



**ESTUDIOS
ELECTRICOS**

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Prime Energía
Chile
Parque Fotovoltaico Lucas
Informe de Mínimo Técnico



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-086
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0045
REVISIÓN C

4 abr. 24



Este documento **EE-EN-2024-0045-RC** fue preparado para Prime Energía por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Andrés Capalbo
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Claudio Celman
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 29 páginas y ha sido guardado por última vez el 04/04/2024 por Nicolás Silva; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

| Revisión | Fecha | Comentarios | Realizó | Revisó | Aprobó |
|-----------------|--------------|-------------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| A | 11.03.2024 | Para presentar | CiC | AC | PR |
| B | 02.04.2024 | Corrige según observaciones del CEN | NS | AC | PR |
| C | 04.04.2024 | Corrige según observaciones del CEN | IC | 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 Fecha ensayo y personal auditor | 5 |
| | 1.2 Medidores utilizados | 5 |
| | 1.3 Nomenclatura Utilizada..... | 6 |
| 2 | ASPECTOS NORMATIVOS..... | 8 |
| 3 | DESCRIPCIÓN DEL PARQUE..... | 9 |
| | 3.1 Diagrama unilineal | 9 |
| | 3.2 Datos de los paneles fotovoltaicos..... | 12 |
| | 3.3 Datos de los inversores | 13 |
| | 3.4 Datos de los transformadores de bloque..... | 15 |
| | 3.5 Datos de los Consumos de SSAA..... | 16 |
| 4 | DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO..... | 17 |
| | 4.1 Mínimo Técnico con el parque completamente operativo..... | 18 |
| | 4.1.1 Potencia de Servicios Auxiliares..... | 19 |
| | 4.1.2 Potencia Neta..... | 19 |
| | 4.1.3 Potencia Bruta..... | 20 |
| | 4.1.4 Potencia de Perdidas en la Central..... | 20 |
| | 4.1.5 Resultados | 21 |
| | 4.2 Mínimo Técnico con inversor individual..... | 22 |
| | 4.2.1 Potencia de Servicios Auxiliares..... | 23 |
| | 4.2.2 Potencia Neta..... | 23 |
| | 4.2.3 Potencia Bruta..... | 24 |
| | 4.2.4 Potencia de Perdidas en la Central..... | 24 |
| | 4.2.5 Resultados | 25 |
| 5 | CONCLUSIONES..... | 26 |
| 6 | ANEXOS | 27 |
| | 6.1 Certificados de calibración de medidores de energía..... | 27 |



1 Introducción

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Lucas 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 Lucas, cuenta con una potencia instalada de 9.375 MVA y se encuentra ubicado en la comuna de Coquimbo, Región de Coquimbo. El parque se vincula al SEN mediante una línea de 23 kV y 1.27 km de longitud a la S/E Llanos Blancos.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados entre los días 22 y el 23 de febrero de 2024.

El parque está constituido por 3 centros de transformación, cada centro cuenta con un inversor y transformador de bloque. Los equipos utilizados son marca SUNGROW modelos SG3125 de 3.125 MVA de capacidad nominal y 600 V de tensión nominal. El transformador de bloque es de 3.125 MVA de capacidad nominal y de relación de transformación 0.6 kV / 23 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$).

La red colectora está constituida por cables subterráneos, conformada por un circuito colector en la que se conectan los 3 inversores.

Los inversores se encuentran comandados por un control conjunto de planta (PPC) el cual permite el control de las variables eléctricas en su punto de interconexión.



1.1 Fecha ensayo y personal auditor

| Personal | Fecha de ensayo |
|---------------------|-----------------------------|
| Ing. Iñaki Cubillos | 22 y 23 de febrero de 20224 |

Tabla 1.1 – Personal participante

1.2 Medidores utilizados

| Denominación | Marca | Modelo | N° Serie |
|--------------|---------|------------|----------------|
| Adquisidor | Janitza | UMG512 PRO | 4201/5361 |
| Adquisidor | EE | 16CH | EE-EQ-2009-137 |

Tabla 1.2 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1.2, se cuenta con datos complementarios del adquiridos mediante el SCADA de la central el cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 segundo para todas las mediciones. Las mismas mediciones se encuentran adquiridas para los dos días de pruebas con una tasa de muestreo de 5 minutos.



1.3 Nomenclatura Utilizada

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

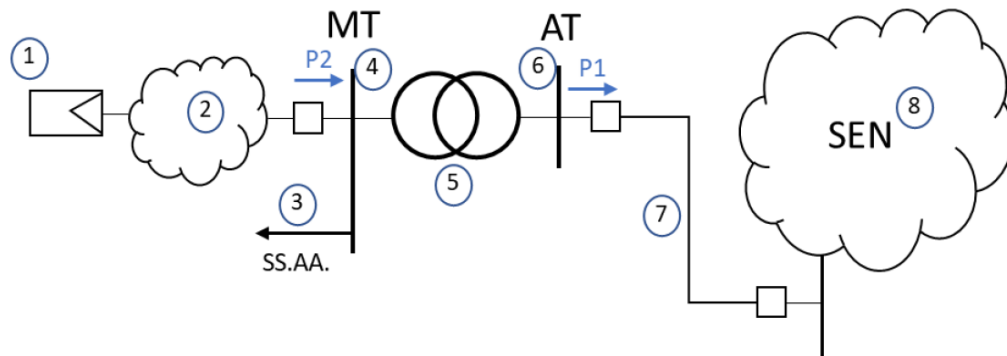


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque fotovoltaico.

- 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].
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [MW].
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW].
- ✓ **SS.AA.:** Servicios Auxiliares del parque [kW].
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW].
- ✓ **IR:** Irradiancia.
- ✓ **Tamb:** Temperatura ambiente.
- ✓ **Tp:** Temperatura de panel.
- ✓ **Pneta,med:** Potencia neta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,med:** Potencia bruta sin corregir.
- ✓ **Pbruta,ir:** Potencia bruta corregida por irradiancia.
- ✓ **Pbruta,corr:** Potencia bruta corregida por irradiancia y temperatura de operación del panel.



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 Lucas, 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 entregada por un único inversor.

Se aclara que el PPC no cuenta con la capacidad de ir apagando inversores de forma controlada hasta lograr la operación con un inversor individual.



3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Fotovoltaico Lucas, cuenta con una potencia instalada de 9.375 MVA y se encuentra ubicado en la comuna de Coquimbo, Región de Coquimbo. El parque se vincula al SEN mediante una línea de 23 kV y 1.27 km de longitud a la S/E Llanos Blancos.

El parque está constituido por 3 centros de transformación, cada centro cuenta con un inversor y transformador de bloque. Los equipos utilizados son marca SUNGROW modelos SG3125 de 3.125 MVA de capacidad nominal y 600 V de tensión nominal. El transformador de bloque es de 3.125 MVA de capacidad nominal y de relación de transformación 0.6 kV / 23 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$).

3.1 Diagrama unilineal

La red colectora está constituida por cables subterráneos, conformada por un circuito colector en la que se conectan los 3 inversores.

Los inversores se encuentran comandados por un control conjunto de planta (PPC) el cual permite el control de las variables eléctricas en su punto de interconexión.

En la Figura 3.1 se presenta el diagrama unifilar general del Parque Fotovoltaico Lucas. En tanto, en la Figura 3.2 se muestra el detalle de los tres centros de transformación que conforman el parque.

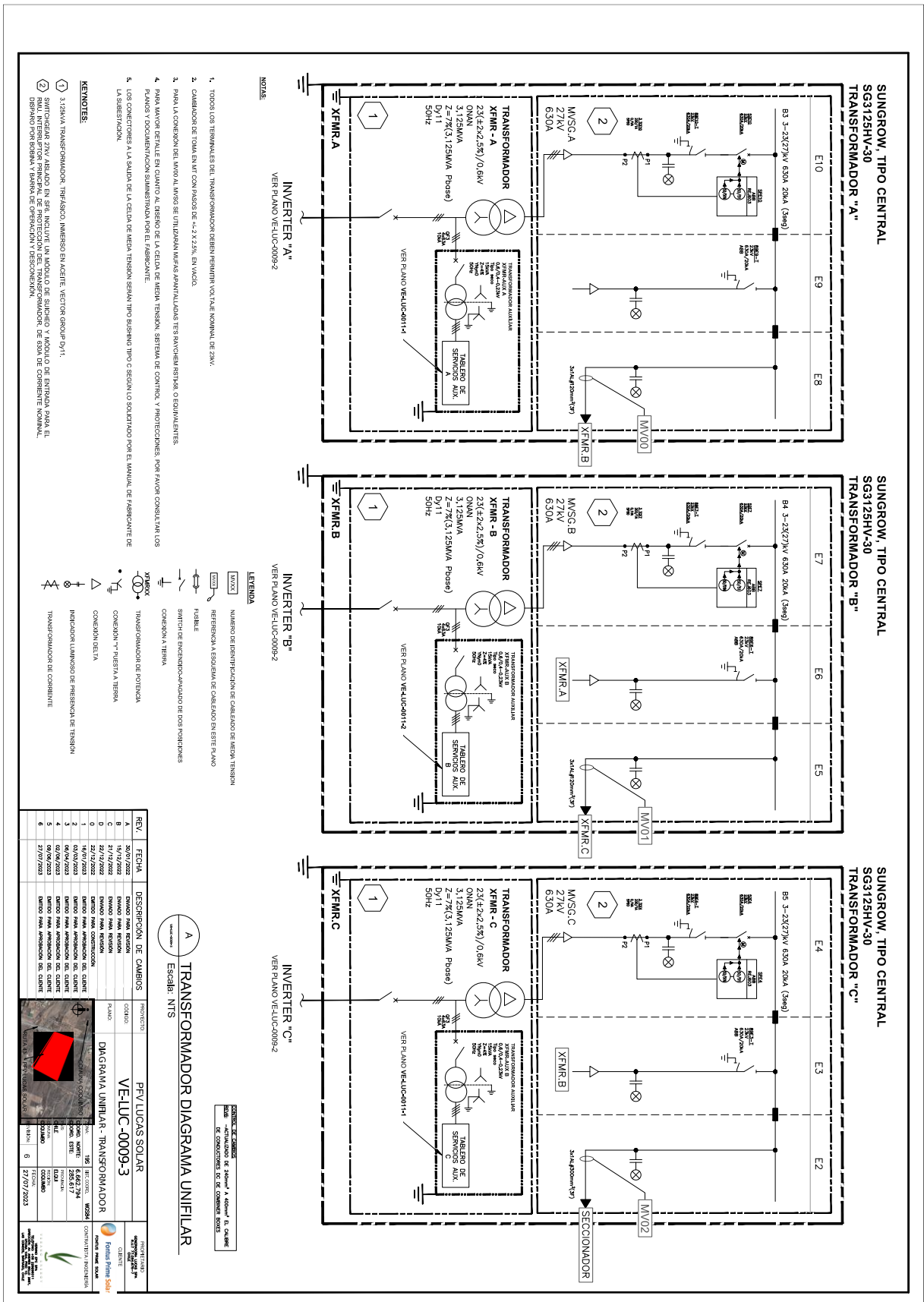


Figura 3.2 – Detalle de los centros de transformación - PFV Lucas



3.2 Datos de los paneles fotovoltaicos

Los paneles del Parque Fotovoltaico Lucas son paneles bifaciales de marca Canadian Solar modelos CS7N660 y CS7N655. El Parque Fotovoltaico Lucas posee una capacidad DC de 10.5 MW DC, a través de sus 16.000 módulos, con una cantidad de 500 Strings de 32 módulos en serie cada uno. Sus principales características se presentan en la Figura 3.3.

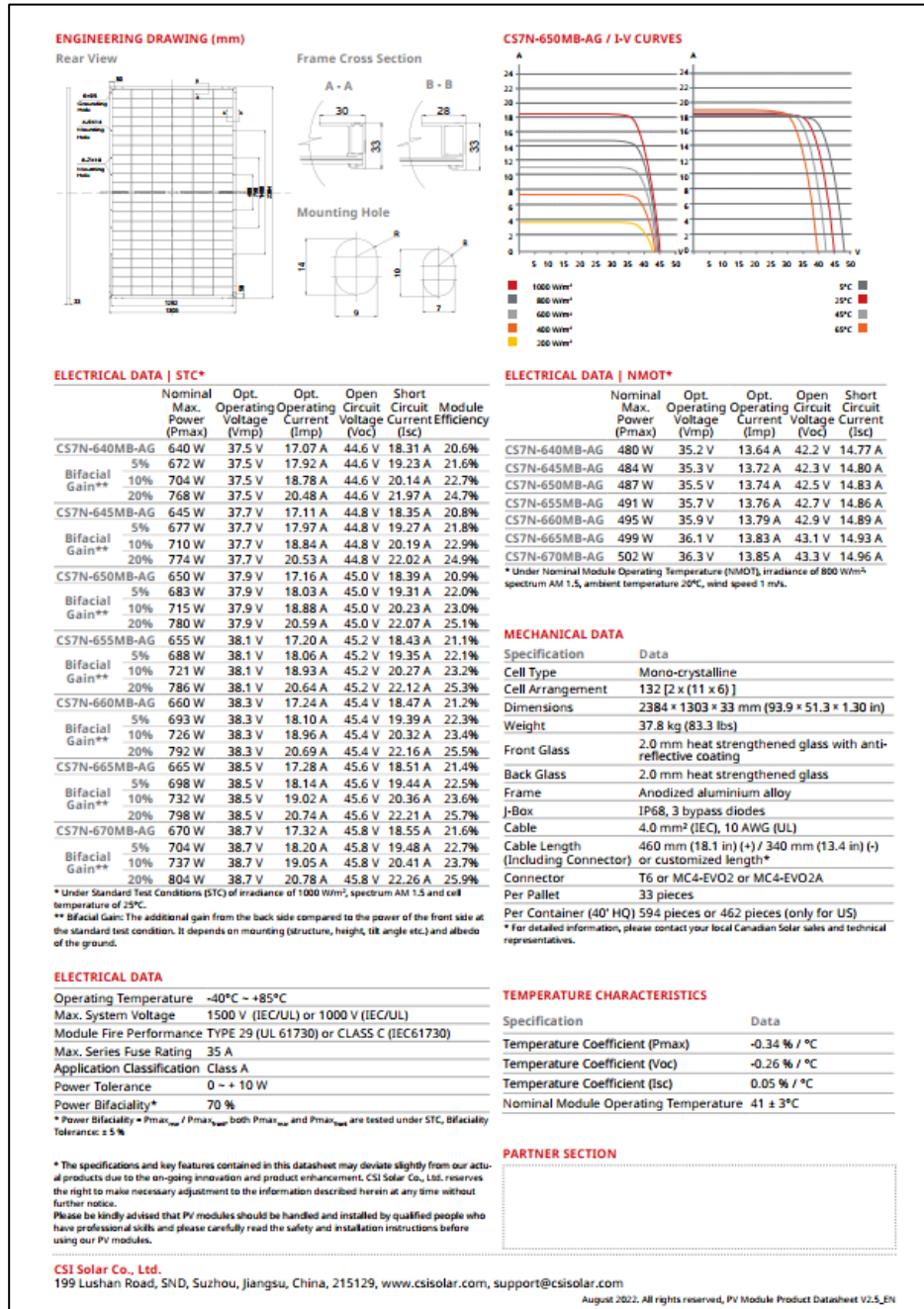


Figura 3.3 – Hoja de Datos – Panel Solar



En la Tabla 3.1 se describe la distribución de paneles en el parque según su potencia nominal.

| Modelo | Cantidad Strings | Cantidad módulos | Potencia DC [MW] |
|----------------|-------------------|------------------|------------------|
| CS7N660 - 660W | 250 (x32 módulos) | 8000 | 5.28 |
| CS7N655 - 655W | 250 (x32 módulos) | 8000 | 5.24 |
| Total | 500 | 16000 | 10.52 |

Tabla 3.1 – Distribución Paneles Fotovoltaicos

3.3 Datos de los inversores

El Parque Fotovoltaico Lucas cuenta con 3 inversores marca SUNGROW, modelo SG3125HV-MV-30. Los inversores son de 3.125 / 3.437 MVA (@50°C / 45°C) de potencia aparente nominal y sus principales características se presentan en la Figura 3.4.

| Type designation | SG3125HV-MV-30 | SG3400HV-MV-30 |
|---|--|---------------------------------|
| Input (DC) | | |
| Max. PV input voltage | 1500 V | |
| Min. PV input voltage / Startup input voltage | 875 V / 915 V | |
| MPP voltage range | 875 – 1300 V | |
| No. of independent MPP inputs | 2 | |
| No. of DC inputs | 16 / 18 / 22 / 24 / 28 (max. 24 for floating system) | |
| Max. PV input current | 3997 A | |
| Max. DC short-circuit current | 10000 A | |
| PV array configuration | Negative grounding or floating | |
| Output (AC) | | |
| AC output power | 3125 kVA @ 50 °C / 3437 kVA @ 45 °C | 3437 kVA @ 45 °C |
| Max. inverter output current | 3308 A | |
| AC voltage range | 20 kV – 35 kV | |
| Nominal grid frequency / Grid frequency range | 50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz | |
| Harmonic (THD) | < 3 % (at nominal power) | |
| Power factor at nominal power / Adjustable power factor | > 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging | |
| Feed-in phases / AC connection | 3 / 3-PE | |
| Efficiency | | |
| Inverter max. efficiency | 99.0% | |
| Inverter European efficiency | 98.7% | |
| Transformer | | |
| Transformer rated power | 3125 kVA | 3437 kVA |
| Transformer max. power | 3437 kVA | |
| LV / MV volatage | 0.6 kV / (20 – 35) kV | |
| Trnsformer vector | Dy11 | |
| Transformer cooling type | ONAN (Oil-natural, air-natural) | |
| Oil type | Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request | |
| Protection & Function | | |
| DC input protection | Load break switch + fuse | |
| Inverter output protection | Circuit breaker | |
| AC MV output protection | Circuit breaker | |
| Surge protection | DC Type I + II / AC Type II | |
| Grid monitoring / Ground fault monitoring | Yes / Yes | |
| Insulation monitoring | Yes | |
| Overheat protection | Yes | |
| Q at night function | Optional | |
| General Data | | |
| Dimensions (W*H*D) | 6058 * 2896 * 2438 mm | |
| Weight | 15 T | |
| Degree of protection | Inverter: IP55 (optional: IP65) / Others: IP54 | |
| Auxiliary power supply | 5 kVA (optional: max. 40 kVA) | |
| Operating ambient temperature range | -35 to 60 °C (> 50 °C derating) | -35 to 60 °C (> 45 °C derating) |
| Allowable relative humidity range | 0 – 100 % | |
| Cooling method | Temperature controlled forced air cooling | |
| Max. operating altitude | 1000 m (standard) / > 1000 m (optional) | |
| Display | Touch screen | |
| Communication | Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber | |
| Compliance | CE, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116 | |
| Grid support | Q at night (Optional), L/HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control | |

Figura 3.4 – Hoja de Datos – Inversor



Se aprecia en la Figura 3.5, que el máximo consumo de potencia en operación es de 4.105 kW en máxima carga y se considerará dicho valor en el cálculo de consumos de Servicios Auxiliares del parque.

| SG3125HV | | Max self-consumption-in- operation (W) | Standby Consumption (W) |
|---------------|---|--|-------------------------|
| Inverters | Control-power-consumption | 312 | 200 |
| | Fans consumption@full power | 3508 | 0 |
| LV cabinet | Monitoring | 15 | 15 |
| | Light | 0 | 0 |
| | Fans of container activated @>40C ambient Temp. | 0 | 0 |
| | Fans of LV cabinet | 64 | 0 |
| | Aux. transformer 6.4KVA | 206 | 200 |
| Max. in total | | 4105 | 415 |

Figura 3.5 – Detalle de consumos propios de los inversores.

La curva de capacidad de los inversores cumple con la forma mostrada en la Figura 3.6.

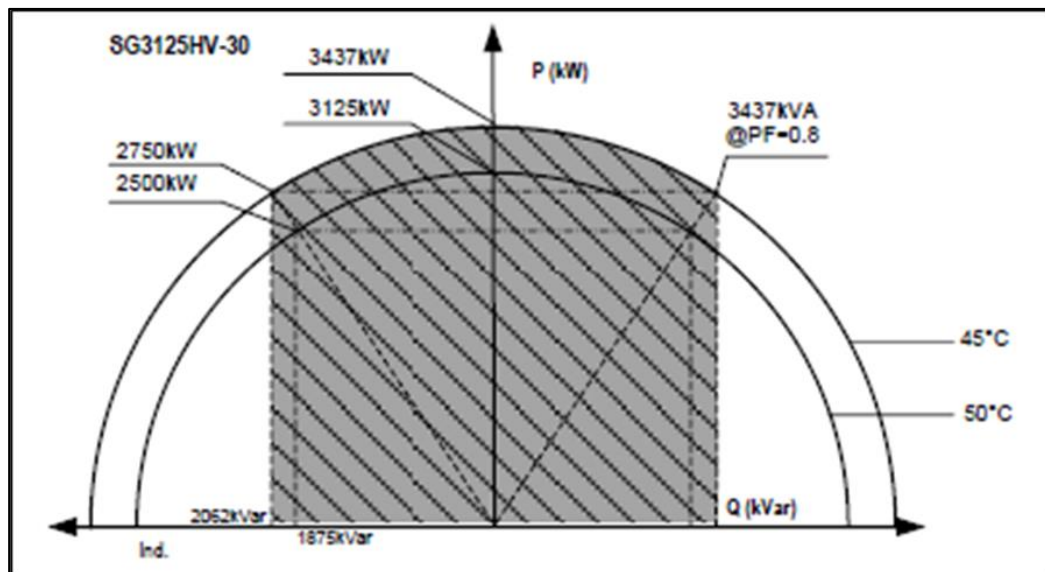


Figura 3.6 – Curva de capacidad del inversor



3.4 Datos de los transformadores de bloque

El Parque Fotovoltaico Lucas cuenta con tres (3) transformadores de bloque de dos devanados que permiten la interconexión de un inversor. Su relación de transformación es de 0.6 / 23 kV y de 3.125 MVA de capacidad nominal.

Los datos característicos de los mismos se muestran en la Tabla 3.2.

| Parámetro | Valor |
|-------------------------|-----------------------|
| Potencia nominal | 3.125 MVA |
| Refrigeración | ONAN |
| Tensión nominal lado HV | 23 kV |
| Tensión nominal lado LV | 0.6 kV |
| Grupo de conexión | Dy11 |
| Impedancia | 6.71% |
| Pérdidas en carga | 22.34 kW |
| Pérdidas en vacío | 1.85 kW |
| Posiciones de TAP | $\pm 2 \times 2.5 \%$ |

Tabla 3.2 – Datos de los transformadores de bloque



3.5 Datos de los Consumos de SSAA

Los Consumos de SSAA del Parque Fotovoltaico Lucas se determinaron a través de la medición del proceso de detención del parque, en donde fue posible registrar el valor del consumo cuando los inversores se encuentran apagados, siendo este valor de 0.0065 MW. El registro de estas mediciones se puede observar en la Figura 3.7.

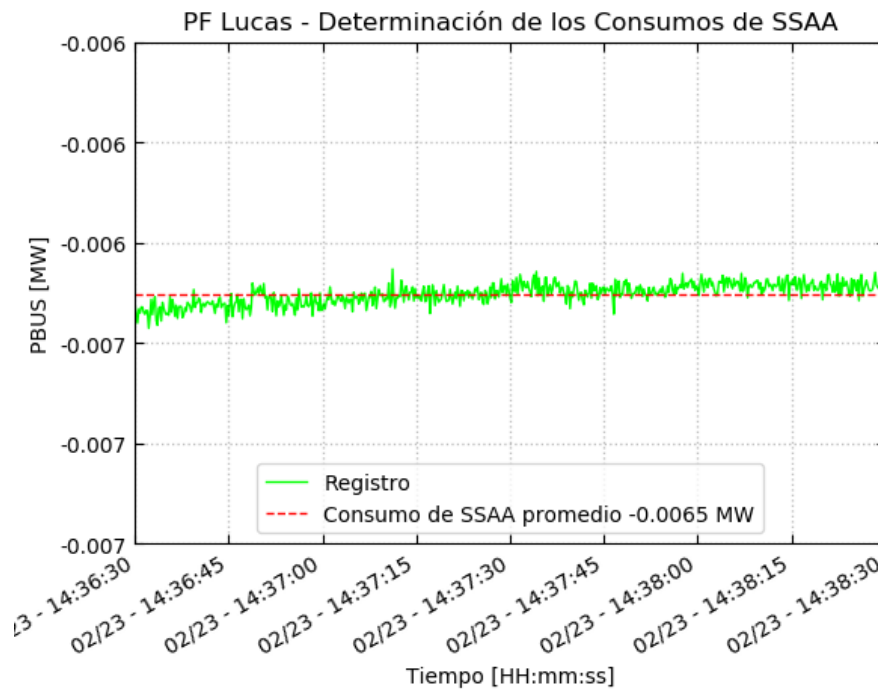


Figura 3.7 – Registro de Consumos de SSAA



4 DETERMINACIÓN DE 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**.

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.

| Central | Potencia Bruta [MW] | Consumos propios [kW] | Pérdidas en la central [kW] | Potencia Neta [MW] |
|---------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Lucas | (1) | (2) | (3) | (4) |

Tabla 4.1 – Tabla resumen de valores a presentar

- (1) **Potencia Bruta:** Corresponde a la sumatoria de potencia bruta medida directamente en bornes de la unidad de generación con sus consumos propios.
- (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 la S/E Llanos Blancos 23 kV (POI).



4.1 Mínimo Técnico con el parque completamente operativo

El día 23 de febrero de 2024 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico con la totalidad de los inversores y elementos de red del Parque Fotovoltaico Lucas en servicio. 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 unidades en servicio.

Para lograr dicha condición de operación, el PPC opera de forma automática, disminuyendo la potencia de los inversores hasta alcanzar una consigna de 0.15 MW. Para consignas menores a la mencionada, se observa que la operación de los inversores oscila entre el estado “apagado” y la potencia consignada, sin ser capaces de mantener de forma estable una menor potencia.

Se presentan a continuación los registros correspondientes. En la Figura 4.1 se muestra la potencia neta medida (P_{Neta}) en el periodo de pruebas y en la Figura 4.2 se muestra la potencia sumada medida de todos los inversores (P_{INV}). Se observa que el valor registrado como potencia de inversores equivale a un despacho aproximado de 54 kW por cada unidad.

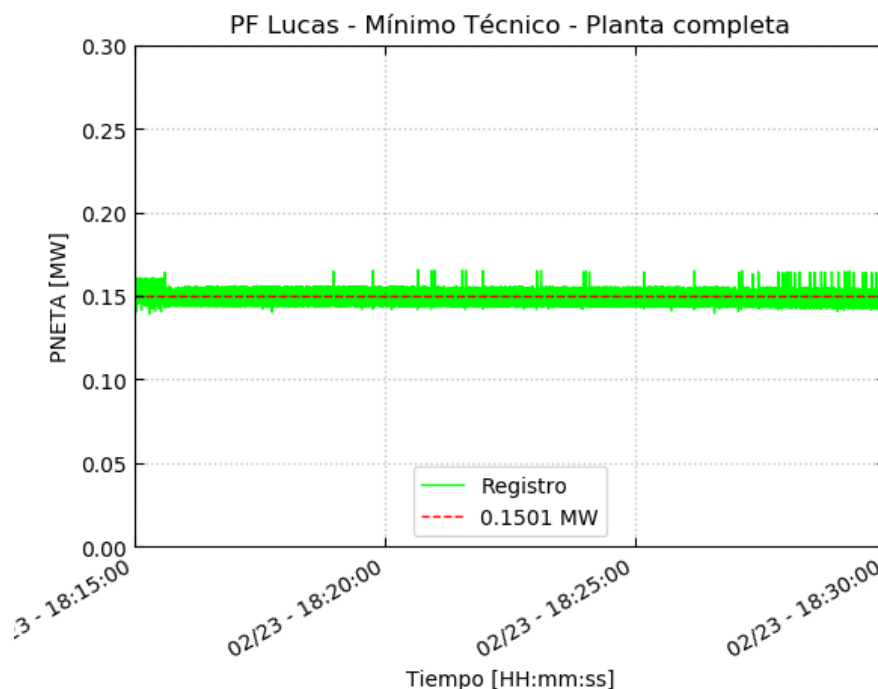


Figura 4.1 – Ensayo de Mínimo Técnico – Potencia neta – Planta completa

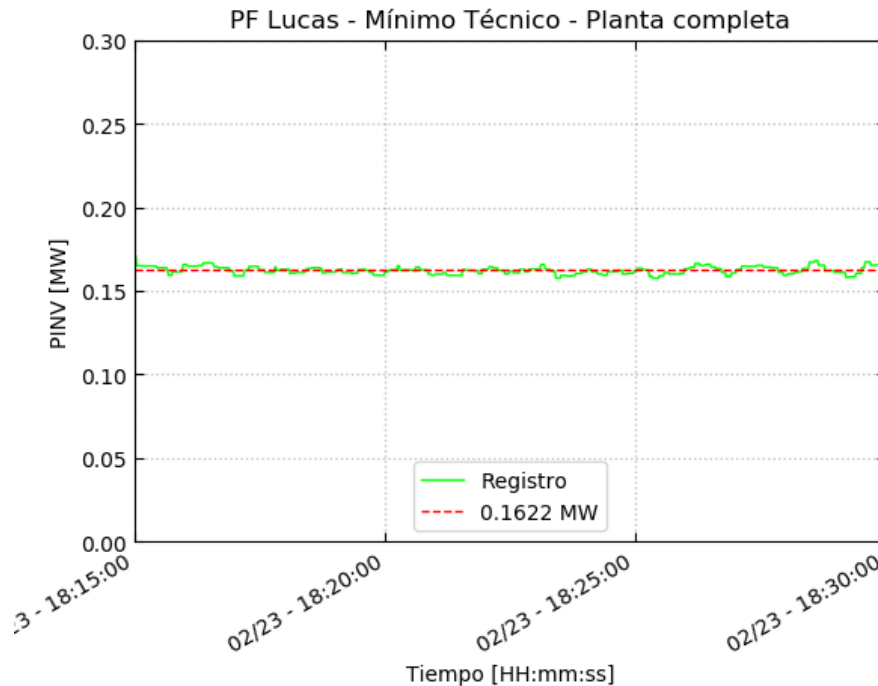


Figura 4.2 – Ensayo de Mínimo Técnico – Potencia de inversores – Planta completa

4.1.1 Potencia de Servicios Auxiliares

La **Potencia de Servicios Auxiliares** (P_{SSAA}) 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 Consumos de SSAA registrados en la Sección 3.5 .

Según se observa en la Figura 3.5, el consumo interno de cada inversor se estima en 4.105 kW.

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

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos Propios + P_{Consumo,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 3 \times 4.105 \text{ kW} + 0.0065 \text{ MW} = 0.0188 \text{ MW}$$

$$P_{SSAA} = 0.0188 \text{ MW}$$

4.1.2 Potencia Neta

La **Potencia Neta** del Parque Fotovoltaico Lucas corresponde a la potencia inyectada en la barra de 23 kV de la S/E Llanos Blancos (POI). Se obtiene un mínimo de operación estable de 0.1501 MW.

$$P_{Neta} = 0.1501 \text{ MW}$$



4.1.3 Potencia Bruta

La medición de potencia presentada en la Figura 4.2, se realiza en bornes del equipo y ya se encuentran descontados los consumos propios del inversor. Estos consumos se estiman en 4.105 kW según se observa en la Figura 3.5. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

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

$$P_{bruta} = 0.1622\ MW + 3 \times 4.105\ kW = 0.1745\ MW$$

$$P_{bruta} = 0.1745\ MW$$

4.1.4 Potencia de Perdidas en la Central

La **Potencia de Perdidas en la Central**, corresponde a las perdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Potencia Máxima, el cálculo de las Perdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre la potencia bruta abastecida por cada uno de los inversores del parque y la Potencia Neta Medida (P_{Neta} ver Figura 4.1). Además, se debe considerar el valor de potencia de los servicios auxiliares, registrados en 0.0065 MW.

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

$$P_{perd,central} = P_{INV} - P_{Consumo,SSAA} - P_{Neta}$$

$$P_{perd,central} = 0.1622\ MW - 0.0065\ MW - 0.1501\ MW = 0.0056\ MW$$

$$P_{perd,central} = 0.0056\ MW$$

Al no haber un transformador de poder principal, el valor de las pérdidas de media tensión corresponde al total de pérdidas de la instalación, según la siguiente expresión.

$$P_{perd,central} = P_{perd,MT}$$



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. Se presentan los resultados para las condiciones de ensayo del Parque Fotovoltaico Lucas considerando el parque completamente operativo.

| Parque Fotovoltaico | Potencia Bruta [MW] | SS.AA. [MW] | Pérdidas en la central [MW] | Potencia Neta [MW] |
|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| Lucas | 0.1745 | 0.0188 | 0.0056 | 0.1501 |

Tabla 4.2 – Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Lucas – Planta completa

Según se observa en la Tabla 4.2 el valor de **Mínimo Técnico** registrado está dentro de lo esperado en base a los registros de potencia disponibles de los inversores.



4.2 Mínimo Técnico con inversor individual

El día 23 de febrero de 2024 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando la operación de un único inversor y todos los elementos de red (transformadores y circuitos colectores) del Parque Fotovoltaico Lucas en servicio. Para lograr esta condición se debe dar una orden de detención a todos los equipos de la planta a excepción de una unidad, en este caso el inversor del centro de transformación CT-A.

Para ello, el operador detiene los inversores de los centros de transformación CT-B y CT-C de forma manual, ya que el PPC siempre entregará consignas iguales a los equipos disponibles. Luego, con solo el CT-A en operación, se incrementa la potencia activa desde el PPC hasta lograr una operación estable del inversor de tal forma que en esta condición la central no absorba potencia desde la red y sea capaz de alimentar sus consumos propios y SSAA.

Se presentan a continuación los registros correspondientes. En la Figura 4.3 se muestra la potencia neta medida (P_{Neta}) en el periodo de pruebas y en la Figura 4.4 se muestra la potencia del inversor ensayado (P_{INV}).

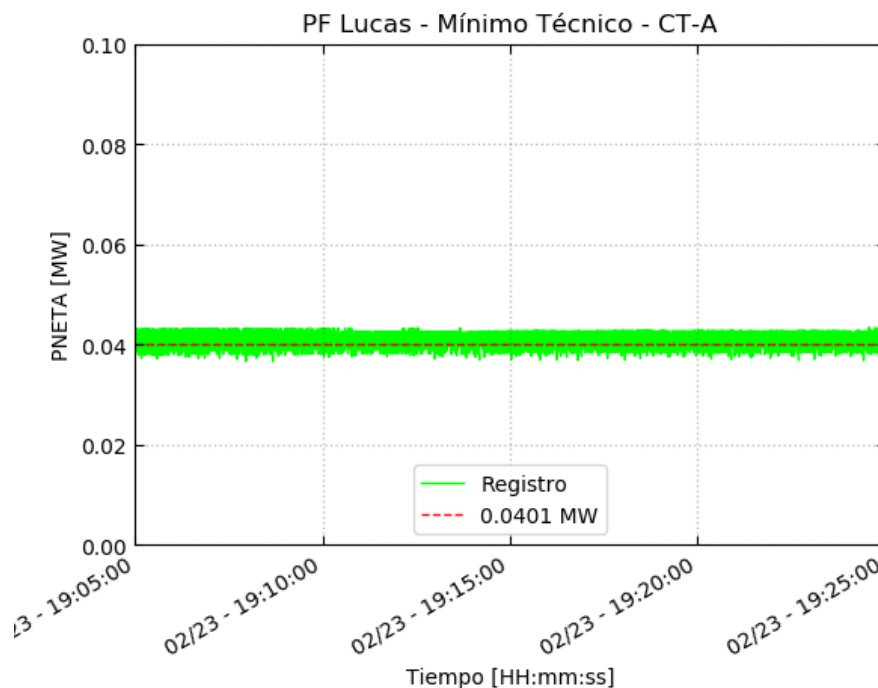


Figura 4.3– Ensayo de Mínimo Técnico – Potencia neta – Inversor CT-A

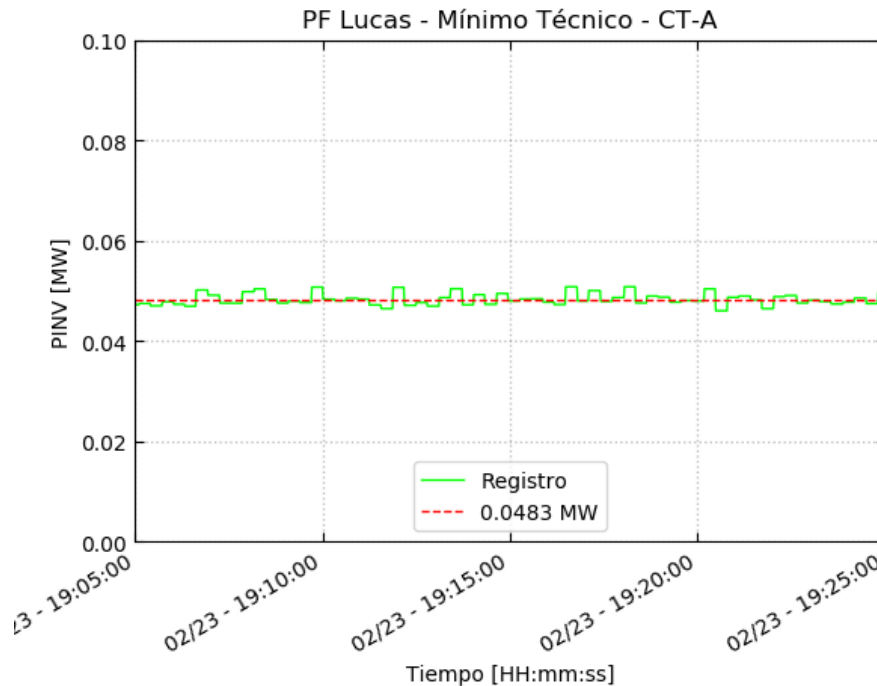


Figura 4.4– Ensayo de Mínimo Técnico – Potencia de inversores – Inversor CT-A

4.2.1 Potencia de Servicios Auxiliares

La **Potencia de Servicios Auxiliares** (P_{SSAA}) corresponde a la suma de los consumos propios de cada inversor estimados en kW x Cantidad de inversores (considerando una única unidad en servicio) más los Consumos de SSAA registrados en la Sección 3.5 .

Según se observa en la Figura 3.5, el consumo interno de cada inversor se estima en 4.105 kW.

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

$$P_{SSAA} = N^{\circ} INV \times Consumos Propios + P_{Consumo,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 1 \times 4.105 \text{ kW} + 0.0065 \text{ MW} = 0.0106 \text{ MW}$$

$$P_{SSAA} = 0.0106 \text{ MW}$$

4.2.2 Potencia Neta

La **Potencia Neta** del Parque Fotovoltaico Lucas corresponde a la potencia inyectada en la barra de 23 kV de la S/E Llanos Blancos (POI). Se obtiene un mínimo de operación estable de 0.0401 MW.

$$P_{Neta} = 0.0401 \text{ MW}$$



4.2.3 Potencia Bruta

La medición de potencia presentada en la Figura 4.4, se realiza en bornes del equipo y ya se encuentran descontados los consumos propios del inversor. Estos consumos se estiman en 4.105 kW según se observa en la Figura 3.5. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

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

$$P_{bruta} = 0.0483\ MW + 1 \times 4.105\ kW = 0.0524\ MW$$

$$P_{bruta} = 0.0524\ MW$$

4.2.4 Potencia de Perdidas en la Central

La **Potencia de Perdidas en la Central**, corresponde a las perdidas en el sistema colector de media tensión.

En base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Potencia Máxima, el cálculo de las Perdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre la potencia bruta abastecida por cada uno de los inversores del parque y la Potencia Neta Medida (P_{Neta} ver Figura 4.3). Además, se debe considerar el valor de potencia de los servicios auxiliares, registrados en 0.0065 MW.

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

$$P_{perd,central} = P_{INV} - P_{Consumo,SSAA} - P_{Neta}$$

$$P_{perd,central} = 0.0483\ MW - 0.0065\ MW - 0.0401\ MW = 0.0017\ MW$$

$$P_{perd,central} = 0.0017\ MW$$

Al no haber un transformador de poder principal, el valor de las pérdidas de media tensión corresponde al total de pérdidas de la instalación, según la siguiente expresión.

$$P_{perd,central} = P_{perd,MT}$$



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. Se presentan los resultados para las condiciones de ensayo del Parque Fotovoltaico Lucas considerando la operación de un único inversor.

| Parque Fotovoltaico | Potencia Bruta [MW] | SS.AA. [MW] | Pérdidas en la central [MW] | Potencia Neta [MW] |
|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| Lucas | 0.0524 | 0.0106 | 0.0017 | 0.0401 |

Tabla 4.3 – Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Lucas – Inversor CT-A

Según se observa en la Tabla 4.3 el valor de **Mínimo Técnico** registrado está dentro de lo esperado en base a los registros de potencia disponibles de los inversores.



5 CONCLUSIONES

En el presente informe, se ha determinado el valor de **Mínimo Técnico** del Parque Fotovoltaico Lucas. Se ha determinado este valor considerando los escenarios de operación de planta completa y también de inversor individual.

Las Tabla 5.1 resume los resultados obtenidos.

| Parque Fotovoltaico | Potencia Bruta [MW] | SS.AA. [MW] | Pérdidas en la central [MW] | Potencia Neta [MW] |
|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| Lucas | 0.1745 | 0.0188 | 0.0056 | 0.1501 |

Tabla 5.1 – Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Lucas – Planta completa

| Parque Fotovoltaico | Potencia Bruta [MW] | SS.AA. [MW] | Pérdidas en la central [MW] | Potencia Neta [MW] |
|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| Lucas | 0.0524 | 0.0106 | 0.0017 | 0.0401 |

Tabla 5.2 – Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Lucas – Inversor CT-a



6 ANEXOS

6.1 Certificados de calibración de medidores de energía

| CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN | | | |
|---|------------------|---|---------------------|
|  ESTUDIOS ELECTRICOS | | | |
| Estudios Eléctricos declara que el instrumento: | | | |
| Instrumento | Número de Serie: | Última Calibración | |
| JANITZA UMG 512 Pro | 4201/5361 | 9/5/2023 | |
| <p>Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.</p> <p>Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:</p> | | | |
| Instrumento Patrón | Número de Serie: | Última calibración | Próxima calibración |
| Valija de Inyección OMICRON CMC 256-6 | JG677S | 29/10/2021 | 29/10/2024 |
| Fecha de evaluación: 9/5/2023 | | Nombre Inspector: Leiss, Jorge | |
| Certificado número: EE-CI-2023-0604 | | Firma:  | |



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



ESTUDIOS ELECTRICOS

Estudios Eléctricos declara que el instrumento:

Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.

| Instrumento | Número de serie: | Última Calibración |
|-----------------------------|------------------|--------------------|
| Adquisidor CIRION J 16CH | EE-EQ-2009-137 | 10/05/2023 |

Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:

| Instrumento Patrón | Número de Serie: | Ultima calibración | Próxima calibración |
|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| OMICRON CMC 256-6 | JG677S | 29/10/2021 | 29/10/2024 |

Fecha de evaluación: 10/5/2023
Certificado número:EE-CI-2023-0607

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma:

Power System Studies & Power Plant Field
Testing and Electrical Commissioning



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.