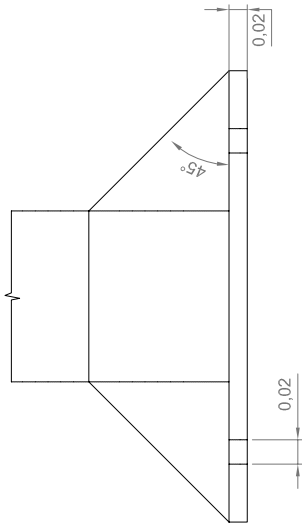
Cámara de MT




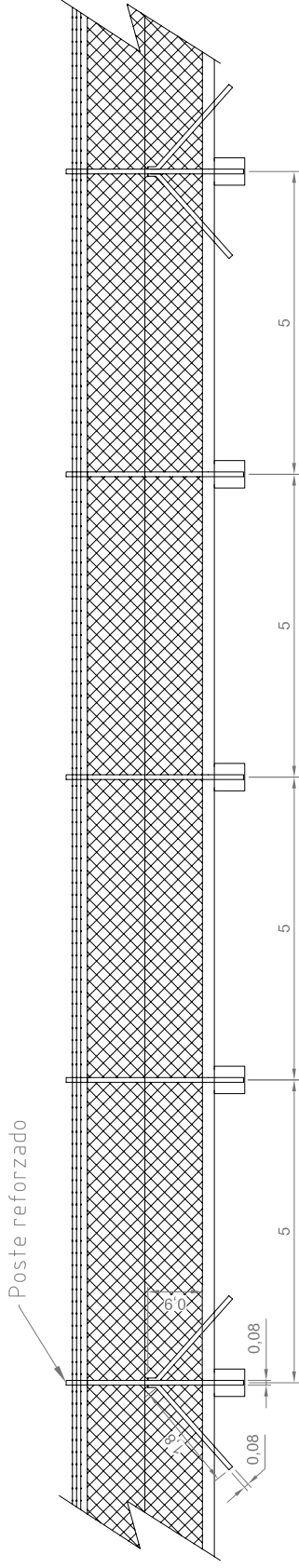
Cámara de BT



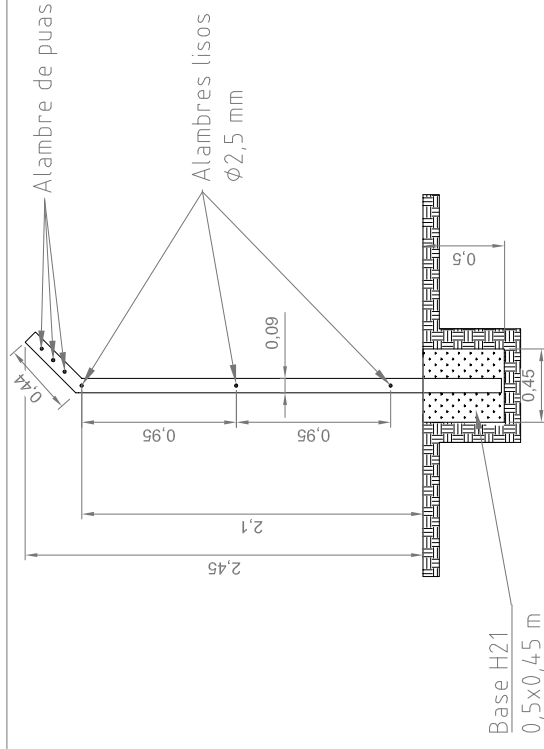
Revisión:	Descripción:	Dibujo:	Aprobó:	Fecha:
 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)				
Dibujó:	J.M.C.   29/04/19	Archivo:	---	Escala:
Revisó:	J.M.C.   29/04/19	Materia:	---	1:15
Aprobó:	J.M.C.   29/04/19	Cant:	---	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Vistas en corte cámaras de BT y MT				Proyecto: <b>PSF-AFA Las Rosas</b> PO4-2
Medidas en:				m
Edición:				0
Hoja:				1



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	1:4
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Materia:	---	Plano:	
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant:	---	Proyecto:	PSF-AFA Las Rosas
Título:			AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Detalle placa de anclaje			
Medidas en:					m	Edición:
						0
						1

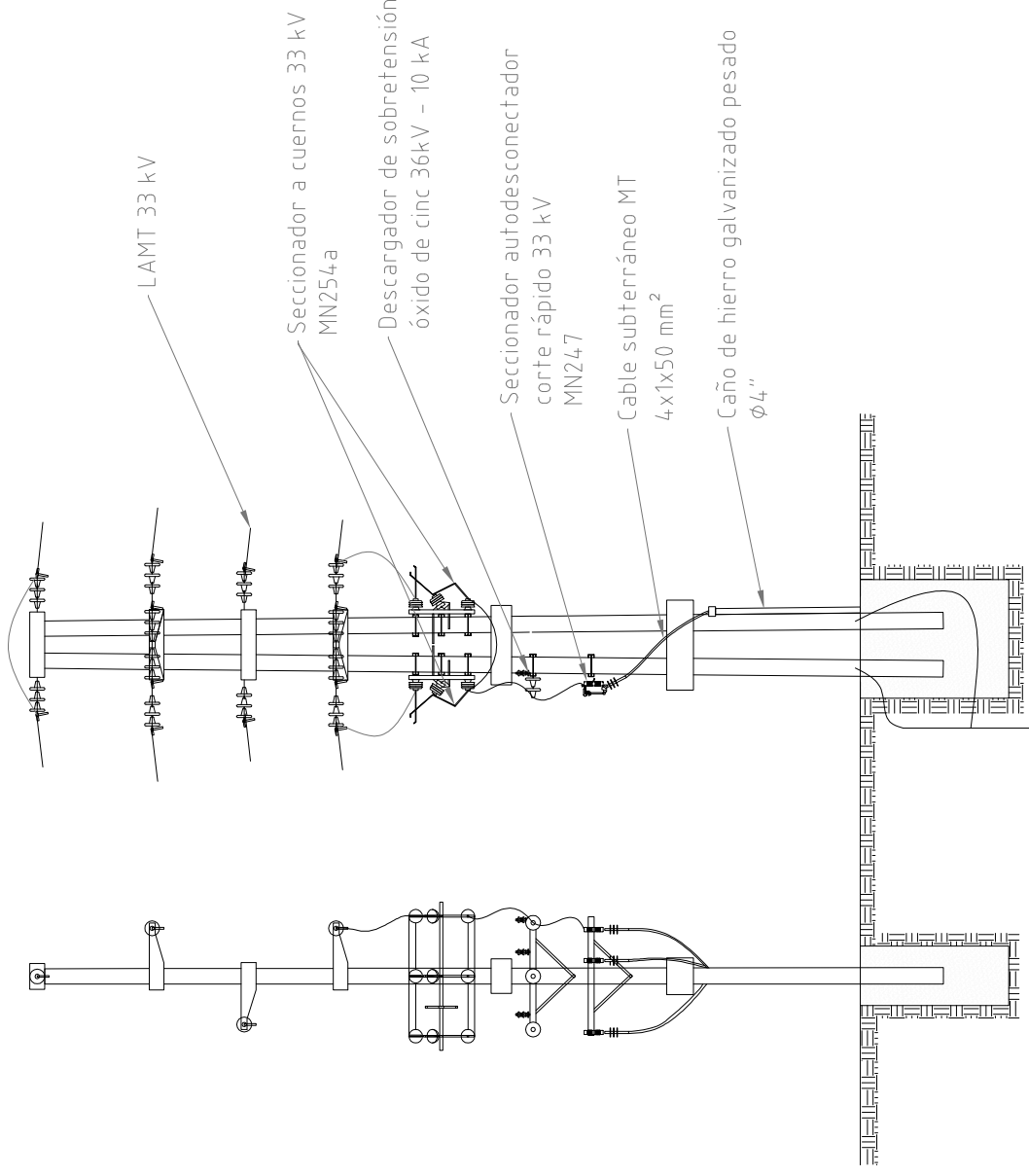


ESC: 1:75



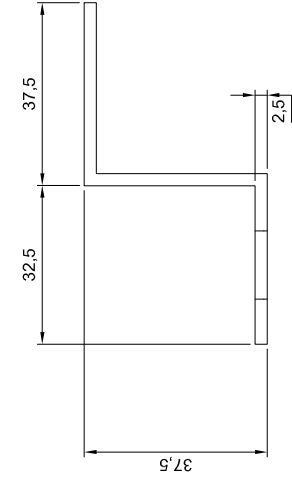
ESC: 1:30

Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C.   29/04/19	Archivo:	---	Escala:		---
Revisó:	J.M.C.   29/04/19	Material:	---	Plano:		---
Aprobó:	J.M.C.   29/04/19	Cant:	---	Proyecto:		PSF-AFA Las Rosas
Título:			AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Detalle vallado perimetral			
Medidas en:				m	Edición:	0
					Hoja:	1

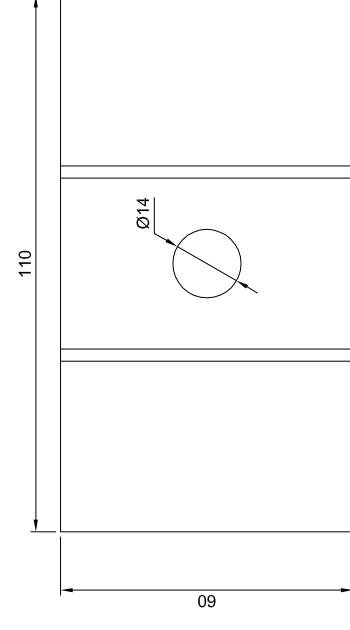
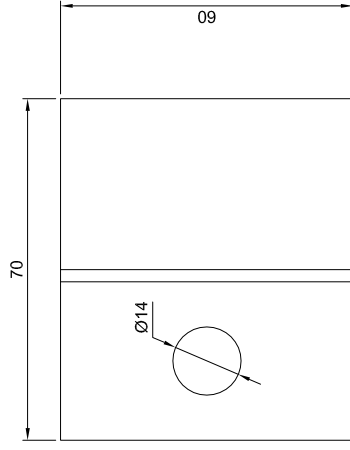
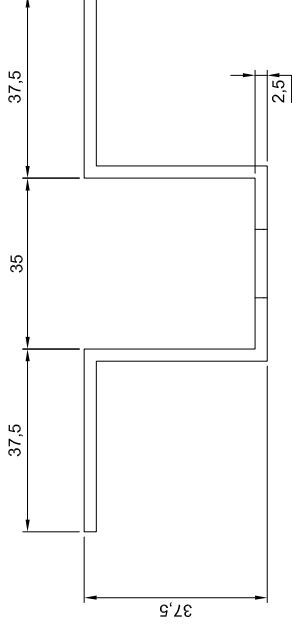




Revisión:	Descripción:		Dibujo:	Aprobó:	Fecha:	
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C.   29/04/19	Archivo:	--	Escala:	 1:80	
Revisó:	J.M.C.   29/04/19	Materia:	--	Proyecto:		
Aprobó:	J.M.C.   29/04/19	Cant.:	--	<b>PSF-AFA Las Rosas</b> Medidas en: m		
Título: <b>AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica</b> <b>Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas</b> <b>Detalle transición MT subterráneo - aéreo</b>						
					Edición:	0
					Hoja:	1

Pletina de fijación simple



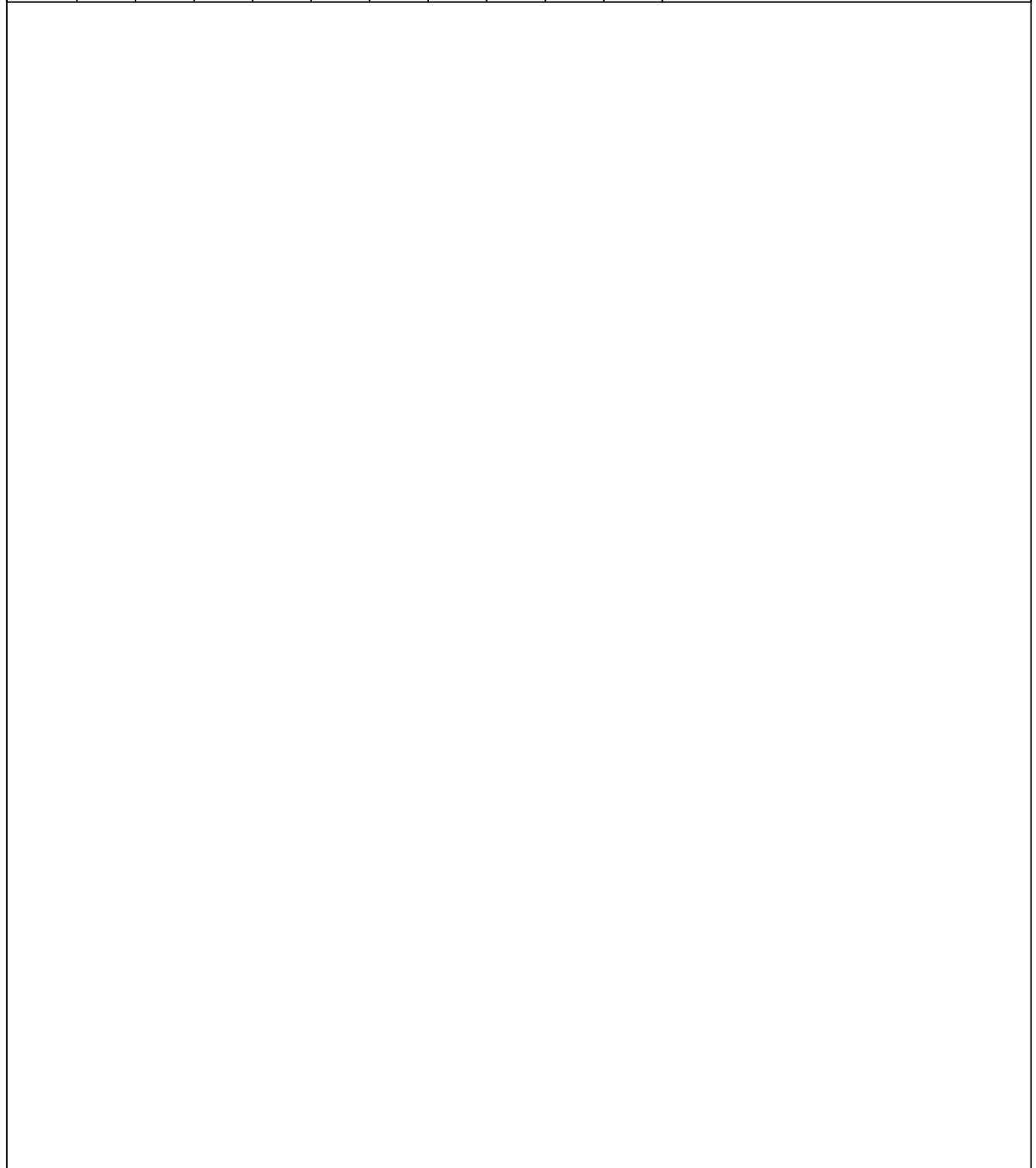
Pletina de fijación doble



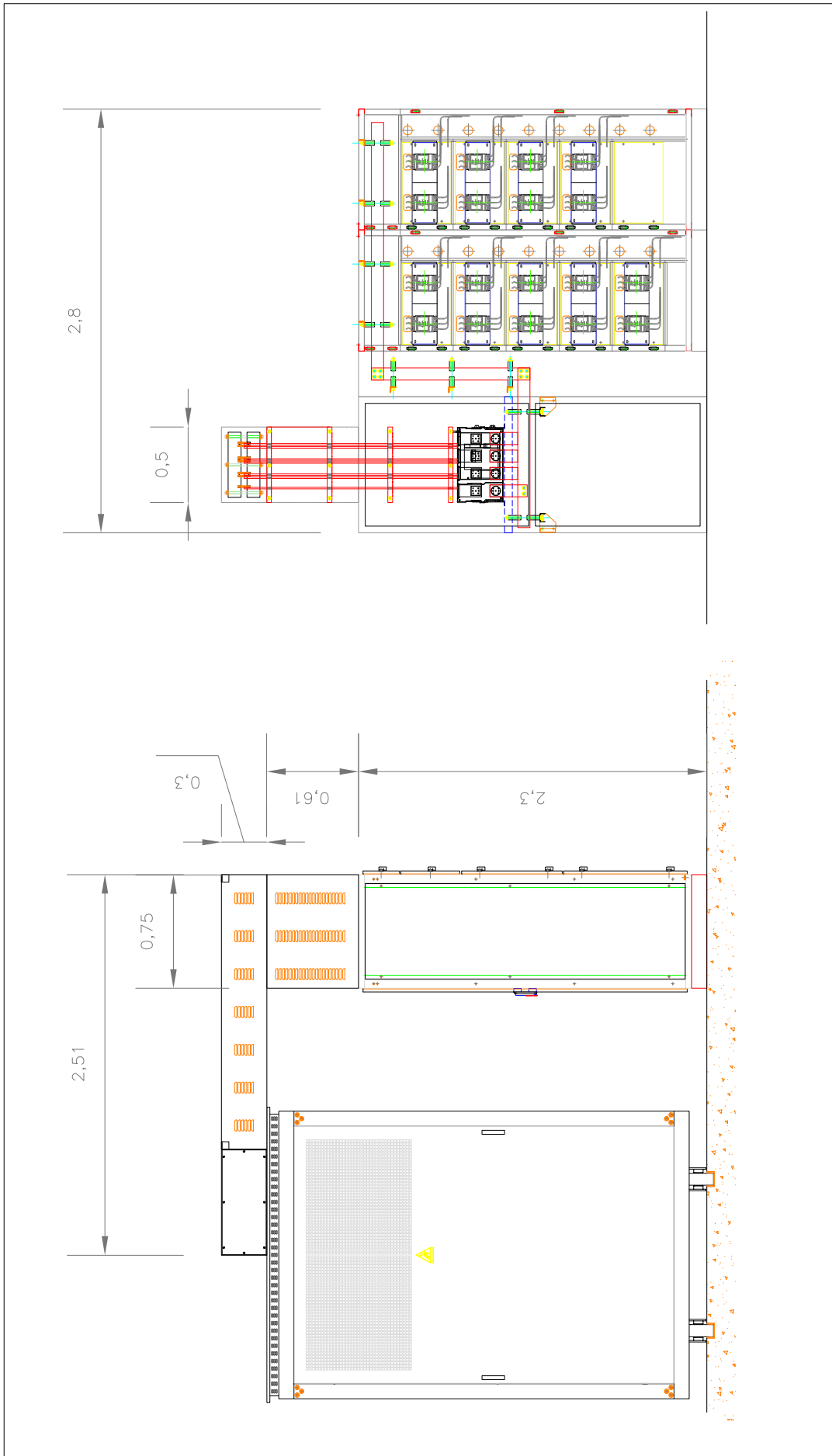
Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:	
 <b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)							
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	---	Escala:		 1:1	
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Materia:	---	Proyecto:			
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant:	---	PSF-AFA Las Rosas			
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Detalle pletinas de fijación							
Medidas en:					mm	Edición:	0
						Hoja:	1

**LISTA DE PLANOS**

Plano	Edición										Descripción
	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	
P05-1	29/04/19										Detalle SET/TGBT



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
<p align="center"><b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)</p>						
Dibujó:	J.M.C.	29/04/19	Archivo:	---	Escala:	
Revisó:	J.M.C.	29/04/19	Material:	---		
Aprobó:	J.M.C.	29/04/19	Cant.:	---	Proyecto:	Plano:
Título: AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas Índice 05				PSF-AFA Las Rosas		<b>L05</b>
				Medidas en:	---	Edición: 0 Hoja: 1



Revisión:	Descripción:			Dibujó:	Aprobó:	Fecha:
	<b>Agricultores Federados Argentinos S.C.L.</b> Metalurgia - Las Rosas (Santa Fe)					
Dibujó:	J.M.C. 29/04/19	Archivo:	--	Escala:		
Revisó:	J.M.C. 29/04/19	Materia:	--	1:25		
Aprobó:	J.M.C. 29/04/19	Cant.:	--	Plano:		
Título:				Proyecto:		
AFA Metalurgia - Dpto. Ingeniería Eléctrica				PSF-AFA Las Rosas		
Planta Solar Fotovoltaica AFA Las Rosas				Medidas en: m		
Detalle SET/TGBT				Edición: 0		
				Hoja: 1		