

**Empresa:** Sterling & Wilson Solar Ltd

**País:** Chile

**Proyecto:** Parque Fotovoltaico Río Escondido

**Descripción:** Informe de Mínimo Técnico

**Código de Proyecto:** EE-2019-157

**Código de Informe:** EE-EN-2021-1490

**Revisión:** A

**Versión:** 0

**STERLING & WILSON** 

**28 de septiembre de 2021**



Este documento EE-EN-2021-1490-RA fue preparado para Sterling & Wilson Solar Ltd por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Claudio Celman**

Coordinador Dpto. Ensayos

[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Andrés Capalbo**

Coordinador Dpto. Ensayos

[andres.capalbo@estudios-electricos.com](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**

Gerente Dpto. Ensayos

[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto:pablo.rifrani@estudios-electricos.com)

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Este documento contiene 30 páginas y ha sido guardado por última vez el 29/09/2021 por César Colignon, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	28/09/2021	Para presentar. La <b>Revisión A</b> corresponde a la <b>Versión 0</b> según codificación de Sterling & Wilson Solar Ltd.	CiC	AC	PR

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



## Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	Medidores utilizados.....	4
1.2	Definiciones y Nomenclatura.....	5
2	ASPECTOS NORMATIVOS.....	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE.....	8
3.1	Unifilar de planta.....	8
3.2	Datos de los paneles solares.....	12
3.3	Datos de los inversores.....	13
3.4	Datos de los transformadores de bloque.....	16
3.5	Datos del transformador de poder.....	17
4	DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO.....	18
4.1	Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio.....	19
4.1.1	Potencia Bruta.....	20
4.1.2	Potencia de Servicios Auxiliares.....	20
4.1.3	Potencia de Pérdidas en la central.....	20
4.1.4	Potencia Neta.....	21
4.1.5	Resultados.....	21
4.2	Mínimo Técnico con el parque completamente operativo.....	22
4.2.1	Potencia Bruta.....	23
4.2.2	Potencia de Servicios Auxiliares.....	23
4.2.3	Potencia de Pérdidas en la central.....	24
4.2.4	Potencia Neta.....	24
4.2.5	Resultados.....	24
5	CONCLUSIONES.....	25
6	ANEXOS.....	26
6.1	Listado de cargas de SS.AA.....	26



## 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Río Escondido de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras”, cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

El Parque Fotovoltaico Río Escondido se ubica en la región de Atacama, está emplazado en la comuna de Tierra Amarilla, y tiene una potencia instalada de 156.75 MVA. El parque se vincula al SEN mediante un transformador de 220/33 kV a la S/E Río Escondido 220 kV, la que a su vez se conecta a la S/E Cardones 220 kV.

### 1.1 Medidores utilizados

Todas las mediciones han sido realizadas mediante el SCADA de la central la cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 segundo para todas las variables presentadas.



## 1.2 Definiciones y Nomenclatura

La Figura 1.1, muestra un sistema equivalente de conexión de un parque fotovoltaico, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

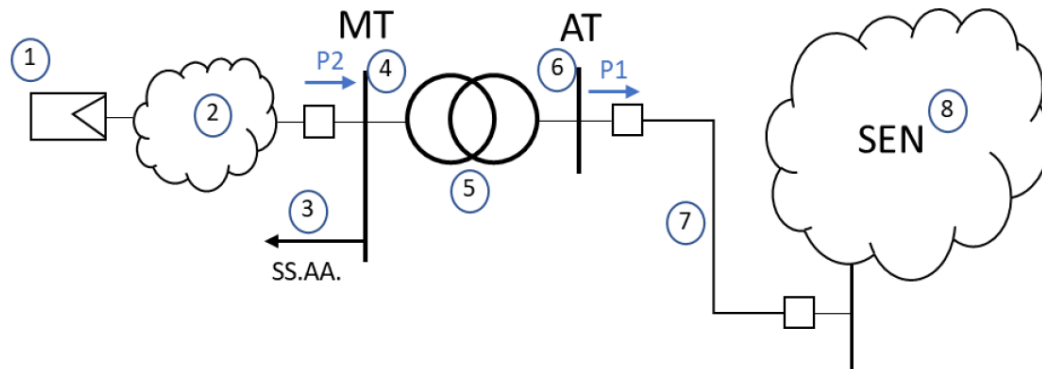


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque fotovoltaico

- 1) **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque fotovoltaico.
- 2) **Pérdidas en sistema colector del parque (Pcolector):** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque fotovoltaico, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
- 3) **Servicios Auxiliares de la central (SS.AA.).**
- 4) **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder del parque fotovoltaico.
- 5) **Transformador de Poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque fotovoltaico.
- 6) **Barra de alta tensión (AT):** Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque fotovoltaico.
- 7) **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula el parque fotovoltaico con el sistema eléctrico.
- 8) **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**



A partir de las definiciones anteriores, el presente informe considera la siguiente nomenclatura:

- ✓ **P1:** Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque [MW]. Este valor corresponde a la **Potencia Neta (Pneta)** del parque.
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pbruta:** Suma de los aportes distribuidos de potencia activa inyectada por los inversores a nivel de baja tensión (BT) del parque [MW] (ver número "1" en Figura 1.1).
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [kW] (ver número "7" en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW].
- ✓ **Pssaa:** Potencia de Servicios Auxiliares del parque [kW].
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW] (ver número "2" en Figura 1.1).



## 2 ASPECTOS NORMATIVOS

---

El “**Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras**” establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la unidad.

Se determinan valores de Mínimo Técnico, considerando distintas condiciones operativas del Parque Fotovoltaico Río Escondido, entre las que se distinguen los siguientes escenarios:

- **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo:** valor de potencia activa bruta mínima con la cual el parque puede operar considerando todos los inversores y elementos de la red colectora en servicio y en condiciones de operación estables.
- **Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio:** valor de potencia activa bruta mínima entrega por un **único inversor** que permite tener un valor de potencia activa neta de 0 MW.



### 3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Fotovoltaico Río Escondido está constituido por 20 centros de transformación. En 18 de ellos se conectan 2 inversores a un transformador de tres devanados, de relación 0.63/0.63/33 kV. En tanto, en los 2 centros de transformación restantes se conecta un inversor a un transformador de dos devanados, de relación 0.63/33 kV.

Cuenta con 38 inversores TBEA modelo TC3750KF de 4.125/3.750 MVA (@40°C/50°C) de potencia aparente nominal y 630V de tensión de operación nominal. Estos equipos totalizan 156.75/142.5 MVA (@40°C/50°C) de potencia instalada. La red colectora del Parque Fotovoltaico Río Escondido cuenta con 10 alimentadores en 33 kV. El parque se conecta a la barra de 33 kV de la S/E Río Escondido, donde un transformador de poder de relación 33/220 kV de 170.0 MVA de potencia aparente nominal permite la inyección de potencia generada al Sistema Eléctrica Nacional. El valor de potencia neta declarado es de 145.0 MW.

La fuente primaria de energía corresponde a paneles solares marca JA Solar modelo JAM72S09.

#### 3.1 Unifilar de planta

La red interna de media tensión (MT) del parque se encuentra compuesta por 10 alimentadores en MT, donde cada alimentador exporta la energía proveniente de 2 centros de transformación (CT). En 18 de estos CT se disponen 2 inversores conectados a un transformador de bloque de 3 devanados (de relación 0.63/0.63/33 kV). En los otros CT se dispone de un solo inversor conectado a un transformador de bloque de 2 devanados (de relación 0.63/33 kV). De los 10 alimentadores, 8 están compuesto por 2 centros de transformación de 2 inversores cada uno, lo cual resulta en la exportación máxima de 16.5 MW cada uno. Los 2 alimentadores restantes se componen de un centro de transformación de 2 inversores y otro CT de solo un inversor, lo cual resulta en 12.375 MW por cada alimentador.

El detalle de la distribución de los centros de transformación e inversores en los alimentadores se muestra en las Figura 3.1 y Figura 3.2. En tanto la acometida en la S/E de salida del parque se muestra en la Figura 3.3.



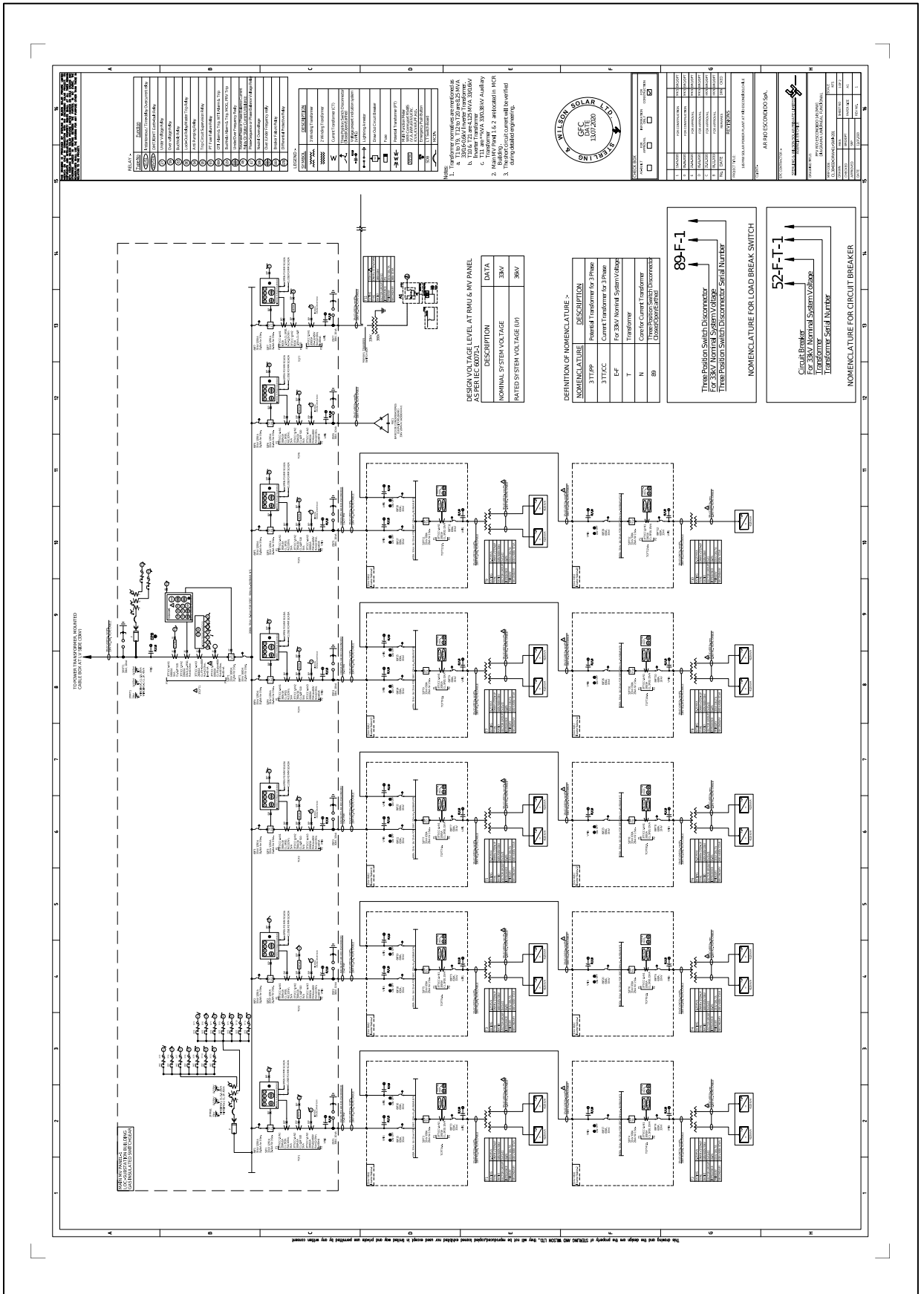


Figura 3.1 – Diagrama unilínea de media tensión – Parque Fotovoltaico Río Escondido, sección de barra 1

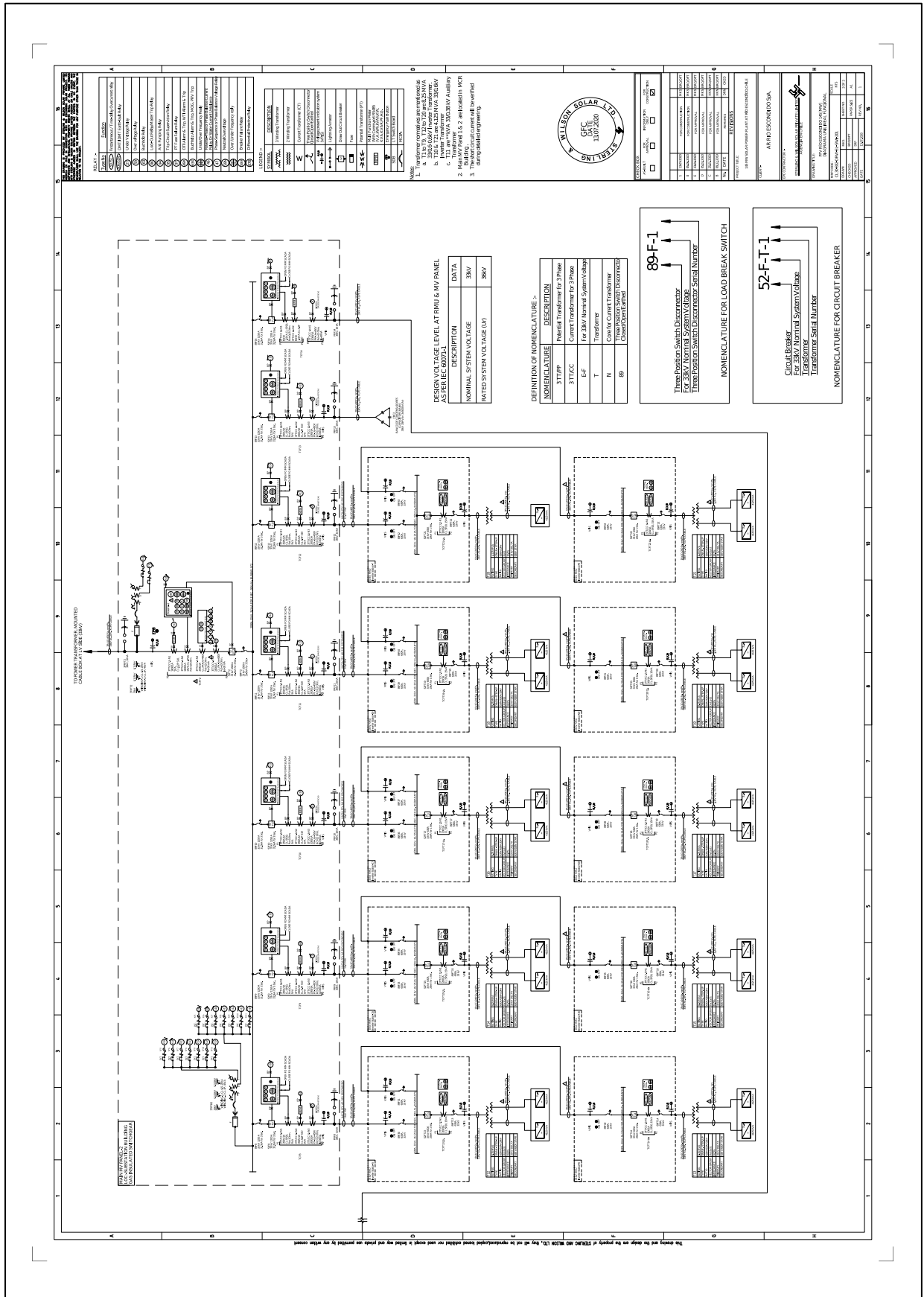


Figura 3.2 – Diagrama unilínea de media tensión – Parque Fotovoltaico Río Escondido, sección de barra 2

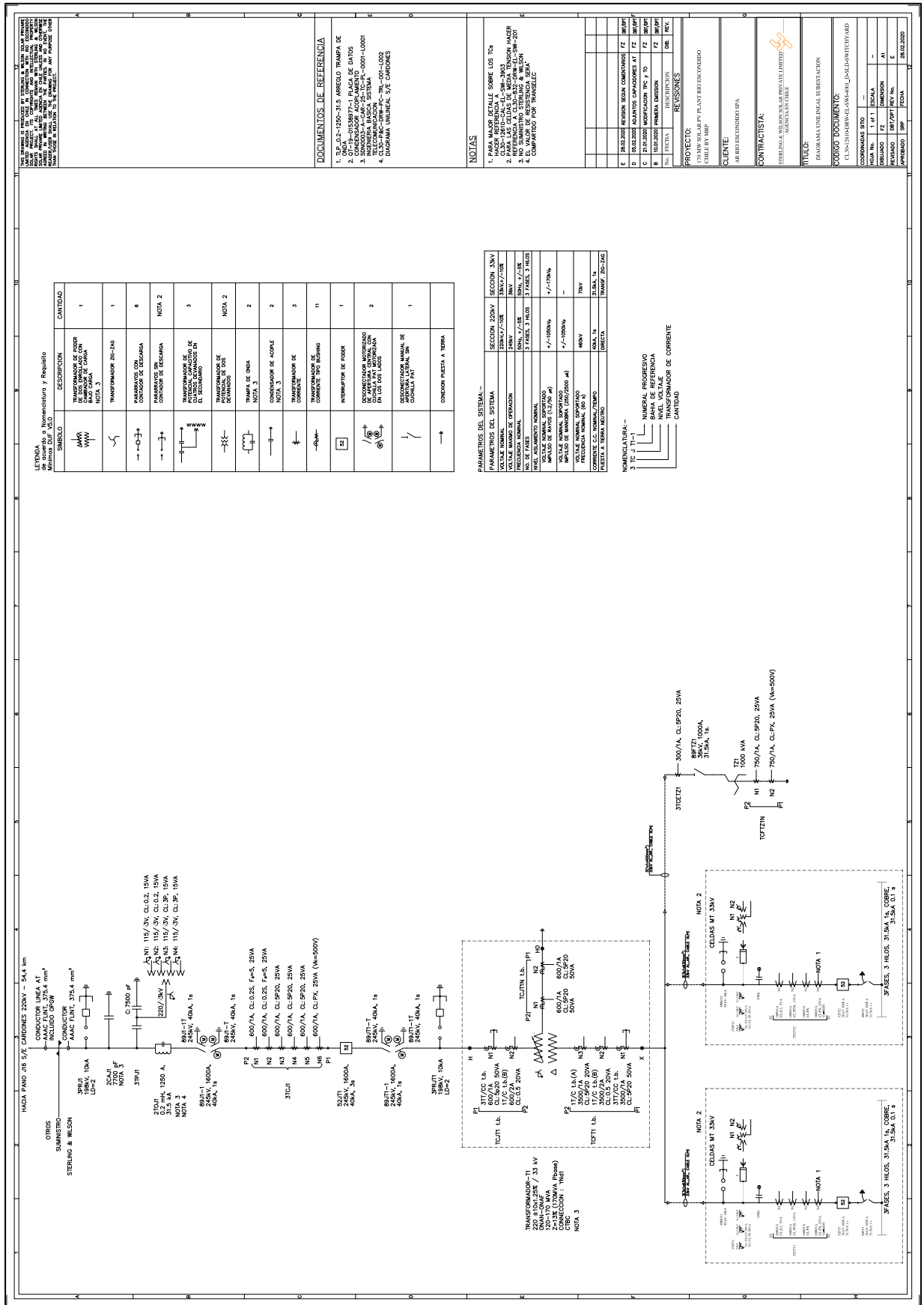


Figura 3.3 – Diagrama unilineal S/E Parque Fotovoltaico Río Escondido 220 kV



### 3.2 Datos de los paneles solares

Cada centro de transformación cuenta con módulos marca JA Solar, modelo JAM72S09. Sus características se presentan en las Figura 3.4 y Figura 3.5.

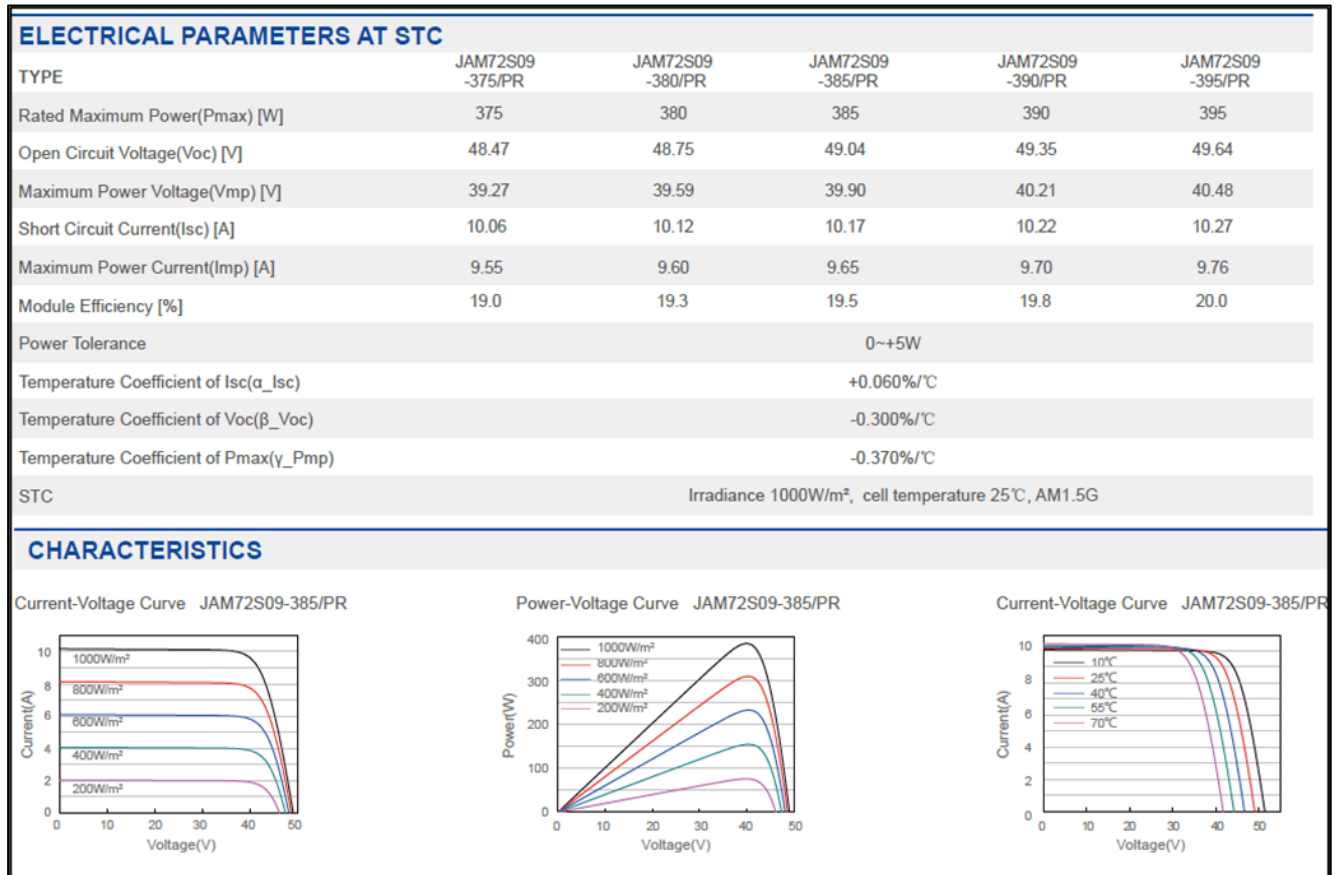


Figura 3.4 – Datos de paneles JA Solar modelo JAM72S09

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT						OPERATING CONDITIONS	
TYPE	JAM72S09 -375/PR	JAM72S09 -380/PR	JAM72S09 -385/PR	JAM72S09 -390/PR	JAM72S09 -395/PR	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Rated Max Power(Pmax) [W]	278	281	285	289	292	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.86	46.15	46.47	46.78	47.09	Maximum Series Fuse	20A
Max Power Voltage(Vmp) [V]	37.05	37.34	37.64	37.92	38.21	Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Short Circuit Current(Isc) [A]	7.95	7.99	8.03	8.07	8.11	Maximum Static Load,Back*	2400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	7.49	7.53	7.57	7.61	7.65	NOCT	45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					Application Class	Class A

Figura 3.5 – Datos de paneles JA Solar modelo JAM72S09 (Parámetros NOCT)



### 3.3 Datos de los inversores

El Parque Fotovoltaico Río Escondido cuenta con 38 inversores marca TBEA, modelo TC3750KF. Los inversores son de 4.125/3.750 MVA (@40°C/50°C) de potencia aparente nominal y 630 V de tensión de operación nominal. Sus principales características se muestran en la Figura 3.6.

Model	TC2500KF	TC3125KF	TC3750KF	TC5000KF
<b>Input(DC)</b>				
Maximum recommended PV power( $P_{PVmax}$ )	3500kW	4375kW	5250kW	7000kW
Max.DC Voltage	1500V			
MPPT Voltage Range	900V-1300V	900V-1300V	900V-1300V	900V-1300V
Max.DC Current	3118A	3898A	4677A	6236A
Independent MPPT Number	2	3	3	4
Max. Number of Inputs	16*400A or 20*250A	24*400A or 30*250A	24*400A or 30*250A	32*400A or 40*250A
<b>Output(AC)</b>				
Rated AC Power	2500kW	3125kW	3750kW	5000kW
Max. AC Power*	2750kVA@40°C	3438kVA@40°C	4125kVA@40°C	5500kVA@40°C
Rated AC Voltage	630V	630V	630V	630V
Rated output current	2291A	2864A	3437A	4582A
Max.output current	2520A	3150A	3780A	5040A
Rated Grid Frequency	50Hz			
THD of AC Current	<3%			
Adjustable Power Factor	0.8(leading)-0.8(lagging),adjustable			
<b>Efficiency</b>				
Max. Efficiency	99%			
European Weighted Efficiency	98.7%			
<b>Environmental parameters</b>				
Ambient Temperature Range	-25°C to 60°C(Above 50°C,derating)			
Ambient Humidity Range	0% to 95%(no condensation)			
Max. Operating Altitude	4000m,without derating ≤2000m			
Cooling Method	Forced air cooling			
Protection Rating	IP54/IP65(electronics)			
<b>Protection Function</b>				
Over-voltage/under-voltage Protection	Yes			
Over-frequency/under-frequency Protection	Yes			
ZVRT	Yes			
Anti-islanding Protection	Yes			
Stand-alone Grid Detection	Yes			
Over-current Protection	Yes			
Anti-discharge Protection	Yes			
Overload Protection	Yes			
Lightning Protection	Yes			
<b>Display and Communication</b>				
Display	LCD			
Communication Interface	RS485,Ethernet(optional)			
Communication	Modbus			
<b>Mechanical Data</b>				
Dimension(L/W/H)	2150mm×1678mm ×2274mm	3225mm×1678mm ×2274mm	3225mm×1678mm ×2274mm	4300mm×1678mm ×2274mm
Weight	3000kg	4500kg	4500kg	6000kg

Figura 3.6 – Datos de inversor TC3750KF



La curva de capacidad de los inversores la forma mostrada en la Figura 3.7.

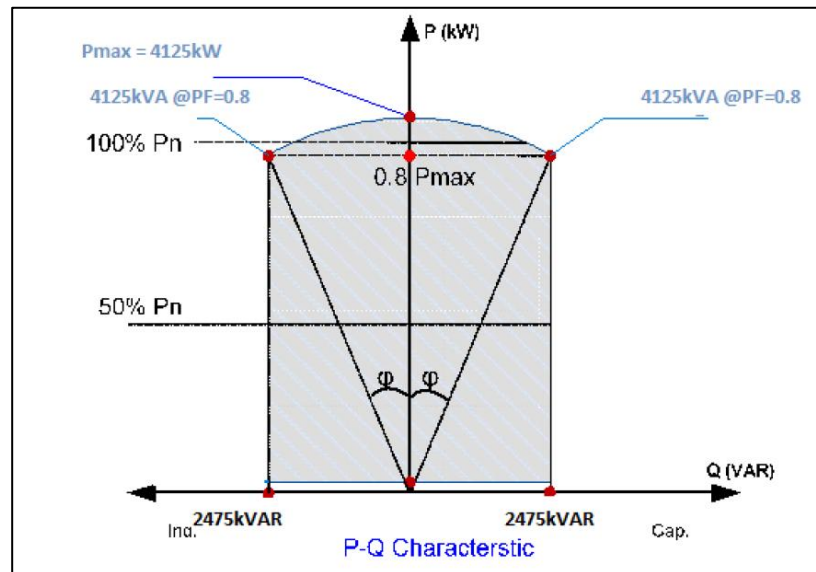


Figura 3.7 – Curva de capacidad del inversor

En la Figura 3.8 se presentan las especificaciones de eficiencia del inversor para distintos estados de carga. En tanto, en la Figura 3.9 se muestra la medición de pérdidas considerando la operación del inversor en “Stand-by”, correspondiente a la condición de operación de los inversores al darle orden remota de detención.

Dentro de los antecedentes presentados no se encuentran datos de consumos auxiliares de cada inversor en carga, por lo tanto, para los cálculos se considerará un valor promedio de 5 kW de consumos internos para cada inversor en carga.



TABLE		Efficiency recording and efficient calculation sheet						
power conditioner type	Grid-connected							
Model:	TC3750KF							
Parameters of power conditioner	Minimum rated input voltage:930V * Nominal voltage: 1100V Maximum input voltage:1300V Rated output voltage: 630V, 3~ Rated output frequency:50Hz Rated output power: 3750 kW							
PV input voltage	a) Manufacturer's minimum rated input voltage							
Temperature (°C)	25,6							
Operating period for energy measurement (min)	3							
Percentage of rated output VA	10%	25%	40%	50%	75%	100%	110%	
Input voltage (V)	934,48	934,29	934,15	934,04	933,74	933,8	933,32	
Input current (A)	419,02	1039,85	1626,00	2049,58	3113,94	4102,63	4468,32	
Output voltage (V)	632,08	634,96	632,34	632,17	620,51	625,31	613,23	
Output current (A)	L1	352,98	868,88	1364,04	1717,98	2655,66	3499,38	3829,27
	L2	362,84	881,67	1379,78	1735,88	2680,02	3532,65	3875,42
	L3	361,75	878,73	1374,39	1729,02	2667,45	3515,52	3858,01
Input power (Pi) (kW)	385,702	968,021	1516,386	1911,005	2906,869	3828,307	4169,658	
Output power (Po) (kW)	380,639	958,533	1499,328	1886,449	2863,761	3762,280	4090,869	

Figura 3.8 – Eficiencia del inversor según nivel de carga

TABLE		Standby loss	
Model	TC3750KF		
power conditioner type	Utility-interactive		
Measure input voltage (V)	630 Va.c.		
Measured input power(W)	271		
Remark: Standby loss is measured when the power conditioner works at rated input voltage and in standby mode.			

Figura 3.9 – Mediciones de pérdidas en "Stand-by"



### 3.4 Datos de los transformadores de bloque

Los centros de transformación cuentan con transformadores de bloque de dos y tres devanados. Cada transformador de tres devanados es de potencia nominal 8.25 MVA, y su relación de transformación es de 0.63/0.63/33 kV. En tanto, los transformadores de dos devanados son de potencia nominal 4.125 MVA cada uno, y su relación de transformación es de 0.63/33 kV.

Los datos característicos de los mismos se muestran en la Tabla 3.1 y la Tabla 3.2, respectivamente.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia Nominal	8.25 MVA
Refrigeración	ONAN
Tensión nominal lado HV	33.0 kV
Tensión nominal lado LV1	0.63 kV
Tensión nominal lado LV2	0.63 kV
Grupo de conexión	Dy11y11
Impedancia (HV-LV1 y HV-LV2)	10.5 %
Pérdidas en carga	33.0 kW (por devanado)
Pérdidas en vacío	8.25 kW
Posiciones de TAP	±2 x 2.5 %

*Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque de tres devanados*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia Nominal	4.125 MVA
Refrigeración	ONAN
Tensión nominal lado HV	33.0 kV
Tensión nominal lado LV	0.63 kV
Grupo de conexión	Dy11
Impedancia	10.5 %
Pérdidas en carga	33.0 kW
Pérdidas en vacío	4.125 kW
Posiciones de TAP	±2 x 2.5 %

*Tabla 3.2 – Datos de los transformadores de bloque de dos devanados*





### 3.5 Datos del transformador de poder

El Parque Fotovoltaico Río Escondido cuenta con un transformador de poder, de potencia nominal 120.0/170.0 MVA según método de enfriamiento ONAN/ONAF. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 33 kV y un arrollamiento de alta tensión de 220 kV. Este equipo posee cambiador automático de tomas bajo carga.

La placa característica de los mismos se muestra en la Tabla 3.3.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia Nominal	120.0/170.0 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	220.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd11
Impedancia	12.74 %
Pérdidas en carga	457.05 kW
Pérdidas en vacío	56.34 kW
Posiciones de TAP	±10 x 1.5 %

*Tabla 3.3 - Datos del transformador principal*



## 4 DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO

El Mínimo Técnico corresponde al menor valor de potencia activa bruta que el parque es capaz de mantener de manera estable.

Tal como se ha mencionado en el capítulo 2 se determina el **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo** y el **Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio**.

Para cada una de las pruebas de Mínimo Técnico realizadas, se reportan los valores de potencia según se desglosan en la siguiente tabla de resultados, las definiciones se encuentran a continuación.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Río Escondido	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabla 4.1 – Tabla resumen de valores a presentar

- (1) **Potencia Bruta del Parque:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque Parque Fotovoltaico Río Escondido.
- (2) **Potencia de SS.AA.:** Corresponde a la suma de los consumos propios promedio de cada inversor estimados en kW x Cantidad de inversores (considerando todos los inversores en servicio), más los SS.AA. de la central
- (3) **Pérdidas en la central:** Corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.
- (4) **Potencia Neta del parque:** Potencia inyectada en 220 kV en paño JT1 de la S/E Río Escondido.



#### 4.1 Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio

El día 22 de septiembre de 2021 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio. Para lograr esta condición se da orden de detención a todos los inversores del parque a excepción del inversor SE01-2. En esta condición los circuitos colectores y los transformadores de los demás bloques se mantienen energizados.

En la Figura 4.1 se muestra el ensayo de Mínimo Técnico considerando únicamente el inversor SE01-2 en servicio.

Como escenario de operación inicial se cuenta con los 38 inversores del parque en servicio y con una consigna de 0 MW en el POI. A continuación, se apagan 37 inversores manteniendo el valor de consigna de potencia.

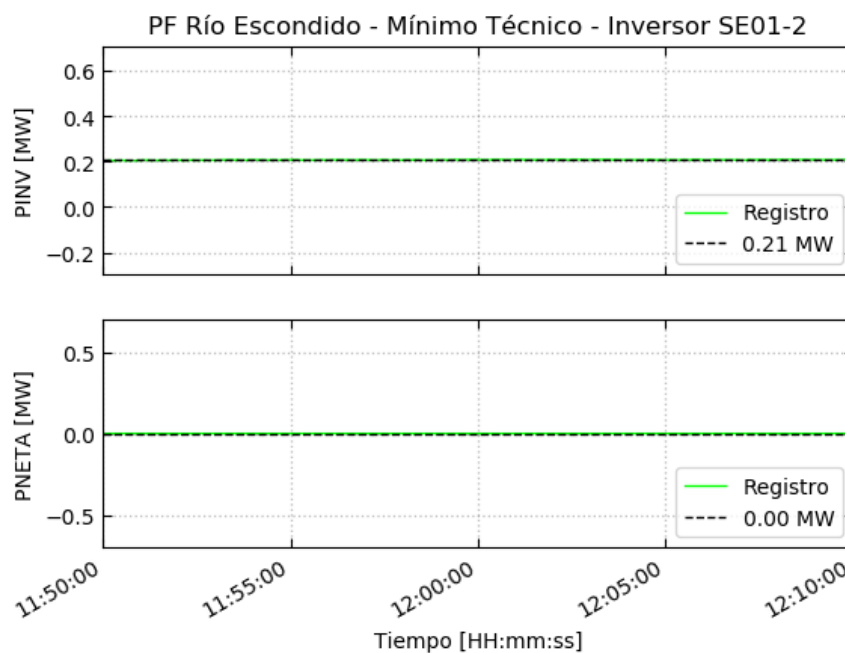


Figura 4.1 – Mínimo Técnico – Inversor SE01-2

A continuación, se realiza el cálculo de los valores de potencia según se desglosan en la Tabla 4.1.



#### 4.1.1 Potencia Bruta

La medición de potencia de inversor (PINV) presentada en la Figura 4.1 se realiza en bornes del equipo y ya se encuentran descontados los consumos propios del inversor. Estos consumos se estiman en 5 kW, según se menciona en la sección 3.3. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

$$P_{bruta} = P_{INV} + N^{\circ} INV \times Consumos Propios$$

$$P_{bruta} = 206.7 kW + 1 \times 5.0 kW = 211.7 kW$$

#### 4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios de cada inversor estimados en kW x Cantidad de inversores más los Servicios Auxiliares de la central.

Según se observa en la Figura 3.9, el consumo interno de cada uno de los 37 inversores en “stand-by” se estima en 0.271 kW, además debe sumarse el consumo del único inversor en servicio. Adicionalmente, se considera un consumo máximo en el transformador de servicios auxiliares de 95 kW, basados en el listado de cargas conectadas al mismo y que se presenta en el anexo 6.1.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV_{standby} \times Consumos Propios_{standby} + N^{\circ} INV \times Consumos Propios + P_{tr.SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 37 \times 0.271 kW + 1 \times 5.0 kW + 95.0 kW = 110.03 kW$$

#### 4.1.3 Potencia de Pérdidas en la central

La Potencia de Pérdidas en la central corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Mínimo Técnico, el cálculo de la Potencia de Pérdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre la potencia medida en el inversor inversores y la **Potencia Neta Medida** ( $P_{neta}$ , ver Figura 4.1).

Además, se debe considerar el valor de potencia del transformador de servicios auxiliares, estimada en 95 kW y el consumo de los 37 inversores en “stand-by”.



La expresión para el cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central** se presenta a continuación.

$$P_{perd,central} = P_{INV} - P_{tr,SSAA} - P_{neta,med} - N^{\circ} INV_{standby} \times Consumos Propios_{standby}$$

$$P_{perd,central} = 206.7 \text{ kW} - 95.0 \text{ kW} - 0.0 \text{ kW} - 37 \times 0.271 \text{ kW} = 101.67 \text{ kW}$$

#### 4.1.4 Potencia Neta

La Potencia Neta corresponde a la potencia del lado de alta del transformador de salida del parque. En este caso se obtiene un valor de **Potencia Neta** de 0.0 kW, considerando la operación de un único inversor.

$$P_{neta} = 0.0 \text{ kW}$$

#### 4.1.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Río Escondido	211.7	110.03	101.67	0.0

Tabla 4.2 - Mínimo Técnico - Inversor SE01-2 - Parque Fotovoltaico Río Escondido



## 4.2 Mínimo Técnico con el parque completamente operativo

Para esta prueba, se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando el parque completamente operativo. Para lograr esta condición se debe buscar el valor mínimo de potencia que permite la operación estable y segura del parque con la totalidad de inversores en servicio.

En la Figura 4.2 se muestra el ensayo de Mínimo Técnico considerando todos los inversores del parque en servicio.

Se registra un valor de potencia neta de 0.0 MW, frente a un valor de potencia de inversores de 0.24 MW. La diferencia entre los valores de potencia neta y potencia de inversores se condice con lo observado como consumo total del parque con la totalidad de inversores fuera de servicio.

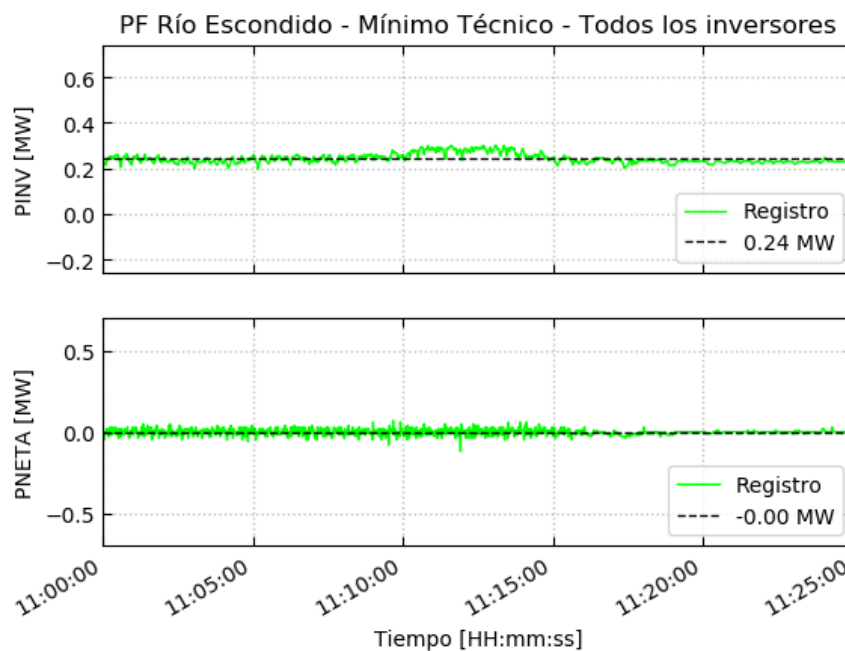


Figura 4.2 – Mínimo Técnico – Todos los inversores en servicio.

A continuación, se realiza el cálculo de los valores de potencia según se desglosan en la Tabla 4.1.



#### 4.2.1 Potencia Bruta

La medición de potencia de inversores (PINV) presentada en la Figura 4.2 se realiza en bornes de los equipos y ya se encuentran descontados los consumos propios de cada inversor. Estos consumos se estiman en 5 kW, según se menciona en la sección 3.3. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

$$P_{bruta} = P_{INV} + N^{\circ} INV \times Consumos Propios$$

$$P_{bruta} = 242.1 kW + 38 \times 5.0 kW = 432.1 kW$$

Cabe mencionar que el valor de 432.1 kW de potencia bruta implica un despacho aproximado 11.4 kW por cada inversor, se ha observado durante los ensayos que, para valores menores de potencia activa, los inversores entran y salen de servicio de forma recurrente y no se permite obtener una operación estable del Parque Fotovoltaico Río Escondido.

#### 4.2.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares corresponde a la suma de los consumos propios de cada inversor estimados en kW x Cantidad de inversores (considerando todos los inversores en servicio), más los Servicios Auxiliares de la central.

Los consumos internos de cada inversor se estiman en 5 kW, según se menciona en la sección 3.3. Adicionalmente, se considera un consumo máximo en el transformador de servicios auxiliares de 95 kW, basados en el listado de cargas conectadas al mismo y que se presenta en el anexo 6.1.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos Propios + P_{tr.SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 38 \times 5.0 kW + 95.0 kW = 285.0 kW$$



#### 4.2.3 Potencia de Pérdidas en la central

La Potencia de Pérdidas en la central corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Mínimo Técnico, el cálculo de la Potencia de Pérdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre la potencia medida en el inversor inversores y la **Potencia Neta Medida** ( $P_{neta}$ , ver Figura 4.2).

Además, se debe considerar el valor de potencia del transformador de servicios auxiliares, estimado en 95 kW, basados en el listado de cargas conectadas al mismo y que se presenta en el anexo 6.1.

La expresión para el cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central** se presenta a continuación.

$$P_{perd,central} = PINV - P_{tr,SSAA} - P_{neta,med}$$

$$P_{perd,central} = 242.1 \text{ kW} - 95.0 \text{ kW} - 0.0 \text{ kW} = 147.1 \text{ kW}$$

#### 4.2.4 Potencia Neta

La Potencia Neta corresponde a la potencia del lado de alta del transformador de salida del parque. En este caso se obtiene un valor de **Potencia Neta** de 0.0 kW, considerando la operación estable de todos los inversores.

$$P_{neta} = 0.0 \text{ kW}$$

#### 4.2.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Río Escondido	432.1	285.0	147.1	0.0

Tabla 4.3 – Mínimo Técnico – Todos los inversores en servicio – Parque Fotovoltaico Río Escondido





## 5 CONCLUSIONES

Se determinó mediante ensayos el **Mínimo Técnico con el parque completamente operativo** y el **Mínimo Técnico considerando sólo un inversor en servicio**. Los resultados se resumen a continuación.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Río Escondido	211.7	110.03	101.67	0.0

*Tabla 5.1 – Mínimo Técnico – Inversor SE01-2 – Parque Fotovoltaico Río Escondido*



Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [kW]	SS.AA. [kW]	Pérdidas en la central [kW]	Potencia Neta [kW]
Río Escondido	432.1	285.0	147.1	0.0

*Tabla 5.2 – Mínimo Técnico – Todos los inversores en servicio – Parque Fotovoltaico Río Escondido*



## 6 ANEXOS

### 6.1 Listado de cargas de SS.AA.

SPACE RESERVED FOR STAMP										
<b>REVISION</b>	D	FC	04.11.2020	FINAL REVISION						
	D	FC	14.10.2020	SECOND REVISION						
	C	FC	27.04.2020	FIRST REVISION						
	B	FC	04.02.2020	FIRST SUBMISSION						
	REV	NAME	DATE	NOTE						
<b>COSTUMER:</b>										
AR RIO ESCONDIDO SPA										
<b>PROJECT :</b>										
145MWAC SOLAR POWER PLANT AT RIO ESCONDIDO, CHILE										
<b>CONSULTANT:</b>										
IM3										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">   <input checked="" type="checkbox"/> Sin Observaciones  <input type="checkbox"/> Con Observaciones Menores  <input type="checkbox"/> Con Observaciones Mayores (change + re-emit)  <small>Emisión por Control Documental</small>  <small>Fecha: 17/11/2020</small> </div>										
<b>CONTRACTOR:</b>										
STERLING & WILSON SOLAR PRIVATE LIMITED  AGENCIA EN CHILE										
<b>SIZE</b>	<b>Dimension: A4</b>			<b>DOCUMENT TITLE:</b>						
	<b>NAME</b>	<b>DATE</b>	<b>SIG</b>	<b>AUXILIARY SYSTEM EQUIPMENT LOAD LIST</b>						
PREPARED:	FC	04-Nov-20								
DRAWED:	FC	04-Nov-20								
REVISED:	DBT/DPT	04-Nov-20								
APPROVADED:	SRT	04-Nov-20								
<b>DOCUMENT CODE:</b>				<b>CL30-12610-CAL-EL-SWI-3912</b>						
<b>CONTRACT NUMBER:</b>										
SWS/MRP/Substation/001 R00										
Sub Supplier / Consultant				CAD REF:						
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>REV.</b></td> <td style="text-align: center;"><b>PAGE</b></td> <td style="text-align: center;"><b>TOTA PAGE</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>	<b>REV.</b>	<b>PAGE</b>	<b>TOTA PAGE</b>	0	1	5
<b>REV.</b>	<b>PAGE</b>	<b>TOTA PAGE</b>								
0	1	5								



**LEGEND**

1	LOAD TAG			
2	LOAD DESCRIPTION			
3	LOAD TYPE			
	BC	Battery charger	3	
	RT	Grounding resistor	3	
	HT	Heater		
	IN	Inverter		
	QL	Lighting panel	10	
	MO	Electric motor		
	MV	Motor operated valve		
	PN	Static load		
	PR	Power socket		
	QB	LV switchboard		
	QC	DC switchboard		
	QM	MV switchgear		
	TR	Power transformer		
4	TYPE OF SERVICE			
	Presurization system		3	0,8
	CS	Continuous service		
	DS	Discontinuous service		
	IN	Intermittent service		
	R	Spare or Standby		
5	PHASES	PHASES		
	3F	Three phase		
	3F+N	Three phase + neutral		
	DC	Direct current		
	RATED DATA OF LOAD / MOTOR			
6	Intruder alarm	Rated voltage	1	0,8
7	Pn	Rated power		
8	cosφ	Power factor		
9	η	Efficiency		
10	In	Rated current		
	In			
11	I <sub>s</sub>	Inrush current		
	LOAD DIVERSITY			
12	t	Load time		
	In the absence of specific indications, the following factors are considered:			
	t = 24 h	Continuous service loads		
	t = 8 h	Discontinuous service loads		
	t = 1 h	Intermittent service loads		
13	k <sub>D</sub>	Diversity factor		
	In the absence of specific indications, the following factors are considered:			
	k <sub>D</sub> = 1,0	motor in service		
	k <sub>D</sub> = 0,0	spare or standby		
	k <sub>D</sub> = 0,1	motor operated valve		
21	Gensiet			
22	FEEDING BUSBAR			
23	FEEDER			
24	NOTE			



TAG	DESCRIPTION	LOAD TYPE	TYPE OF SERVICE	PHASES	RATED DATA OF LOAD / MOTOR							LOAD DIVERSITY			CONSUMER LOAD				CONFIGURATION		NOTE
					Un (V)	Pn (kW)	cosφ (pu)	η (pu)	In (A)	Is (x In)	t (h)	Is (pu)	PI (kW)	QI (kvar)	SI (kVA)	Normal operation	GenSet				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	21a	24			
<b>AC LOAD LIST</b>																					
	Battery Charger 1 (380V ac/110V dc)	BC	CS	3F	380	12,0	0,85	100%	21,4		24,00	0,80	9,60	5,95	11,29	1	1				
	Battery Charger 2 (380V ac/110V dc)	BC	CS	3F	380	12,0	0,85	100%	21,4		24,00	0,50	6,00	3,72	7,06	1	1				
	Indoor Lighting Board	QL	DS	3F+N	380	3,0	0,85	100%	5,4		24,00	0,50	1,50	0,93	1,76	1	1				
	Outdoor Lighting Board	QL	DS	3F+N	380	3,0	0,85	100%	5,4		24,00	0,50	1,5	0,9	1,8	1	1				
	UPS Board (UPS OBM, SCADA, SAS, HMI, Printer, Computer etc)	PN	CS	3F+N	380	16,0	0,80	100%	30,4		24,00	0,95	15,2	11,4	19,0	1	1				
	SAS/SCADA	PN	CS	FN	220	0,2	0,90	100%	1,0		24,00	1,00	0,2	0,1	0,2	1	1				
	CCTV System PV Plant	PN	CS	FN	220	10,0	0,90	100%	50,5		24,00	1,00	10,00	4,84	11,11	1	1				
	Fire Detection System Panel (FM200)	PN	CS	FN	220	1,0	0,90	100%	5,1		24,00	1,00	1,0	0,5	1,1	1	1				
	Telecommunication	PN	CS	FN	220	0,2	0,90	100%	1,0		24,00	1,00	0,20	0,10	0,22	1	1				
	Aux DB (Water Pump, AC)	MO	DS	3F+N	380	31,0	0,80	100%	58,9		8,00	0,25	7,8	5,8	9,7	1	1				
	Ventilation/Exhaus Loads Toilets	MO	DS	FN	220	0,5	0,80	100%	2,8		1,00	0,50	0,3	0,2	0,3	1	1				
	Ventilation/Exhaust Loads MV Switchgear Room	MO	DS	FN	220	0,5	0,80	100%	2,8		8,00	0,50	0,3	0,2	0,3	1	1				
	Ventilation/Exhaus Loads Toilets	MO	DS	FN	220	0,5	0,80	100%	2,8		8,00	0,50	0,3	0,2	0,3	1	1				
	Ventilation/Exhaus Loads Store Room	MO	DS	FN	220	0,5	0,80	100%	2,8		8,00	0,50	0,3	0,2	0,3	1	1				
	Aux (Ventilation/Exhaus loads of DG set enclosure)	PN	DS	3F+N	380	3,0	0,80	100%	5,7		24,00	1,00	3,0	2,3	3,8	1	1				
	Air Conditioning Boards	MO	DS	3F+N	380	30,0	0,80	100%	57,0		12,00	0,20	6,0	4,5	7,5	1	1				
	AC Supply OLC	PN	CS	3F+N	380	3,0	0,80	100%	5,7		24,00	0,50	1,5	1,1	1,9	1	1				
	Presurization system	QL	CS	3F+N	380	3,0	0,80	100%	5,7		24,00	0,80	2,4	1,8	3,0	1	1				
	Heating - Junctions boxes CT and PT	HT	DS	FN	220	1,0	0,80	100%	5,7		24,00	1,00	1,0	0,8	1,25	1					
	Heating - Lighting - Plug substation equipment	PN	DS	FN	220	2,0	0,80	100%	11,4		24,00	1,00	2,0	1,5	2,50	1					
	Transformer - auxiliary	MO	DS	3F+N	380	10,0	0,80	100%	19,0		24,00	0,70	7,0	5,3	8,75	1					
	Transformer Oil collector - Sump pump	MO	DS	3F	380	3,0	0,80	100%	5,7		24,00	0,50	1,5	1,1	1,88	1					
	33 kV boards - auxiliary	PN	CS	FN	220	1,0	0,80	100%	5,7		24,00	1,00	1,0	0,8	1,25	1					
	Boards scada room - auxiliary	PN	CS	FN	220	2,0	0,80	100%	11,4		24,00	1,00	2,0	1,5	2,50	1					



TAG	DESCRIPTION	LOAD TYPE	TYPE OF SERVICE	PHASES	RATED DATA OF LOAD / MOTOR								LOAD DIVERSITY			CONSUMER LOAD				CONFIGURATION		NOTE
					Un (V)	Pn (kW)	ccosp (pu)	η (pu)	In (A)	Is (xIn)	t (h)	ko (pu)	P1 (kW)	C1 (kvar)	S1 (kVA)	Normal operation	Gen set					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	21a	24				
	Boards aux room - auxiliary	PN	CS	FN	220	1,0	0,80	100%	5,7		24,00	1,00	1,0	0,8	1,25	1						
	Changing room	PN	DS	FN	220	1,5	0,80	100%	8,5		24,00	0,50	0,8	0,6	0,94	1						
	Store room	PN	CS	3F+N	380	3,0	0,85	100%	5,4		24,00	0,50	1,5	0,9	1,76	1						
	Power plugs - external area	PR	DS	3F+N	380	30,0	0,80	100%	57,0		24,00	0,16	4,8	3,6	6,00	1						
	Power plugs board	PR	DS	3F+N	380	30,0	0,80	100%	57,0		24,00	0,16	4,8	3,6	6,00	1						
	Intruder alarm	PN	CS	FN	220	0,5	0,80	100%	2,8		24,00	1,00	0,5	0,4	0,63	1	1					
	Spare		R	3F+N	380																	
	Spare		R	3F+N	380																	
	Spare		R	3F+N	380																	
	Spare		R	FN	220																	
	Spare		R	FN	220																	
	Spare		R	FN	220																	
	Spare		R	FN	220																	

PHASE LOADS	Normal operation		Gen set standby	
	kW	kvar	kVA	81
	95	65	119	81
	67	45		



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.