

Empresa: Sonnedix

País: Chile

Proyecto: Parque Fotovoltaico Atacama Solar II

Descripción: Informe de Mínimo Técnico

Código de Proyecto: EE-2019-211

Código de Informe: EE-EN-2021-0579

Revisión: B



3 de enero de 2024



Este documento EE-EN-2021-0579-RB fue preparado para Sonnedix por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Claudio Celman
Subgerente Departamento de Ensayos
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Andrés Capalbo
Subgerente Departamento Ensayos
andres.capalbo@estudios-electricos.com

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

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 30 páginas y ha sido guardado por última vez el 03/01/2024 por César Colignon, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	1/04/2021	Para presentar.	JP	AC	PR
B	3/01/2024	Conforme nuevos ensayos de MT. Responde a observaciones de minuta CEN	JE/NS	CiC	AC

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
1.1.1	Fecha ensayo y personal auditor	4
1.1.1	Medidores utilizados	4
1.1.2	Definiciones y Nomenclatura.....	5
2	ASPECTOS NORMATIVOS	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE	8
3.1.1	Unifilar de planta	8
3.1.2	Datos de los paneles solares.....	12
3.1.3	Datos de los inversores.....	14
3.1.4	Datos de los transformadores de bloque	16
3.1.5	Datos de los transformadores de poder.....	17
4	DETERMINACIÓN DEL MÍNIMO TÉCNICO	18
4.1.1	Mediciones y accionamientos	19
4.1	Mínimo Técnico con el parque completamente operativo.....	20
4.1.1	Potencia Bruta	21
4.1.2	Perdidas en los transformadores principales	23
4.1.3	Perdidas en red colectora de media tensión.....	24
4.1.4	Potencia de Servicios Auxiliares.....	25
4.1.5	Determinación de la Potencia Bruta.....	26
4.1.6	Potencia Neta.....	27
4.1.7	Resultados.....	27
5	CONCLUSIONES	28
6	ANEXOS	29
6.1	Certificado de calibración del medidor de energía	29



1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar la Potencia Máxima del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”, cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

El Parque Fotovoltaico Atacama Solar II se ubica en la región de Tarapacá, está emplazado al poniente de la localidad de Pica, y tiene una potencia instalada de 174.24 MW. El parque se vincula al SEN mediante dos transformadores de 220/33 kV a la S/E Matilla 220 kV, la que a su vez se conecta a la S/E Lagunas 220 kV.

A raíz de las observaciones presentadas por el Coordinador Eléctrico Nacional en la minuta de código “COR-DCO-IT_MT_PFV Atacama Solar II”, se actualiza en el presente informe y mediante ensayos realizados el 23 de noviembre de 2023, el valor de Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II cuyos principales resultados son expuestos en el Capítulo 4.

1.1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. César Colignon	20/3/2021
Ing. César Colignon	27/11/2023

1.1.1 Medidores utilizados

Denominación	Marca	Modelo	Precisión	Calibración
Analizador de energía	Janitza	UMG 510	±0.05%	Ver Anexo 6.1

Tabla 1-1 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1-1, se utilizaron datos adquiridos mediante el SCADA de la central la cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 min.



1.1.2 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:

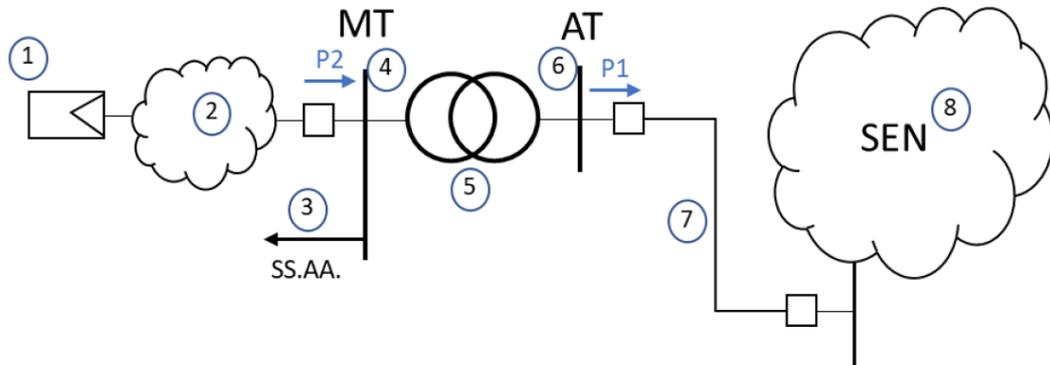


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque fotovoltaico.

- 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].
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [MW] (ver número “7” en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW] (ver número “5” en Figura 1.1).
- ✓ **SS.AA.:** Servicios Auxiliares del parque [kW] (ver número “3” en Figura 1.1).
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque y transformadores de bloque [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 Atacama Solar II, 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.

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 Atacama Solar II está constituido por 24 centros de transformación, los cuales cuentan con 2 inversores y 2 transformadores cada uno.

Cada inversor operando a 660 V de tensión nominal, totaliza una potencia de 174.24 MW, de la cual se declaran 150 MW debido al límite impuesto por el PPC.

Las características generales de operación a nivel PPC se aprecia en la Tabla 3.1.

Datos de planta	
Punto de conexión (POI)	Paño J10 S/E Lagunas
Potencia desde el PPC	150 MW como referencia máxima de potencia activa desde el PPC
Inversores	48 inversores Power Electronics Freesun HEMK 660VAC FS3300K
Paneles solares	30 paneles por string. Marca Jinko Solar, modelo JKM345M-72-V

Tabla 3.1 Características generales de planta según documentación

3.1.1 Unifilar de planta

La red interna de media tensión (MT) del parque se encuentra compuesta de 24 centros de transformación, cada una de las cuales cuenta con 2 inversores y 2 transformadores de bloque (de relación 33/0.66 kV). A la barra de MT de 33 kV llegan 8 alimentadores, cada alimentador se obtiene de la unión de 3 centros de transformación lo cual resulta en 21.78 MW por cada alimentador.

El detalle de la distribución de los centros de transformación e inversores en los alimentadores y su acometida en la S/E de salida del parque se muestra en la Figura 3.1, Figura 3.2, Figura 3.3 y Figura 3.4.

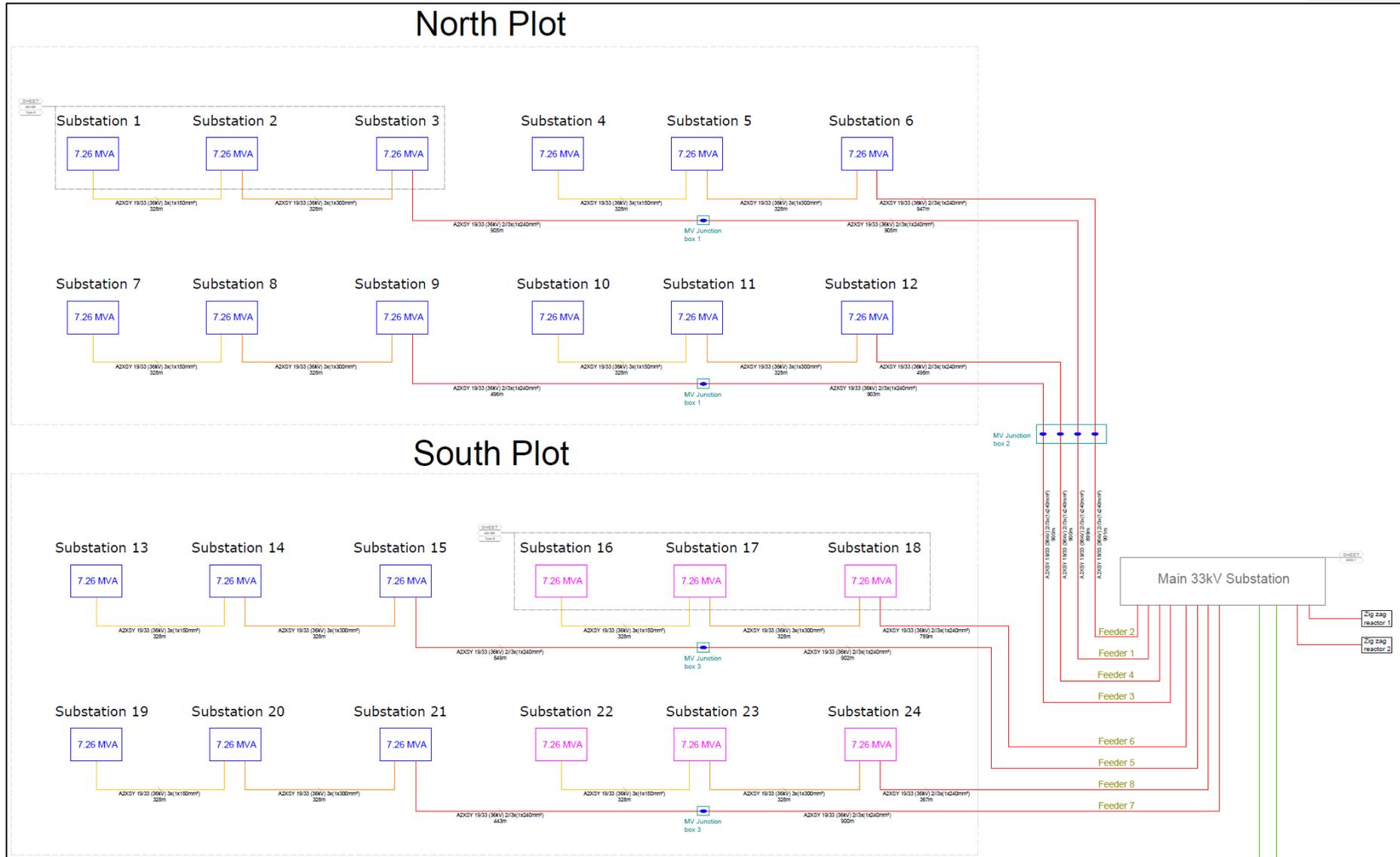


Figura 3.1 – Diagrama unifilar de media tensión - Parque Fotovoltaico Andes Solar II-A.

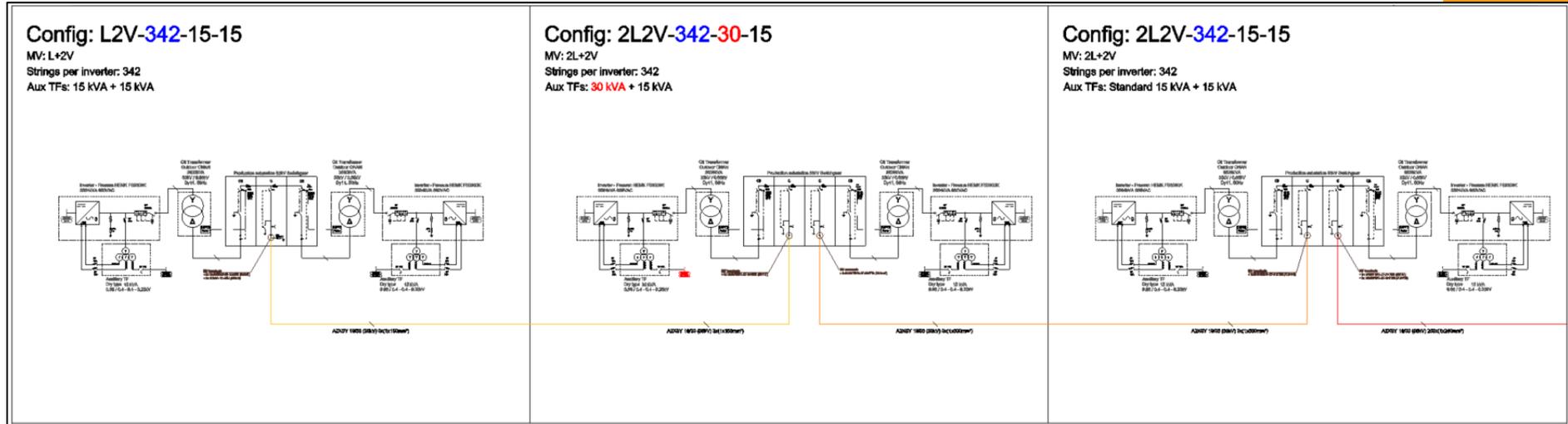


Figura 3.2 - Configuración de alimentadores 1, 2, 3, 4, 5 y 7. Cada inverter es alimentado por 342 líneas.

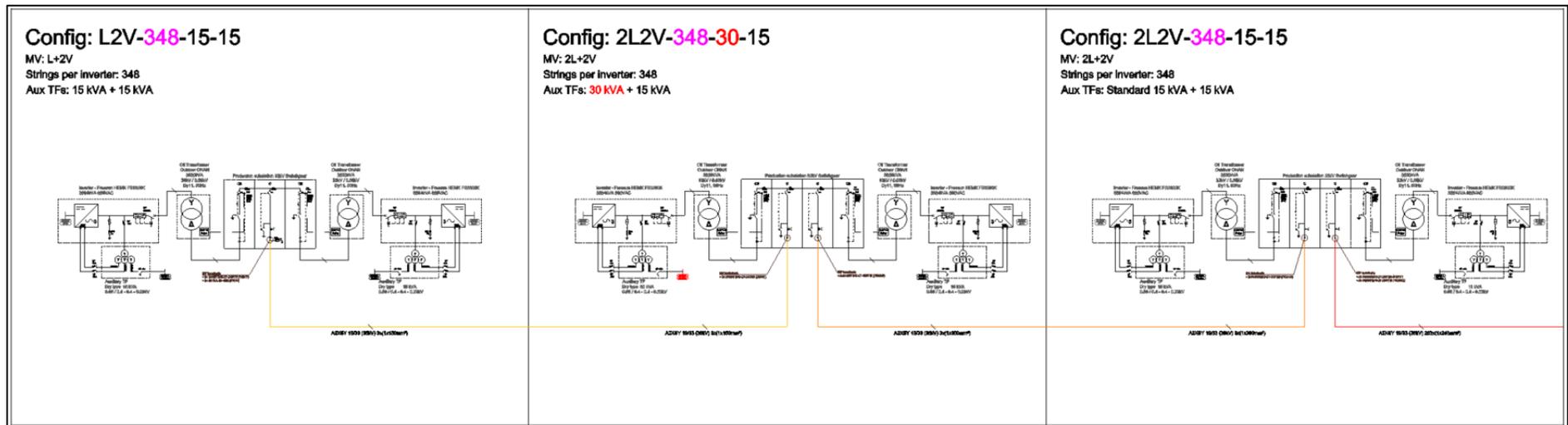


Figura 3.3 - Configuración de alimentadores 6 y 8. Cada inverter es alimentado por 348 strings

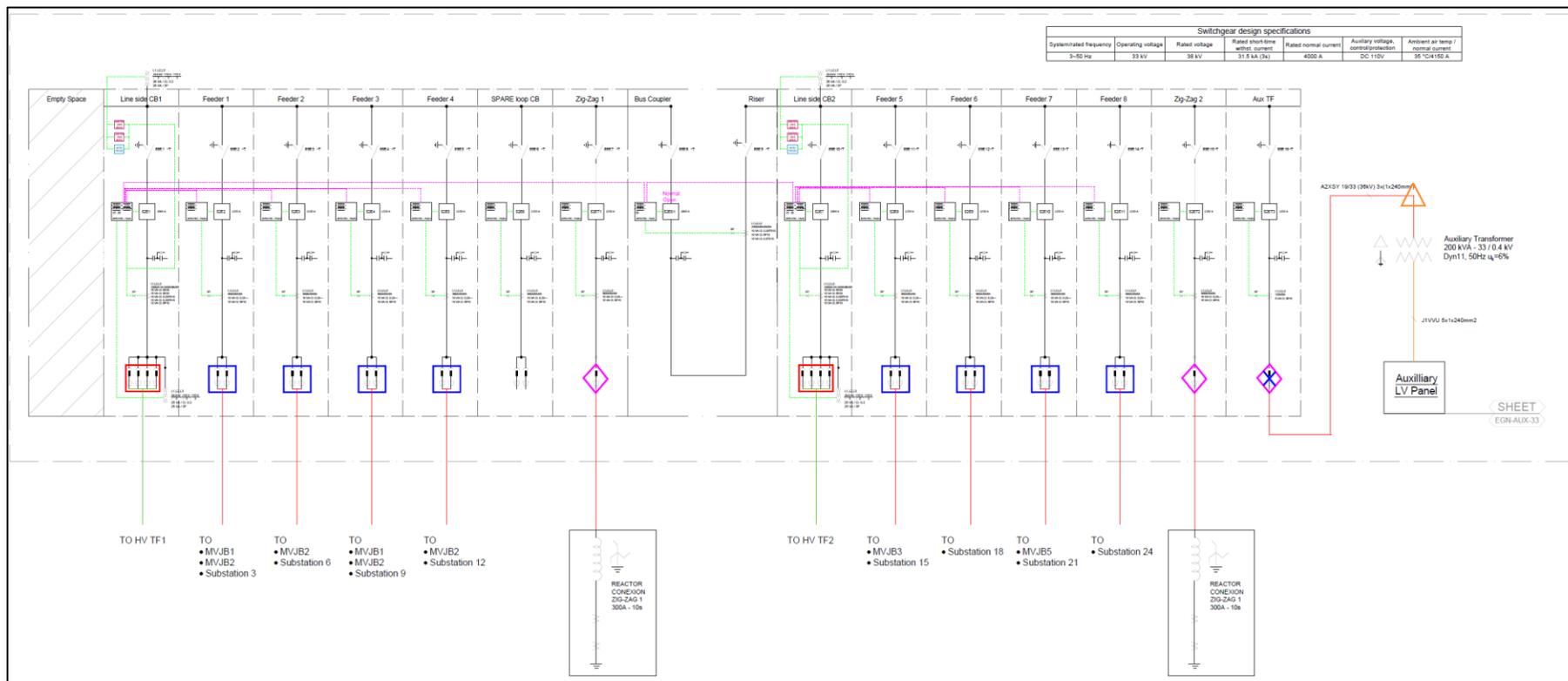
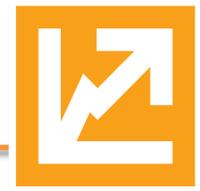


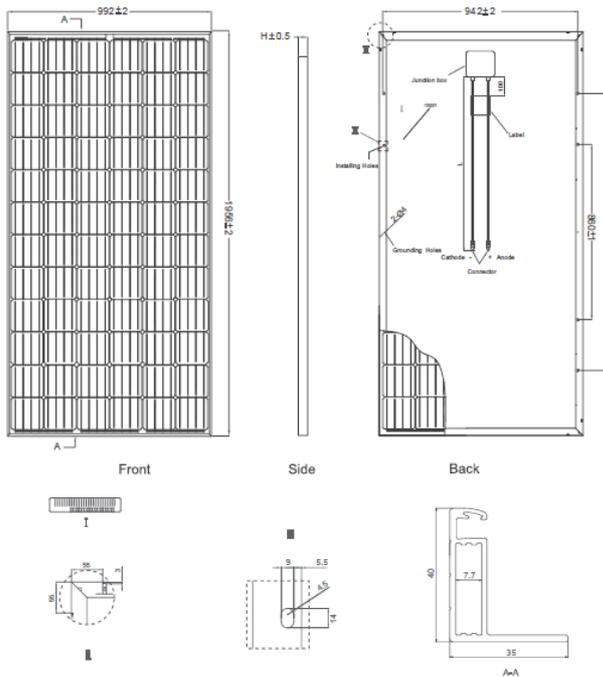
Figura 3.4 - S/E de salida del parque.



3.1.2 Datos de los paneles solares

Cada centro de transformación cuenta con 30 módulos por string, marca Jinko Solar, modelo JKM345M-72-V de 345W cada uno. Sus características se presentan en la Figura 3.5 y Figura 3.6.

Engineering Drawings

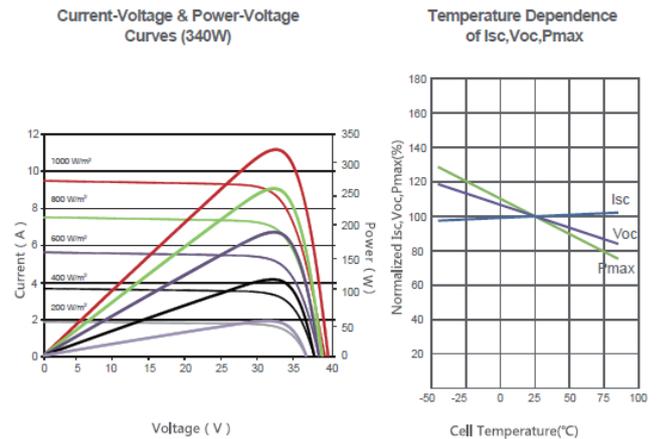


Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box , 52pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC 156×156mm (6 inch)
No.of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs)
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length:900mm or Customized Length

Figura 3.5 – Datos de paneles Jinko Solar



SPECIFICATIONS

Module Type	JKM340M-72-V		JKM345M-72-V		JKM350M-72-V		JKM355M-72-V		JKM360M-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	340Wp	254Wp	345Wp	258Wp	350Wp	262Wp	355Wp	266Wp	360Wp	270Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.7V	36.8V	38.9V	37.0V	39.1V	37.2V	39.3V	37.5V	39.5V	37.7V
Maximum Power Current (Imp)	8.79A	6.89A	8.87A	6.98A	8.94A	7.05A	9.04A	7.09A	9.12A	7.17A
Open-circuit Voltage (Voc)	47.1V	45.5V	47.3V	45.8V	47.5V	46.0V	47.8V	46.2V	48.0V	46.5V
Short-circuit Current (Isc)	9.24A	7.33A	9.31A	7.38A	9.38A	7.46A	9.45A	7.54A	9.51A	7.61A
Module Efficiency STC (%)	17.52%		17.78%		18.01%		18.31%		18.57%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC:  Irradiance 1000W/m²  Cell Temperature 25°C  AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m²  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Figura 3.6 – Datos de paneles Jinko Solar modelo JMK345M-72-V (continuación)



3.1.3 Datos de los inversores

El Parque Fotovoltaico Atacama Solar II cuenta con 48 inversores marca Power Electronics, modelo Freesun HEMK 660VAC FS3300K. Los mismos poseen una potencia activa nominal de 3300 kVA @ 50 °C / 3630 kVA @25 °C cada uno, y sus principales características se muestran en la Figura 3.7.

		660V	
		FRAME 1	FRAME 2
REFERENCE		FS2200K	FS3300K
OUTPUT	AC Output Power(kVA/kW) @50°C ^[1]	2200	3300
	AC Output Power(kVA/kW) @25°C ^[1]	2420	3630
	Max. AC Output Current (A) @25°C	2120	3175
	Operating Grid Voltage(VAC) ^[2]	660V ±10%	
	Operating Grid Frequency(Hz)	50Hz/60Hz	
	Current Harmonic Distortion (THDI)	< 3% per IEEEE519	
	Power Factor (cosine phi) ^[3]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive Power injection at night	
INPUT	MPPT @full power (VDC)	934V-1310V	
	Maximum DC voltage	1500V	
	Number of inputs ^[2]	Up to 36	
	Number of MPPTs	Up to 4	Up to 6
	Max. DC continuous current (A)	2645	3970
	Max. DC short circuit current (A)	4000	6000
EFFICIENCY & AUXILIARY SUPPLY	Max. Efficiency PAC, nom (η)	98,5% (preliminary)	
	Max. Power Consumption (KVA)	8	10
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9 x 6,5 x 7	12 x 6,5 x 7
	Type of ventilation	Forced air cooling	
ENVIRONMENT	Degree of protection	NEMA3R - IP54 / IP65 available	
	Permissible Ambient Temperature	-35°C ^[4] to +60°C / >50°C Active Power derating	
	Relative Humidity	4% to 100% non condensing	
	Max. Altitude (above sea level)	2000m; >2000m power derating (Max. 4000m)	
	Noise level ^[5]	< 79 dBA	
CONTROL INTERFACE	Interface	Graphic Display	
	Communication protocol	Modbus TCP	
	Plant Controller Communication	Optional	
	Keyed ON/OFF switch	Standard	
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	GFDI and Isolation monitoring device	
	General AC Protection	Circuit Breaker	
	General DC Protection	Fuses	
	Oversvoltage Protection	AC, DC Inverter and auxiliary supply type 2	
CERTIFICATIONS	Safety	UL1741, CSA 22.2 No.107, I-01, UL62109-1, IEC62109-1, IEC62109-2	
	Compliance	NEC 2017	
	Utility interconnect	UL 1741SA-Sept. 2016 / IEEE 1547.1-2005	
NOTES	[1] Values at 100-Vac nom and cos φ= 1, Consult Power Electronics for derating curves. [2] Depending on the project configuration, [3] Consult P-Q charts available: Q(kVAR)=√(S(kVA) ² -P(kW) ²), [4] Heating resistors kit option below -20°C, [5] Readings taken 1 meter from the back of the unit.		

Figura 3.7 – Datos de inversores



Los inversores poseen una curva de capacidad de la forma mostrada en la Figura 3.8.

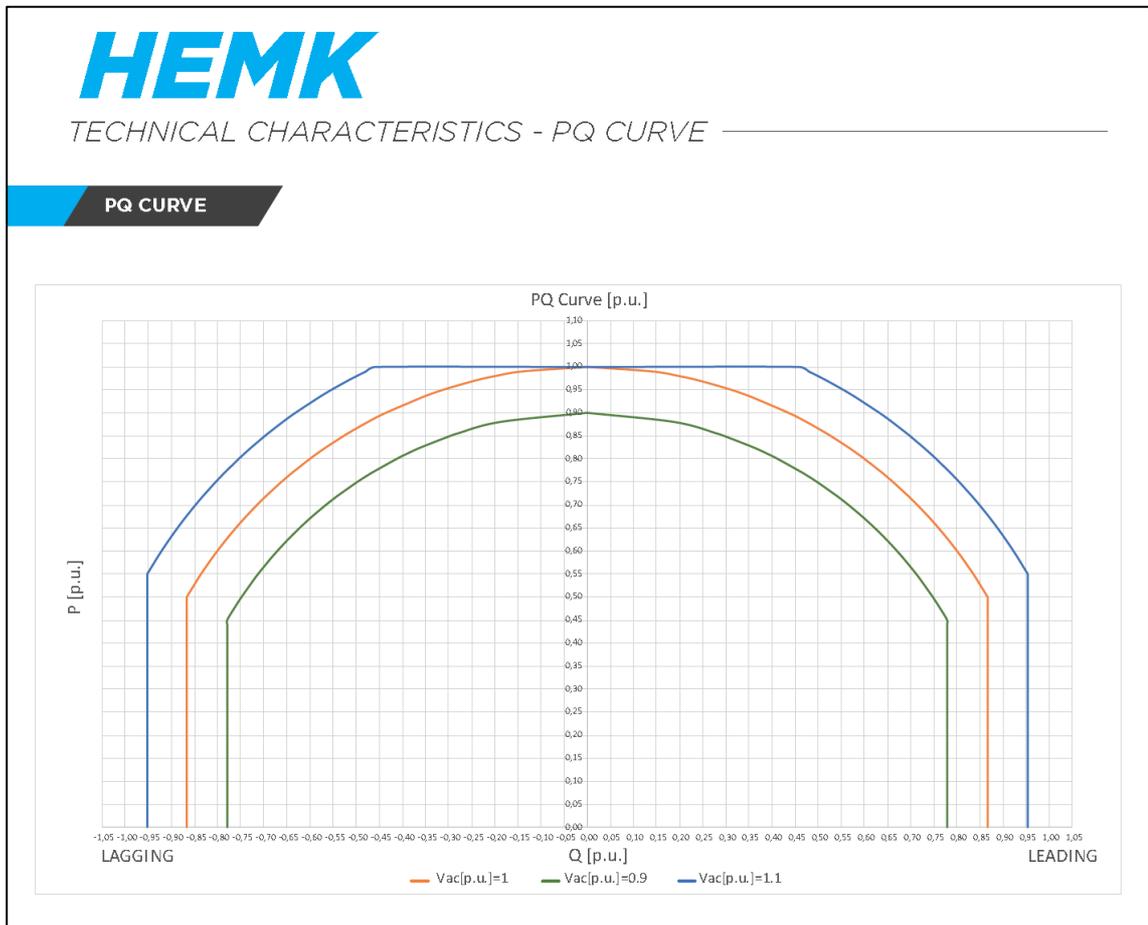


Figura 3.8 – Curva de capacidad del inversor



3.1.4 Datos de los transformadores de bloque

Cada transformador de bloque, de potencia nominal 3.63MVA, cuenta con un devanado de baja tensión de 660V y un arrollamiento de alta tensión de 33kV.

La placa característica de los mismos se muestra en la Figura 3.9.

ELTAS		16.07.2019	
<small>Transformatorlar Sanayi ve Ticaret A.Ş.</small>			
General Specifications			
Transformer type		Oil immersed, Hermetically sealed	
Installation		Outdoor	
Applicable standards		IEC 60076-1	
Rated power	(ONAN)	kVA	3630
High voltage		V	33000
High voltage tappings (no load)		%	± 2 x 2,5
Low voltage (no load)		V	660
High voltage insulation level	(U _m / U _{AC} / U _{LI})	kV	36 / 70 / 170
Low voltage insulation level	(U _m / U _{AC} / U _{LI})	kV	1,1 / 3 / --
Frequency		Hz	50
Vector group			Dy11
Number of phases			3
Max. ambient temperature		°C	40
Max. temperature rise (winding / oil)		°C	65 / 60
Max. ambient temperature	For 3993 kVA	°C	30
Max. altitude above sea level		m	1050
Permissible short circuit duration		s	2
Guaranteed Values			
Impedance voltage(75°C)	±10 % tolerance	%	7
No load losses	+15 % tolerans	W	3400
Load losses(75°C)	+15 % tolerans	W	30000
Efficiency		%	99,09
Inrush Current		pu	<5,5
Structural Specifications			
High voltage winding conductor material			Al
Low voltage winding conductor material			Al
Oil type		Inhibited Mineral Transformer Oil	
Paintting Code		C3H RAL 5008	
Dimensions and Weight			
Length / Width / Height		mm	2118 / 1670 / 1985
Total weight		kg	6860
Weight of active part		kg	3820
Weight of oil		kg	1400
Connection Terminals			
High voltage		Plug-in Bushings 36kV 400A x 3	
Low voltage		Porcelain Bushings DT 2000 A x 6	
Accessories			
Hermetic Protection Relay (DMCR)		Terminal Box	
Pressure Relief Device		Earthed Screen Between LV & HV	
Off - circuit tap changer			
Lifting lugs			
Oil filling & drain valves			

* All weights and dimensions are given approximately.

** Tolerances for the losses and impedance are according to IEC 60076-1

Figura 3.9 – Datos del transformador de bloque



3.1.5 Datos de los transformadores de poder

Ambos transformadores de poder son de potencia nominal 60/75/90MVA según método de enfriamiento ONAN/ONAF1/ONAF2, cuentan con un devanado de baja tensión de 33kV y un arrollamiento de alta tensión de 220kV.

La placa característica de los mismos se muestra en la Figura 3.10.

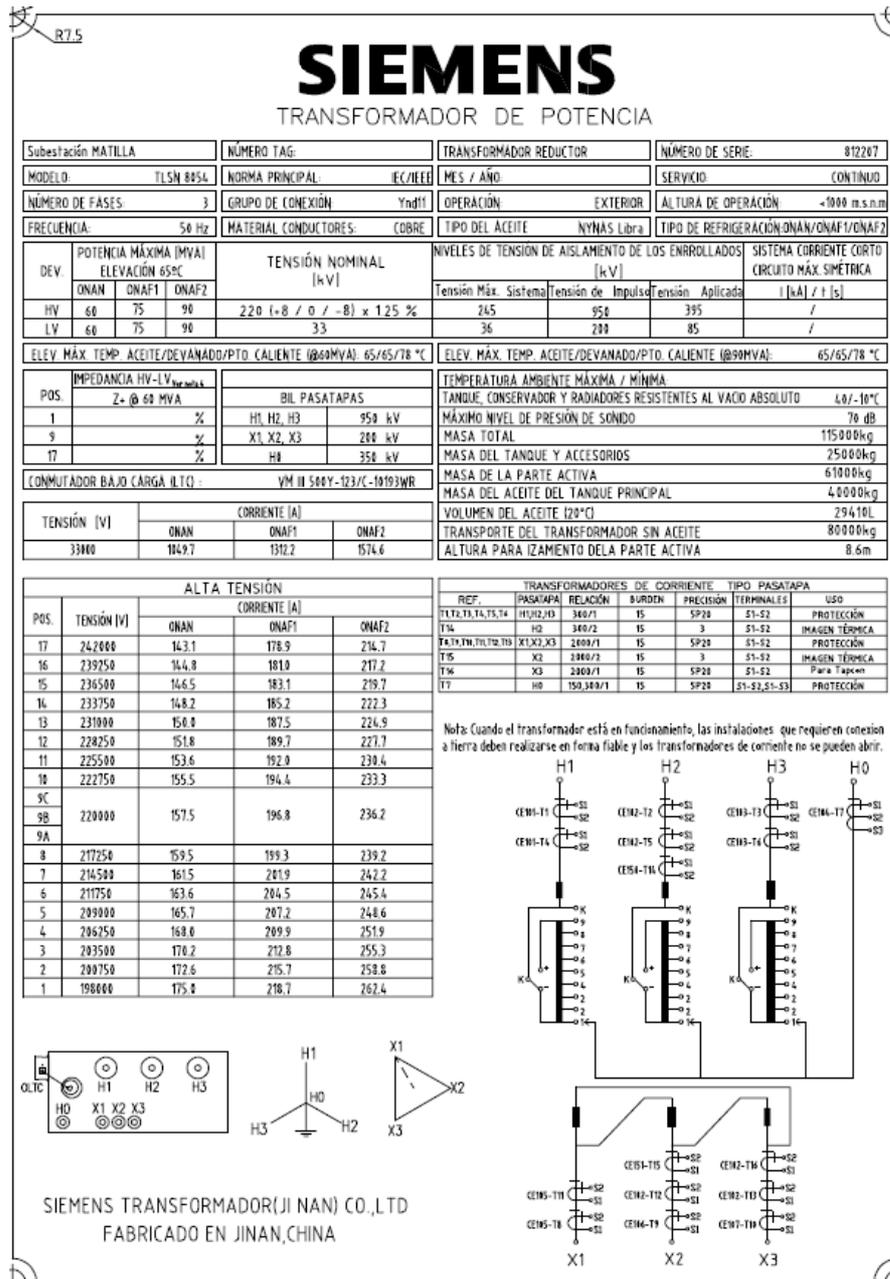


Figura 3.10 – Datos del transformador de poder



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**.

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 [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Atacama Solar II	(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 los inversores 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 Lagunas (POI).



4.1.1 Mediciones y accionamientos

Las mediciones de potencia neta se realizaron mediante el equipo marca Janitza, modelo UMG 512, ubicado en el paño J10 de la S/E Lagunas 220 kV como se muestra en el detalle de la Figura 4.1.

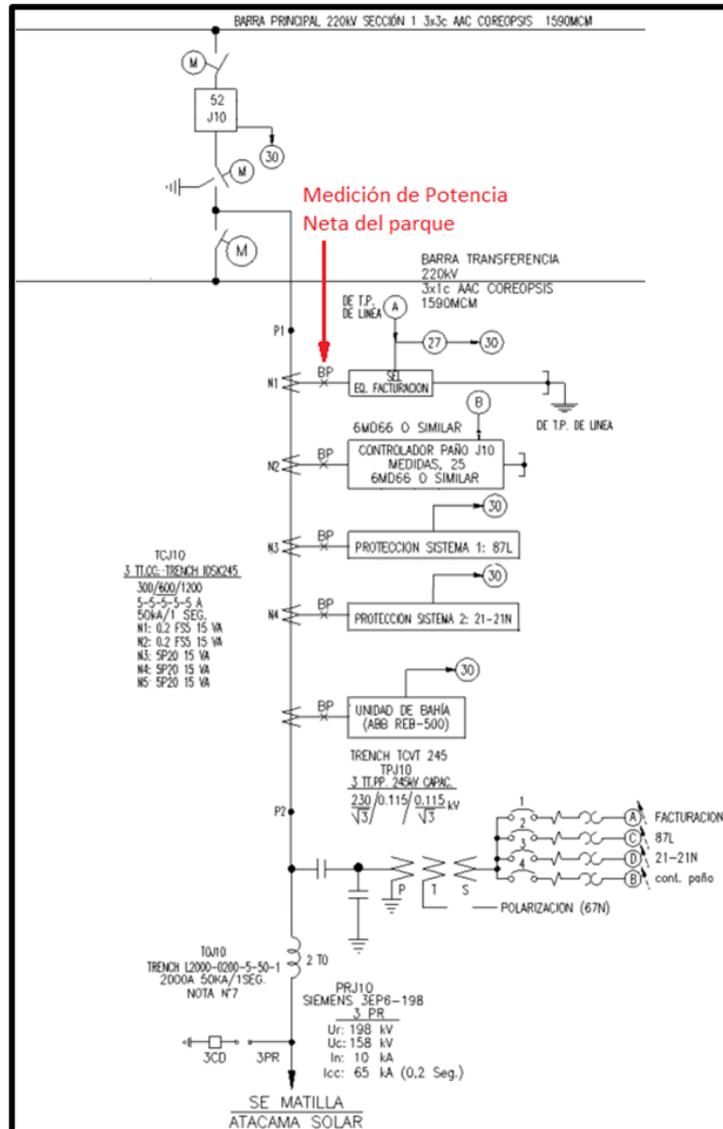


Figura 4.1 – Detalle S/E Lagunas, punto de medición de Potencia Neta del Parque.



4.1 Mínimo Técnico con el parque completamente operativo

El día 23 de noviembre de 2023 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico considerando el parque completamente operativo, es decir, con los 48 inversores en funcionamiento. 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 presentan las mediciones de la potencia neta, inyectada en el paño J10 de la S/E Lagunas 220 kV del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II, la cual posee un valor promedio de 2.3661 MW.

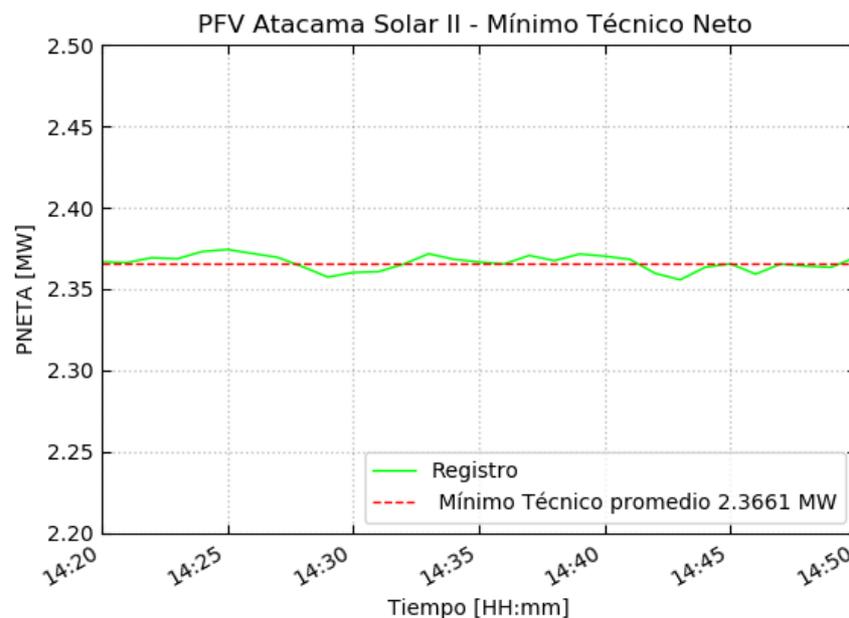


Figura 4.2 – Ensayo de Mínimo Técnico – PNETA



4.1.1 Potencia Bruta

Para poder determinar la potencia bruta es necesario calcular el valor de potencia de pérdidas totales del parque. La potencia de pérdidas totales considera las pérdidas en carga de los transformadores principales del parque, las pérdidas en red colectora de media tensión en condición de ensayo y la potencia asociada a consumos de servicios auxiliares.

$$P_{bruta} = P_{neta,med} + L_{Totales}$$

El valor de Potencia de Pérdidas Totales debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- P_{SSAA} : Potencia de Servicio Auxiliares
- $P_{perd,tr,ppal}$: Pérdidas en los transformadores principales
- $P_{perd,redMT}$: Potencia de Servicio Auxiliares

$$L_{Totales} = P_{SSAA} + P_{perd,tr,ppal} + P_{perd,red,MT}$$

Para determinar el valor de pérdidas asociadas a cada elemento, y de esta manera obtener el valor de potencia bruta del parque, a partir de la Potencia Neta recabada con ensayos de operación real, se realiza simulaciones de flujos de potencias sobre el modelo completo del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II desarrollado en DigSilent. El modelo fue desarrollado y validado por Estudios eléctricos y se presenta en la Figura 3.3. El mismo contempla las pérdidas en la red, pérdidas en transformadores y el consumo de los servicios auxiliares de la planta según las características del transformador.

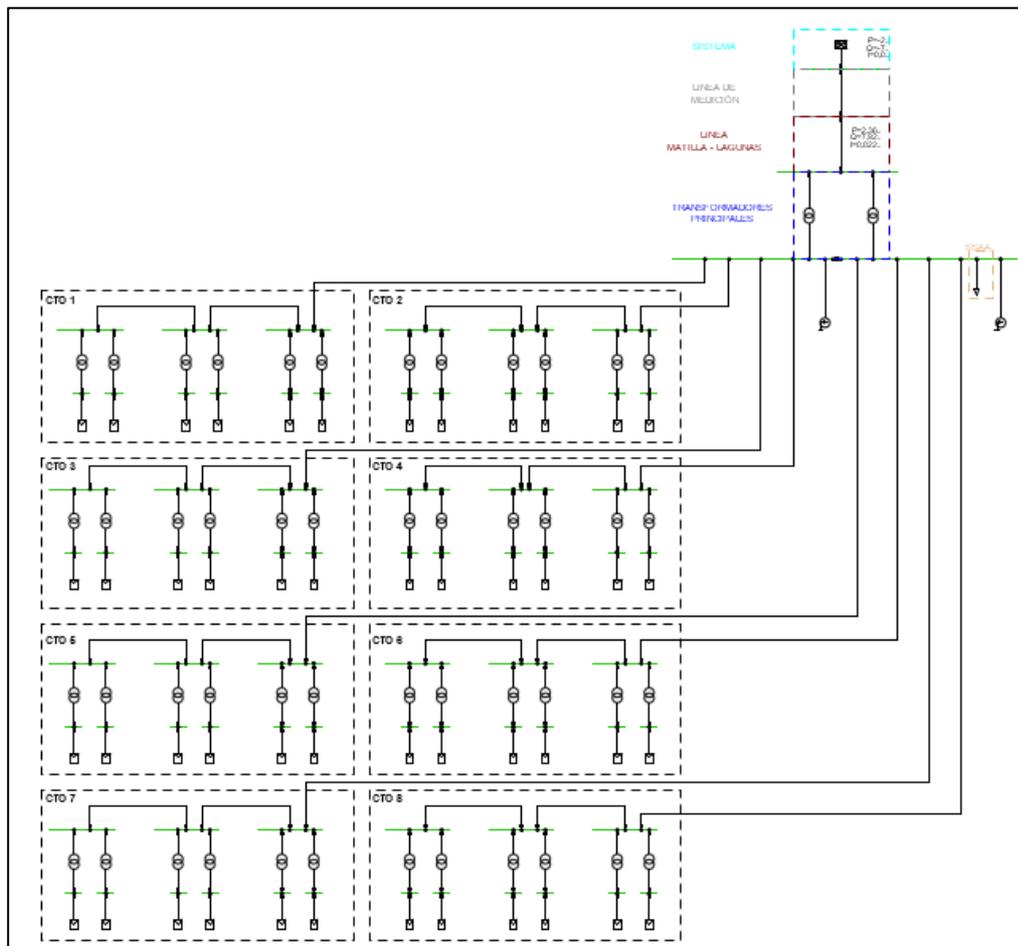


Figura 4.3 – Modelo desarrollado en DigSilent

En base a los presentado, se estima un consumo de 200 kW de servicios auxiliares debido a la capacidad de este transformador, por lo que para las simulaciones se consideró que el parque alimenta una carga de SSAA de este valor.

Para realizar la simulación se debe hallar la potencia generada por cada inversor, para esto se procede a despacharlos a todos por igual de modo de conseguir la potencia neta registrada en el punto de interconexión.

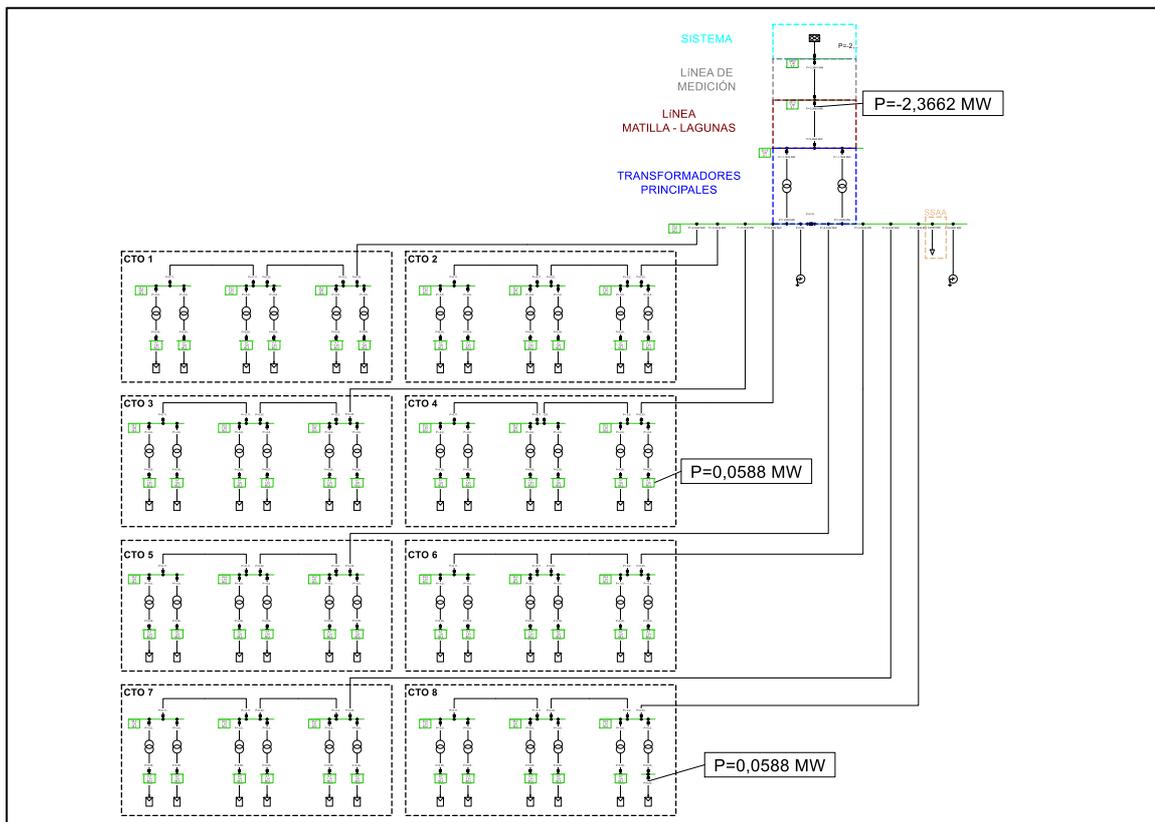


Figura 4.4 – Modelo desarrollado en DigSilent (Flujo de potencia)

De acuerdo con los resultados de la simulación, se obtiene que la potencia de despacho para cada uno de los inversores es de 0.0588 MW. Considerando que el parque posee 48 inversores en servicio, se puede determinar la potencia total de despacho de los inversores:

$$P_{Total,Inv} = 48 \times 0.0588 \text{ MW} = 2.8224 \text{ MW}$$

4.1.2 Pérdidas en los transformadores principales

A partir de los resultados del flujo de potencia presentados en la Figura 4.5 se pueden determinar las pérdidas asociadas a los transformadores principales. La potencia de pérdidas se calcula como la diferencia entre la potencia inyectada por la barra colectora en el lado de baja tensión (33 kV) y la potencia de salida del lado de alta tensión (220 kV).

$$P_{perd,tr,ppal} = 2 \times (P_{iny,tr,tr,33kV} - P_{iny,tr,tr,220kV})$$

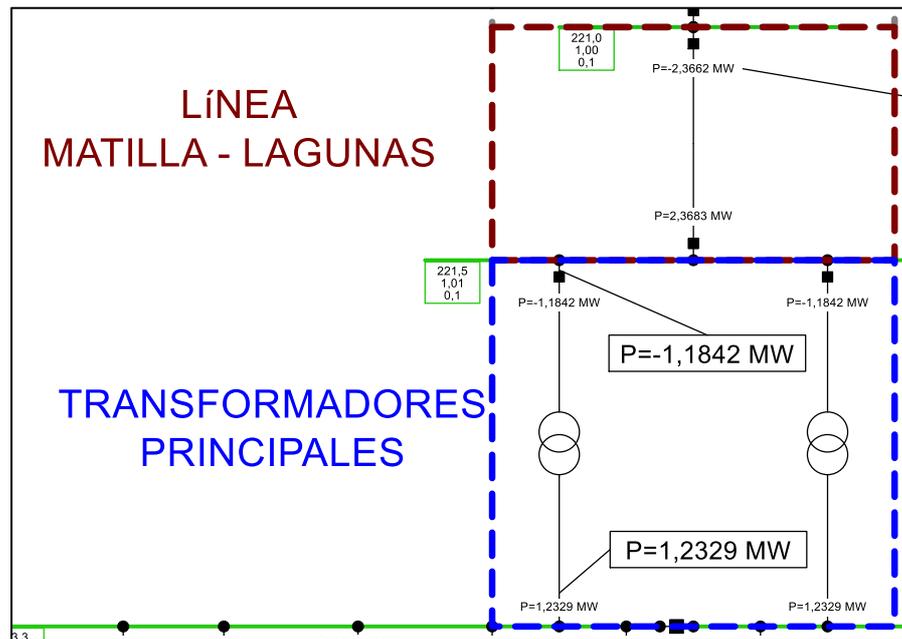


Figura 4.5 – Cálculo de flujos de potencia en transformadores principales

Considerando los datos presentados en la figura anterior, se calculan las pérdidas del transformador principal.

$$P_{perd,tr,ppal} = 2 \times (P_{iny,tr,tr,33kV} - P_{iny,tr,tr,220kV}) = 2 \times (1.2329 \text{ MW} - 1.1842 \text{ MW})$$

$$P_{perd,tr,ppal} = 0.0974 \text{ MW}$$

4.1.3 Pérdidas en red colectora de media tensión

A partir de los resultados de flujo de potencia presentados en la Figura 4.4, se pueden determinar las pérdidas asociadas a la red colectora de media tensión. Este valor se determina como la diferencia entre la potencia total de despacho de los inversores ($P_{Total,Inv}$) y la potencia inyectada en la barra colectora del parque de 33 kV.

$$P_{Perd,redMT} = P_{Total,Inv} - P_{iny,barra,33kV}$$

El valor de potencia total de despacho de los inversores es igual a 2.8224 MW (Ver capítulo 4.1.1).

Como puede observarse en el unifilar de la Figura 4.6 la potencia inyectada en la barra colectora se puede calcular a partir de la potencia aportada por los 8 alimentadores, es decir:

$$P_{iny,barra,33kV} = P_{A1} + P_{A2} + P_{A3} + P_{A4} + P_{A5} + P_{A6} + P_{A7} + P_{A8}$$

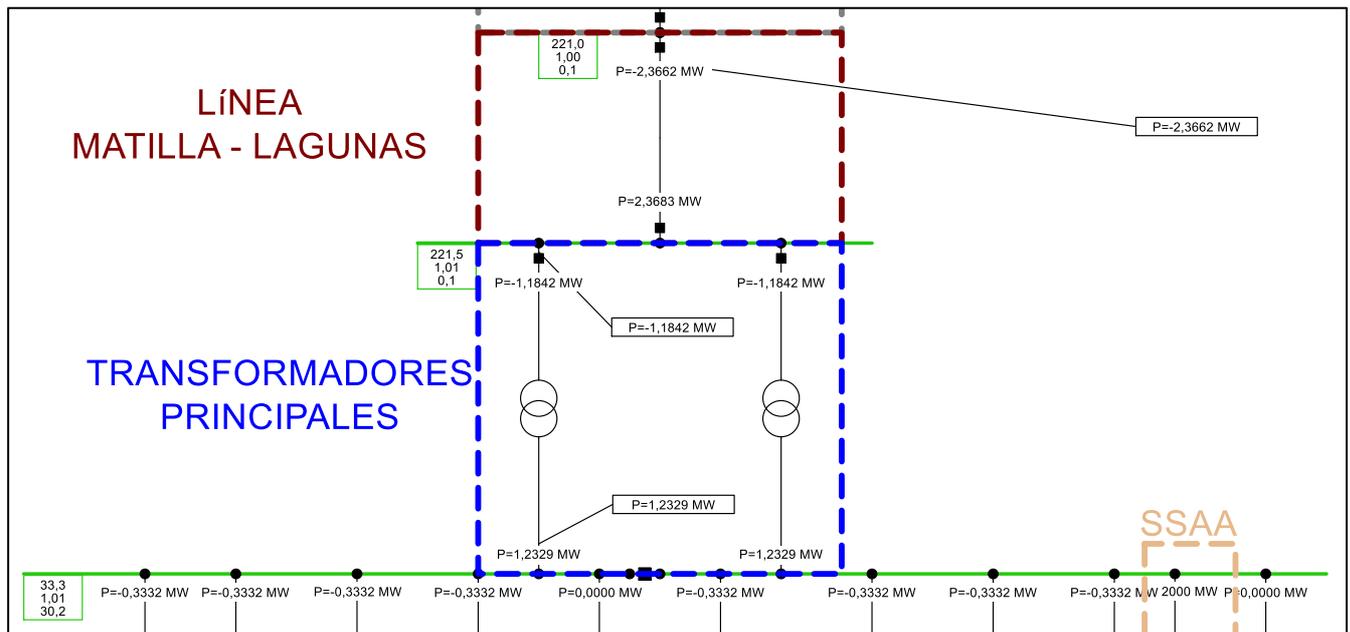


Figura 4.6 – Cálculo de flujos de potencia en barra de 33 kV

A partir de los resultados del flujo de potencia se calculará el valor de potencia inyectada en la barra colectora de 33 kV:

$$P_{iny,barra,33kV} = 0,3332 \text{ MW} + 0,3332 \text{ MW}$$

$$P_{iny,barra,33kV} = 2,6656 \text{ MW}$$

Por lo tanto,

$$P_{Perd,redMT} = P_{Total,Inv} - P_{iny,barra,33kV} = 2,8224 \text{ MW} - 2,6656 \text{ MW} = 0,1568 \text{ MW}$$

$$P_{Perd,redMT} = 0,1568 \text{ MW}$$

4.1.4 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 del parque.

Según se observa en la Figura 3.7, el consumo interno de cada inversor se estima en 10 kW. Adicionalmente en base a lo presentado en el modelo del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II, se ha estimado 200 kW como consumo de servicios auxiliares debido a la capacidad del transformador respectivo, por lo que para las simulaciones se consideró que el parque alimenta una carga se SSAA de este valor.

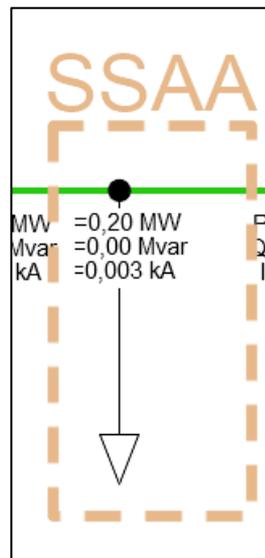


Figura 4.7 – Cálculo de flujos de potencia en SSAA

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

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

$$P_{SSAA} = 48 \times 10 \text{ kW} + 0.2 \text{ MW} = 0.68 \text{ MW}$$

$$P_{SSAA} = 0.6800 \text{ MW}$$

4.1.5 Determinación de la Potencia Bruta

A partir de los valores de pérdidas determinados en los capítulos anteriores se puede determinar la potencia de pérdidas totales con la siguiente ecuación.

$$L_{Totales} = P_{SSAA} + P_{perd,tr,ppal} + P_{perd,red,MT}$$

$$L_{Totales} = 0.6800 \text{ MW} + 0.0974 \text{ MW} + 0.1568 \text{ MW} = 0.9342 \text{ MW}$$

Con este valor de pérdidas totales y la Potencia Neta Medida ($P_{neta,med}$, ver Figura 4.2), se puede determinar la potencia bruta del parque.

$$P_{bruta} = P_{neta,med} + L_{Totales}$$

$$P_{bruta} = 2.3661 \text{ MW} + 0.9342 \text{ MW} = 3.3003 \text{ MW}$$

$$P_{bruta} = 3.3003 \text{ MW}$$



4.1.6 Potencia Neta

La potencia Neta corresponde a la potencia inyectada a SE Lagunas. En este caso se obtiene un valor de Potencia Neta de 2.3661 MW, considerando la operación de todos los inversores.

$$P_{Neta,med} = 2.3661 \text{ MW}$$

4.1.7 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 Atacama Solar II.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Atacama Solar II	3.3003	0.6800	0.2542 ¹	2.3661

Tabla 4.2 - Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Atacama Solar II – Resumen de Cálculos

¹ Desglosado en 0.0974 MW de pérdidas en los transformadores principales y 0.1568 MW de pérdidas en la red colectora de media tensión.



5 CONCLUSIONES

Se verificó mediante ensayos el valor de Mínimo Técnico del Parque Fotovoltaico Atacama Solar II, el cual se establece en **2.3661 MW** en el POI requiriéndose una potencia bruta de 3.3237MW en la barra de media tensión.

Parque Fotovoltaico	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Atacama Solar II	3.3003	0.6800	0.2542 ²	2.3661

Tabla 5.1 - Mínimo Técnico – Parque Fotovoltaico Atacama Solar II – Resumen de Cálculos

Se observó una operación estable en la condición de Mínimo Técnico y se verificó que se puede llegar a ella desde cualquier condición operativa previa del parque (plena carga/"stand-by").

² Desglosado en 0.0974 MW de pérdidas en los transformadores principales y 0.1568 MW de pérdidas en la red colectora de media tensión.



6 ANEXOS

6.1 Certificado de calibración del medidor de energía

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		
 <h1 style="margin: 0;">ESTUDIOS ELECTRICOS</h1>		
Estudios Eléctricos declara que el instrumento: <h2 style="margin: 0;">Janitza UMG 510</h2> Número de Serie: 5100/0731		
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. Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:		
Instrumento	Número de Serie	Última Calibración
Multímetro patrón Fluke 8845A - 6 ½ dígitos	1822003	04/07/2018

Fecha de evaluación: 05/08/20
 Certificado número: EE-CI-2021-0440

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma:



**Power System Studies & Power Plant Field
 Testing and Electrical Commissioning**



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.