



INFORME DE DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA BESS PSFV SAN ANDRÉS

Informe Técnico

Preparado para:

The logo for SDI, consisting of the letters 'SDI' in a bold, orange, sans-serif font, centered within a white square.

SDI

JULIO - 2024

R 1262-23

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS	3
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	6
REGISTRO DE COMUNICACIONES	7
SECCIÓN PRINCIPAL	8
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Definiciones y nomenclatura	8
2. MARCO NORMATIVO	9
3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	9
3.1. Descripción de la planta	12
3.2. Datos de los transformadores de bloque de modulos de inversores del BESS y PSFV San Andres.	17
3.3. Datos del transformador de potencia	18
4. ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS.....	18
5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	18
6. TOMA DE REGISTROS DE POTENCIA MÁXIMA	19
6.1. Resultados obtenidos prueba de carga de BESS	19
6.1.1 Potencia bruta	22
6.1.2 Potencia neta	23
6.1.3 Potencia de los servicios auxiliares	23
6.1.4 Potencia de pérdidas de la central.....	24
6.1.5 Resumen de resultados	25
6.2. Resultados obtenidos prueba de descarga	25
6.2.1 Potencia neta	27
6.2.2 Potencia bruta	28
6.2.3 Potencia de los servicios auxiliares	28
6.2.4 Potencia de pérdidas de la central.....	29
6.2.5 Resumen de resultados	30
6.3. Capacidad de descarga de la central durante 5 horas	30
7. POTENCIA MÁXIMA GENERACIÓN DIRECTA	31
7.1. Toma de registros de potencia máxima	31
7.2. Resultados obtenidos para simulación de Pmax.	32
7.2.1 Potencia Bruta	34
7.2.2 Potencia de los servicios auxiliares	35
7.2.3 Potencia Neta.....	35
7.2.4 Potencia de pérdidas de la central.....	36

7.2.5	Resumen de resultados	37
8.	POTENCIA MÁXIMA OPERACIÓN CONJUNTA PSFV + BESS EN MODO CARGA	37
8.1.	Resultados obtenidos prueba de BESS en carga y PSFV	37
8.1.1	Potencia Bruta	40
8.1.2	Potencia Neta.....	41
8.1.3	Potencia de los servicios auxiliares	41
8.1.4	Potencia de pérdidas de la central.....	41
8.1.5	Resumen de resultados	42
9.	CONCLUSIONES	43
ANEXO	ANEXO	45
1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS INVERSORES	45
2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CONTENEDORES DE BATERÍAS.	47
3.	ANTECEDENTES TÉCNICOS, ROUND TRIP EFFICIENCY	48

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1.	Datos técnicos de los transformadores de bloque BESS.....	17
Tabla 2.	Tabla resumen de valores a presentar.....	19
Tabla 3.	Ensayo de potencia máxima – modo carga – duración del ensayo.....	20
Tabla 4.	Resumen de resultados de potencia por inversor. Proceso de carga.	22
Tabla 5.	Potencia neta en el POI	23
Tabla 6.	Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima BESS – modo carga.	25
Tabla 7.	Ensayo de potencia máxima – modo descarga – duración del ensayo.....	25
Tabla 8.	Resumen de resultados de potencia por inversor. Proceso de descarga.	27
Tabla 9.	Potencia neta en el POI	28
Tabla 10.	Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima – modo descarga.....	30
Tabla 11.	Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima – modo descarga – valores de potencia sostenibles durante 5 hs.....	31
Tabla 12.	Ensayos de potencia máxima – duración del ensayo.	31
Tabla 13.	Características del panel solar	33
Tabla 14.	Resumen de resultados Potencia Máxima PSFV San Andrés.....	37
Tabla 15.	Ensayos de potencia máxima (carga) – duración del ensayo.	37
Tabla 16.	Resumen de resultados carga – Potencia Máxima BESS PSFV San Andrés.....	42

Tabla 17. Parámetros de potencia Máxima del BESS PSFV San Andrés.	44
Gráfico 1. Sistema equivalente de un parque fotovoltaico + BESS.	8
Gráfico 2. Ubicación geográfica del PSFV San Andres.	10
Gráfico 3. Esquema unilineal de la SE San Andres.....	11
Gráfico 4. Curva de capacidad del inversor Sungrow, modelo SC2000UD.	12
Gráfico 5. Esquema unifilar de distribución PSFV + BESS.....	13
Gráfico 6. Esquema de la distribución de las baterías del parque San Andres.	15
Gráfico 7. Imagen del contenedor de baterías.	16
Gráfico 8. Especificaciones técnicas del contenedor de baterías.	16
Gráfico 9. Especificaciones técnicas de los inversores del sistema BESS.....	17
Gráfico 10. Datos técnicos del transformador de potencia.	18
Gráfico 11. Potencia registrada en la barra de 23 kV del PSFV+BESS San Andrés. Proceso de carga.....	20
Gráfico 12. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 1. Proceso de carga. Hora 1	21
Gráfico 13. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 2. Proceso de carga. Hora 1	21
Gráfico 14. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 3. Proceso de carga. Hora 1	22
Gráfico 15. Medición de potencia en POI. Primera hora de ensayo.....	23
Gráfico 16. Consumo de servicios auxiliares del sistema BESS en condición de potencia máxima en proceso de carga.	24
Gráfico 17. Potencia registrada en la barra de 23 kV del PSFV+BESS San Andrés. Proceso de descarga.	25
Gráfico 18. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 1. Proceso de descarga. Primera toma de datos.....	26
Gráfico 19. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 2. Proceso de descarga. Primera toma de datos.....	26
Gráfico 20. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 3. Proceso de descarga. Primera toma de datos.....	27
Gráfico 21. Medición de potencia en POI. Primera hora de ensayo.....	28
Gráfico 22. Consumo de servicios auxiliares del sistema BESS en condición de potencia máxima en proceso de descarga.....	29
Gráfico 23. Potencia en el POI inyectada por un periodo superior a 5 horas.....	30
Gráfico 24. Registro de potencia activa, prueba de Potencia Máxima.	31
Gráfico 25. Medición de irradiancia	32

Gráfico 26. Medición de temperatura.....	33
Gráfico 27. Curva de potencia teórica máxima PSFV San Andrés.....	34
Gráfico 27. Curva de potencia teórica máxima PSFV San Andrés, intervalo 10:00 a 11:00 hs.....	34
Gráfico 28. Determinación de la potencia neta en el punto de interconexión.....	36
Gráfico 29. Cálculo de pérdidas en el transformador de potencia para la condición de potencia máxima PV.	36
Gráfico 30. Potencia total generada por el PSFV + BESS en el POI.	38
Gráfico 25. Medición de irradiancia	38
Gráfico 26. Medición de temperatura.....	39
Gráfico 31. Flujo de carga, despacho máximo PSFV y BESS en modo carga.....	40
Gráfico 32. Cálculo de pérdidas en el transformador de potencia para la condición de potencia máxima PV.	42

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
ERNC	Energía Renovables No Convencional
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NT SSMM	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos
PE	Parque Eólico
PSFV	Parque Solar Fotovoltaico
SE	Subestación Eléctrica
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
ONAN	Oil Natural Air Natural
ONAF	Oil Natural Air Forced
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
RCB	Regulador Bajo Carga
PMU	Power Management Unit
BESS	Sistema de Almacenamiento de Energía de Baterías
PV	Campo fotovoltaico

REGISTRO DE COMUNICACIONES

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

N°	Fecha dd/mm/año	Preparó	Revisó	Aprobó	Observaciones
0	03/07/2024	SD	FG	FM	Versión Inicial
1	26/07/2024	SD	NP	FM	Respuesta a observaciones

SECCIÓN PRINCIPAL

1. Introducción

En el presente informe se exhiben los resultados obtenidos en los ensayos de campo realizados en el PSFV San Andrés y en el sistema BESS asociado a dicho parque, durante los días 28 y 29 de mayo de 2024, en relación al proceso de determinación de la potencia máxima de la planta.

1.1. Definiciones y nomenclatura

En el siguiente gráfico se muestra un sistema equivalente de conexión de un parque fotovoltaico y un BESS, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

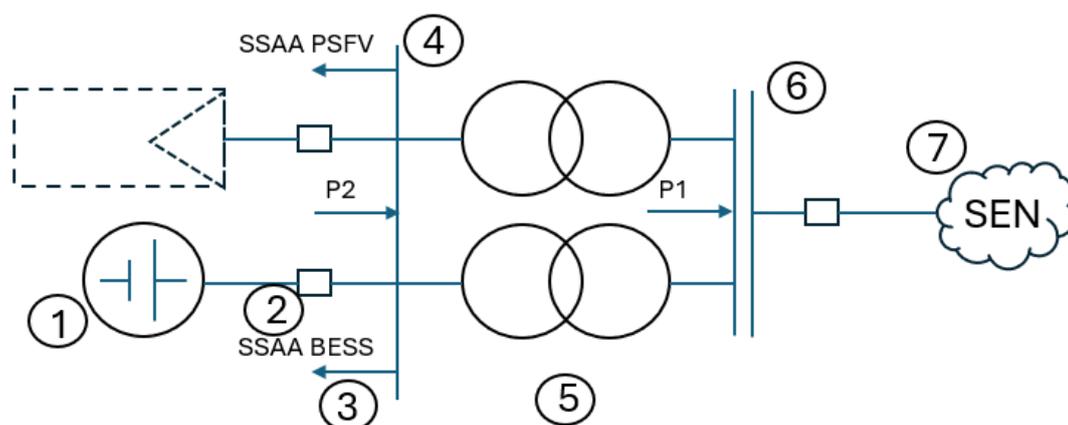


Gráfico 1. Sistema equivalente de un parque fotovoltaico + BESS.

1) Generador equivalente: Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del PSFV y del BESS. En este caso el PSFV se encontró fuera servicio durante las pruebas, con lo cual se lo expone punteado.

2) Pérdidas en sistema colector del PSFV y BESS (Pcolector): Corresponde a las pérdidas del sistema colector del PSFV y del BESS, 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.BESS y SS.AA.PSFV): Corresponde al consumo de servicios auxiliares de la subestación eléctrica de la planta del PSFV y del BESS sumados a los servicios auxiliares de los inversores. Los SS.AA asociados al PSFV se encontraron fuera de servicio durante pruebas.

4) Barra de media tensión (MT): Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder. Se corresponde con una barra simple partida que opera normalmente como simple barra.

5) Transformador de Poder: Equipo elevador presente en la subestación de salida de la planta. Ambos operan normalmente en paralelo

6) Barra de alta tensión (AT): Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder de la planta.

8) Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

De acuerdo con las definiciones anteriores se considera la siguiente nomenclatura:

- P1: Potencia activa inyectada en la barra de AT del Parque. Este valor corresponde a la Potencia Neta del Parque (Pneta).
- P2: Potencia activa inyectada en el lado de media tensión del parque.
- Pbruta: Suma de los aportes de potencia activa de los inversores en el lado baja tensión (BT) del parque (en correspondencia con el punto 1 del Gráfico 1).
- Ptrafo: Pérdidas activas en el transformador de potencia del parque.
- Pssa: Potencia de servicios auxiliares del parque.
- Pcolector: Pérdidas en el sistema colector del parque (ver punto 2 del Gráfico 1).

2. Marco Normativo

Las pruebas realizadas se programaron en base al ANEXO TÉCNICO de la NTSyCS “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

Por tanto, el valor de Potencia Máxima se obtiene a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías, especificándose las metodologías, cálculos y todos los antecedentes y aspectos técnicos usados para la obtención de dicho valor.

3. Descripción de la planta

El PSFV San Andrés está situado en la región de Atacama, Chile. Esta central basada en tecnología solar fotovoltaica cuenta con una potencia comprometida de 50,6 MW en el punto de conexión (asociada solo al campo PV).

La planta cuenta con 157168 unidades de módulos fotovoltaicos instalados. 35 centros de transformación en los cuales se conectan un inversor que posee entre 5 y 7 convertidores DC/AC, dependiendo el modelo, con una tensión nominal de 330 V, es posible identificar que centros de transformación cuentan inversores de 5, 6 o 7 módulos en el documento adjunto “6.1.4.1.1_EM-10 Unifilar BT DC CN2”. Luego de los centros de transformación, se encuentran los correspondientes cables del sistema colector desarrollado en 23 kV, esto es posible observarlo en el documento adjunto “6.1.5.1.1_EM-21 Tendido de MT”. Estos cables acometen a dos barras acopladas. Posteriormente, se eleva la tensión mediante dos transformadores idénticos, los cuales operan en paralelo y tienen una relación 23kV/220kV y una potencia nominal de 42 MVA operando ONAF.

La planta incorporó recientemente un sistema de baterías BESS con una capacidad 35 MW, con una duración de 5 horas a máxima carga (175 MWh), además de un sistema de SS/AA incorporado como parte de su topología y equipamiento eléctrico.

El sistema BESS cuenta con 12 centros de transformación formados cada uno por transformadores de unidad de tres devanados de 23/0,8/0,8 kV de 4/2/2 MVA. A cada transformador se conectan dos inversores (cada uno asociado a un módulo de batería) marca Sungrow, modelo SC2000UD, con potencia nominal de 2 MVA y tensión nominal 0,8 kV, por razones de diseño estos inversores están limitados a un máximo de 1,7 MVA para

su funcionamiento, por lo que la potencia instalada del sistema BESS es de 40,8 MVA (1,7 MVA x 24). Existen 3 circuitos colectores que colectan la potencia generada por los 12 centros de transformación del sistema BESS y los cuales acometen a las mismas barras de 23 kV asociadas al campo fotovoltaico. Luego los transformadores de potencia son compartidos por el campo fotovoltaico (PV) y por el sistema BESS.

Por razones de diseño el sistema híbrido PV + BESS está pensado para operar realizando la carga del sistema de baterías durante el día desde el campo fotovoltaico, siendo el excedente de energía inyectado a la red; y luego en la noche realizar la descarga del sistema BESS.

El punto de conexión del PV y del BESS es la doble barra de 220 kV de la SE San Andrés.

En el Gráfico 2 se muestra una imagen de la ubicación geográfica de la central. Luego, en el Gráfico 3 se observa un diagrama unifilar de la SE San Andrés, en el cual se puede observar la configuración de conexión de la planta, con sus dos barras de MT acopladas, la conexión de los dos transformadores de potencia en paralelo, y la conexión de los circuitos asociados colectores asociados al PV como al BESS.

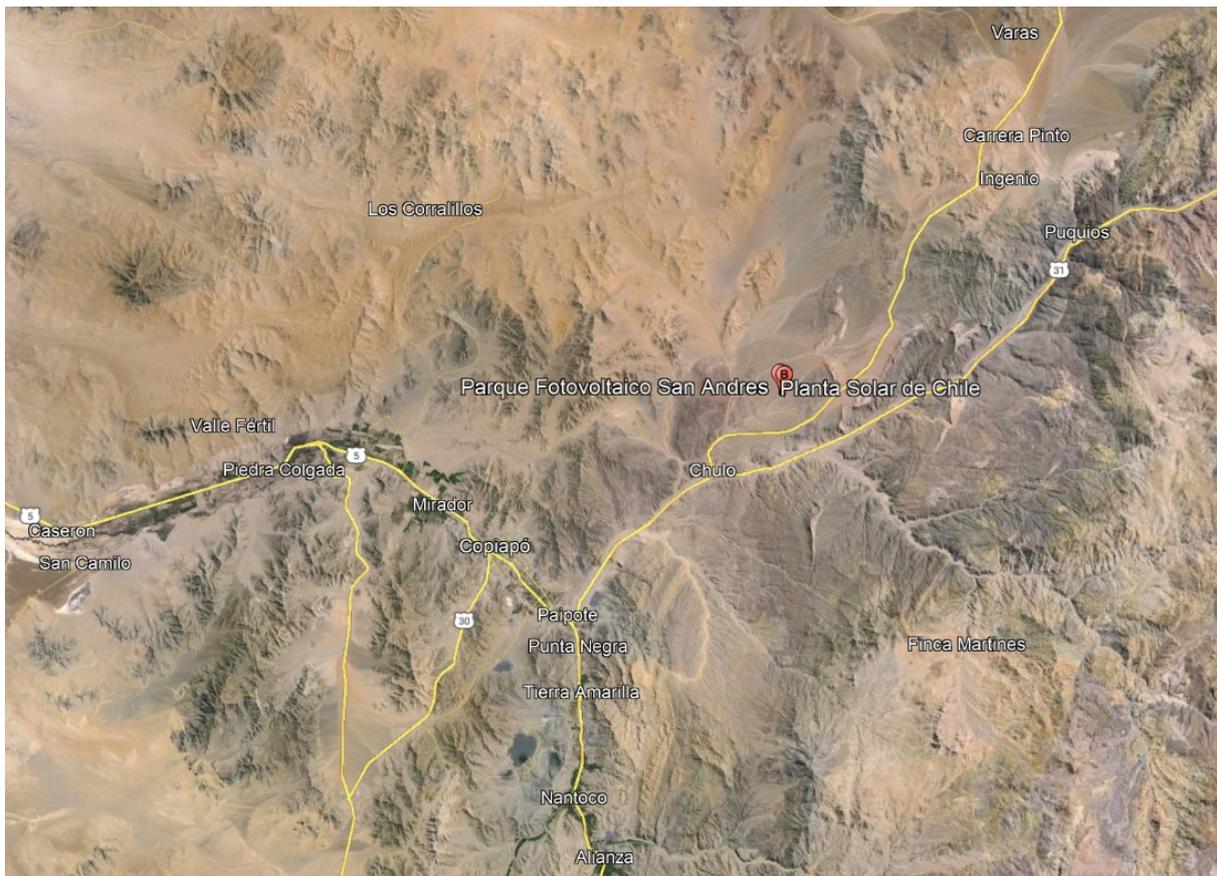


Gráfico 2. Ubicación geográfica del PSFV San Andrés.

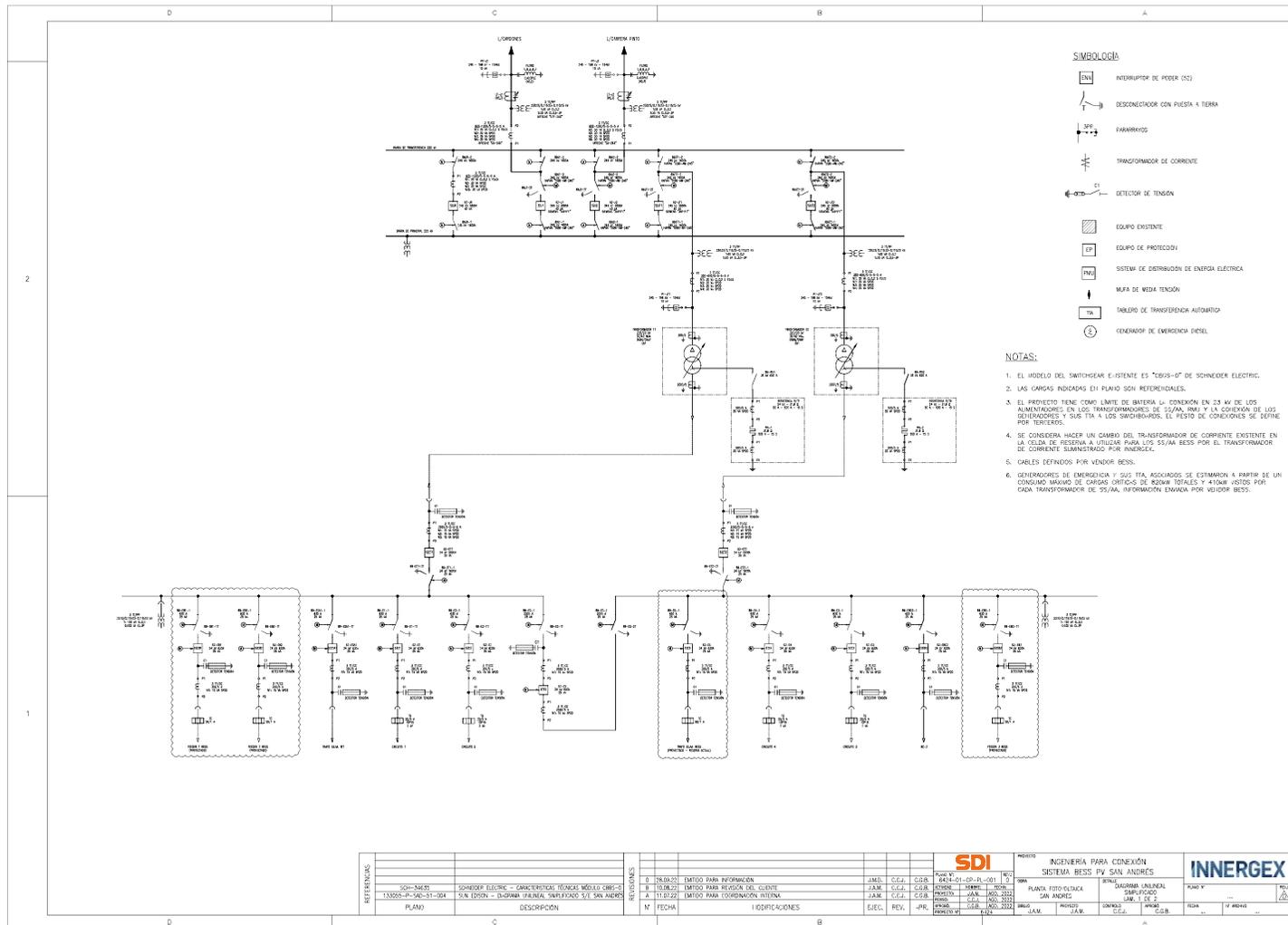


Gráfico 3. Esquema unilínea de la SE San Andrés.

En el siguiente gráfico se muestra la curva de capacidad de los inversores utilizados para el sistema BESS.

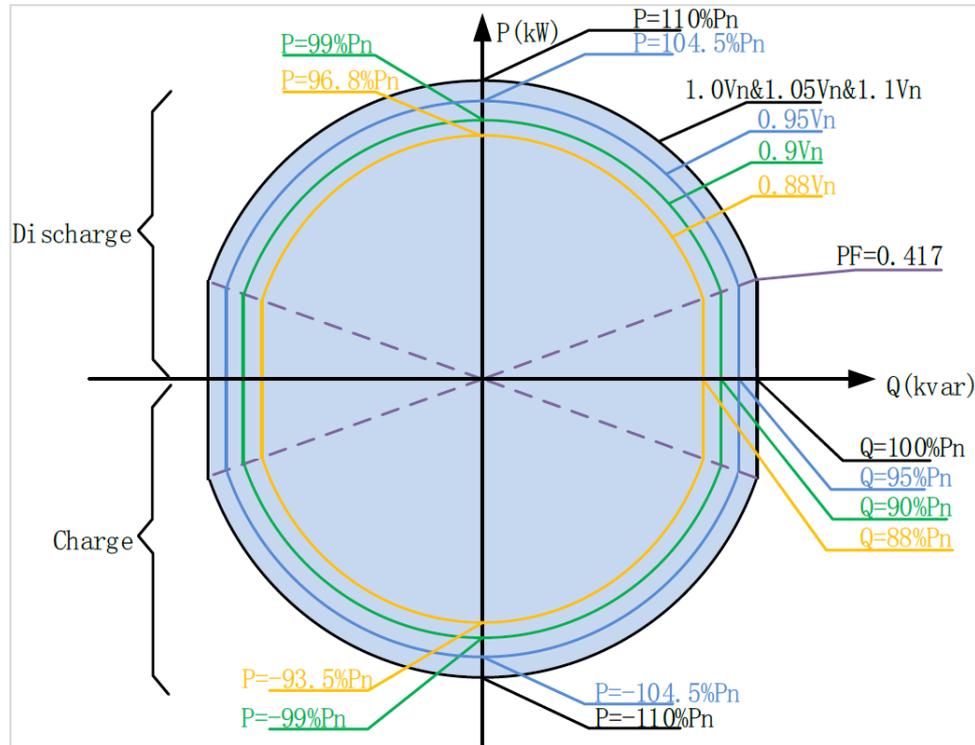


Gráfico 4. Curva de capacidad del inversor Sungrow, modelo SC2000UD.

3.1. Descripción de la planta

En el Gráfico 5 se puede observar el esquema unifilar de planta donde se detallan los sistemas colectores del sistema híbrido PSFV + BESS San Andrés. En el Gráfico 8 se puede observar las especificaciones técnicas de cada uno de los 24 módulos de baterías de 2MVA.

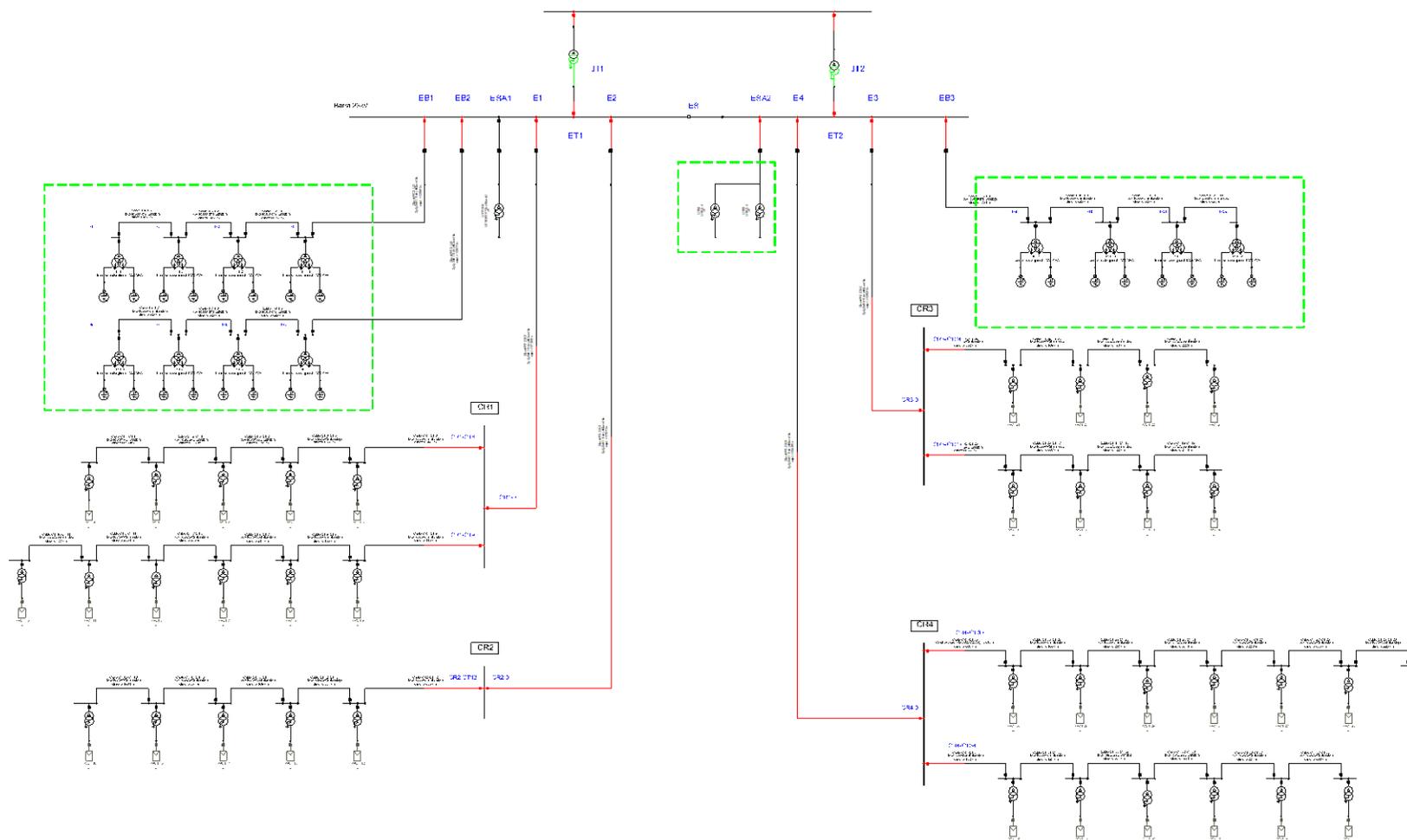
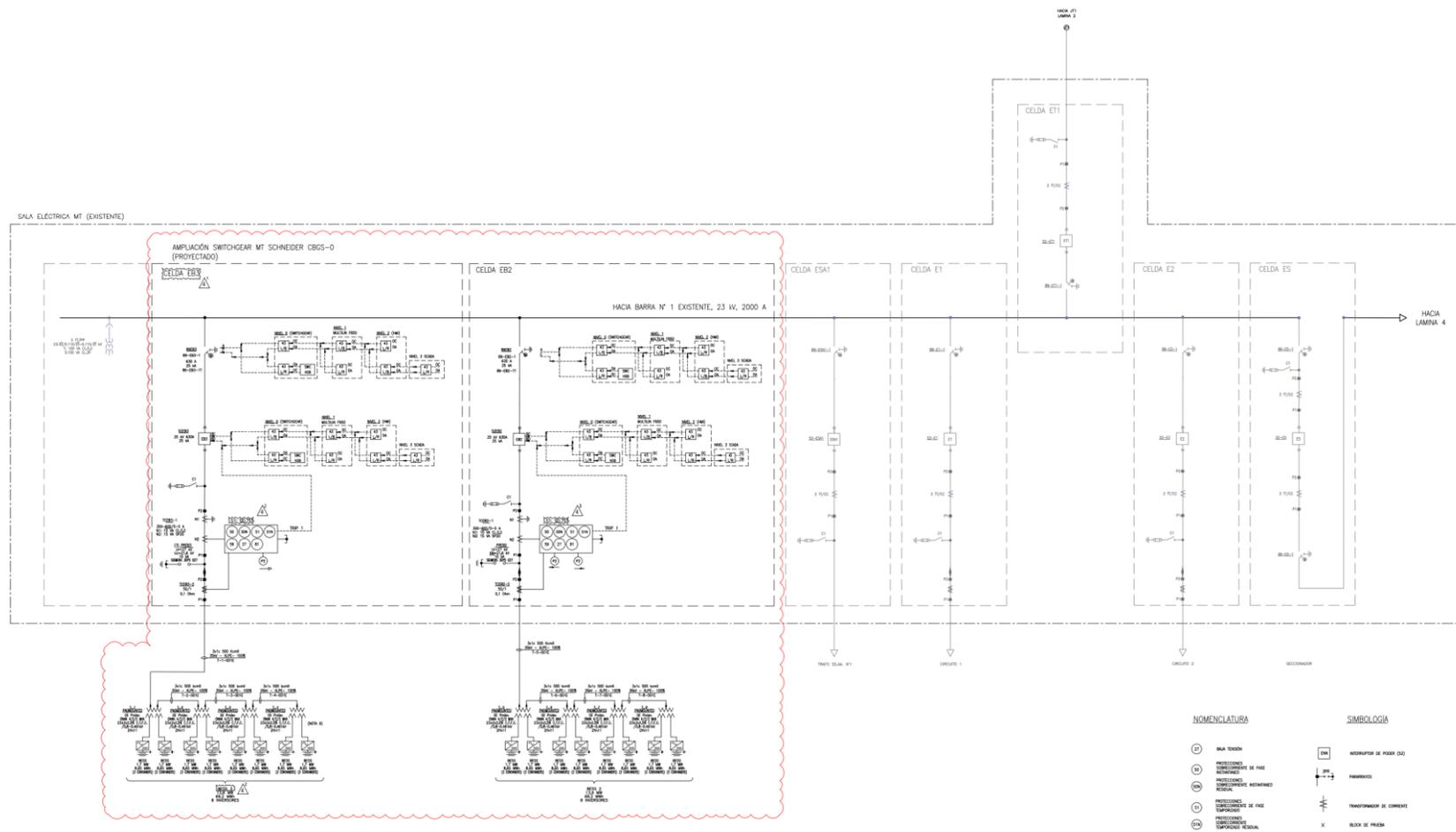


Gráfico 5. Esquema unifilar de distribución PSFV + BESS



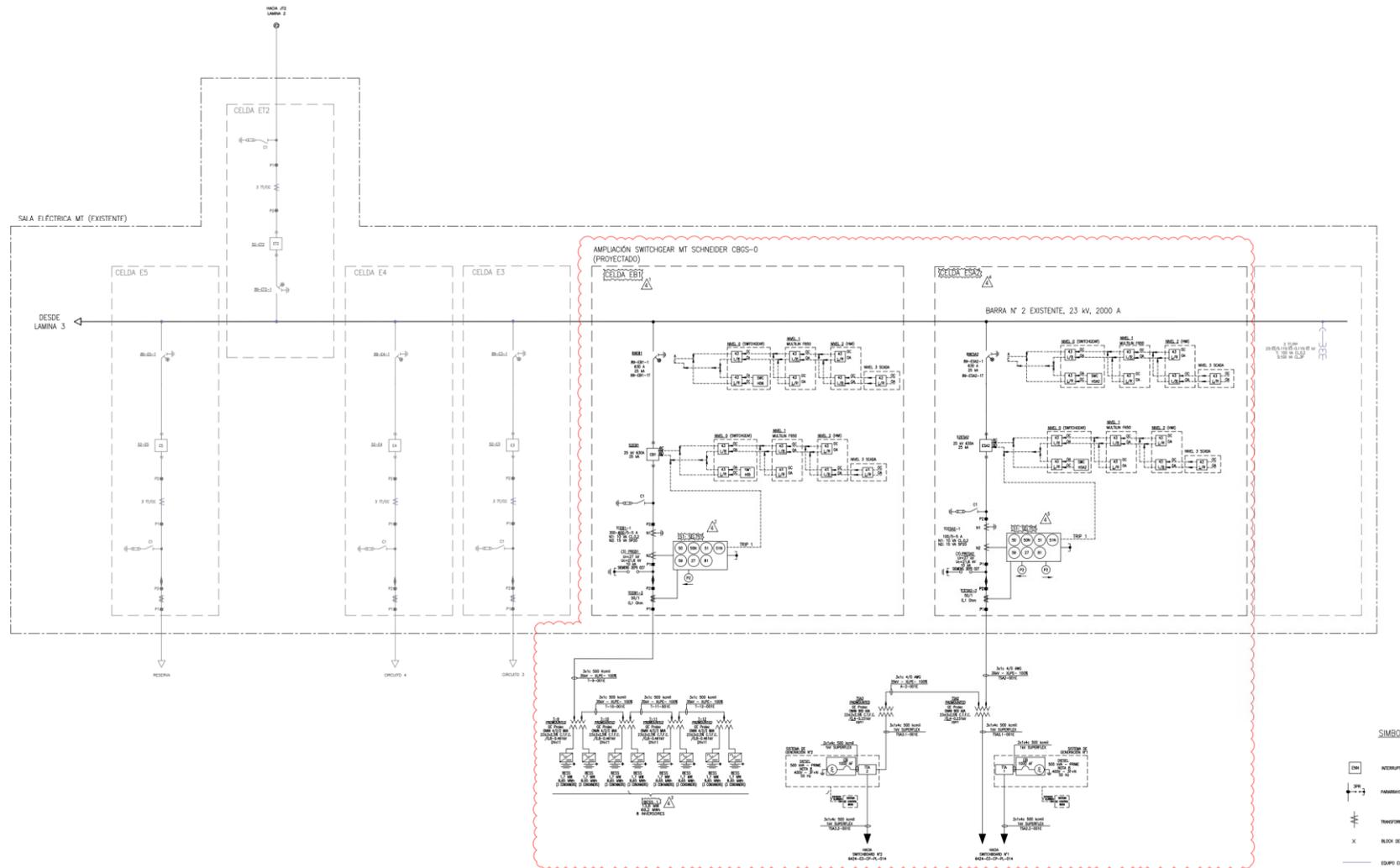


Gráfico 6. Esquema de la distribución de las baterías del parque San Andrés.

En el gráfico a continuación se muestra una imagen del contenedor de baterías:



Gráfico 7. Imagen del contenedor de baterías.

Cada contenedor posee las siguientes características técnicas:

NO.	Items	Parameters	Remark
1	Nameplate energy	8655.4kWh	
2	Max. charge/discharge power	1700kW	DC side
3	Nominal DC voltage	1344V	
4	DC Voltage (Full power)	1197-1491V	
5	Auxiliary power supply	400Vac 50Hz	
6	SOC calculation accuracy	±3%	
7	SOH (End of Life)	60%	
8	Environmental temperature	-10°C~30°C	Depends on the project
9	Environmental humidity	≤95%RH	Non condensation

Gráfico 8. Especificaciones técnicas del contenedor de baterías.

Type Designation	SC2000UD
DC side	
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	1150 V
DC voltage range	1150 – 1500 V
Max. DC current	1952 A
No. of DC inputs	1
AC side (Grid)	
AC output power	2000 kVA @ 45 °C / 2200 kVA @ 30 °C
Max. AC output current	1443 A @ 45 °C / 1587 A @ 30 °C
Nominal AC voltage	800 V
AC voltage range	704 – 880 V
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 / 1 leading – 1 lagging
Adjustable reactive power range	-100 % – 100 %
Feed-in phases / AC connection	3 / 3
AC side (Off-Grid)	
Nominal AC voltage	800 V
AC voltage range	704 – 880 V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)
DC voltage component	< 0.5 % Un (Linear balance load)
Unbalance load Capacity	100 %
Nominal frequency / Frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99 % / 98.5 %

Gráfico 9. Especificaciones técnicas de los inversores del sistema BESS.

En cuanto a la operación del sistema de baterías, el mismo está pensado para realizar la carga durante el día a partir de la energía producida por el campo fotovoltaico, inyectando el remanente de la producción a la red. Durante la noche se procede a realizar la descarga del sistema BESS.

3.2. Datos de los transformadores de bloque de módulos de inversores del BESS y PSFV San Andres.

La instalación del BESS cuenta con 12 transformadores de bloque que inyectan la potencia generada de los inversores hacia la red colectora de media tensión. Los datos técnicos se detallan a continuación:

Tabla 1. Datos técnicos de los transformadores de bloque BESS.

Parámetros	Valor
Potencia nominal	4/2/2MVA
Tensión nominal MT/BT/BT	23/0,8/0,8 kV
Grupo de conexión	DY0ny0n
Frecuencia nominal	50 hz
Impedancia de sec. positiva	6,03/6,32/11,99%

La instalación del PSFV cuenta con 12 transformadores de bloque que inyectan la potencia generada de los inversores hacia la red colectora de media tensión. Los datos técnicos se detallan a continuación:

3.3. Datos del transformador de potencia

Las características más importantes del transformador de potencia se resumen en el siguiente gráfico:

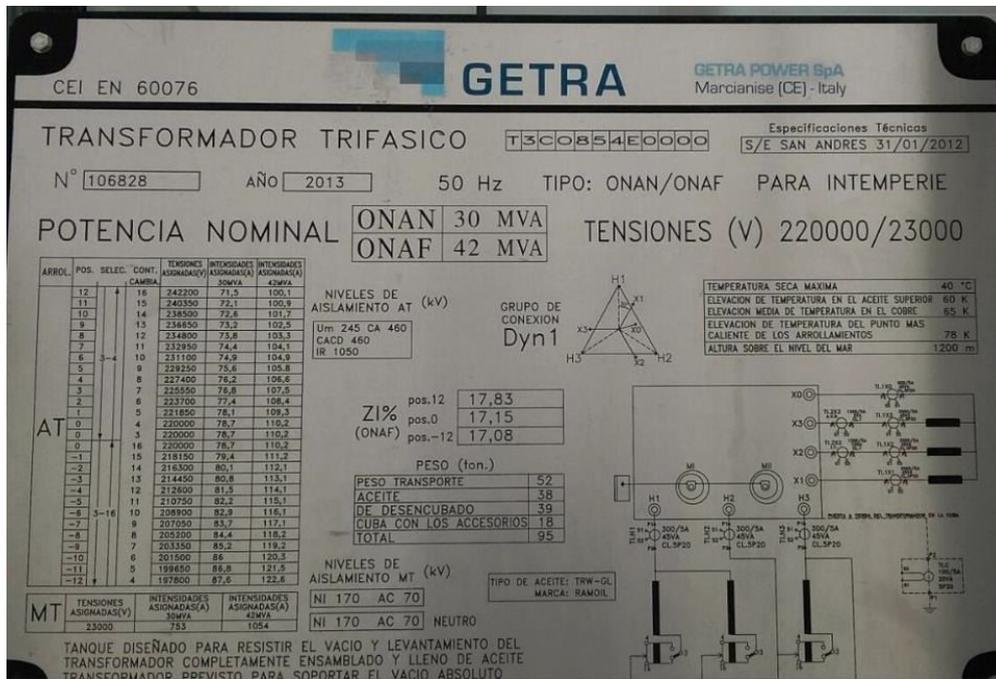


Gráfico 10. Datos técnicos del transformador de potencia.

4. ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

El PSFV San Andrés presentó parámetros de desempeño equivalentes a parques fotovoltaicos de similares características, como los mencionados a continuación¹:

- Parque solar fotovoltaico (PV+BESS) Andes Solar IIB (Potencia máxima bruta = 120.16 MW @ 4.66 hs).
- BESS Diego de Almagro Sur (Potencia máxima bruta = 8.08 MW @ 4.00 hs).
- Parque solar fotovoltaico Meseta de los Andes (Potencia máxima bruta = 152.46 MW).

5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

El ensayo de carga y descarga del BESS se realizó durante la mañana y tarde martes 28/05/2024 donde se operó el sistema BESS en modo carga, entre los estados de carga (SOC) mínimo (3 %) a máximo (100 %).

¹ <https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/unidades-generadoras>

El ensayo de descarga se realizó durante la tarde noche del martes 28/05/2024 hasta la madrugada del 29/05/2024 donde se opera el sistema BESS en este modo, entre los estados de carga (SOC) máxima (100 %) a mínima, en las condiciones más cercanas a las nominales posibles. La potencia máxima se obtuvo a partir de registros de operación de la planta durante el intervalo de pruebas, tanto de medición sobre transformadores de potencia, colectores, transformadores de bloques y servicios auxiliares.

Adicional a lo anterior, cabe aclarar que la operación PSFV + BESS (modo descarga) no está contemplada debido a la limitación del transformador de potencia que es compartido por la totalidad de la instalación (PSFV y sistema BESS).

Para cada una de las pruebas, se desglosan los valores de potencia obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tabla resumen de valores a presentar.

Parque	Potencia Bruta [MW] (1)	SS.AA. [MW] (2)	Pérdidas en la central [MW] (3)	Potencia Neta [MW] (4)
BESS PSFV San Andrés				
BESS PSFV San Andrés				
PSFV San Andrés				
BESS PSFV San Andrés				

- (1) **Potencia Bruta:** Corresponde a la suma del aporte de potencia activa de todos los inversores del BESS San Andrés en el lado de BT.
- (2) **SS.AA.:** Corresponde al consumo de servicios auxiliares de la central (Inversores + SSAA del sistema BESS + SSAA del PV).
- (3) **Perdidas en la central:** Corresponde a las pérdidas en el sistema colector de la central (transformadores de bloque de los inversores + circuito colector de MT asociados al sistema BESS).
- (4) **Potencia Neta:** Es la potencia neta inyectada en el POI, que para el caso del PSFV San Andrés la barra de AT de la SE San Andrés 220 kV.

6. TOMA DE REGISTROS DE POTENCIA MÁXIMA

Para la realización de este ensayo de potencia máxima se emplearon los registros propios de la central. Los registros temporales empleados tienen una resolución de 1 segundo.

6.1. Resultados obtenidos prueba de carga de BESS

El martes 28/05/2024 se realizó el ensayo de carga del sistema BESS PSFV San Andrés durante el día. Para esto se procede a operar el sistema BESS en modo carga con una consigna de potencia máxima introducida por escalones, desde 0 a 10MW, posteriormente

de 10 a 20 MW, de 20 a 30 MW y por último a Pmax. En la siguiente tabla se muestra la fecha y hora de realización de la prueba:

Tabla 3. Ensayo de potencia máxima – modo carga – duración del ensayo.

Fecha	28/05/2024
Inicio de la prueba [hh:mm:ss]	12:09:35
Finalización de la prueba [hh:mm:ss]	18:33:00

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para el periodo de duración del ensayo:

El registro continuo de la potencia del BESS solo pudo obtenerse de los feeders de los 3 colectores pertenecientes al propio equipo. Todos los colectores asociados al PSFV para esta prueba se encontraron abiertos (fuera de servicio) durante todo el intervalo de medición.

Los resultados a continuación son los registros de la potencia neta en el punto de medición de los 3 feeders del BESS, en la barra de 23 kV del PSFV+BESS San Andrés. Con lo cual la medición contempla las pérdidas del sistema colector, la cual se desagregará con la presentación de la medición horaria de cada inversor.

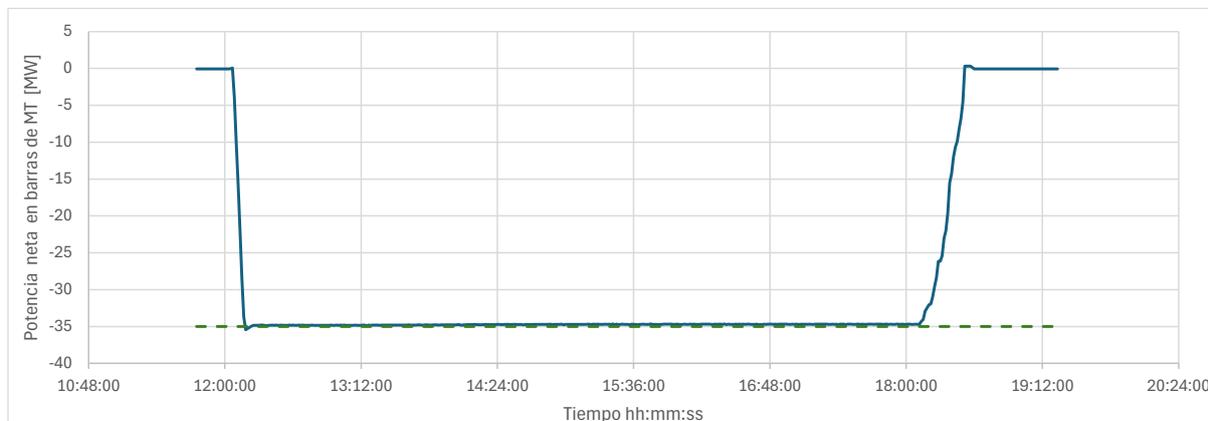


Gráfico 11. Potencia registrada en la barra de 23 kV del PSFV+BESS San Andrés. Proceso de carga.

Para verificar la potencia inyectada por cada inversor, se cuenta con capturas de la potencia de cada inversor durante el periodo de máxima toma de carga, como se muestra a continuación:



Gráfico 12. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 1. Proceso de carga. Hora 1



Gráfico 13. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 2. Proceso de carga. Hora 1



Gráfico 14. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 3. Proceso de carga. Hora 1

Como se pudo observar en los Gráfico 12 al Gráfico 14, se tienen los datos horarios no solo de la potencia generada a nivel inversor y en bornes de transformador de bloque, sino que también se tiene la potencia en el extremo del lado ET de 23 kV del parque, valores que se utilizarán para verificar que las mediciones sean correctas y con ello verificar adicionalmente las perdidas asociadas a todo el sistema colector.

En la siguiente tabla se resumen los valores de potencia generada por cada par de inversores y el valor total de potencia bruta:

Tabla 4. Resumen de resultados de potencia por inversor. Proceso de carga.

Circuito colector	Inversor	Pbruta [kW]
CC1	ACI1+ACI2	-2906,98
	ACI3+ACI4	-2700,58
	ACI5+ACI6	-2885,23
	ACI7+ACI8	-2824,92
	ACI9+ACI10	-2841,85
CC2	ACI11+ACI12	-2886,88
	ACI13+ACI14	-2821,12
	ACI15+ACI16	-2895,95
	ACI17+ACI18	-2900,17
CC3	ACI19+ACI20	-2893,05
	ACI21+ACI22	-2906,10
	ACI23+ACI24	-2909,55
Pbruta total [MW]		-34,372

6.1.1 Potencia bruta

Como visualizarse de la Tabla 4, la potencia bruta total absorbida por los inversores para el periodo de máxima carga fue de -34,3720 MW, por lo tanto:

$$P_{bruta} = -34,372 \text{ MW}$$

6.1.2 Potencia neta

Para verificar la potencia neta, se obtuvieron durante el ensayo registros horarios de los medidores de potencia del lado de alta de los dos transformadores de potencia asociados al PSFV+BESS San Andrés. Los registros obtenidos se exponen a continuación en el Gráfico 15 y en la Tabla 5.

MAIN METERS VALUES	JT1	JT2
Average Line Voltage	231.807,0	231.830,0 V
Average Current	44,0	43,6 A
Frequency	50,20	50,20 Hz
Total Active Power	-17.606,9	-17.446,3 kW
Total Reactive Power	1.265,5	1.332,3 kVAr
Total Aparent Power	17.652,3	17.497,1 kVA
Total Power Factor	-0,997	-0,997
Daily Active Energy Received	32,62	32,35 MWh
Daily Active Energy Delivered	25,46	25,22 MWh
Daily Reactive Energy Received	4,55	5,41 Mvarh
Daily Reactive Energy Delivered	0,19	0 Mvarh

Gráfico 15. Medición de potencia en POI. Primera hora de ensayo.

Tabla 5. Potencia neta en el POI

Transformador	Potencia [MW]
TR JT1	17,624
TR JT2	17,457
Potencia POI [MW]	35,081

$$P_{neta} = -35,081 \text{ MW}$$

6.1.3 Potencia de los servicios auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares para esta condición operativa corresponde solo a los asociados al BESS, debido a que todo el PSFV incluyendo sus SS.AA se encontraba fuera de servicio.

$$P_{SSAA} = P_{SSAA \text{ BESS}}$$



Gráfico 16. Consumo de servicios auxiliares del sistema BESS en condición de potencia máxima en proceso de carga.

Por lo tanto, la potencia media de los servicios auxiliares queda determinada como:

$$P_{SSAA\ BESS} = 0,287\ MW$$

6.1.4 Potencia de pérdidas de la central

La potencia de pérdidas de la central se obtiene como la suma de las pérdidas de los transformadores de potencia de la central y las pérdidas en el sistema colector de media tensión (cables MT + transformadores de bloque de inversores).

Además, debe descontarse el consumo de los SSAA. La expresión para el cálculo de la potencia de pérdidas de la central se muestra a continuación:

$$P_{perd\ central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

$$P_{perd\ central} = -34,372\ MW - (-35,081\ MW) - 0,287\ MW$$

$$P_{perd\ central} = 0,422\ MW$$

Este valor debe ser desagregado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal (P_{trafo}).
- Pérdidas en la red colector de MT ($P_{colector}$).

Para la obtención de estas dos potencias, se posee el registro minutil de la potencia en el extremo de la barra San Andrés, con lo cual, se podrán desagregar las pérdidas de la red colector.

$$P_{perd\ colector} = P_{bruta} - P_{media\ registrada}$$

$$P_{perd\ colector} = -34,372\ MW - (-34,7426\ MW)$$

$$P_{perd\ colector} = 0,3706\ MW$$

Con lo cual las pérdidas del transformador de potencia serán de:

$$P_{\text{perd central}} = 0,422 \text{ MW} = P_{\text{perd colector}} + P_{\text{perd transformador}}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,422 \text{ MW} - P_{\text{perd colector}}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,422 \text{ MW} - 0,3706 \text{ MW}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,0514 \text{ MW}$$

6.1.5 Resumen de resultados

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

Tabla 6. Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima BESS – modo carga.

Parque	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
BESS PSFV San Andrés	-34,372	0,287	0,422	-35,081

6.2. Resultados obtenidos prueba de descarga

Entre el martes 28 y el miércoles 29/05/2024 se realizó el ensayo de descarga del sistema BESS PSFV San Andrés durante la noche (operación normal). Para esto se procede a operar el sistema BESS en modo descarga con una consigna de potencia máxima. En la siguiente tabla se muestra la fecha y hora de realización de la prueba:

Tabla 7. Ensayo de potencia máxima – modo descarga – duración del ensayo.

Fecha	28/02/2024
Inicio de la prueba [hh:mm:ss]	20:10:00
Finalización de la prueba [hh:mm:ss]	01:55:00

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para el periodo de duración del ensayo:

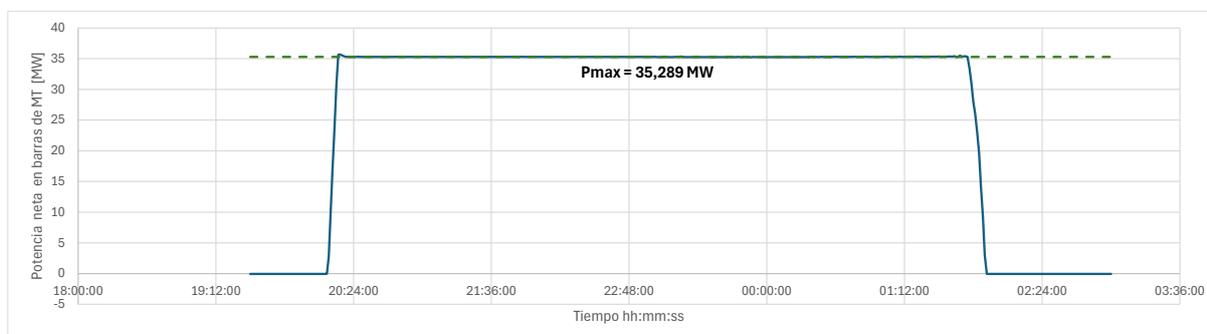


Gráfico 17. Potencia registrada en la barra de 23 kV del PSFV+BESS San Andrés. Proceso de descarga.

Para la potencia bruta se cuenta con capturas de la potencia de cada inversor durante el periodo de máxima descarga, como se muestra a continuación:



Gráfico 18. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 1. Proceso de descarga. Primera toma de datos



Gráfico 19. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 2. Proceso de descarga. Primera toma de datos



Gráfico 20. Potencia bruta de los inversores del circuito colector 3. Proceso de descarga. Primera toma de datos

En la siguiente tabla se resumen los valores de potencia generada por cada inversor y el valor total de potencia bruta:

Tabla 8. Resumen de resultados de potencia por inversor. Proceso de descarga.

Circuito colector	Inversor	Pbruta [kW]
CC1	ACI1+ACI2	3049,9
	ACI3+ACI4	2849,9
	ACI5+ACI6	3019
	ACI7+ACI8	2925
	ACI9+ACI10	2867,7
CC2	ACI11+ACI12	3040,1
	ACI13+ACI14	2821
	ACI15+ACI16	2926,5
	ACI17+ACI18	3022,2
CC3	ACI19+ACI20	3024,1
	ACI21+ACI22	3034,9
	ACI23+ACI24	3031,7
Pbruta		35612

6.2.1 Potencia neta

En el Gráfico 21 se puede observar la potencia registrada en el POI en la primera hora de medición, posteriormente en la Tabla 9 se muestra la potencia neta total en el POI.

MAIN METERS VALUES	JT1	JT2
Average Line Voltage	232.439,0	232.460,0 V
Average Current	43,8	43,4 A
Frequency	49,90	49,90 Hz
Total Active Power	17.569,9	17.399,8 kW
Total Reactive Power	1.286,2	1.364,1 kVAr
Total Aparent Power	17.616,9	17.453,1 kVA
Total Power Factor	0,997	0,997
Daily Active Energy Received	112,05	111,06 MWh
Daily Active Energy Delivered	26,94	26,68 MWh
Daily Reactive Energy Received	10,36	11,69 Mvarh
Daily Reactive Energy Delivered	0,19	0 Mvarh

Gráfico 21. Medición de potencia en POI. Primera hora de ensayo.

Tabla 9. Potencia neta en el POI

Transformador	Potencia [MW]
TR JT1	17,466
TR JT2	17,297
Potencia POI [MW]	34,763

$$P_{neta} = 34,763 \text{ MW}$$

6.2.2 Potencia bruta

Como puede visualizarse de la Tabla 8, la potencia bruta total generada por los inversores para el periodo de máxima descarga fue de 35,612 MW, por lo tanto:

$$P_{bruta} = 35,612 \text{ MW}$$

6.2.3 Potencia de los servicios auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares para esta condición operativa corresponde del consumo propios del sistema BESS:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA \text{ BESS}}$$



Gráfico 22. Consumo de servicios auxiliares del sistema BESS en condición de potencia máxima en proceso de descarga.

Por lo tanto, la potencia total de los servicios auxiliares queda determinada como la media de los valores registrados cada hora del ensayo:

$$P_{SSAA} = 0,284 \text{ MW}$$

6.2.4 Potencia de pérdidas de la central

La potencia de pérdidas de la central se obtiene como la suma de las pérdidas del transformador de potencia de la central y las pérdidas en el sistema colector de media tensión (cables MT + transformadores de bloque de inversores).

Además, debe descontarse el consumo de los SSAA. La expresión para el cálculo de la potencia de pérdidas de la central se muestra a continuación:

$$P_{perd \text{ central}} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

$$P_{perd \text{ central}} = 35,612 \text{ MW} - 34,763 \text{ MW} - 0,284 \text{ MW}$$

$$P_{perd \text{ central}} = 0,565 \text{ MW}$$

Este valor debe ser desagregado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal (P_{trafo}).
- Pérdidas en la red colector de MT ($P_{colector}$).

Para la obtención de estas dos potencias, se posee el registro minutil de la potencia en el extremo de la barra San Andrés, con lo cual, se podrán desagregar las pérdidas de la red colector.

$$P_{perd \text{ colector}} = P_{bruta} - P_{media \text{ registrada}}$$

$$P_{perd \text{ colector}} = 35,612 \text{ MW} - (35,289 \text{ MW})$$

$$P_{perd \text{ colector}} = 0,323 \text{ MW}$$

Con lo cual las pérdidas del transformador de potencia serán de:

$$P_{\text{perd central}} = 0,565 \text{ MW} = P_{\text{perd colector}} + P_{\text{perd transformador}}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,565 \text{ MW} - P_{\text{perd colector}}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,565 \text{ MW} - 0,323 \text{ MW}$$

$$P_{\text{perd transformador}} = 0,242 \text{ MW}$$

6.2.5 Resumen de resultados

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

Tabla 10. Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima – modo descarga.

Parque	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
BESS PSFV San Andrés	35,612	0,284	0,565	34,763

6.3. Capacidad de descarga de la central durante 5 horas

A partir de los registros de descarga del sistema BESS, se verifica la potencia que puede ser sostenida de manera firme durante 5 hs. Para esto a partir de los registros obtenidos en el apartado 6.2 que se presenta nuevamente a continuación, se puede observar que, durante más de 5 horas, precisamente 5 horas, 29 minutos se puede precisar que el BESS operó a su máxima potencia de operación de 34,763 MW en el POI.

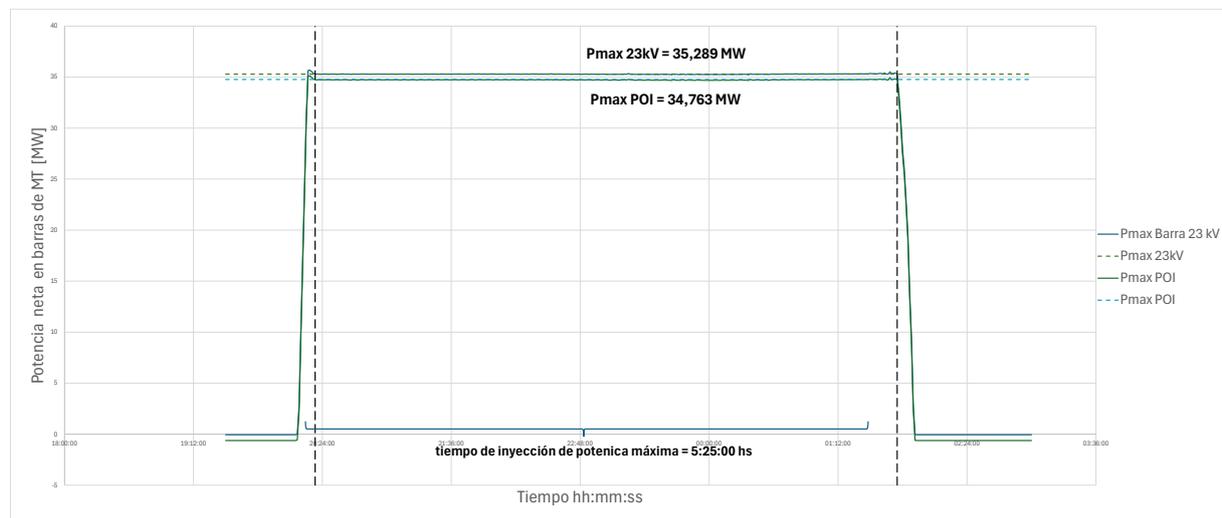


Gráfico 23. Potencia en el POI inyectada por un periodo superior a 5 horas.

Tabla 11. Resumen de resultados - ensayo de potencia máxima – modo descarga – valores de potencia sostenibles durante 5 hs.

Parque	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
BESS PSFV San Andrés	35,612	0,284	0,565	34,763

7. POTENCIA MÁXIMA GENERACIÓN DIRECTA

7.1. Toma de registros de potencia máxima

Los registros de potencia máxima para el día 30/05/2024 cuando se realizaron las pruebas de potencia máxima, la irradiancia en la zona del PSFV no era optima, con lo cual, la máxima potencia alcanzada durante el intervalo de pruebas, de forma constante fue de aproximadamente 25 MW, pero sin capacidad de estabilizarse. Adicionalmente, durante las pruebas se encontraron algunos inversores fuera de servicio (CT 1, CT12, CT17, CT26, CT30 y CT32) lo que contribuyó a no alcanzar los valores de potencia esperados.

Tabla 12. Ensayos de potencia máxima – duración del ensayo.

Fecha	
Inicio de la prueba [hh:mm:ss]	14:00:03
Finalización de la prueba [hh:mm:ss]	14:37:04

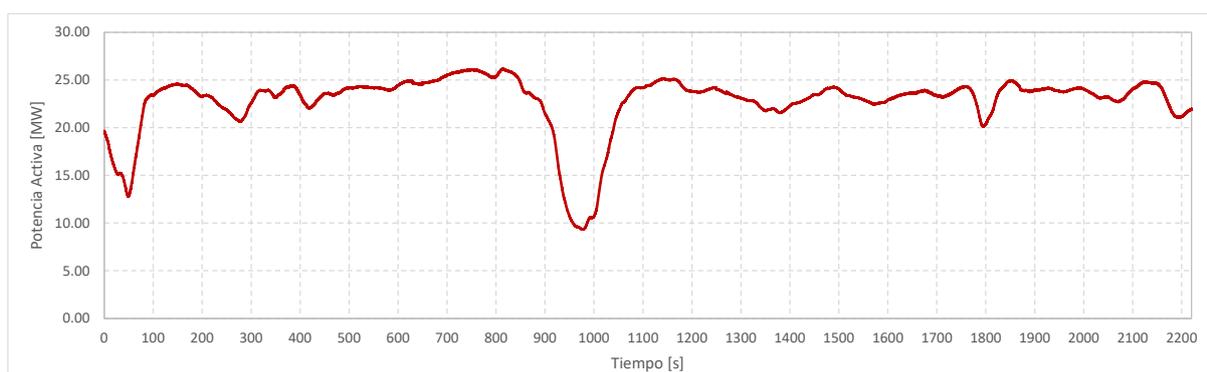


Gráfico 24. Registro de potencia activa, prueba de Potencia Máxima.

Como presentar un valor de potencia máxima de estas características resulta poco realista para ser considerada la potencia máxima del parque, en función de la irradiancia medida de las pruebas y las características de los paneles, se realizará la estimación mediante cálculos de los valores obtenibles de potencia máxima, en la hora de mayor generación del día de las pruebas. Utilizando la irradiancia por unidad de superficie durante el día del ensayo y la temperatura ambiente como parámetro de ajuste de eficiencia de los paneles.

7.2. Resultados obtenidos para simulación de Pmax.

A continuación, se exponen los registros de la medición de irradiancia durante el día de las pruebas. Como se puede observar, durante el horario del registro de la prueba de potencia máxima (14:00 a 14:37 hs), la irradiancia se encontraba en valores oscilantes y relativamente bajos. El horario óptimo de ese día para la realización de las pruebas hubiera sido de 10 a 11 am, donde la irradiancia tubo un intervalo sostenido en el tiempo y con pocas oscilaciones abruptas debido a nubosidad.

Por lo tanto, lo que se propone es, considerando la irradiancia y la temperatura, estimar cuanta potencia es generable por cada panel del PSFV en las mejores condiciones para la generación del parque durante el intervalo de ensayo.

Con esto se considera cuanta potencia eléctrica es generable a nivel inversor por el PSFV San Andres con la irradiancia optima considerada para el periodo de medición y cuanta potencia de la generada se pierde por la reducción de la eficiencia por temperatura de los paneles, considerando los datos utilizados en la Tabla 13.

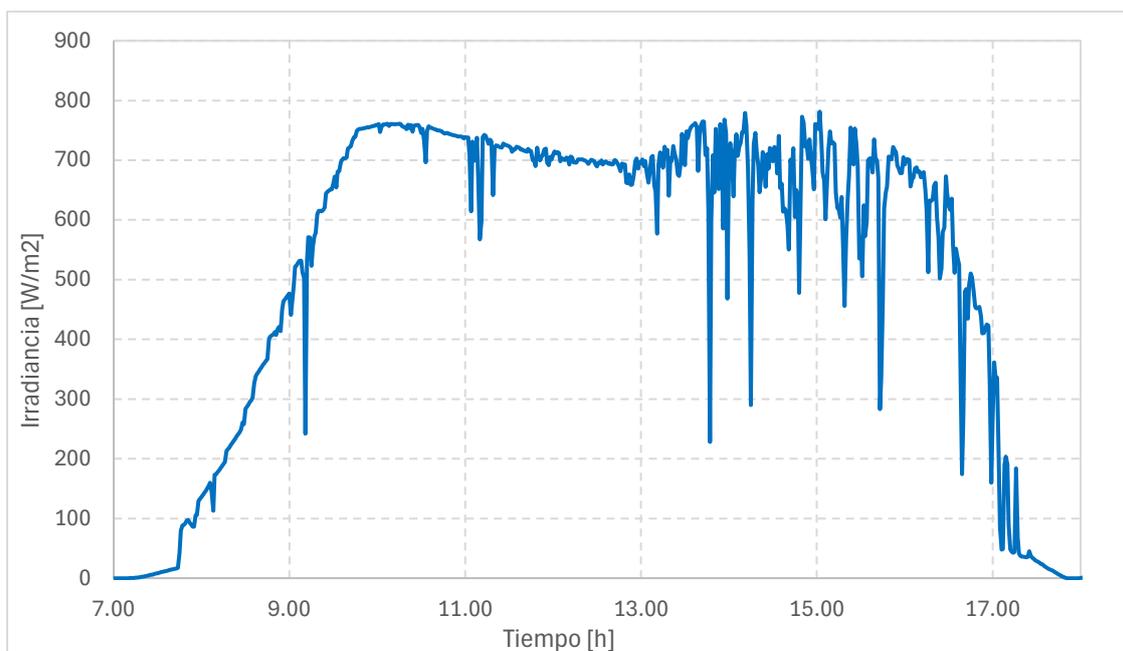


Gráfico 25. Medición de irradiancia

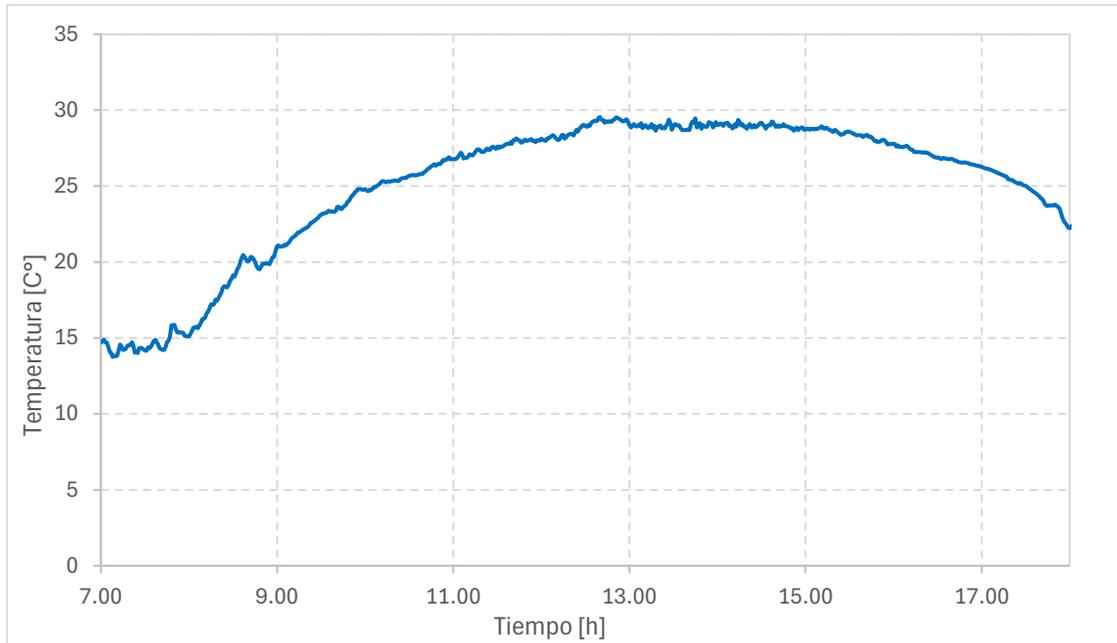


Gráfico 26. Medición de temperatura

A partir de la irradiancia medida en campo se realizan los cálculos teóricos de Potencia máxima en el PSFV San Andrés. Teniendo en cuenta las características de los paneles, se obtiene la curva de potencia teórica corregida por irradiancia y temperatura de del Gráfico 27.

Tabla 13. Características del panel solar

Area Paneles (m2)	2.162
Eficiencia paneles (%)	0.203
Pmax panel (W)	456.750

Con lo expuesto anteriormente se obtiene la siguiente curva de potencia generada por el parque completo para la irradiancia medida durante el día de pruebas.

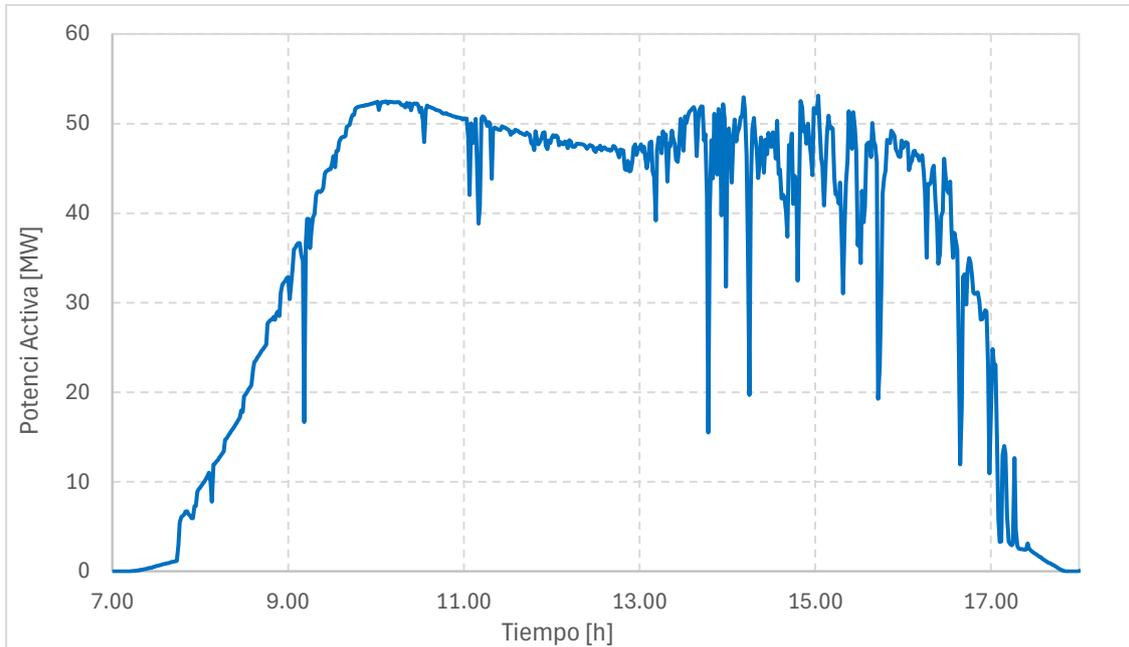


Gráfico 27. Curva de potencia teórica máxima PSFV San Andrés

Para el intervalo horario considerado se puede obtener el siguiente gráfico.

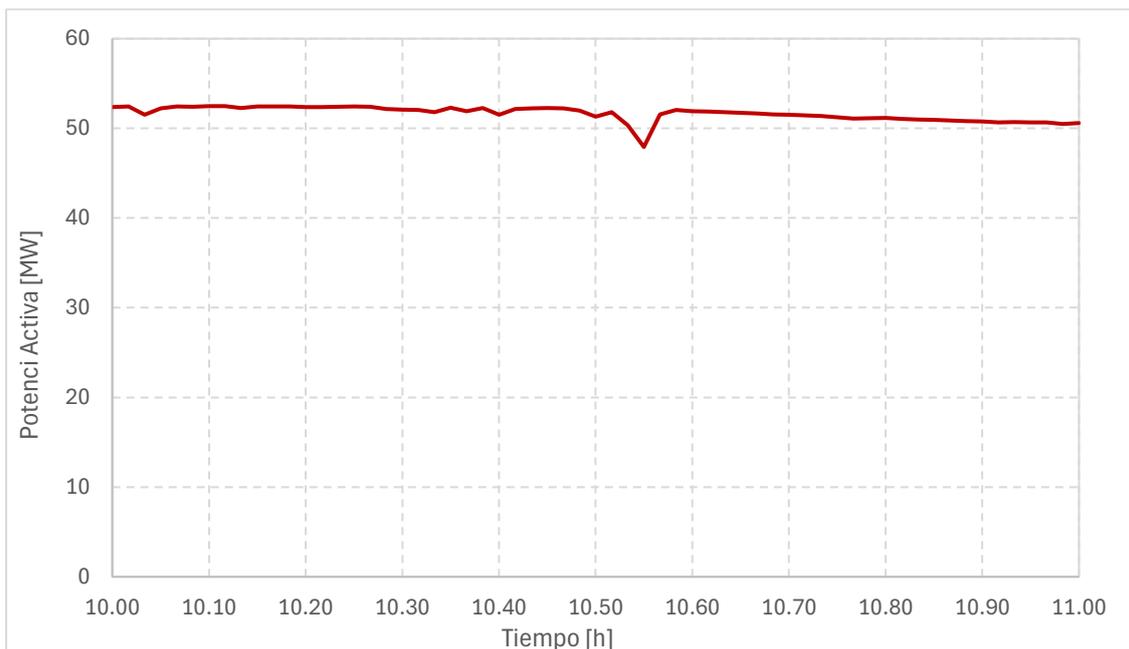


Gráfico 28. Curva de potencia teórica máxima PSFV San Andrés, intervalo 10:00 a 11:00 hs.

7.2.1 Potencia Bruta

A partir de los cálculos teóricos, la potencia bruta total generada por los inversores para el periodo de máxima potencia fue de 51,4662 MW, entre las 10:00 y las 11:00hs. Por lo tanto:

$$P_{bruta} = 51,4662 \text{ MW}$$

7.2.2 Potencia de los servicios auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares para esta condición operativa corresponde a la suma de los consumos del PV San Andrés:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA PV}$$

$$P_{SSAA} = 0,3000 MW$$

7.2.3 Potencia Neta

Para la determinación de la potencia neta en el punto de interconexión se despacha el modelo de "validación de modelo dinámico" del PSFV San Andrés en PowerFactory, el valor de potencia bruta de los inversores, obteniendo en el punto de conexión lo siguiente:

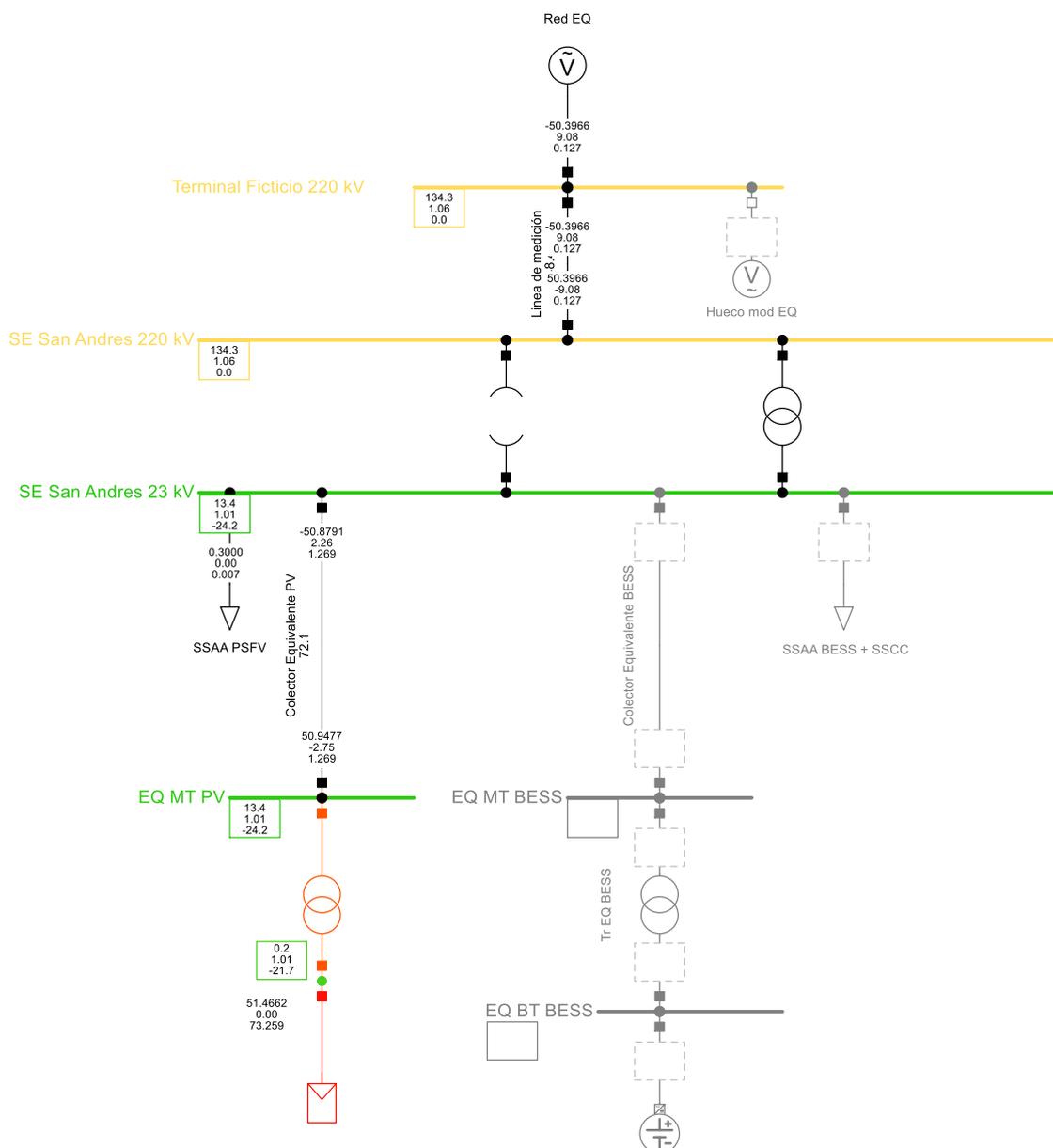


Gráfico 29. Determinación de la potencia neta en el punto de interconexión

La potencia neta obtenida de la simulación será entonces de:

$$P_{neta} = 50,3966 \text{ MW}$$

7.2.4 Potencia de pérdidas de la central

La potencia de pérdidas de la central se obtiene como la suma de las pérdidas del transformador de potencia de la central y las pérdidas en el sistema colector de media tensión (cables MT + transformadores de bloque de inversores).

Además, debe descontarse el consumo de los SSAA. La expresión para el cálculo de la potencia de pérdidas de la central se muestra a continuación:

$$P_{perd\ central} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

$$P_{perd\ central} = 51,4662 \text{ MW} - 50,3966 \text{ MW} - 0,3000 \text{ MW}$$

$$P_{perd\ central} = 0,7696 \text{ MW}$$

Este valor debe ser desagregado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal (Ptrrafo).
- Pérdidas en la red colectora de MT (Pcolector).

En la se presentan los valores de pérdidas en vacío y en carga del transformador de potencia, donde el valor de potencia de pérdidas en carga está referido a la potencia nominal del transformador, por lo que debe determinarse el valor de perdida para el estado de carga del ensayo.

La determinación de la pérdida del transformador para esta condición se determina mediante un cálculo de flujo de potencia con el modelo validado de la central. A continuación, se muestra el resultado obtenido:

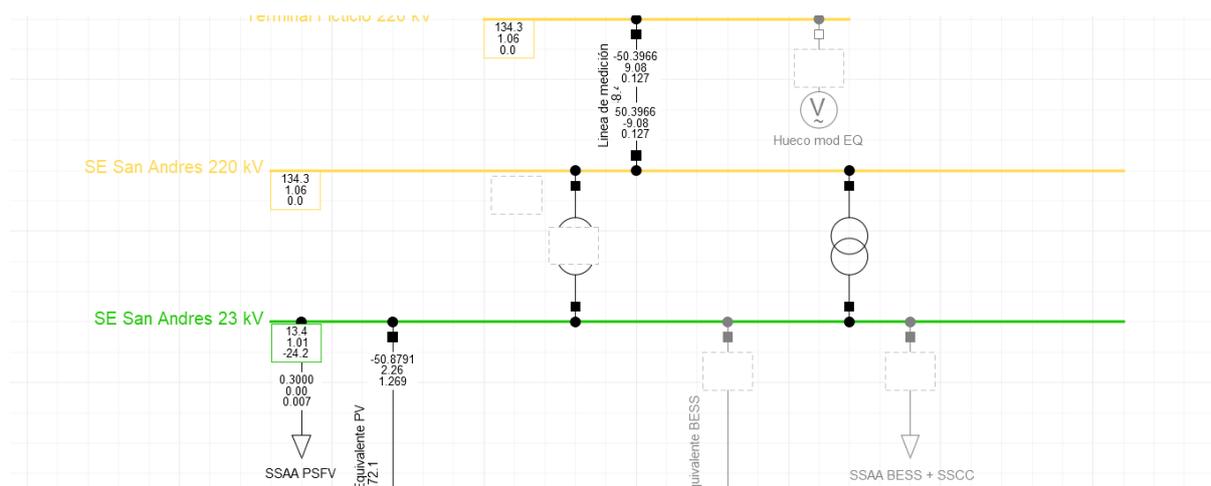


Gráfico 30. Cálculo de pérdidas en el transformador de potencia para la condición de potencia máxima PV.

De lo anterior las pérdidas en el transformador de potencia resultan:

$$P_{trafo} = 0,1825 \text{ MW}$$

Finalmente, las pérdidas en la red colectora quedan determinadas por la siguiente expresión:

$$P_{colector} = P_{perd\ central} - P_{trafo}$$

$$P_{colector} = 0,7696\ MW - 0,1825\ MW$$

$$P_{colector} = 0,5871\ MW$$

7.2.5 Resumen de resultados

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

Tabla 14. Resumen de resultados Potencia Máxima PSFV San Andrés.

Parque	Potencia Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
PSFV San Andrés	51,4662	0,3000	0,7696	50,3966

8. POTENCIA MÁXIMA OPERACIÓN CONJUNTA PSFV + BESS EN MODO CARGA

8.1. Resultados obtenidos prueba de BESS en carga y PSFV

El día 25/06/2024 se realizó la carga a potencia máxima del BESS+PSFV San Andrés. Para ello, se consignó en el PPC una potencia de 46 MW en el PSFV, pero por cuestiones asociadas a la ausencia de recurso óptimo, la potencia alcanzada durante las pruebas, generada por el PSFV llegó únicamente a 23 MW en el mejor momento. De esta manera, el PPC gestiona la carga de las baterías intentando mantener la potencia en el POI dentro de valores que no absorban potencia de la red. Así mismo la ausencia de algunos inversores en operación hizo que la potencia disponible del PSFV no fuera la óptima.

En la siguiente tabla se muestra la fecha y hora de realización de esta prueba:

Tabla 15. Ensayos de potencia máxima (carga) – duración del ensayo.

Fecha	
Inicio de la prueba [hh:mm:ss]	10:17:00
Finalización de la prueba [hh:mm:ss]	13:25:00

Se presentan los resultados obtenidos para el periodo de duración del ensayo:

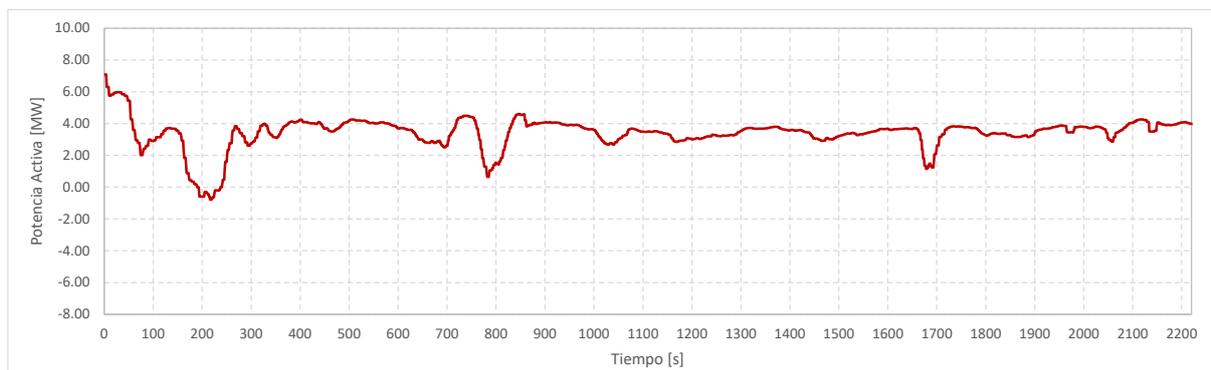


Gráfico 31. Potencia total generada por el PSFV + BESS en el POI.

El resultado da una potencia media inyectada de 4 MW, pero no son resultados realistas para estimación de potencia máxima, ya que el PSFV no alcanzó la potencia consignada y el BESS se limitó a valores muy por debajo de su máxima capacidad de carga.

Como en el caso de generación directa, se realizará la estimación de inyección del PSFV para el horario de mejor irradiancia y óptimas condiciones operativas. Apelando para esto a la práctica aplicada en la sección 7. Y se utilizaron los valores de generación obtenidos para el BESS en la sección 6.1.

Con esto se considera cuanta potencia eléctrica es generable a nivel inversor por el PSFV San Andres con la irradiancia optima considerada para el periodo de medición y cuanta potencia de la generada se pierde por la reducción de la eficiencia por temperatura de los paneles, considerando los datos utilizados en la Tabla 13.

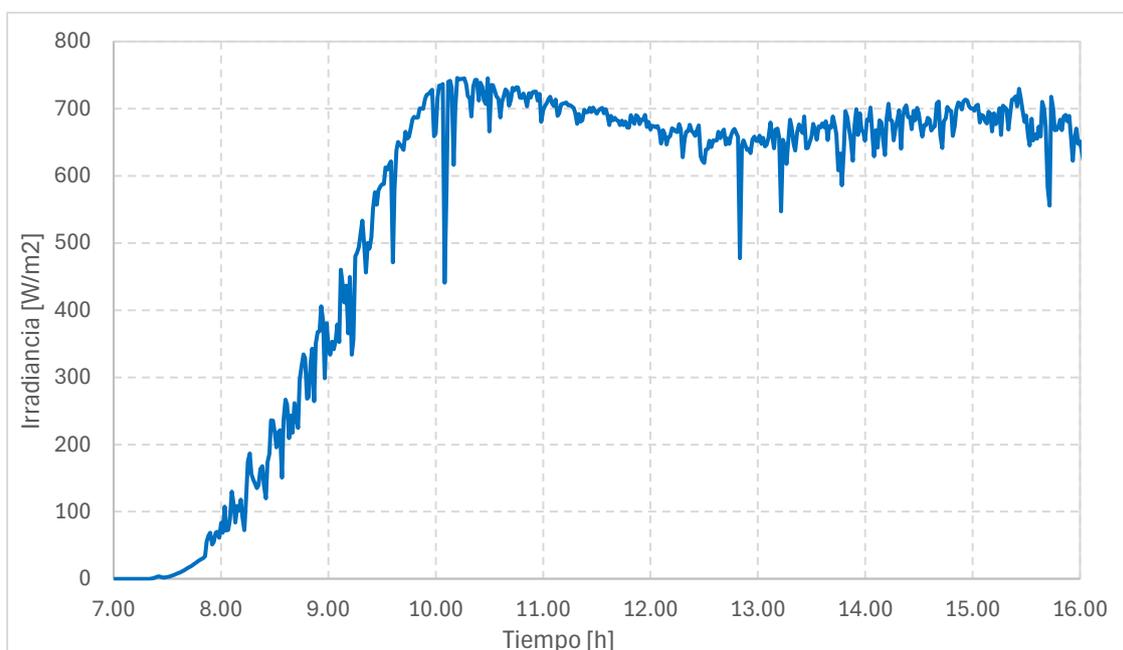


Gráfico 32. Medición de irradiancia en día de pruebas de operación conjunta.

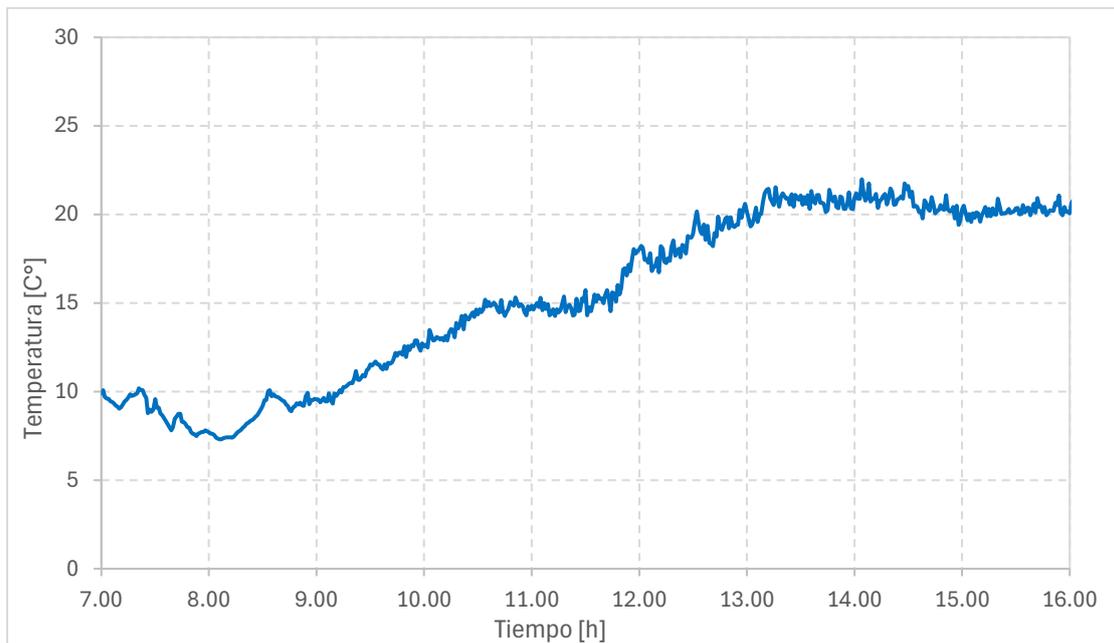


Gráfico 33. Medición de temperatura. Medición de irradiancia en día de pruebas de operación conjunta.

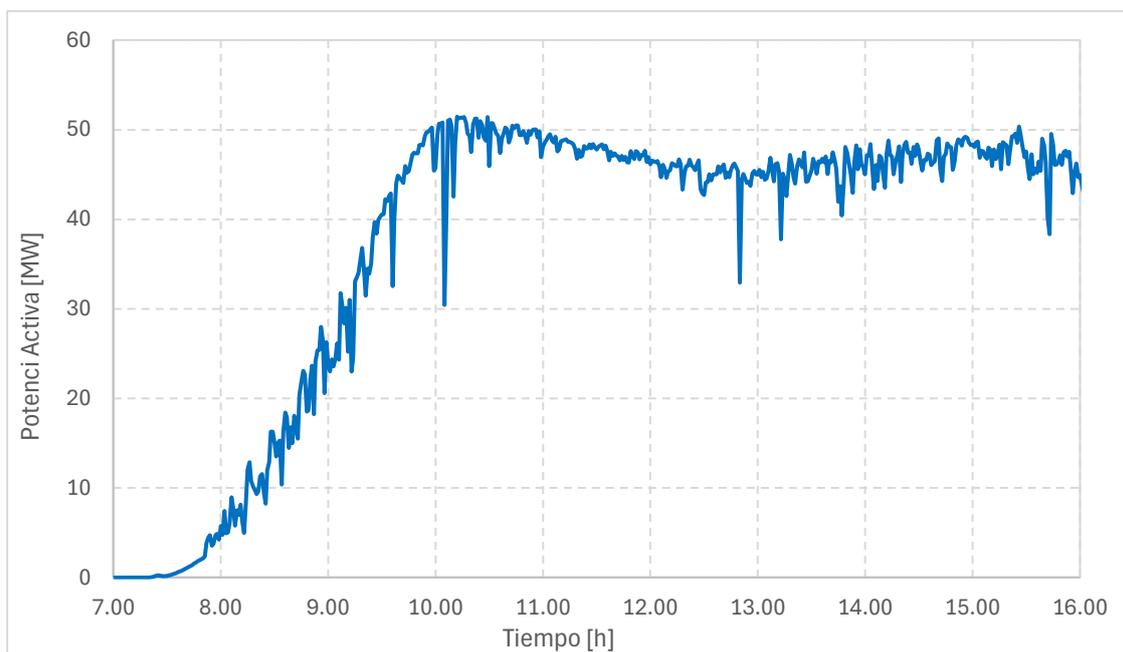


Gráfico 34. Gráfico 35. Curva de potencia teórica máxima PSFV San Andrés en día de pruebas de operación conjunta.

La potencia máxima alcanzable para las condiciones de irradiancia/temperatura ambiente en día de los ensayos conjuntos resulto ser de $P_{max\ PSFV} = 51,4502\ MW$. Por lo tanto, considerando la potencia máxima operable del BESS San Andres en el POI $P_{max\ bess} = -34,3720\ MW$. La potencia resultante en el POI, para el intervalo de máxima potencia obtenible en el día de las pruebas, la potencia total inyectada en el POI $P_{max\ bess} + p_{sfv} =$

17,0782 MW será la que se puede observar en el gráfico a continuación.

En el siguiente gráfico se puede observar el flujo de carga simulado.

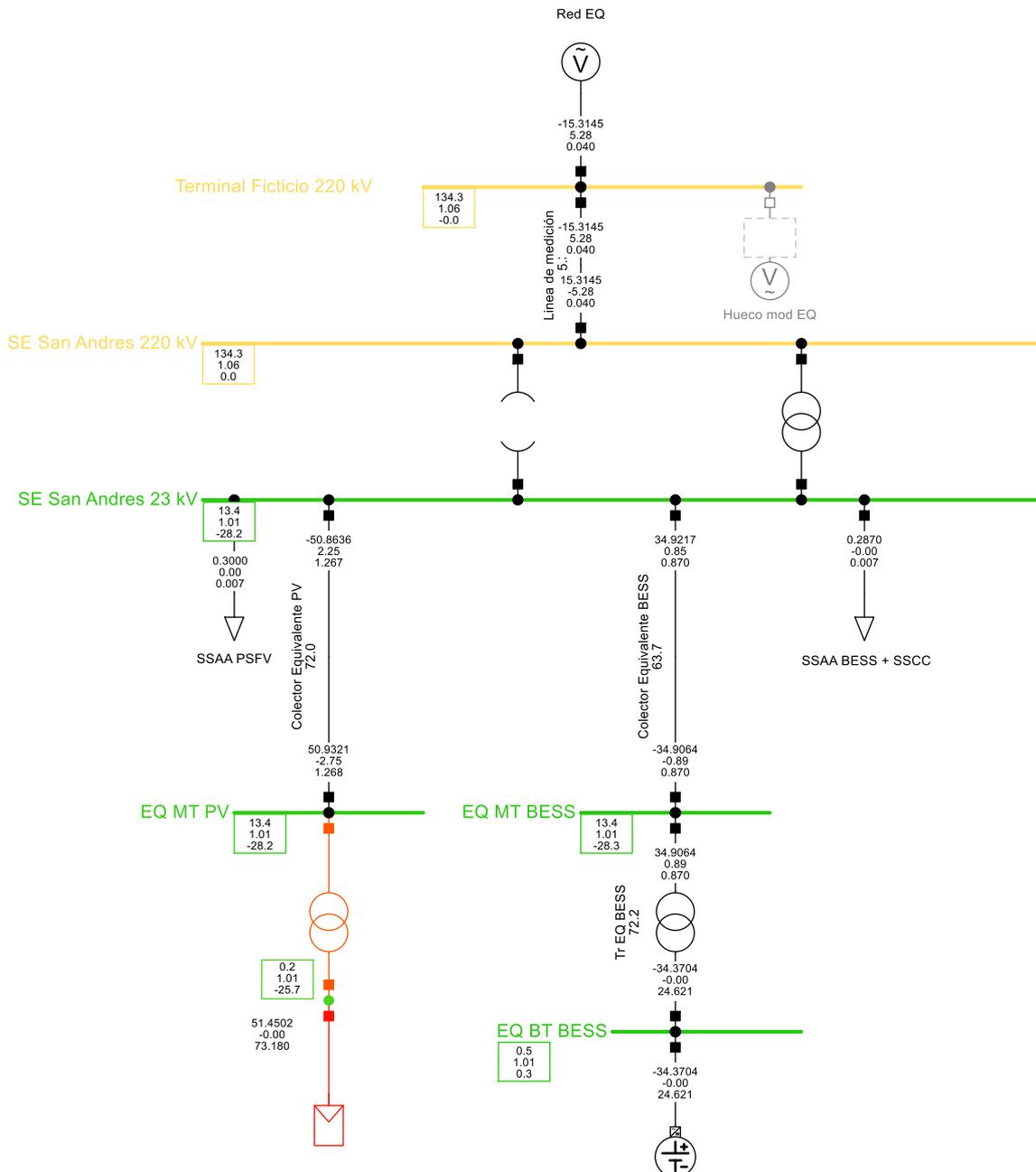


Gráfico 36. Flujo de carga, despacho máximo PSFV y BESS en modo carga.

8.1.1 Potencia Bruta

La potencia bruta promedio generada por los paneles menos el consumo del BESS fue de 16,936 MW, por lo tanto:

$$P_{bruta} = 17,0782 \text{ MW}$$

8.1.2 Potencia Neta

Para la determinación de la potencia neta se despacha el modelo homologado en PowerFactory del Parque con el valor de potencia bruta medida en el inversor equivalente, obteniendo lo siguiente:

$$P_{neta} = 15,3145 \text{ MW}$$

8.1.3 Potencia de los servicios auxiliares

La Potencia de Servicios Auxiliares para esta condición operativa corresponde a la suma de los consumos propios del sistema BESS y el PV San Andrés:

$$P_{SSAA} = P_{SSAA \text{ PV}} + P_{SSAA \text{ BESS}}$$

Conforme a lo calculado en el punto 6.1.3, la potencia total de los servicios auxiliares queda determinada como:

$$P_{SSAA} = 0,3000 \text{ MW} + 0,2870 \text{ MW} = 0,5870 \text{ MW}$$

8.1.4 Potencia de pérdidas de la central

La potencia de pérdidas de la central se obtiene como la suma de las pérdidas del transformador de potencia de la central y las pérdidas en el sistema colector de media tensión (cables MT + transformadores de bloque de inversores).

Además, debe descontarse el consumo de los SSAA. La expresión para el cálculo de la potencia de pérdidas de la central se muestra a continuación:

$$P_{perd \text{ central}} = P_{bruta} - P_{neta} - P_{SSAA}$$

$$P_{perd \text{ central}} = 17,0782 \text{ MW} - 15,3145 \text{ MW} - 0,5870 \text{ MW}$$

$$P_{perd \text{ central}} = 1,1767 \text{ MW}$$

Este valor debe ser desagregado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal (Ptrrafo).
- Pérdidas en la red colectora de MT (Pcolector).

En la Gráfico 10 se presentan los valores de pérdidas en vacío y en carga del transformador de potencia, donde el valor de potencia de pérdidas en carga está referido a la potencia nominal del transformador, por lo que debe determinarse el valor de pérdida para el estado de carga del ensayo.

La determinación de la pérdida del transformador para esta condición se determina mediante un cálculo de flujo de potencia con el modelo validado de la central. A continuación, se muestra el resultado obtenido:

9. CONCLUSIONES

Se determinó en base a los registros operacionales y cálculos que el BESS PSFV San Andrés puede generar una potencia bruta máxima de **35,612 MW**, entregando en el punto de conexión una potencia neta de **34,763 MW** cuando se opera en modo descarga considerando la potencia sostenible durante 5 hs (central con capacidad de regulación).

Por otra parte, el BESS PSFV San Andrés puede absorber una potencia bruta máxima de **-34,372 MW** con una potencia neta máxima de **-35,081 MW** cuando opera en modo carga. Esta potencia en operación normal será tomada del PV PSFV San Andrés durante el día y el remanente será inyectado a la red.

Tabla 17. Parámetros de potencia Máxima del BESS PSFV San Andrés.

Parque²	Modo	Tiempo carga/descarga [hs]	Potencia Máxima Bruta [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central³ [MW]	Potencia Máxima Neta⁴ [MW]
BESS PSFV San Andrés	Carga	06:32	-34,372	0,287	0,422	-35,081
BESS PSFV San Andrés	Descarga	05:45	35,612	0,284	0,565	34,763
PSFV San Andrés	N/A	-	51,4662	0,300	0,7696	50,3966
BESS PSFV San Andrés	Pmax PSFV + Carga BESS	-	17,0782	0,5870	1,1767	15,3145

² Se muestran los modos de operación factibles dada la configuración actual de los controles, PPC y protecciones. Por diseño no se contempla la operación en modo conjunto PSFV+BESS hacia la red.

³ Este valor incluye las pérdidas del sistema colector de media tensión (MW) y del transformador de poder (MW).

⁴ Inyectada en la barra de alta tensión (220 kV) del transformador de potencia de la S/E San Andres.

ANEXO

1. Especificaciones técnicas de los inversores

SUNGROW		储能变流器
		ENERGY STORAGE CONVERTER
型号 Model		SC2000UD
序号 S/N		
直流侧 DC-Side		
最小直流电压 Min. DC Voltage		DC1150V
最大直流电压 Max. DC Voltage		DC1500V
最大直流电流 Max. DC Current		DC1952A
最大直流功率 Max. DC Power		DC2244kW
交流侧 AC-Side		
额定交流电压 Rated AC Voltage		AC800V,3~
额定交流频率 Rated AC Frequency		50Hz/60Hz
最大交流电流 Max. AC Current		AC1587A
额定交流功率 Rated AC Power		2000kW
过载能力 Overload Capacity		2200kVA
功率因数范围 Power Factor Range		[-1...1]
保护等级 Protective Class		I
防护等级 Enclosure		IP65
工作温度范围 Ambient Temperature		-35°C...+60°C
重量 Weight		1500kg
尺寸 (宽x高x深) Dimensions(WxHxD)		1080×2400×1400mm
执行标准 Executive Standard		GB/T 34120/IEC 62477-1
使用年限 Service Life		25 年/Year
阳光电源股份有限公司 SUNGROW POWER SUPPLY CO.,LTD. 安徽省合肥市高新长宁大道608号 No.608 Changning Avenue,New & High Technology Industrial Development Zone,Hefei , Anhui P. R. China. www.sungrowpower.com 中国制造Made in China		

Items	SC1200UD	SC1375UD	SC1575UD	SC1725UD	SC2000UD	SC2500UD
Number of external fans	7	7	7	7	8	8
AC breaker	690V/ 2000A	690V/ 2000A	690V/ 2000A	690V/ 2000A	1050V/ 2000A	1050V/ 2000A
AC filter capacitor	850V/ 3x55.8uF	850V/ 3x55.8uF	850V/ 3x55.8uF	850V/ 3x55.8uF	1000V/ 3x55.8uF	1000V/ 3x55.8uF
DC fuse	3000A	3000A	3000A	3000A	3000A	3000A
DC current detector	2000A	2000A	2000A	2000A	2500A	2500A
Transformer	2.5KVA/ 800V	2.5KVA/ 800V	2.5KVA/ 800V	2.5KVA/ 800V	2.5KVA/ 900V	2.5KVA/ 900V

Model list:

MODELS LIST		SC1725UD	SC2000UD	SC2500UD
DC side	V _{MAX} DC [Vdc]	1500		
	Voltage Range V[Vdc]	1000 to 1500	1150 to 1500	1300 to 1500
	Max. Input Current I _{max} [A]	1935	1952	2154
	Full Power Voltage Range [Vdc]	1000 to 1500	1150 to 1500	1300 to 1500
	Overvoltage Category (OVC)	II		
AC side	Rated Output Voltage U _r [Vac]	690, 3~/PE	800, 3~/PE	900, 3~/PE
	Normal Operating Voltage Range U _n [Vac]	607 to 759	704 to 880	792 to 990
	Rated Output Frequency F _{NETZ} [Hz]	50 / 60		
	Normal Operating Frequency Range F _n [Hz]	45 to 55, 55 to 65		
	Rated Output Power P _e [kVA]	1725 @ 45 °C 1897 @ 30 °C	2000 @ 45 °C 2200 @ 30 °C	2500 @ 40 °C 2750 @ 30 °C
	Max. Output Current I _{max} [A]	1443 @ 45 °C 1587 @ 30 °C	1443 @ 45 °C 1587 @ 30 °C	1604 @ 40 °C 1764 @ 30 °C
	Power Factor cosφ [λ]	default >0.99 (1 leading to 1 lagging adjustable)		
	Overvoltage Category (OVC)	III		
SYSTEM	Protective Class	I		
	Ingress Protection (IP)	IP65		
	Operating Temperature Range [°C]	-35 to 60 (>45 derating)		-35 to 60 (>40 derating)
	Pollution degree (PD)	3		
	Altitude [m]	4000 (> 2000 derating)		
	Weight [kg]	1500		
	Size [mm]	1080*2400*1400		

2. Especificaciones técnicas de los contenedores de baterías.

NO.	Items	Parameters	Remark
1	Nameplate energy	8655.4kWh	
2	Max. charge/discharge power	1700kW	DC side
3	Nominal DC voltage	1344V	
4	DC Voltage (Full power)	1197-1491V	
5	Auxiliary power supply	400Vac 50Hz	
6	SOC calculation accuracy	±3%	
7	SOH (End of Life)	60%	
8	Environmental temperature	-10°C~30°C	Depends on the project
9	Environmental humidity	≤95%RH	Non condensation
10	Altitude	<5000m	De-rated over 2000m
11	Noise	<75dB(A)	@1m
12	Protection grade	NEMA 3R / IP54	
13	Corrosion-proof grade	C4 (EN ISO 12944)	
14	Snow/ice loads	0.25 kN/m2	
15	Wind loads	30.0 m/s	
16	Seismic level	Zone IV	
17	External communication interface	Ethernet	Copper and fiber
18	Dimensions (W*D*H)	3*(6058*2438*2896mm)	3*20ft HC container
19	Design life	20 years	
20	Weight	≤30000kg	Each 20ft HC ISO container
21	Code and standards compliance	UL1973, UL9540A, UL9540, UN38.3, NFPA855, NEC2017, NFPA70E, etc.	
22	Transportation	Full populated with battery modules	

3. Antecedentes Técnicos, Round Trip Efficiency

Appendix G to
BESS Supply Agreement

Performance Guarantee

1. Performance Guarantees

Seller guarantees that the Project will meet the Performance Guarantees specified in Table 1 below as measured in accordance with [Appendix F](#) and the Final Test Plan developed in accordance with [Appendix G](#).

Table 1: Performance Guarantees

Performance Guarantee	Guaranteed Performance Threshold for Final Acceptance	Minimum Performance Threshold for Provisional Acceptance
Energy Capacity Guarantee	175MWh AC	140MWh AC
Power Capacity Guarantee	35MW	31.5MW
Round Trip Efficiency Guarantee (AC)	86.5%	86%

As a condition to achieving Provisional Acceptance, Seller must successfully run the Performance Test applicable to each of the foregoing Performance Guarantees and achieve the applicable Minimum Performance Threshold for Provisional Acceptance for each such Performance Guarantee as set out in Table 1 above. If, pursuant to a successfully run Acceptance Test for the Project, Seller fails to achieve the Minimum Performance Threshold for Provisional Acceptance applicable to any of the Performance Guarantees, then, subject to the retesting provisions and limitations set forth in [Appendix F](#), Seller shall pay Provisional Acceptance LDs as set forth in [Appendix O](#) until such time the Minimum Performance Threshold for Provisional Acceptance is achieved for all of the Performance Guarantees.

As a condition to achieving Final Acceptance, Seller must successfully run the Performance Test applicable to each of the foregoing Performance Guarantees and achieve the applicable Guaranteed Performance Threshold for Final Acceptance for each such Performance Guarantee as set out in Table 1 above. If, pursuant to a successfully run Acceptance Test for the Project, Seller achieves the Minimum Performance Threshold for Provisional Acceptance applicable to each Performance Guarantee but fails to achieve the Guaranteed Performance Threshold for Final Acceptance applicable to any of the Performance Guarantees, then, subject to the retesting provisions and limitations set forth in [Appendix F](#), Seller shall pay Final Acceptance LDs as set forth in [Appendix O](#) until such time the Guaranteed Performance Threshold for Final Acceptance is achieved for all of the Performance Guarantees.

If, at any time from the date of Final Acceptance to the earlier of (i) such date that is twenty (20) years from the date of Final Acceptance or (ii) upon reaching 7,300 Cumulative Cycles (the “Guarantee Period”), the Energy Capacity Guarantee, the Power Capacity Guarantee or the Round Trip Efficiency Guarantee fail to satisfy the thresholds set forth in [Sections 2.2, 2.3 or 2.4](#), respectively, then the provisions of [Section 2.1](#) of this [Appendix G](#) shall apply, unless Buyer, in its sole discretion, accepts to receive from Seller liquidated damages in an amount to be mutually accepted and agreed by Seller and Buyer in lieu of the application of the provisions of [Section 2.1](#) of this [Appendix G](#). For greater certainty, if Seller and Buyer fail to agree on any such liquidated damages, then the provisions of [Section 2.1](#) of this [Appendix G](#) shall apply.

2. Energy Capacity Guarantee, Power Capacity Guarantee and Round-Trip Efficiency Guarantee Post Final Acceptance

2.1 General

Seller guarantees the Energy Capacity Guarantee, Power Capacity Guarantee and Round-Trip Efficiency Guarantee set forth in this Article 2 for the Guarantee Period. If it is determined during Buyer's performance testing (as described herein) that the measured values do not satisfy the guarantees set forth in this Article 2, then Seller's sole and exclusive liability and Buyer's sole and exclusive remedy for any shortfall shall be the provision of additional equipment by Seller, to be installed and Commissioned by Buyer, capped at a maximum amount of twenty percent (20%) of the Contract Price for years 1-5 of the Guarantee Period; fifteen percent (15%) of the Contract Price for years 6-10 of the Guarantee Period; and ten percent (10%) of the Contract Price for years 11-20 of the Guarantee Period. For clarity, (i) if the applicable cap is reached in any given year during the Guarantee Period, there is no further guarantee pursuant to this Section 2; (ii) for purposes of determining application of the cap, the additional equipment is valued at the then applicable price Seller would typically sell such additional equipment; and (iii) Seller's obligations under this Section 2.1 is further capped by, and subject to, the Contract Price cap of Section 23(a) of the Contract.

In the event a performance test described under this Section 2 demonstrates a shortfall in a guarantee, Seller shall present a proposed plan to Buyer within five (5) Business Days to provide commercially reasonable efforts to remedy the shortfall.

In furtherance of this guarantee, Seller shall:

- provide a project manager to administer the check and review of the system data supplied as contractually specified;
- provide resources to facilitate and manage the need of a potential remedy; and
- reimburse Buyer for the cost of the performance test if such test demonstrates a failure to meet the performance guarantee.

As a condition to these guarantees, Buyer shall:

- mutually agree with Seller on a third-party performance tester;
- provide system data for Seller review on a quarterly calendar basis;
- provide real time monitoring data on a case-by-case basis to Seller during the Guarantee Period to facilitate troubleshooting;
- provide Seller with thirty (30) days written notice prior to conducting any performance testing on the Project; such performance testing not to be conducted more than once per calendar year.
- bear the responsibility of the performance test for the validation of guarantees, unless such test demonstrates a failure to meet the performance guarantee; and
- supply Seller with all test results and data up to the time the performance test was conducted.

In event that Buyer and Seller execute a separate Long Term Services Agreement ("LTSA") relating to the Project during the guarantee term, Seller shall grant Buyer a credit of Four Hundred Forty-Eight Thousand US Dollars (\$448,000.00), with such credit being reduced, pro rata, on an annual basis during the Guarantee Period. As an example, if Buyer executes an LTSA with Seller for the project in year 3 of the Guarantee Period, Buyer would receive a credit of \$380,800 toward the LTSA Contract Price.

2.2 Energy Capacity Guarantee

Seller guarantees the following energy capacity values by time or by cycle count, to be measured no more than once per calendar year, following Commissioning Completion, with the lesser value of the Guaranteed Energy Capacity based on Time Post Final Acceptance or Cumulative Cycle Count being the Guaranteed Energy Capacity.

To determine the then current Guaranteed Energy Capacity value, both the Time Post Final Acceptance and the Cumulative Cycle Count must be considered. The Guaranteed Energy Capacity value at a given moment is the lower value in the table below corresponding to the Cumulative Cycle Count or the Time Post COD.

As an example, consider a system that is 7.5 years post COD with a current Cumulative Cycle Count of 4000. The Guaranteed Energy Capacity value associated with the system age would be 146.3MWh and the value associated with the Cumulative Cycle Count would be 140.9MWh. The lower of these two values, 140.9MWh, would be the Guaranteed Energy Capacity at that point in time.

Table 2: 20-Year Energy Capacity Guaranteed Values

Time Post COD (years)	Cumulative Cycle Count	Guaranteed Energy Capacity (MWh)
< 1	365	163.5
< 2	< 730	159.1
< 3	< 1095	156.2
< 4	< 1460	153.2
< 5	< 1825	150.6
< 6	< 2190	149.2
< 7	< 2555	147.8
< 8	< 2920	146.3
< 9	< 3285	144.9
< 10	< 3650	142.8
< 11	< 4015	140.9
< 12	< 4380	138.5
< 13	< 4745	136.4
< 14	< 5110	134.3
< 15	< 5475	132.0
< 16	< 5840	129.4
< 17	< 6205	126.5
< 18	< 6570	123.6
< 19	< 6935	120.6
< 20	< 7300	117.7

2.3 Power Capacity Guarantee

The Guaranteed Power Capacity will be greater than or equal to 35 MW for 20 years following Final Acceptance or until the Cumulative Cycle Count reaches 7300, whichever occurs sooner.

2.4 Round Trip Efficiency Guarantee

The Guaranteed Round Trip Efficiency (RTE) will be greater than or equal to 86.5% for 20 years following Final Acceptance or until the Cumulative Cycle Count reaches 7300, whichever occurs sooner.