



INFORME POTENCIA MÁXIMA

BESS DIEGO DE ALMAGRO SUR – NUP 3416

FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
10/11/2023	R1B	Para entrega a Colbún	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán

REVISIÓN 1B



B&B Asociados SpA

SEGUIMIENTO DE DOCUMENTACIÓN

El presente informe corresponde a las pruebas de potencia máxima en el BESS Diego de Almagro Sur, y posee el siguiente registro de documentación:

DOCUMENTO	FECHA	REVISIÓN	COMENTARIOS	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
Potencia Máxima BESS DAS	02-10-2023	0	Para revisión de Colbún	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán
Potencia Máxima BESS DAS	04-10-2023	1A	Se atienden observaciones de Colbún	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán
Potencia Máxima BESS DAS	10-11-2023	1B	Se atienden observaciones de Colbún	José Araya	José Espinoza	Francisco Beltrán

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	8
2	Objetivos.....	8
3	Nomenclatura.....	9
4	Antecedentes.....	10
4.1	Antecedentes Generales	11
4.1.1	Descripción del proyecto.....	11
4.1.2	Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto.....	14
4.2	Antecedentes técnicos del sistema de almacenamiento de baterías (BESS).....	16
4.2.1	Conductor de Media Tensión en 33kV	19
4.2.2	Transformadores BESS 33/0.69kV 4.4 MVA	20
4.2.3	Transformador de servicios auxiliares 33/0.4kV	21
4.2.4	Inversores	22
4.2.5	Baterías.....	23
4.2.6	Línea Diego de Almagro Sur – Illapa 1x220kV	25
5	Determinación de Potencia Máxima BESS Diego de Almagro Sur	27
5.1	Exigencias normativas y descripción de ensayos	27
5.1.1	Requerimientos normativos	27
5.1.2	Pruebas requeridas.....	28
5.1.3	Parámetros para reportar.....	29
5.2	Prueba de Potencia Máxima (Descarga).....	31
5.2.1	Determinación de Potencia Máxima Neta (Descarga)	33
5.2.2	Determinación de Potencia Máxima Bruta (Descarga)	33
5.3	Prueba de Potencia Máxima (Carga).....	36
5.3.1	Determinación de Potencia Máxima Neta (Carga).....	37
5.3.2	Determinación de Potencia Máxima Bruta (Carga).....	38
6	Conclusiones.....	40
ANEXO I	Antecedentes técnicos del PFV Diego de Almagro Sur	42
I.1.	Transformadores de bloque BT / MT	43
I.2.	Transformador de potencia SE Inca de Oro	44
I.3.	Transformador Zig-Zag (Reactor de neutro).....	45
I.4.	Cables de la red de media tensión en 33kV	46

I.5.	Banco de condensadores.....	48
I.6.	Transformador de servicios auxiliares PFV DAS 33/0.4kV.....	49
I.7.	Características generales de inversores solares.....	50
ANEXO II	Datasheet y pruebas fábrica transformador de bloque BT/MT y transformador de poder PFV Diego de Almagro Sur.....	54
ANEXO III	Datasheet Inversor y consumos auxiliares PFV.....	58
ANEXO IV	Datasheet de los paneles solares.....	62
ANEXO V	Especificaciones instrumentos de medición.....	64
ANEXO VI	Archivos adjuntos.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Ubicación geográfica referencial PFV y BESS Diego de Almagro Sur. Fuente: Google Earth.	12
Figura 4.2: Mapa de ubicación del PFV y BESS Diego de Almagro Sur en el SEN.	13
Figura 4.3: Diagrama unilíneal zona de influencia sin proyecto.	14
Figura 4.4: Diagrama unilíneal zona de influencia con proyecto.	15
Figura 4.5: Diagrama unilíneal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 1.	16
Figura 4.6: Diagrama unilíneal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 2.	17
Figura 4.7: Diagrama unilíneal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 3.	17
Figura 4.8: Parámetros de conductores para conexión de proyecto BESS.	19
Figura 4.9: Información técnica de transformador elevador CB3 [6] [11].	20
Figura 4.10: Información técnica de transformador elevador CB4 [6] [11].	20
Figura 4.11: Captura de parámetros del Transformador de SSAA CB3, Fabricante RHONA.	21
Figura 4.12: Captura de parámetros del Transformadores de SSAA CB4, Fabricante RHONA.	21
Figura 4.13: Características de ficha técnica de los inversores para los BESS [7]	22
Figura 4.14: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores FP4390K4H [8].	22
Figura 4.15: Aportes de los inversores FP4390K4H al cortocircuito, de acuerdo con documentación de fabricante [9].	23
Figura 4.16: Foto de placa módulos de baterías BESS DAS.	23
Figura 4.17: Curva de degradación de capacidad de almacenamiento BESS DAS. Fuente: Wartsila.	23
Figura 4.18: Configuración conjunto baterías por inversor de 4.39 MVA.	24
Figura 4.19: Silueta de torre de suspensión S220.1M h=20.4.	25
Figura 5.1: Esquema de planta de generación BESS acoplada con generación solar, configuración específica de central Diego de Almagro Sur.	29
Figura 5.2: Registros de potencia activa en paño J1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga).	31
Figura 5.3: Registros de potencia activa en paño F1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga). ...	31
Figura 5.4: Registros de potencia activa en paño F17 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga). ..	32
Figura 5.5: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 1. Prueba de potencia máxima (Descarga).	32
Figura 5.6: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 2. Prueba de potencia máxima (Descarga).	32
Figura 5.7: Registros de potencia activa en paño J1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).	36
Figura 5.8: Registros de potencia activa en paño F1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).	36
Figura 5.9: Registros de potencia activa en paño F17 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).	36
Figura 5.10: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 1. Prueba de potencia máxima (Descarga).	37
Figura 5.11: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 2. Prueba de potencia máxima (Descarga).	37
Figura 6.1: Diagrama unilíneal simplificado SE Elevadora Inca de Oro 220/33kV.	42
Figura 6.2: Configuración de alimentador con 4 inversores - PFV Diego de Almagro Sur.	43
Figura 6.3: Extracto placas transformadores Zig-Zag.	45
Figura 6.4: Extracto HCTG Resistencia de neutro de reactor.	45
Figura 6.5: Detalle cables red media tensión 33kV.	46
Figura 6.6: Diagrama unilíneal de alimentadores y centros de transformación PFV Diego de Almagro Sur.	47
Figura 6.7: Fotos de placa banco de condensadores.	48
Figura 6.8: Captura de parámetros del Transformadores de SSAA PFV DAS, Fabricante RHONA.	49
Figura 6.9: Características centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA).	51

Figura 6.10: Corrientes nominales y de cortocircuito MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA).	51
Figura 6.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U \geq U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante).....	52
Figura 6.12: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U=0.9U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante).....	53
Figura 6.13: Placa de datos Centro de transformación tipo MVPS-4600 S2- PFV Diego de Almagro Sur.....	60
Figura 6.14: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado.	61
Figura 6.15: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado.....	61
Figura 6.16: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec.	64
Figura 6.17: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Características de conductor de fase.....	25
Tabla 4.2: Características de cable de guardia. Red de media tensión en 33kV	26
Tabla 5.1: Promedio variables registradas durante la prueba de potencia máxima (Descarga).	33
Tabla 5.2: Cálculo de pérdidas de los transformadores de SS.AA.	34
Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas del cobre en los alimentadores F1 y F17.....	34
Tabla 5.4: Cálculo de pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV.....	35
Tabla 5.5: Resumen pérdidas sistema colector BESS.	35
Tabla 5.6: Promedio variables registradas durante la prueba de potencia máxima (Descarga).	37
Tabla 5.7: Cálculo de pérdidas de los transformadores de SS.AA.	38
Tabla 5.8: Cálculo de pérdidas del cobre en los alimentadores F1 y F17.....	38
Tabla 5.9: Cálculo de pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV.....	39
Tabla 5.10: Resumen pérdidas sistema colector BESS.	39
Tabla 6.1: Resumen de potencias calculadas y registradas asociadas a pruebas de potencia máxima.	40
Tabla 6.2: Parámetros eléctricos de transformadores elevadores PFV Diego de Almagro Sur. ANEXO I.....	43
Tabla 6.3: Parámetros eléctricos del transformador de poder de la SE Inca de Oro.	44
Tabla 6.4: Componentes principales del centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA). ..	50

1 INTRODUCCIÓN

Colbún S.A. desarrolla el proyecto de sistema de almacenamiento de energía por medio de batería (BESS) de 8MW/32MWh y NUP 3416, el cual se divide en dos (2) grupos de baterías por una potencia de 4MW cada uno, teniendo una conexión en el Switchgear 33kV de la SE Inca de Oro, ubicada en la Región de Atacama.

El proyecto BESS se conecta a las celdas en reserva del proyecto Parque Fotovoltaico (PFV) Diego de Almagro Sur, el cual entró en operación el mes de Julio del 2022, y que estaban instaladas para este objetivo. El PFV Diego de Almagro Sur posee una potencia instalada de 232 MWp/211.6MW de capacidad total, la energía del conjunto BESS más PFV Diego de Almagro Sur se evacuará a través de una línea de transmisión de circuito simple de 220 kV y 2.6 km de longitud que se conectará a la subestación Illapa 220 kV. Se totaliza una potencia total generada a nivel de inversores solares y del sistema de almacenamiento de baterías de 219.6 MW.

En el contexto del proceso de conexión y operación comercial del BESS es que se desarrollaron las pruebas de: Determinación de mínimo técnico, determinación de máxima potencia, parámetros proceso de partida y detención de unidades generadoras y validación de modelo dinámico. En el presente informe se entregan los resultados y conclusiones obtenidos en los ensayos de campo relacionados a la determinación de la potencia máxima del BESS Diego de Almagro Sur, realizadas en el mes de agosto del 2023.

2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo determinar la máxima potencia que podría entregar el BESS Diego de Almagro Sur, tanto en modo de carga y modo descarga. Las mediciones se realizan dando cumplimiento al Anexo Técnico de la NTSyCS “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”, septiembre del 2020, y bajo las recomendaciones del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

3 NOMENCLATURA

Las abreviaturas utilizadas tienen el siguiente significado:

BESS	<i>Battery Energy Storage System.</i>
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
EO	Entrada en operación
Gx	Generación
NTSyCS	Norma técnica de seguridad y calidad de servicio, septiembre 2020
NUP	Número único de proyecto
PES	Puesta en servicio
pu	Por unidad
PFV	Parque solar fotovoltaico
SEN	Sistema eléctrico nacional
SE	Subestación
SOC	<i>State of Charge</i>
Tx	Transmisión

4 ANTECEDENTES

Para llevar a cabo el presente estudio se toman en cuenta los siguientes documentos:

- [1]. Norma técnica de seguridad y calidad de servicio, CNE, septiembre 2020.
- [2]. Portal infotécnica del CEN.
- [3]. Portal WEB CEN, operación real del sistema.
- [4]. NUP 1265 - Informe Potencia Máxima - PFV Diego de Almagro Sur REV_1.
- [5]. PVDA-PV01-5-e1-MC-01-1, Memoria de cálculo de cables MT, Colbún – Dessau ingeniería.
- [6]. “Transformer datasheet and manual”, manual y placa de datos transformador elevador BESS, Wartsila – Power Electronics.
- [7]. “Datasheets, document number DDA-SPE-PEE-0001”, ficha de datos inversores FP4390k4H, Wartsila – Power Electronics.
- [8]. “PQ curves, document number DDA-SFD-PEE-0001”, curva PQ inversores FP4390k4H, Wartsila – Power Electronics.
- [9]. P21213-WAR-DL-0096_01.pdf (Documento que valida el aporte al cortocircuito de los inversores de los equipos BESS).
- [10]. PVDA-S42-5-e1-IN-14-0, Cálculo de niveles de cortocircuito y verificación de capacidad de ruptura de interruptores PFV Diego de Almagro Sur, Colbún – Dessau ingeniería.
- [11]. Pruebas de fabrica transformadores elevadores ELTAS: “P21213-WAR-DL-0118_01.pdf” y “P21213-WAR-DL-0119_01”.
- [12]. Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras, CNE.
- [13]. Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, CNE.
- [14]. Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras, CNE.
- [15]. Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos, CNE.
- [16]. Norma IEC 62933 Electrical energy storage (EES) systems, Unit parameters and testing methods.
- [17]. Norma IEEE: Standard Test Procedures for Electric Energy Storage Equipment and Systems for Electric Power Systems Applications.
- [18]. Procedimiento de pruebas (Pmax-MT-PPyD) BESS rev 1, Colbún – B&B Asociados, julio 2023.
- [19]. Technical Information Document – Sunny Central UP (-US), SMA Solar Technology, march 2020.

4.1 ANTECEDENTES GENERALES

4.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la incorporación de almacenamiento de energía por medio de baterías (BESS) con una potencia nominal de 8 MW y una capacidad de almacenamiento de 32 MWh con conexión a la SE Inca de Oro, asociada al proyecto PF Diego de Almagro Sur, cuya conexión se realizará al Switchgear en 33kV de la SE Inca de Oro, subestación que cuenta con celdas disponibles, actualmente en reserva para la conexión del BESS. El proyecto BESS junto al PF Diego de Almagro Sur se encuentran emplazados en la Comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral, Región de Atacama, aproximadamente a unos 25 km al sur de la ciudad Diego de Almagro y a 92.5 km al noreste de la ciudad de Copiapó, como se puede observar de forma referencial en la Figura 4.1.

La generación fotovoltaica del PF Diego de Almagro Sur corresponde a 232 MWp/211.6 MW, conectándose a la subestación elevadora Inca de Oro para ser evacuada mediante una línea de transmisión de circuito simple de 220 kV y 2.6 km de longitud, que se conecta a la subestación Illapa existente en 220 kV.

Como se menciona previamente, el BESS DAS posee una potencia y capacidad de almacenamiento nominal de 8 MW y 32MWh, respectivamente. Estos valores corresponden a los valores máximos de potencia y energía admisibles del BESS tanto en su carga como en su descarga. El BESS se diseña para tener un ciclo de carga y descarga diario, el cual puede cargar y descargar su energía nominal de 32MWh a potencia nominal (8MW) en un tiempo mínimo de 4 horas. El tiempo de carga y descarga es configurable, permitiendo cargar y descargar los 32MWh en periodos superiores a 4hrs, disminuyendo la potencia. El operar con tiempos de descarga o carga inferiores a 4hrs significará descargas y cargas de energía inferiores a los valores máximos nominales de energía del BESS (32MWh).

También, el BESS DAS puede inyectar y/o absorber la potencia activa y reactiva indicada en la Figura 4.14.



Figura 4.1: Ubicación geográfica referencial PFV y BESS Diego de Almagro Sur. Fuente: Google Earth.

La ubicación del proyecto BESS y por consiguiente del PFV Diego de Almagro Sur, con respecto al sistema eléctrico nacional, es el siguiente:

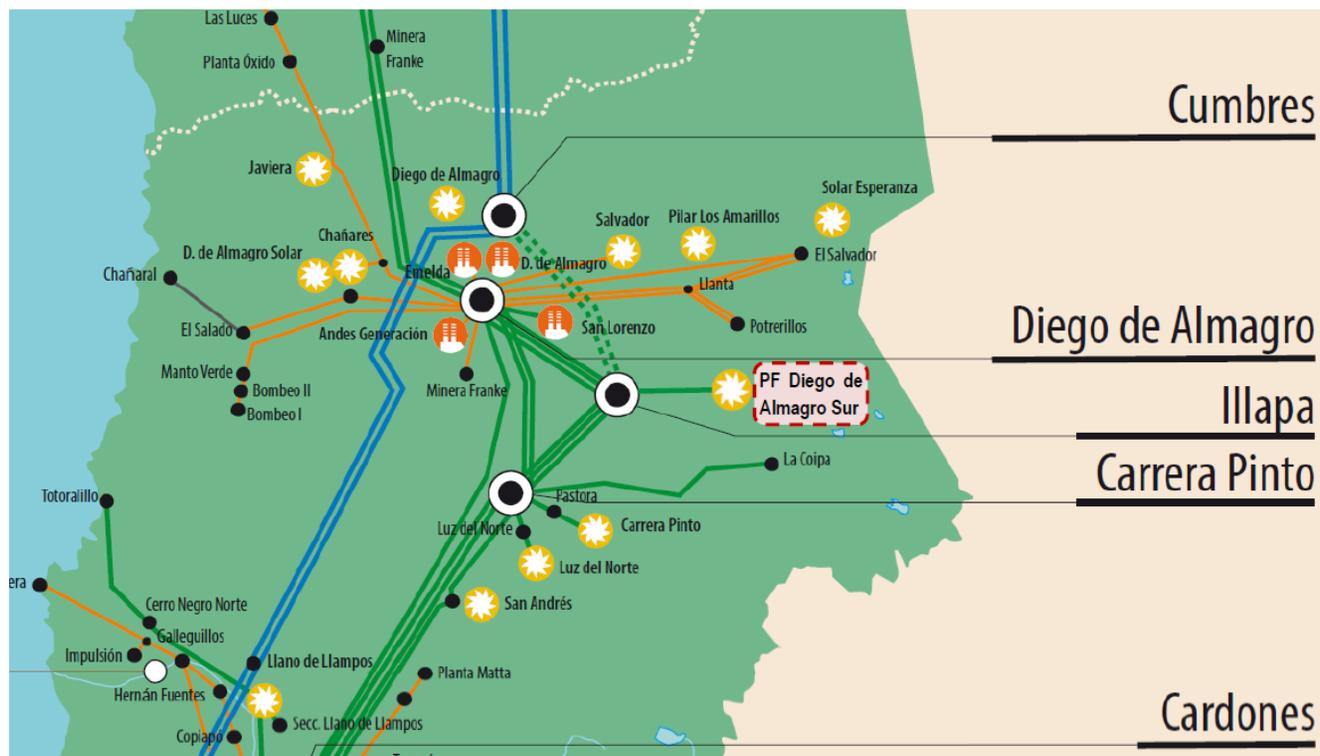


Figura 4.2: Mapa de ubicación del PFV y BESS Diego de Almagro Sur en el SEN.

4.1.2 Diagrama unilineal zona de interconexión del proyecto

En la Figura 4.3 se presenta el diagrama unilineal del entorno eléctrico en donde se conectará el proyecto, mientras que en la Figura 4.4 se presenta el diagrama unilineal después de la conexión del proyecto.

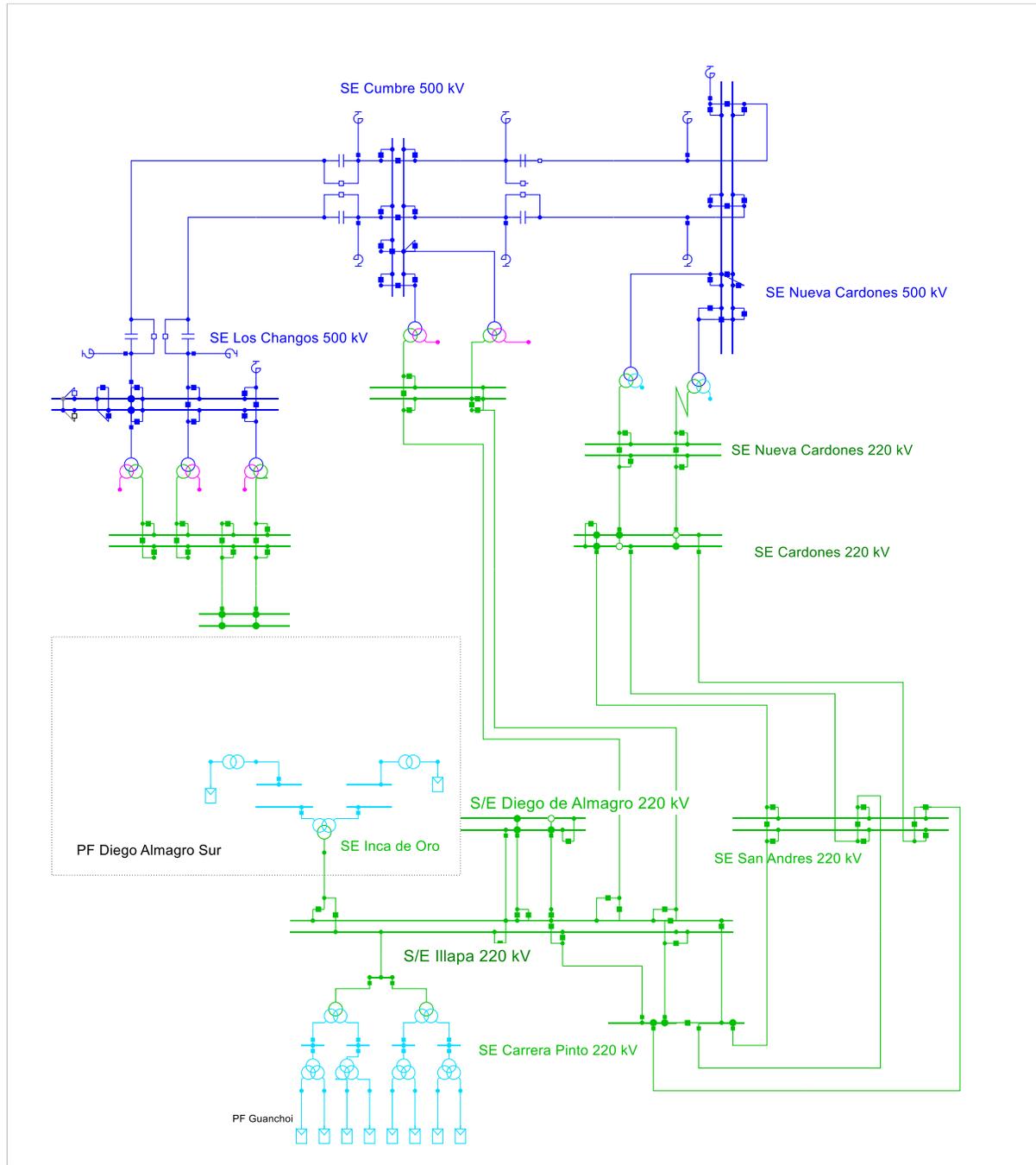


Figura 4.3: Diagrama unilineal zona de influencia sin proyecto.

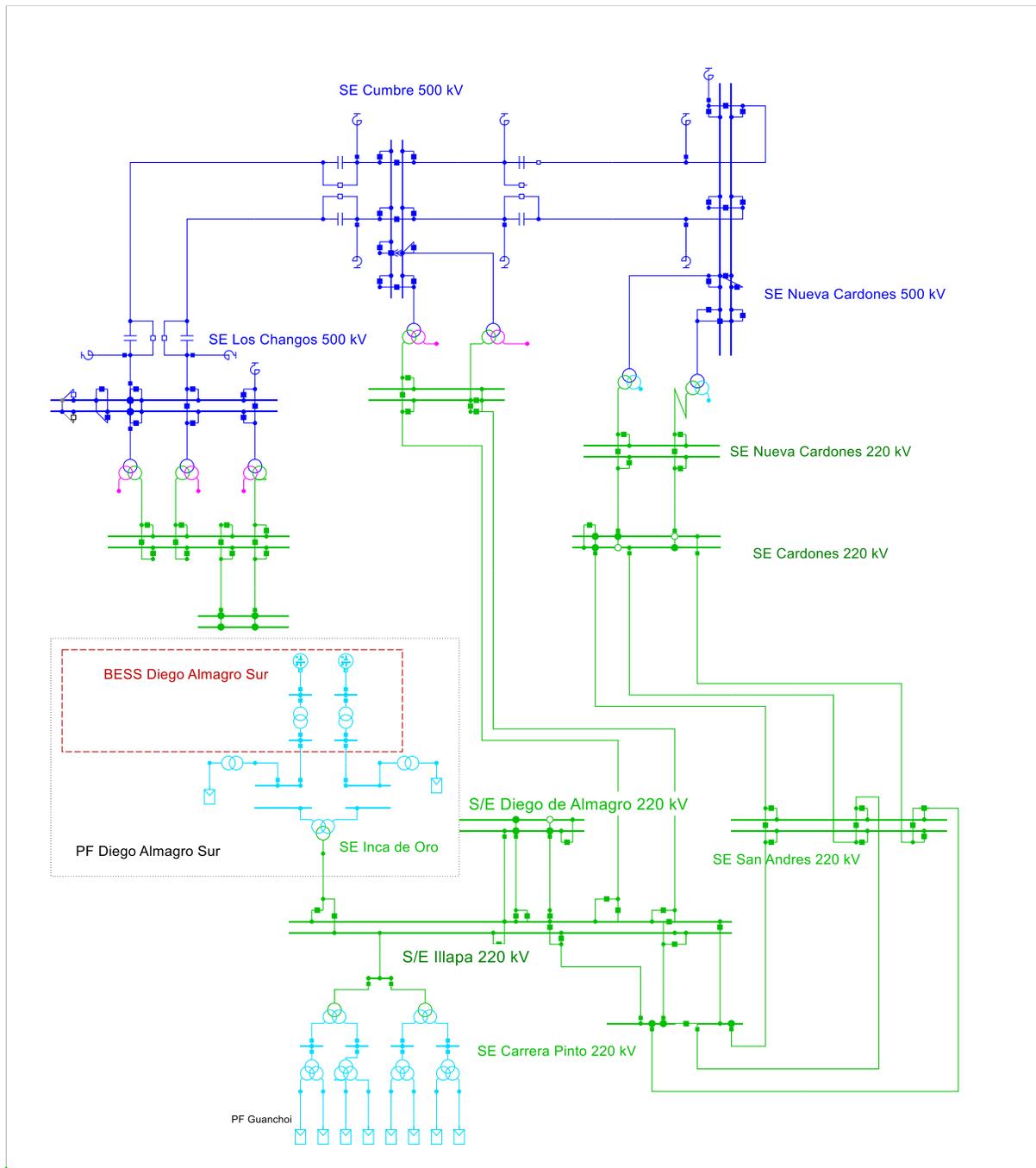


Figura 4.4: Diagrama unilineal zona de influencia con proyecto.

4.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS (BESS)

El proyecto sistema de almacenamiento de baterías (BESS) Diego de Almagro Sur, fue considerada en la topología de conexión 33kV del PFV Diego de Almagro Sur (con entrada en operación en julio 2022), quedando dos (2) celdas disponibles para la conexión del BESS. Según se detalla en el diagrama simplificado de la Figura 4.5, el punto de conexión del proyecto BESS tiene asociado las siguientes instalaciones y características:

- SE Inca de Oro 220/33/33kV 250MVA.
- PFV Diego de Almagro Sur 33kV 211.6MW.
- Proyecto BESS Diego de Almagro Sur 33kV 2x4MW.

PFV Diego de Almagro Sur posee 12 alimentadores que conectan los centros de transformación del parque con 2 barras de 33kV, correspondientes al devanado secundario y terciario del transformador de poder de la SE Inca de Oro. El proyecto BESS de 2X4MW se conecta en cada barra 33kV del switchgear de la SE Inca de Oro, tal como se muestra de forma esquemática en la Figura 4.6 y Figura 4.7.

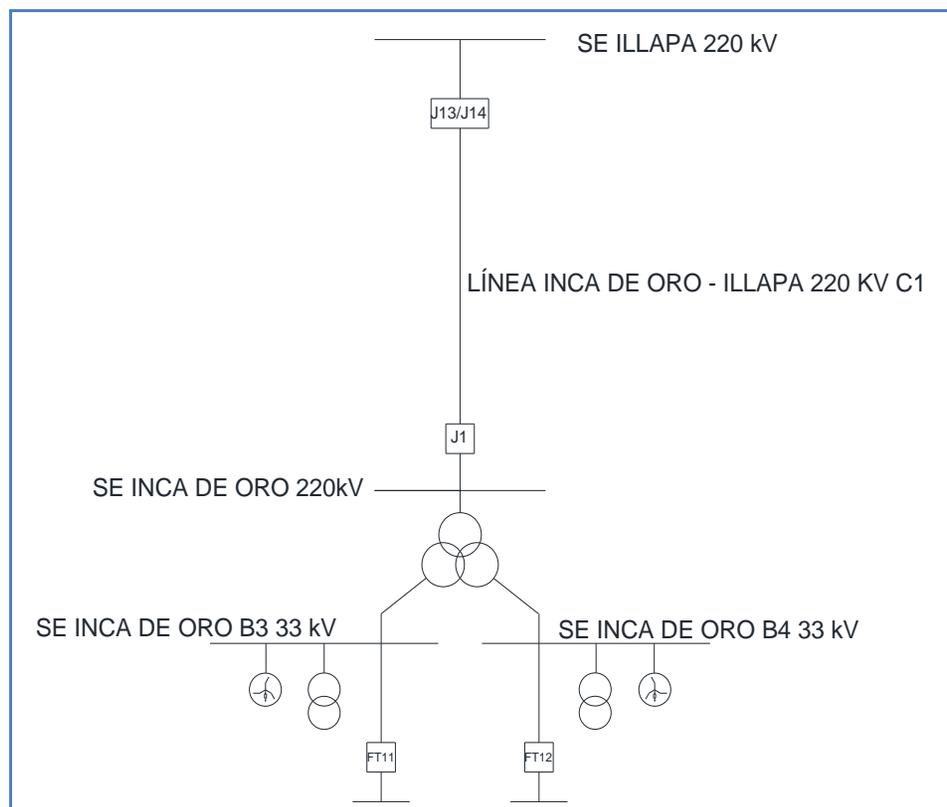


Figura 4.5: Diagrama unilineal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 1.

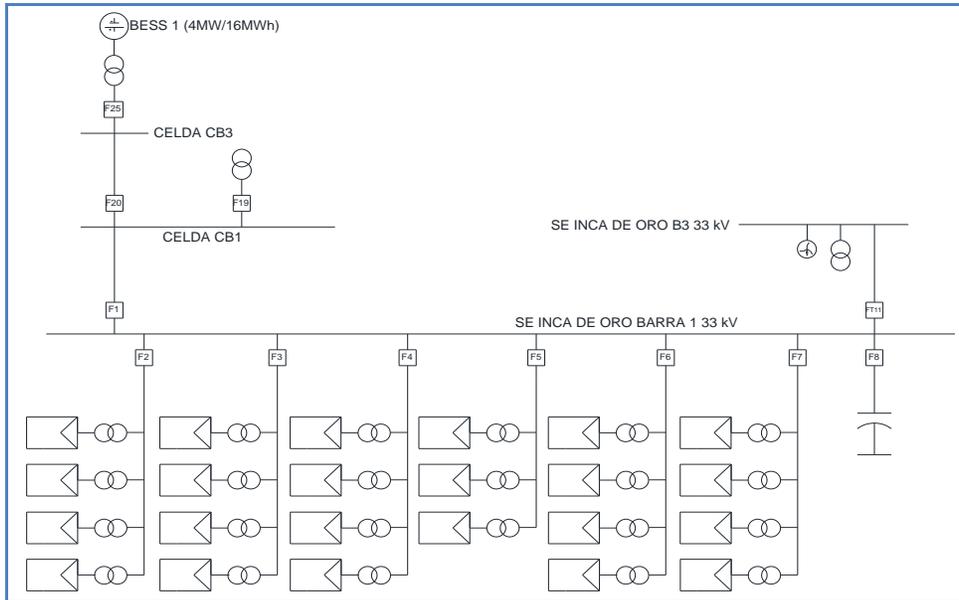


Figura 4.6: Diagrama unilineal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 2.

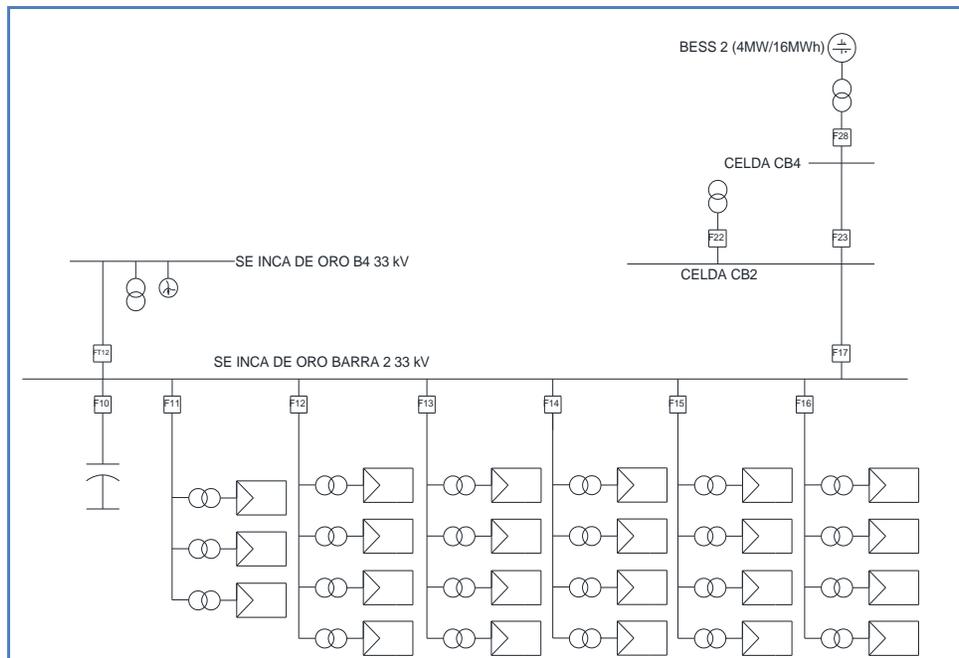


Figura 4.7: Diagrama unilineal MT e inversores – BESS y PFV Diego de Almagro Sur. Parte 3.

Los principales elementos pertenecientes a la red se desglosan a continuación:

- Línea aérea Inca de Oro – Illapa 1x220 kV (2.6 km).
- Transformador elevador 220/33/33 kV 250 MVA, SE Inca de Oro.
- Transformador zigzag 33kV (reactor de neutro).
- Red colectora 33kV (sistema de cables de 240 mm², 400 mm² y 630 mm²).
- Transformador del tipo MVPS 4600-S2, correspondiente al bloque de los inversores PFV.
- Inversores SMA parque solar.
- Transformador de servicios auxiliares parque fotovoltaico.
- Banco de condensadores: 40 Mvar, distribuidos entre el Switchgear 1 (20 Mvar) y Switchgear 2 (20 Mvar).
- Conductores colectores de sistema BESS.
- Transformador elevador sistema BESS.
- Transformador de SSAA sistema BESS.
- Inversores Power Electronics sistema BESS.

4.2.1 Conductor de Media Tensión en 33kV

Para la conexión del proyecto BESS a la barra de 33kV de la SE Inca de Oro se utiliza un doble conductor de 630 mm², cuyas características eléctricas entregadas por el fabricante se definen en el documento [5], y se presentan en la Figura 4.8. La longitud de cada conductor corresponde a la distancia aproximada a la que se encontrará cada módulo BESS a la barra en GIS de 33kV de la SE Inca de Oro, correspondientes a 160 m y 140 m para cada tramo.

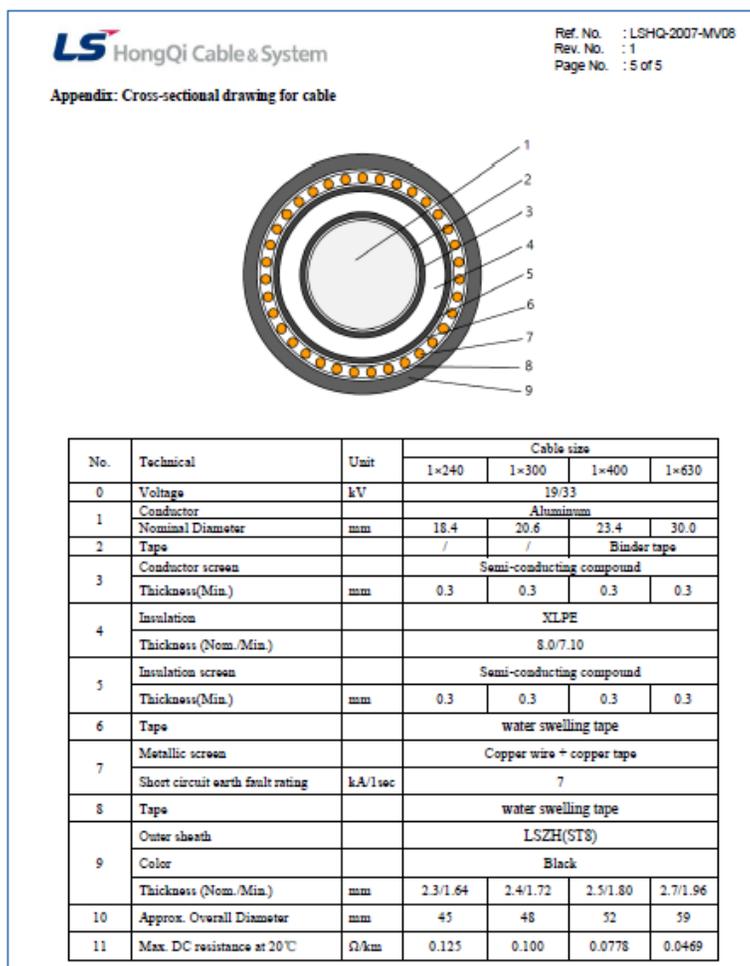


Figura 4.8: Parámetros de conductores para conexión de proyecto BESS.

4.2.2 Transformadores BESS 33/0.69kV 4.4 MVA

Para la conexión de cada sistema BESS se hará uso de transformadores de poder trifásicos Dy11 de 33/0.69kV de 4.4 MVA cada uno con cambiador de taps en vacío. Las características eléctricas expuestas en la ficha técnica entregada por el fabricante y ensayos de fábrica se muestran en la Figura 4.9 y Figura 4.10.

<p>22.06.2022 L8547 TRAF0 MT 4390kVA 33/0.69kV Dy11 YT-22-12118 TRANSFORMATOR SANAYI VE TICARET A.Ş. ALOSBI ÇORAKLAR MAHALLESİ 5011 SOKAK NO 5 ALIAGA / İZMİR / TURKEY Tel: (+90 232) 398 15 00. Telefax: 376 77 64 www.eltas.com.tr</p> <p>HERMETICALLY SEALED TYPE - LIQUID IMMERSED TRANSFORMER</p> <table border="1"> <tr> <td>RATED POWER</td> <td>4390 kVA</td> <td>YEAR</td> <td>05/2022</td> <td>STANDARD</td> <td>IEC 60076-1</td> </tr> <tr> <td>SERIAL NO.</td> <td>YT-22-12118</td> <td>COOLING</td> <td>ONAN</td> <td>VECTOR GROUP</td> <td>Dy11</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>34650 V</td> <td>V</td> <td>NO.OF PHASES</td> <td>3</td> <td>FREQUENCY 50 Hz</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>33825 V</td> <td>V</td> <td>Po</td> <td>3390 W</td> <td>Pk 35012 W</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>X 33000 V</td> <td>690 V</td> <td>CORE MATERIAL</td> <td colspan="2">CRGO</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>32175 V</td> <td>V</td> <td>CONDUCTOR WEIGHT</td> <td colspan="2">791 kg</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>31350 V</td> <td>V</td> <td>CORE WEIGHT</td> <td colspan="2">3061 kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V</td> <td>V</td> <td>HV / LV WINDING MATERIAL</td> <td colspan="2">AL/AL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V</td> <td>V</td> <td>TYPE OF LIQUID</td> <td colspan="2">SHELL DIALA 84 ZK4</td> </tr> <tr> <td>CURRENT</td> <td>76,8 A</td> <td>3673,3 A</td> <td>STANDARD OF LIQUID</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>SYSTEM S.C. POWER</td> <td>1000 MVA</td> <td>WEIGHT OF LIQUID</td> <td colspan="3">1860 kg</td> </tr> <tr> <td>S.C. IMPEDANCE</td> <td>7,31 %</td> <td>WEIGHT OF ACTIVE PART</td> <td colspan="3">4460 kg</td> </tr> <tr> <td>TEMP.RISE LIQUID / WINDING</td> <td>60/65 K</td> <td>TOTAL WEIGHT</td> <td colspan="3">8350 kg</td> </tr> <tr> <td>HV INSULATION LEVEL: Um</td> <td>36</td> <td>/ LI</td> <td>170</td> <td>/ AC</td> <td>70 kV</td> </tr> <tr> <td>LV INSULATION LEVEL: Um</td> <td>3,6</td> <td>/ LI</td> <td>20</td> <td>/ AC</td> <td>10 kV</td> </tr> </table> <p>POWER DERATING</p> <table border="1"> <tr> <td>INS.RESIST.</td> <td>HV/LV</td> <td>HV/TANK</td> <td>LV/TANK</td> <td>Temp. (°C)</td> <td>Power (kVA)</td> </tr> <tr> <td>60sn-20°C-M-D</td> <td>21424</td> <td>17222</td> <td>12709</td> <td>40</td> <td>4390</td> </tr> </table> <p>ETKT.0901.0498</p>	RATED POWER	4390 kVA	YEAR	05/2022	STANDARD	IEC 60076-1	SERIAL NO.	YT-22-12118	COOLING	ONAN	VECTOR GROUP	Dy11	1	34650 V	V	NO.OF PHASES	3	FREQUENCY 50 Hz	2	33825 V	V	Po	3390 W	Pk 35012 W	3	X 33000 V	690 V	CORE MATERIAL	CRGO		4	32175 V	V	CONDUCTOR WEIGHT	791 kg		5	31350 V	V	CORE WEIGHT	3061 kg			V	V	HV / LV WINDING MATERIAL	AL/AL			V	V	TYPE OF LIQUID	SHELL DIALA 84 ZK4		CURRENT	76,8 A	3673,3 A	STANDARD OF LIQUID			SYSTEM S.C. POWER	1000 MVA	WEIGHT OF LIQUID	1860 kg			S.C. IMPEDANCE	7,31 %	WEIGHT OF ACTIVE PART	4460 kg			TEMP.RISE LIQUID / WINDING	60/65 K	TOTAL WEIGHT	8350 kg			HV INSULATION LEVEL: Um	36	/ LI	170	/ AC	70 kV	LV INSULATION LEVEL: Um	3,6	/ LI	20	/ AC	10 kV	INS.RESIST.	HV/LV	HV/TANK	LV/TANK	Temp. (°C)	Power (kVA)	60sn-20°C-M-D	21424	17222	12709	40	4390	<p>ELTAŞ TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET A.Ş. TEST LABORATUVARLARI / TEST LABORATORIES</p> <p>Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.</p> <p>Seri No / Serial Number: YT-22-12118</p> <p>BOŞTA KAYIP VE AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ <i>Measurement of No-Load Loss and Currents</i></p> <p>Test Standardı / Test Standard IEC 60076-1:2011 Madde / Article 11.5 Test Cihazı/Test Device YOKOGAWA,WT330,Seri No/Serial Nr.C3RG22031E</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="4">İkaz Faktörü / Excitation Factor %100</th> </tr> <tr> <td></td> <td>AKIM(A)</td> <td>GERİLİM(V)</td> <td>GUÇ(W)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Current</td> <td>Voltage</td> <td>Power</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>6.4700</td> <td>396.56</td> <td>1666.0</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>4.6760</td> <td>399.26</td> <td>811.0</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>6.6540</td> <td>399.35</td> <td>927.0</td> </tr> <tr> <td>ORT (Avg)</td> <td>5.9333</td> <td>398.39</td> <td>Σ : 3404</td> </tr> </table> <p>Garanti Edilen/ Guaranteed Values P₀= 3850 W + % 15 V_{F.F} MEAN = 690.0 V V_{F.F} RMS = 693.0 V P₀ = 3390 W I₀ : 5.93 A I₀ : % 0.16</p> <p>KISA DEVRE GERİLİMİ VE YÜK KAYIPLARIN ÖLÇÜLMESİ <i>Measurement of Load Loss and Short Circuit Impedance</i></p> <p>Test Standardı / Test Standard IEC 60076-1:2011 Madde / Article 11.4 Test Cihazı/Test Device YOKOGAWA,WT330,Seri No/Serial Nr.C3RG22031E</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="4">Kademe / Tap position 3</th> </tr> <tr> <td></td> <td>AKIM(A)</td> <td>GERİLİM(V)</td> <td>GUÇ(W)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Current</td> <td>Voltage</td> <td>Power</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>76.302</td> <td>1385.00</td> <td>10850</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>76.981</td> <td>1393.70</td> <td>10050</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>77.228</td> <td>1388.70</td> <td>10950</td> </tr> <tr> <td>ORT (Avg)</td> <td>76.837</td> <td>1389.13</td> <td>Σ : 31850</td> </tr> </table> <p>Akim Düzeltme (Current Corr.) 0.99958459 Güç Düzeltme (Power Corr.) 0.99916936 In : 76.805 A Un : 2406.05 V Pk : 31824 W Garanti Edilen/ Guaranteed Values Pk= 34500 W + % 15 Pk (75 °C) = 35012 W Garanti Edilen/ Guaranteed Values %uk/usc = 7.80 ± % 10 % Uk/ Usc (75 °C) = 7.31</p>	İkaz Faktörü / Excitation Factor %100					AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)		Current	Voltage	Power	U	6.4700	396.56	1666.0	V	4.6760	399.26	811.0	W	6.6540	399.35	927.0	ORT (Avg)	5.9333	398.39	Σ : 3404	Kademe / Tap position 3					AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)		Current	Voltage	Power	U	76.302	1385.00	10850	V	76.981	1393.70	10050	W	77.228	1388.70	10950	ORT (Avg)	76.837	1389.13	Σ : 31850
	RATED POWER	4390 kVA	YEAR	05/2022	STANDARD	IEC 60076-1																																																																																																																																																									
SERIAL NO.	YT-22-12118	COOLING	ONAN	VECTOR GROUP	Dy11																																																																																																																																																										
1	34650 V	V	NO.OF PHASES	3	FREQUENCY 50 Hz																																																																																																																																																										
2	33825 V	V	Po	3390 W	Pk 35012 W																																																																																																																																																										
3	X 33000 V	690 V	CORE MATERIAL	CRGO																																																																																																																																																											
4	32175 V	V	CONDUCTOR WEIGHT	791 kg																																																																																																																																																											
5	31350 V	V	CORE WEIGHT	3061 kg																																																																																																																																																											
	V	V	HV / LV WINDING MATERIAL	AL/AL																																																																																																																																																											
	V	V	TYPE OF LIQUID	SHELL DIALA 84 ZK4																																																																																																																																																											
CURRENT	76,8 A	3673,3 A	STANDARD OF LIQUID																																																																																																																																																												
SYSTEM S.C. POWER	1000 MVA	WEIGHT OF LIQUID	1860 kg																																																																																																																																																												
S.C. IMPEDANCE	7,31 %	WEIGHT OF ACTIVE PART	4460 kg																																																																																																																																																												
TEMP.RISE LIQUID / WINDING	60/65 K	TOTAL WEIGHT	8350 kg																																																																																																																																																												
HV INSULATION LEVEL: Um	36	/ LI	170	/ AC	70 kV																																																																																																																																																										
LV INSULATION LEVEL: Um	3,6	/ LI	20	/ AC	10 kV																																																																																																																																																										
INS.RESIST.	HV/LV	HV/TANK	LV/TANK	Temp. (°C)	Power (kVA)																																																																																																																																																										
60sn-20°C-M-D	21424	17222	12709	40	4390																																																																																																																																																										
İkaz Faktörü / Excitation Factor %100																																																																																																																																																															
	AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)																																																																																																																																																												
	Current	Voltage	Power																																																																																																																																																												
U	6.4700	396.56	1666.0																																																																																																																																																												
V	4.6760	399.26	811.0																																																																																																																																																												
W	6.6540	399.35	927.0																																																																																																																																																												
ORT (Avg)	5.9333	398.39	Σ : 3404																																																																																																																																																												
Kademe / Tap position 3																																																																																																																																																															
	AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)																																																																																																																																																												
	Current	Voltage	Power																																																																																																																																																												
U	76.302	1385.00	10850																																																																																																																																																												
V	76.981	1393.70	10050																																																																																																																																																												
W	77.228	1388.70	10950																																																																																																																																																												
ORT (Avg)	76.837	1389.13	Σ : 31850																																																																																																																																																												

Figura 4.9: Información técnica de transformador elevador CB3 [6] [11].

<p>22.06.2022 L8547 TRAF0 MT 4390kVA 33/0.69kV Dy11 YT-22-12119 TRANSFORMATOR SANAYI VE TICARET A.Ş. ALOSBI ÇORAKLAR MAHALLESİ 5011 SOKAK NO 5 ALIAGA / İZMİR / TURKEY Tel: (+90 232) 398 15 00. Telefax: 376 77 64 www.eltas.com.tr</p> <p>HERMETICALLY SEALED TYPE - LIQUID IMMERSED TRANSFORMER</p> <table border="1"> <tr> <td>RATED POWER</td> <td>4390 kVA</td> <td>YEAR</td> <td>05/2022</td> <td>STANDARD</td> <td>IEC 60076-1</td> </tr> <tr> <td>SERIAL NO.</td> <td>YT-22-12119</td> <td>COOLING</td> <td>ONAN</td> <td>VECTOR GROUP</td> <td>Dy11</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>34650 V</td> <td>V</td> <td>NO.OF PHASES</td> <td>3</td> <td>FREQUENCY 50 Hz</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>33825 V</td> <td>V</td> <td>Po</td> <td>3353 W</td> <td>Pk 35075 W</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>X 33000 V</td> <td>690 V</td> <td>CORE MATERIAL</td> <td colspan="2">CRGO</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>32175 V</td> <td>V</td> <td>CONDUCTOR WEIGHT</td> <td colspan="2">791 kg</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>31350 V</td> <td>V</td> <td>CORE WEIGHT</td> <td colspan="2">3061 kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V</td> <td>V</td> <td>HV / LV WINDING MATERIAL</td> <td colspan="2">AL/AL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V</td> <td>V</td> <td>TYPE OF LIQUID</td> <td colspan="2">SHELL DIALA 84 ZK4</td> </tr> <tr> <td>CURRENT</td> <td>76,8 A</td> <td>3673,3 A</td> <td>STANDARD OF LIQUID</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>SYSTEM S.C. POWER</td> <td>1000 MVA</td> <td>WEIGHT OF LIQUID</td> <td colspan="3">1860 kg</td> </tr> <tr> <td>S.C. IMPEDANCE</td> <td>7,35 %</td> <td>WEIGHT OF ACTIVE PART</td> <td colspan="3">4460 kg</td> </tr> <tr> <td>TEMP.RISE LIQUID / WINDING</td> <td>60/65 K</td> <td>TOTAL WEIGHT</td> <td colspan="3">8350 kg</td> </tr> <tr> <td>HV INSULATION LEVEL: Um</td> <td>36</td> <td>/ LI</td> <td>170</td> <td>/ AC</td> <td>70 kV</td> </tr> <tr> <td>LV INSULATION LEVEL: Um</td> <td>3,6</td> <td>/ LI</td> <td>20</td> <td>/ AC</td> <td>10 kV</td> </tr> </table> <p>POWER DERATING</p> <table border="1"> <tr> <td>INS.RESIST.</td> <td>HV/LV</td> <td>HV/TANK</td> <td>LV/TANK</td> <td>Temp. (°C)</td> <td>Power (kVA)</td> </tr> <tr> <td>60sn-20°C-M-D</td> <td>31408</td> <td>28496</td> <td>14872</td> <td>40</td> <td>4390</td> </tr> </table> <p>ETKT.0901.0498</p>	RATED POWER	4390 kVA	YEAR	05/2022	STANDARD	IEC 60076-1	SERIAL NO.	YT-22-12119	COOLING	ONAN	VECTOR GROUP	Dy11	1	34650 V	V	NO.OF PHASES	3	FREQUENCY 50 Hz	2	33825 V	V	Po	3353 W	Pk 35075 W	3	X 33000 V	690 V	CORE MATERIAL	CRGO		4	32175 V	V	CONDUCTOR WEIGHT	791 kg		5	31350 V	V	CORE WEIGHT	3061 kg			V	V	HV / LV WINDING MATERIAL	AL/AL			V	V	TYPE OF LIQUID	SHELL DIALA 84 ZK4		CURRENT	76,8 A	3673,3 A	STANDARD OF LIQUID			SYSTEM S.C. POWER	1000 MVA	WEIGHT OF LIQUID	1860 kg			S.C. IMPEDANCE	7,35 %	WEIGHT OF ACTIVE PART	4460 kg			TEMP.RISE LIQUID / WINDING	60/65 K	TOTAL WEIGHT	8350 kg			HV INSULATION LEVEL: Um	36	/ LI	170	/ AC	70 kV	LV INSULATION LEVEL: Um	3,6	/ LI	20	/ AC	10 kV	INS.RESIST.	HV/LV	HV/TANK	LV/TANK	Temp. (°C)	Power (kVA)	60sn-20°C-M-D	31408	28496	14872	40	4390	<p>ELTAŞ TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET A.Ş. TEST LABORATUVARLARI / TEST LABORATORIES</p> <p>Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.</p> <p>Seri No / Serial Number: YT-22-12119</p> <p>BOŞTA KAYIP VE AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ <i>Measurement of No-Load Loss and Currents</i></p> <p>Test Standardı / Test Standard IEC 60076-1:2011 Madde / Article 11.5 Test Cihazı/Test Device YOKOGAWA,WT330,Seri No/Serial Nr.C3RG22031E</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="4">İkaz Faktörü / Excitation Factor %100</th> </tr> <tr> <td></td> <td>AKIM(A)</td> <td>GERİLİM(V)</td> <td>GUÇ(W)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Current</td> <td>Voltage</td> <td>Power</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>6.6200</td> <td>396.51</td> <td>1691.0</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>4.6980</td> <td>399.49</td> <td>800.0</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>6.7230</td> <td>399.30</td> <td>874.0</td> </tr> <tr> <td>ORT (Avg)</td> <td>6.0137</td> <td>398.43</td> <td>Σ : 3365</td> </tr> </table> <p>Garanti Edilen/ Guaranteed Values P₀= 3850 W + % 15 V_{F.F} MEAN = 690.1 V V_{F.F} RMS = 692.6 V P₀ = 3353 W I₀ : 6.01 A I₀ : % 0.16</p> <p>KISA DEVRE GERİLİMİ VE YÜK KAYIPLARIN ÖLÇÜLMESİ <i>Measurement of Load Loss and Short Circuit Impedance</i></p> <p>Test Standardı / Test Standard IEC 60076-1:2011 Madde / Article 11.4 Test Cihazı/Test Device YOKOGAWA,WT330,Seri No/Serial Nr.C3RG22031E</p> <table border="1"> <tr> <th colspan="4">Kademe / Tap position 3</th> </tr> <tr> <td></td> <td>AKIM(A)</td> <td>GERİLİM(V)</td> <td>GUÇ(W)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Current</td> <td>Voltage</td> <td>Power</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>76.164</td> <td>1392.20</td> <td>10690</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>77.118</td> <td>1402.10</td> <td>10050</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>77.182</td> <td>1397.40</td> <td>11160</td> </tr> <tr> <td>ORT (Avg)</td> <td>76.821</td> <td>1397.23</td> <td>Σ : 31900</td> </tr> </table> <p>Akim Düzeltme (Current Corr.) 0.99978844 Güç Düzeltme (Power Corr.) 0.99957693 In : 76.805 A Un : 2420.08 V Pk : 31887 W Garanti Edilen/ Guaranteed Values Pk= 34500 W + % 15 Pk (75 °C) = 35075 W Garanti Edilen/ Guaranteed Values %uk/usc = 7.80 ± % 10 % Uk/ Usc (75 °C) = 7.35</p>	İkaz Faktörü / Excitation Factor %100					AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)		Current	Voltage	Power	U	6.6200	396.51	1691.0	V	4.6980	399.49	800.0	W	6.7230	399.30	874.0	ORT (Avg)	6.0137	398.43	Σ : 3365	Kademe / Tap position 3					AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)		Current	Voltage	Power	U	76.164	1392.20	10690	V	77.118	1402.10	10050	W	77.182	1397.40	11160	ORT (Avg)	76.821	1397.23	Σ : 31900
	RATED POWER	4390 kVA	YEAR	05/2022	STANDARD	IEC 60076-1																																																																																																																																																									
SERIAL NO.	YT-22-12119	COOLING	ONAN	VECTOR GROUP	Dy11																																																																																																																																																										
1	34650 V	V	NO.OF PHASES	3	FREQUENCY 50 Hz																																																																																																																																																										
2	33825 V	V	Po	3353 W	Pk 35075 W																																																																																																																																																										
3	X 33000 V	690 V	CORE MATERIAL	CRGO																																																																																																																																																											
4	32175 V	V	CONDUCTOR WEIGHT	791 kg																																																																																																																																																											
5	31350 V	V	CORE WEIGHT	3061 kg																																																																																																																																																											
	V	V	HV / LV WINDING MATERIAL	AL/AL																																																																																																																																																											
	V	V	TYPE OF LIQUID	SHELL DIALA 84 ZK4																																																																																																																																																											
CURRENT	76,8 A	3673,3 A	STANDARD OF LIQUID																																																																																																																																																												
SYSTEM S.C. POWER	1000 MVA	WEIGHT OF LIQUID	1860 kg																																																																																																																																																												
S.C. IMPEDANCE	7,35 %	WEIGHT OF ACTIVE PART	4460 kg																																																																																																																																																												
TEMP.RISE LIQUID / WINDING	60/65 K	TOTAL WEIGHT	8350 kg																																																																																																																																																												
HV INSULATION LEVEL: Um	36	/ LI	170	/ AC	70 kV																																																																																																																																																										
LV INSULATION LEVEL: Um	3,6	/ LI	20	/ AC	10 kV																																																																																																																																																										
INS.RESIST.	HV/LV	HV/TANK	LV/TANK	Temp. (°C)	Power (kVA)																																																																																																																																																										
60sn-20°C-M-D	31408	28496	14872	40	4390																																																																																																																																																										
İkaz Faktörü / Excitation Factor %100																																																																																																																																																															
	AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)																																																																																																																																																												
	Current	Voltage	Power																																																																																																																																																												
U	6.6200	396.51	1691.0																																																																																																																																																												
V	4.6980	399.49	800.0																																																																																																																																																												
W	6.7230	399.30	874.0																																																																																																																																																												
ORT (Avg)	6.0137	398.43	Σ : 3365																																																																																																																																																												
Kademe / Tap position 3																																																																																																																																																															
	AKIM(A)	GERİLİM(V)	GUÇ(W)																																																																																																																																																												
	Current	Voltage	Power																																																																																																																																																												
U	76.164	1392.20	10690																																																																																																																																																												
V	77.118	1402.10	10050																																																																																																																																																												
W	77.182	1397.40	11160																																																																																																																																																												
ORT (Avg)	76.821	1397.23	Σ : 31900																																																																																																																																																												

Figura 4.10: Información técnica de transformador elevador CB4 [6] [11].

4.2.3 Transformador de servicios auxiliares 33/0.4kV

Por cada BESS se contará con un transformador de servicios auxiliares 33/0.4kV. En la Figura 4.11 y Figura 4.12 se presentan las características eléctricas señaladas en la placa de datos y ensayos respectivos de cada transformador.



Doc ID: P21213-WAR-DL-0086_01

CERTIFICADO DE PRUEBAS

RHONA

N° CERTIFICADO	: 0000080128	N° SERIE	: 75711	CLIENTE	: WARTSILA CHILE LIMITADA
O.C.N°	: 4450504288	N° OT	: 07005333-21	FECHA DE EMISIÓN	: 28/05/2022
FABRICANTE	: RHONA S.A	N° TAG	: SIN TAG	TIPO	: PAD MOUNTED
PRODUCTO	: TRANSFORMADOR 3F 150KVA 33/4 KV				

POTENCIA [kVA]	: 150	REFRIGERACIÓN	: OA	ELEVACIÓN DE T°	: 65 [°C]
TENSION AT [V]	: 33000	DERIVACIONES	: 34650 - 33825 - 33000 - 32175 - 31350	TENSION BT [V]	: 400
POLARIDAD	: Dym1	FLUIDO AISLANTE	: Aceite Vegetal	FRECUENCIA	: 50 [Hz]
ALT DE OPERACIÓN [1200 (mm)]		FASES	: 3	PESO TOTAL	: 1840 [kg]

PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN						
FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN			I3 [A]	CORRIENTE EXCITACIÓN [A]	PÉRDIDAS EN VACÍO [W]
	TERMINAL [V]	I1 [A]	I2 [A]			
50	BT	400	4.78	3.68	4.54	705

PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA						
FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN DERIVACIÓN [V]	I NOMINAL [A]	TEMP° ENSAYO [°C] : 18		A T° [°C] : 75	PÉRDIDAS EN CARGA [W]
			Vcc [%]	Wcc [W]		
50	33000	2.62	4.01	1507	4.06	1813

PÉRDIDAS TOTALES	
FRECUENCIA [Hz]	PÉRDIDAS TOTALES [W]
50	2518

Figura 4.11: Captura de parámetros del Transformador de SSAA CB3, Fabricante RHONA.



Doc ID: P21213-WAR-DL-0087_01

CERTIFICADO DE PRUEBAS

RHONA

N° CERTIFICADO	: 0000080129	N° SERIE	: 75712	CLIENTE	: WARTSILA CHILE LIMITADA
O.C.N°	: 4450504288	N° OT	: 07005333-21	FECHA DE EMISIÓN	: 28/05/2022
FABRICANTE	: RHONA S.A	N° TAG	: SIN TAG	TIPO	: PAD MOUNTED
PRODUCTO	: TRANSFORMADOR 3F 150KVA 33/4 KV				

POTENCIA [kVA]	: 150	REFRIGERACIÓN	: OA	ELEVACIÓN DE T°	: 65 [°C]
TENSION AT [V]	: 33000	DERIVACIONES	: 34650 - 33825 - 33000 - 32175 - 31350	TENSION BT [V]	: 400
POLARIDAD	: Dym1	FLUIDO AISLANTE	: Aceite Vegetal	FRECUENCIA	: 50 [Hz]
ALT DE OPERACIÓN [1200 (mm)]		FASES	: 3	PESO TOTAL	: 1840 [kg]

PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN						
FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN			I3 [A]	CORRIENTE EXCITACIÓN [A]	PÉRDIDAS EN VACÍO [W]
	TERMINAL [V]	I1 [A]	I2 [A]			
50	BT	401	4.78	3.63	4.77	698

PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA						
FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN DERIVACIÓN [V]	I NOMINAL [A]	TEMP° ENSAYO [°C] : 19		A T° [°C] : 75	PÉRDIDAS EN CARGA [W]
			Vcc [%]	Wcc [W]		
50	33000	2.62	4.09	1502	4.14	1811

PÉRDIDAS TOTALES	
FRECUENCIA [Hz]	PÉRDIDAS TOTALES [W]
50	2509

Figura 4.12: Captura de parámetros del Transformadores de SSAA CB4, Fabricante RHONA.

4.2.4 Inversores

Para la implementación de los BESS se utilizarán inversores de una potencia de 4.39MVA con temperatura de diseño a -35°C hasta 60°C, considerando una tensión de 1 pu y factor de potencia unitario. Los inversores del BESS son de marca *Power Electronics*, modelo FP4390K4H, los cuales poseen la siguiente ficha técnica:

INVERTER	Series	Freemaq PCSK GEN 3	
	Model	FP4390K4H	
OUTPUT	Operating Temperature	-35°C to 60°C / Active power derating >50°C	
	Rated AC Output Power $\leq 40^\circ\text{C}$ and $\leq 2000\text{masl}$	4390kVA ^[1]	
	Operating Grid Voltage (VAC)	690V \pm 10% ^[2]	
	Grid Frequency	50Hz	
INPUT	THDi	<3% at any load condition	
	MPPT @full power (VDC) @35°C ^[3]	976-1500V	
EFFICIENCY	MPPT @full power (VDC) @50°C ^[3]	976-1310V	
	Max. Efficiency PCA, nom(η)	98,93%	
CABINET	Protection Degree	IP55 (Outdoor installation)	
	Colour	RAL7035	
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x2.2 ^[4]	
	Humidity Control	Yes, active heating	
PROTECTIONS	Overvoltage protection AC main	Type II	
	Overvoltage protection DC	Type II	
	AC Automatic circuit breaker	Included	
DC CONNECTION	Disconnection	DC Switch Disconnecter	Included
	Ground fault detection	Isolation monitoring (Floating system)	
	Separate DC bus inputs	4	
COMMUNICATIONS		Modbus RTU (RS485) Modbus TCP / IP (Ethernet) Bottom DC input (blind plates)	
POWER CABLES INPUT		Top side AC Output	
POWER CABLES OUTPUT		5 kVA at 400 V (3-phase), 50 Hz	
AUXILIARY SERVICES	User power supply options	Integrated in the inverter.	
	User cabinet	Forced air	
	Cooling	Ethernet (RJ45)	
OTHERS		Ethernet (RJ45)	

[1] Values at 1.00 V_{ac} nom and cos $\Phi = 1$. Consult Power Electronics for derating curves.
 [2] Consult Power Electronics for other configurations.
 [3] Consult Power Electronics for temperature derating curves.
 [4] Approximate dimensions during the offer stage. Dimensions will be confirmed with the Purchase Order

Figura 4.13: Características de ficha técnica de los inversores para los BESS [7]

A continuación, se presenta la curva PQ entregada por el fabricante en el documento [8].

PQ curve

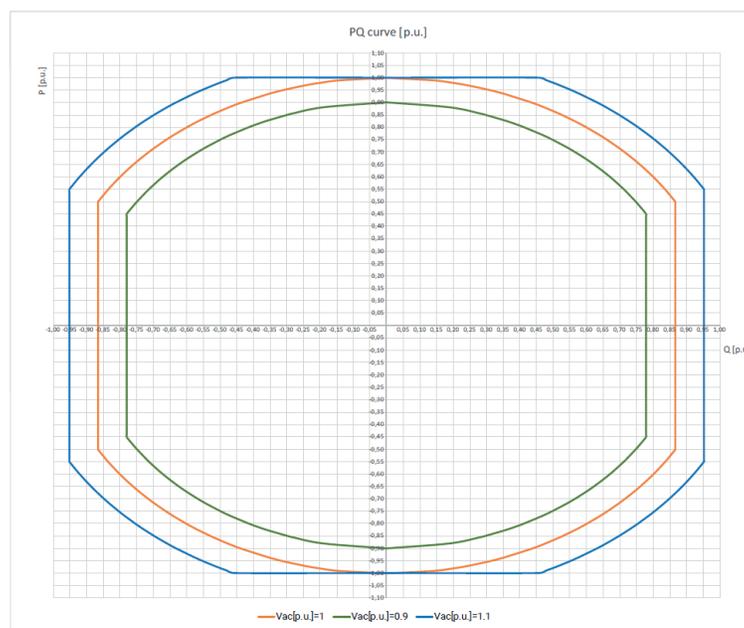


Figura 4.14: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva de los inversores FP4390K4H [8].

Con respecto al aporte al cortocircuito, se presenta la información entregada por el fabricante en el documento [9].

The following table shows the short circuit values and the duration:

I_p (kA)	I_k'' (kA)	Peak Duration (ms)	Total Duration (ms)
16,200	5,728	<5	<30

Figura 4.15: Aportes de los inversores FP4390K4H al cortocircuito, de acuerdo con documentación de fabricante [9].

4.2.5 Baterías

El sistema de almacenamiento está compuesto por un arreglo de baterías Wärtsilä de 1490 kWh. La foto de placa de cada módulo de baterías se presenta en la Figura 4.16, mientras que en la Figura 4.17 se entrega la curva de degradación de capacidad de almacenamiento.



Figura 4.16: Foto de placa módulos de baterías BESS DAS.

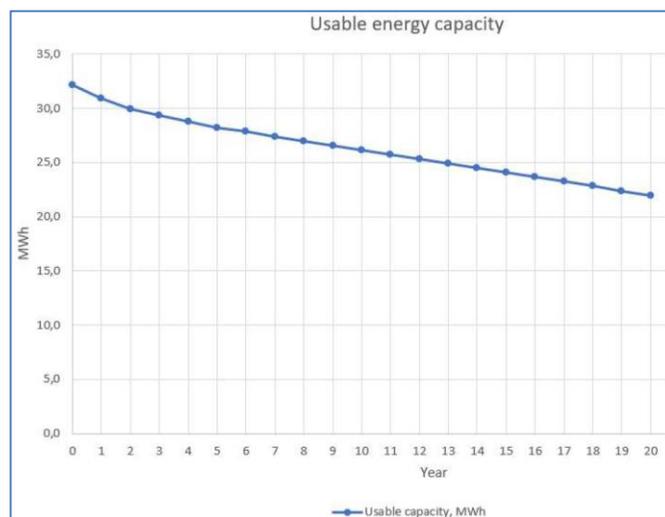


Figura 4.17: Curva de degradación de capacidad de almacenamiento BESS DAS. Fuente: Wartsila.

Cada conjunto de baterías por inversor consiste en 2 filas que contienen 6 cubos de baterías de 372.5 kW y 1490 kWh cada uno. La configuración de cubos de baterías por cada inversor se presenta en la Figura 4.18.

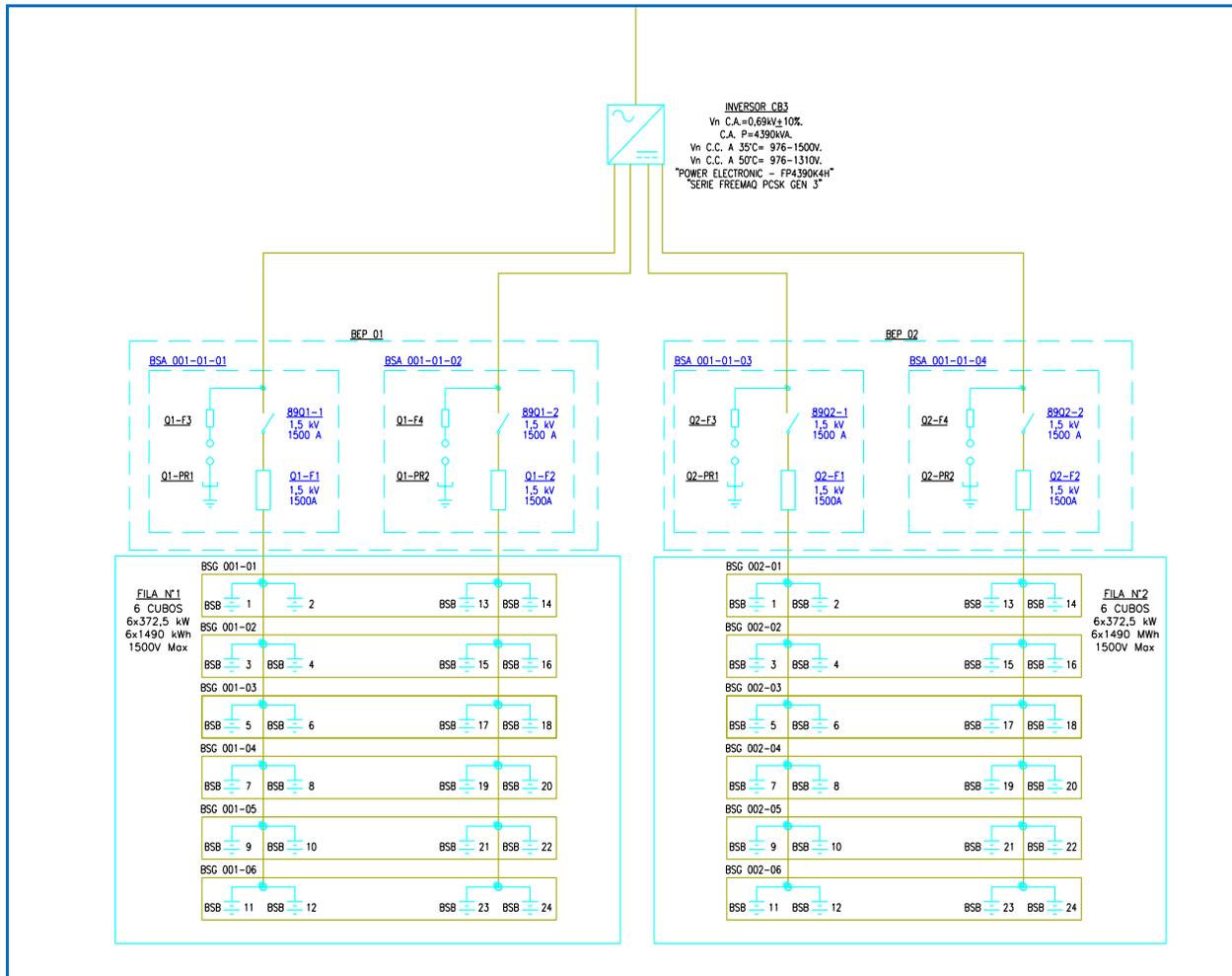


Figura 4.18: Configuración conjunto baterías por inversor de 4.39 MVA.

4.2.6 Línea Diego de Almagro Sur – Illapa 1x220kV

El BESS y PFV Diego de Almagro Sur evacuarán su potencia a través de una línea de transmisión de simple circuito de 220 kV y 2.6 km de largo (sin transposiciones). Además, esta línea tendrá un cable de guardia tipo OPGW para brindar protección a la línea contra descargas atmosféricas y proporcionar un canal de comunicación entre las subestaciones de ambos extremos.

Se utiliza la torre de suspensión S220.1M H=20.4 para el modelamiento de la línea 1x220 kV Inca de Oro - Illapa, la cual es la estructura más representativa de la línea. A continuación, se muestra la silueta de la estructura utilizada:

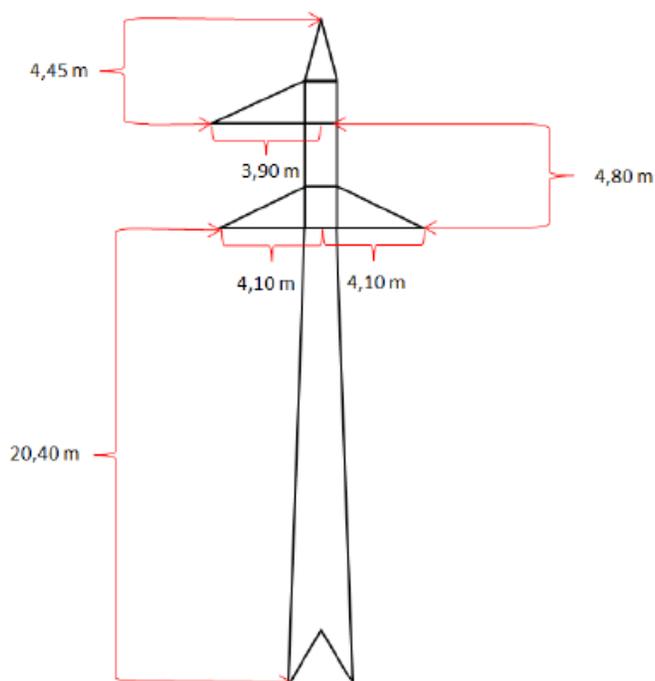


Figura 4.19: Silueta de torre de suspensión S220.1M h=20.4

El tipo de conductor de la línea corresponde a FLINT 375.4 mm², cuyas principales características se indican a continuación:

Características	Valor
Tipo	Aleación de aluminio (AAAC)
Nombre de código	Flint
Sección transversal	375.4 [mm ²]
Diámetro nominal del conductor	25.16 [mm]
Tensión de rotura	11.041 [kg]
Peso del conductor	1.0299 [kg]
Radio medio geométrico	9.797 [mm]
Resistencia DC a 20°C	0.08944 [Ω /km]

Tabla 4.1: Características de conductor de fase.

Del mismo modo, en la Tabla 4.2 se muestran las principales características del conductor utilizado para el cable de guardia son:

Características	Valor
Tipo	OPGW 24 Fibras
Sección transversal	121.86 [mm ²]
Diámetro nominal del conductor	14.6 [mm]
Radio medio geométrico	5.69 [mm]
Resistencia DC a 20°C	0.327 [Ω /km]
Resistencia DC a 30°C	0.338 [Ω /km]
Tipo	OPGW 24 Fibras

Tabla 4.2: Características de cable de guardia. Red de media tensión en 33kV

5 DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA BESS DIEGO DE ALMAGRO SUR

5.1 EXIGENCIAS NORMATIVAS Y DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS

5.1.1 Requerimientos normativos

Las instalaciones que desean conectarse al sistema eléctrico nacional (SEN) deben cumplir con los requerimientos de la NTSyCS, y con los anexos técnicos que la complementan. De esta forma, el propietario de la instalación deberá entregar la información técnica requerida y respaldar los parámetros de operación.

Durante el periodo de puesta en servicio de instalaciones de generación en el SEN, se deben validar los siguientes parámetros de acuerdo con lo establecido en los respectivos Anexos Técnicos:

- Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras.
- Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
- Determinación de Parámetros para los procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.

Las Empresas Generadoras cuyas unidades generadoras hayan entrado en operación en el SEN y aquellas que estén realizando pruebas de operatividad previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador, la potencia máxima que es capaz de generar su parque o central, conforme a los plazos y formas de acuerdo con lo requerido en el anexo técnico: “Pruebas de potencia máxima en unidades generadoras”.

El anexo técnico mencionado anteriormente, en su artículo 39 “Potencia Máxima en unidades generadoras cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación” se indica que:

“En el caso de centrales de energía renovable que no tengan capacidad de regulación, la empresa generadora deberá entregar un informe técnico emitido por un experto técnico, cuya revisión y plazos para aprobar el valor informado, se regirá por lo establecido en el presente Anexo.”

“Cualquiera sea el caso, el informe, deberá especificar las metodologías, cálculos utilizados y todos antecedentes y aspectos técnicos que fueron utilizados para la obtención del valor de Potencia Máxima informado.”

Además, en su artículo 9 “Consideraciones en la determinación del valor de Potencia Máxima: El valor de Potencia Máxima de las unidades generadoras señalado en el presente Anexo, deberá ser representativo de las características técnicas propias de dichas unidades. Aquellas restricciones operativas tales como restricciones del sistema de transmisión, medioambientales, convenios de riesgo, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor”.

Por ende, el presente informe técnico contiene la información solicitada en el anexo técnico “Pruebas de potencia máxima en unidades generadoras”.

5.1.2 Pruebas requeridas

Los anexos técnicos mencionados, así como las guías técnicas elaboradas por el CEN, especifican de forma detallada los procedimientos y obtención de resultados que validan la información respecto de las unidades de generación convencional y de energía renovable. No obstante, estos documentos no contienen procedimientos específicos para las pruebas que se deben desarrollar a los equipos de almacenamiento de energía activa o ESS (*Energy Storage Systems*).

La presente sección expone los procedimientos de pruebas específicas para BESS, los cuales fueron aprobados por el CEN [18], que permiten verificar el correcto cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos ya citados. El procedimiento para las pruebas de potencia máxima en BESS se basa en los documentos [1], [12], [15] y [16].

En las plantas tipo BESS se puede considerar que se deben medir los valores de potencia a lo menos en dos escenarios: El primero consiste en la potencia máxima que el BESS puede inyectar al sistema eléctrico, y la segunda consiste en la potencia máxima que el BESS puede absorber. Ambas potencias no necesariamente son idénticas, ya que podría existir restricciones debido a la aplicación, tecnología y condiciones de diseño del fabricante.

Por otro lado, el anexo técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” indica en su artículo 16 lo siguiente: “... el valor de Potencia Máxima deberá medirse para un período mínimo de operación de 5 horas continuas, durante el cual las unidades generadoras deberán mantener en forma estable, continua y sin interrupción la potencia activa bruta en sus bornes de salida.”. Para el caso de plantas tipo BESS, el periodo de operación a potencia nominal puede diferir de las 5 horas requeridas por la normativa, ya que el dimensionamiento de cada BESS depende del tipo de uso, tecnología y condiciones de operación específicas.

En base a lo señalado anteriormente, se requiere medir los siguientes parámetros:

- **Potencia máxima de descarga continua:** ($P_{m\acute{a}xima-D}$) Valor de potencia activa máxima que el BESS puede inyectar energía para todo el rango de SOC (*State of Charge*) permitido por el fabricante. En el caso del BESS DAS, la potencia máxima de descarga concuerda con su potencia nominal, es decir, descarga con 8 MW durante 4 horas.
- **Potencia máxima de carga continua:** ($P_{m\acute{a}xima-C}$) Valor de potencia activa máxima que el BESS puede absorber energía para todo el rango de SOC permitido por el fabricante. En el caso del BESS DAS, la potencia máxima de carga concuerda con su potencia nominal, es decir, carga con 8 MW durante 4 horas.

Considerando lo expuesto, para dar cumplimiento a las pruebas de Potencia Máxima se proponen los siguientes ensayos:

- i. Prueba 1: Con el BESS inyectar potencia activa máxima durante el tiempo máximo que permita que el estado de carga de la batería vaya desde SOC máximo al SOC mínimo.
- ii. Prueba 2: Con el BESS absorber potencia activa máxima durante el tiempo máximo que permita que el estado de carga de la batería vaya desde SOC mínimo al SOC máximo.

5.1.3 Parámetros para reportar

En la Figura 5.1 se muestra el esquema de una central de generación que posee un sistema BESS acoplado a una planta de generación de energía renovable variable (ERV). Además, se presenta de forma esquemática la disposición de los servicios auxiliares del BESS Diego de Almagro Sur.

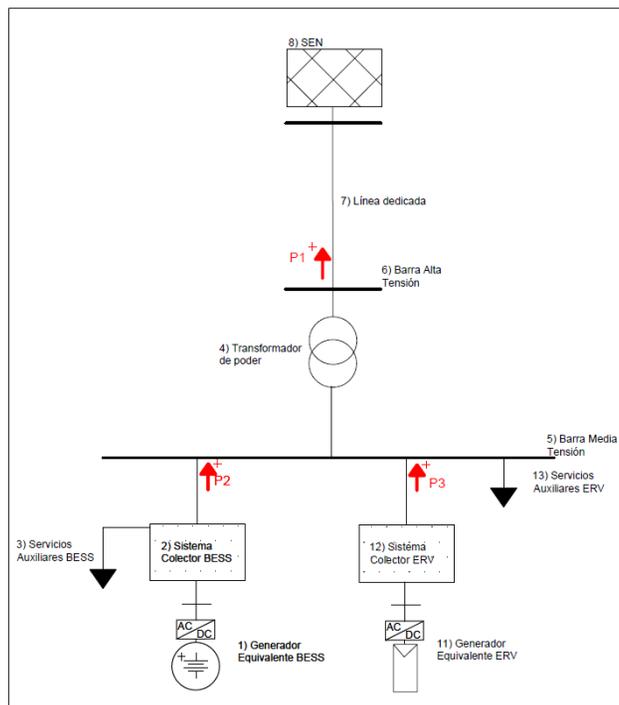


Figura 5.1: Esquema de planta de generación BESS acoplada con generación solar, configuración específica de central Diego de Almagro Sur.

Los componentes principales de la planta son:

1. Generador equivalente BESS: Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa, en el lado AC de cada inversor perteneciente al BESS.
2. Sistema colector equivalente BESS: Corresponde a las pérdidas del sistema colector del sistema BESS, esto es, transformadores colectores, cables de baja y media tensión.
3. Servicios auxiliares BESS: Cargas asociadas con la operación de un BESS tales como, pero no limitado a, controles, sistemas de enfriamiento, ventiladores, bombas y calentadores necesarios para operar y proteger el sistema.
4. Transformador de poder: Equipo elevador de tensión de la central generadora o del BESS que permite la conexión al SEN.
5. Barra media tensión: Corresponde a la tensión en el lado de media tensión del transformador de poder de la central.
6. Barra de alta tensión: Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder de la central.
7. Línea dedicada de la central: Línea de alta tensión que vincula la central generadora con el SEN.
8. Sistema Eléctrico Nacional.

9. P1: Potencia inyectada o absorbida por el BESS o conjunto central generadora y BESS en la barra de alta tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo como se muestra en la Figura 5.1.
10. P2: Potencia inyectada o absorbida por el BESS en la barra de media tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo como se muestra en la Figura 5.1.
11. Generador equivalente ERV: En el caso de que la central generadora contenga generación ERV, ya sea fotovoltaica o eólica, corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor perteneciente a generación de ERV.
12. Sistema colector ERV: Corresponde a las pérdidas del sistema colector del sistema ERV, esto es, transformadores colectores, cables de baja y media tensión.
13. Servicios auxiliares ERV: Consumo de potencia asociada al sistema de generación ERV.
14. P3: Potencia inyectada o absorbida por la central generadora ERV en la barra de media tensión de su subestación de salida. La potencia activa de salida se expresará con un signo positivo como se muestra en la Figura 5.1.
15. Punto de conexión: Se define el punto de conexión para un BESS o conjunto central generadora y BESS, el correspondiente a la barra de alta tensión de sus transformadores de poder.

Para el caso de la configuración mostrada en la Figura 5.1, durante los ensayos realizados los inversores del PFV Diego de Almagro Sur no inyectaban potencia activa a la red de 33kV, de esta forma, la potencia P3 agrupa las pérdidas de la red en 33kV del PFV (conductores y transformadores colectores), además de los consumos auxiliares de inversores. Para esta configuración se cumple lo señalado a continuación:

$$P3 = P_{SC_{PFV}} + P_{SSAA_{INV}}$$

$$P3 + P_{SSAA_{PFV}} + P_T = P1 - P2$$

Por lo tanto, la potencia activa bruta ($P_{Max\ bruta}$) del sistema BESS se expresa de la siguiente manera:

$$P_{Max\ bruta} = P1 + P_T + P_{SC_{PFV}} + P_{SSAA_{INV}} + P_{SSAA_{PFV}} + P_{SSAA_{BESS}} + P_{SC_{BESS}}$$

O en su defecto:

$$P_{Max\ bruta} = P2 + P_{SSAA_{BESS}} + P_{SC_{BESS}}$$

La potencia máxima activa neta ($P_{Max\ neta}$) del sistema BESS se calcula como sigue:

$$P_{Max\ neta} = P1$$

O en su defecto:

$$P_{Max\ neta} = P2 - P_T - P_{SSAA_{PFV}} - P_{SC_{PFV}} - P_{SSAA_{INV}}$$

En donde:

P1: Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión de la central.

P2: Potencia activa inyectada en la barra de media tensión de la central.

P_T : Pérdidas activas del transformador de poder de la central.

$P_{SSAA_{BESS}}$: Potencia consumida por los servicios auxiliares del sistema BESS.

$P_{SSAA_{PFV}}$: Potencia consumida por los servicios auxiliares del sistema PFV.

$P_{SSAAINV}$: Potencia consumida por los servicios auxiliares inversores PFV.

P_{SCBESS} : Pérdidas activas sistema colector asociadas al BESS.

P_{SCPFV} : Pérdidas activas sistema colector asociadas al PFV.

5.2 PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA (DESCARGA)

Los registros de la prueba de potencia máxima (Descarga) del BESS Diego de Almagro Sur corresponden a las mediciones de generación comprendidas entre las 18:40 y las 22:40 del día 18 de agosto de 2023. Durante las pruebas el sistema colector de 33kV del PFV se encontraba conectado a la SE Inca de Oro y el estado de carga inicial de las baterías era de SOC_{máximo} (98%). La Figura 5.2 presenta el registro de potencia activa en el paño J1 de la SE Inca de Oro. Adicionalmente, se registró la potencia activa en los paños de cada BESS, siendo estos F1 y F17. La Figura 5.3 y Figura 5.4 presentan las mediciones obtenidas.

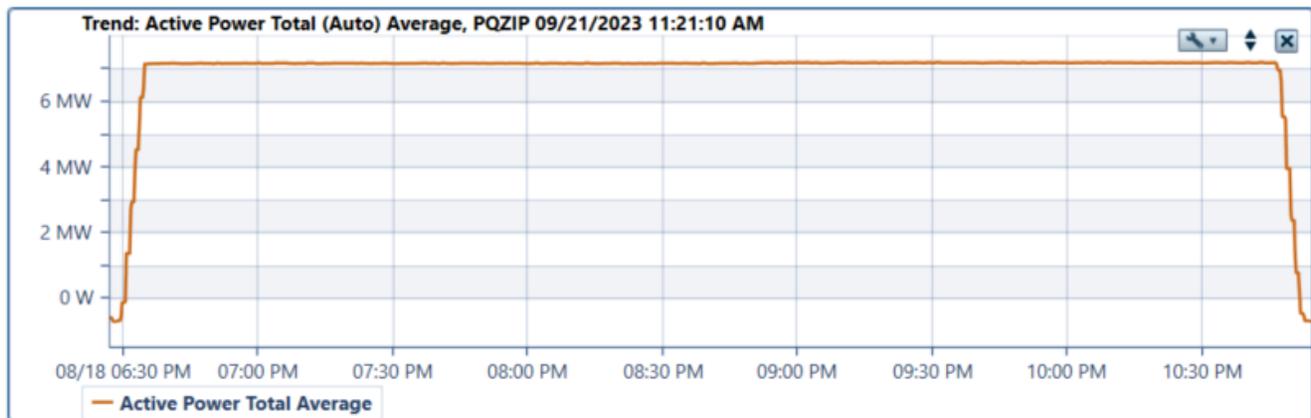


Figura 5.2: Registros de potencia activa en paño J1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga).

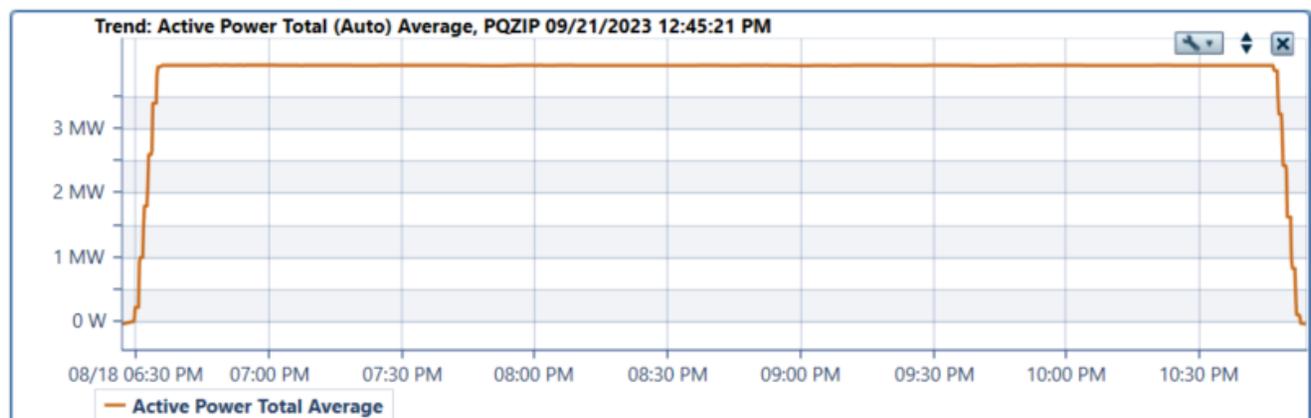


Figura 5.3: Registros de potencia activa en paño F1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga).

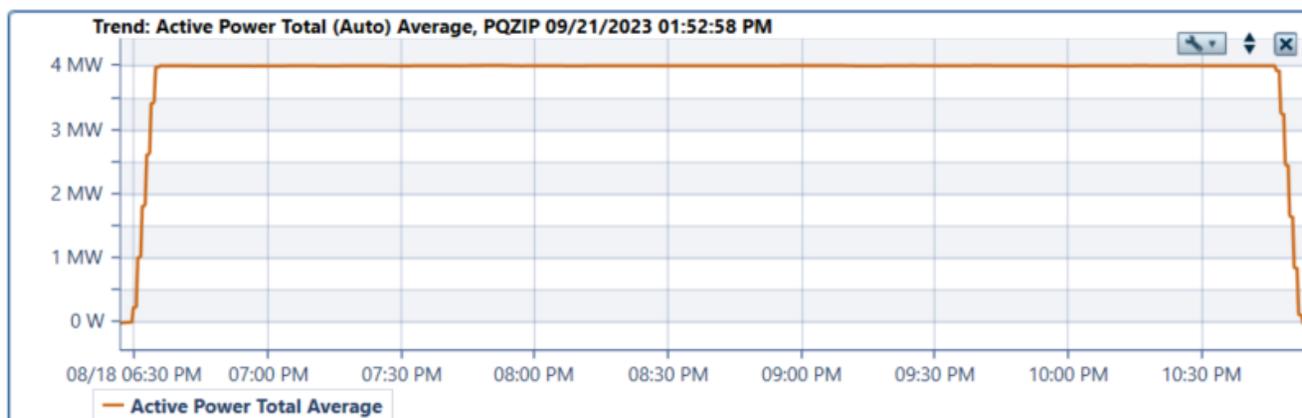


Figura 5.4: Registros de potencia activa en paño F17 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Descarga).

En conjunto con las inyecciones de potencia activa, se midió el consumo de potencia activa en las barras de baja tensión (BT) de los transformadores de SS.AA. del BESS 1 y 2, es decir, barras CB3 y CB4 respectivamente. La Figura 5.5 y Figura 5.6 presentan las mediciones registradas.



Figura 5.5: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 1. Prueba de potencia máxima (Descarga).



Figura 5.6: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 2. Prueba de potencia máxima (Descarga).

En adelante se definen las potencias presentadas en la Figura 5.1 como:

- P1: Potencia activa registrada en el paño J1 de la SE Inca de Oro.
- P2: Potencia activa registrada en los paños F1 y F17 de la SE Inca de Oro.
- $P_{SSAA_{BESS_1}}$: Potencia activa registrada en BT del transformador de SS.AA. BESS 1.
- $P_{SSAA_{BESS_2}}$: Potencia activa registrada en BT del transformador de SS.AA. BESS 2.

La Tabla 5.1 detalla el promedio de las variables registradas para el periodo comprendido entre las 18:40 y las 22:40 del día 18 de agosto de 2023, correspondiente a un ciclo completo de descarga del BESS DAS.

Paño	J1	F1	F17	SS.AA. BESS 1	SS.AA. BESS 2
Potencia activa [MW]	7.1890	3.9879	4.0042	0.01277	0.01230

Tabla 5.1: Promedio variables registradas durante la prueba de potencia máxima (Descarga).

Es importante señalar que, para cada punto de medición se cuenta con las variables de frecuencia, tensión, corriente, potencia activa y potencia reactiva. Variables que se utilizan en la siguiente sección.

5.2.1 Determinación de Potencia Máxima Neta (Descarga)

La potencia activa neta para el proceso de **descarga** del BESS Diego de Almagro Sur, corresponde a la potencia activa promedio registrada en el paño J1 de la SE Inca de Oro durante la prueba de potencia máxima (Descarga).

$$P_{Max\ neta} = 7.189 [MW]$$

5.2.2 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Descarga)

Para determinar la potencia activa máxima bruta del proceso de descarga del BESS Diego de Almagro Sur, es necesario proceder matemáticamente, efectuando consideraciones y cálculos, para así, establecer las pérdidas en los distintos elementos del sistema colector del BESS, a partir de los registros de la prueba de potencia máxima (Descarga).

En primer lugar, se procede utilizando la potencia activa neta (P_1) y la potencia activa registrada en los paños F1 y F17 (P_2), a partir de estos datos es posible identificar de manera grupal las pérdidas del transformador, el consumo de SS.AA. del PFV y las pérdidas del sistema colector 33kV del PFV, por lo tanto:

$$P_T + P_{SSAA_{PFV}} + P_{SC_{PFV}} + P_{SSAA_{INV}} = P_2 - P_1$$

$$P_T + P_{SSAA_{PFV}} + P_{SC_{PFV}} + P_{SSAA_{INV}} = 0.8031 [MW]$$

A continuación, para obtener la potencia máxima bruta se requiere identificar las pérdidas del sistema colector del BESS, para ello se procede separando en BESS 1 (CB3) y BESS 2 (CB4):

$$P_{Max\ bruta} = P_2 + P_{SSAA_{BESS_1}} + P_{SC_{BESS_1}} + P_{SSAA_{BESS_2}} + P_{SC_{BESS_2}}$$

Las pérdidas asociadas al sistema colector de cada centro de almacenamiento (BESS 1 y 2) se clasifican como: pérdidas del transformador de SS.AA., pérdidas del transformador colector 0.69/33kV y las pérdidas del cobre del alimentador.

$$P_{SC_{BESS_x}} = P_{T_{SS.AA_x}} + P_{T_{colector_x}} + P_{Cu_x}$$

Las pérdidas del transformador de SS.AA. se determinan como la suma de las pérdidas de vacío y un ponderado de las pérdidas de carga en función del cuadrado de la corriente, es decir:

$$P_{T_{SS.AA_x}} = P_{vacío_x} + \frac{I_x^2}{I_n^2} P_{carga_x}$$

Donde:

$P_{vacío_x}$: Pérdidas de vacío del transformador de SS.AA. "x".

P_{carga_x} : Pérdidas de carga del transformador de SS.AA. "x".

I_x : Corriente registrada en BT del transformador de SS.AA. "x".

I_n : Corriente nominal de BT del transformador de SS.AA. "x", 216.5A.

Las pérdidas de vacío y pérdidas nominales con carga de los transformadores de SS.AA. conectados al CB3 y CB4 se encuentran en la Figura 4.11 y Figura 4.12. A partir de dicha información se calculan las pérdidas de los transformadores de SS.AA., los resultados se muestran en la Tabla 5.2.

Transformador	$P_{vacío}$ [MW]	P_{carga} [MW]	I_x [A]	$P_{T_{SS.AA}}$ [kW]
SS.AA. 1 (BESS1)	0.000705	0.001813	41.4801	0.772
SS.AA. 2 (BESS 2)	0.000698	0.001811	40.2311	0.761

Tabla 5.2: Cálculo de pérdidas de los transformadores de SS.AA.

Las pérdidas del cobre en el conductor de 33kV están asociadas únicamente al calentamiento, por lo tanto, están representadas por la siguiente expresión:

$$P_{Cu_x} = 3 * L_x * \rho_x * I_x^2$$

donde:

L_x : Largo del conductor "x" en km.

ρ_x : Resistividad del conductor "x" en ohms/km.

I_x : Corriente promedio registrada.

Los parámetros técnicos del conductor de los alimentadores F1 y F17 se presentan en la Figura 4.8. La Tabla 5.3 presenta el cálculo de las pérdidas del cobre en los conductores de los alimentadores mencionados.

Alimentador	L [km]	ρ [ohm/km]	I_x [A]	P_{Cu} [kW]
F1	0.14	0.02345	68.804	0.04663
F17	0.16	0.02345	69.317	0.05408

Tabla 5.3: Cálculo de pérdidas del cobre en los alimentadores F1 y F17.

Por último, para obtener las pérdidas totales del sistema colector del BESS, es necesario determinar las pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV de BESS, para ello se procede de manera homologa al cálculo de pérdidas de los transformadores de SS.AA., donde la corriente de media tensión (MT) del transformador es calculada como la suma de la corriente de media tensión del transformador de SS.AA. y la corriente de cabecera del alimentador.

$$P_{T_{colector_x}} = P_{vacío_x} + \frac{I_x^2}{I_n^2} P_{carga_x}$$

Las pérdidas de vacío y carga de los transformadores colectores 0.69/33kV se encuentran en la Figura 4.9 y Figura 4.10. Los resultados se muestran en la Tabla 5.4.

Transformador	$P_{vacío}$ [MW]	P_{carga} [MW]	I_x [A]	$P_{T_{colector}}$ [kW]
CB3 (T. BESS 1)	0.003390	0.035012	69.3068	31.898
CB4 (T. BESS 2)	0.003353	0.035075	69.8046	32.324

Tabla 5.4: Cálculo de pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV.

La Tabla 5.5 agrupa las pérdidas del sistema colector, las que ascienden a un total de 65.854kW.

Equipamiento	$P_{T_{SS.AA.}}$ [kW]	P_{Cu} [kW]	$P_{T_{colector}}$ [kW]	$P_{SC_{BESS}}$ [kW]
BESS 1	0.772	0.04663	31.898	32.716
BESS 2	0.761	0.05408	32.324	33.138
Total				65.854

Tabla 5.5: Resumen pérdidas sistema colector BESS.

Finalmente, se determina la potencia máxima bruta:

$$P_{Max\ bruta} = P_2 + P_{SSAA_{BESS_1}} + P_{SC_{BESS_1}} + P_{SSAA_{BESS}}$$

P_{F1} [MW]	P_{F17} [MW]	P2 [MW]	$P_{SS.AA.BESS_1}$ [MW]	$P_{SS.AA.BESS_2}$ [MW]	$P_{SC_{BESS}}$ [MW]	$P_{Max\ bruta}$
3.9879	4.0042	7.9921	0.01277	0.0123	0.065854	8.083

La potencia máxima bruta del BESS Diego de Almagro sur en el proceso de descarga es de 8.083 MW.

5.3 PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA (CARGA)

Los registros de la prueba de potencia máxima (Descarga) del BESS Diego de Almagro Sur corresponden a las mediciones de generación comprendidas entre las 00:40 y las 04:40 del día 19 de agosto de 2023. Durante las pruebas el sistema colector de 33kV del PFV se encontraba conectado a la SE Inca de Oro y el estado de carga inicial de las baterías era el mínimo. La Figura 5.7 presenta el registro de potencia activa en el paño J1 de la SE Inca de Oro. Adicionalmente, se registró la potencia activa en los paños de cada BESS, siendo estos F1 y F17. La Figura 5.8 y Figura 5.9 presentan las mediciones obtenidas.

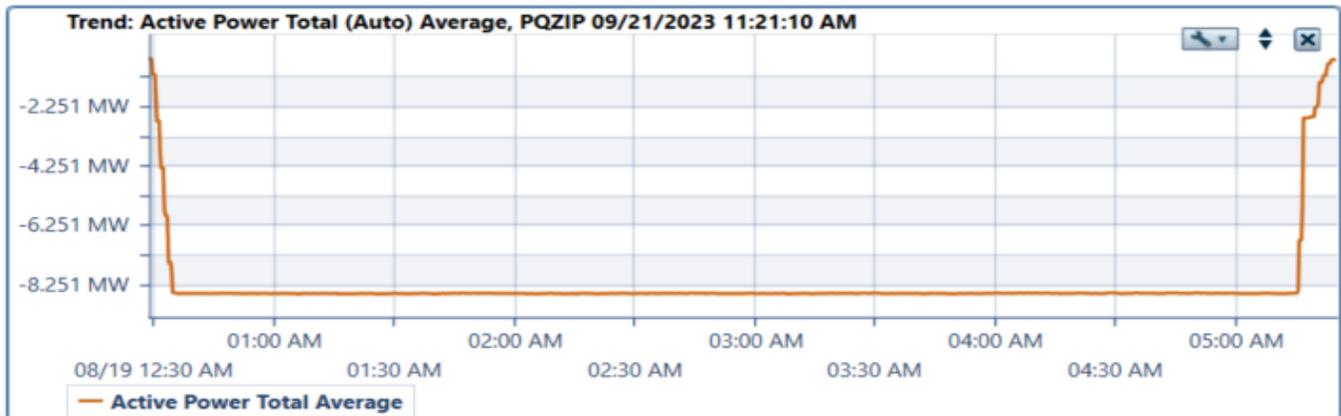


Figura 5.7: Registros de potencia activa en paño J1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).

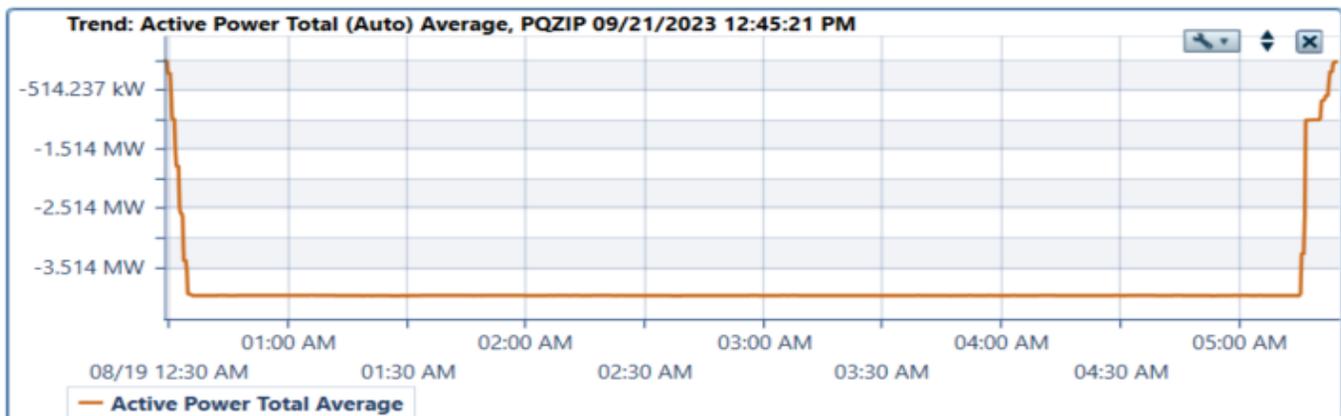


Figura 5.8: Registros de potencia activa en paño F1 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).

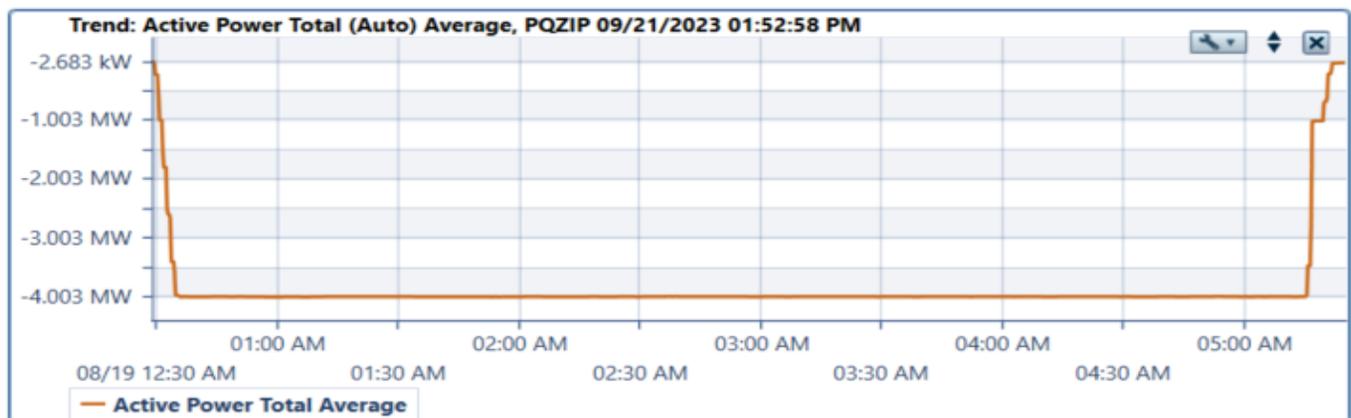


Figura 5.9: Registros de potencia activa en paño F17 SE Inca de Oro. Prueba de potencia máxima (Carga).

En conjunto con las inyecciones de potencia activa, se midió el consumo de potencia activa en las barras de baja tensión (BT) de los transformadores de SS.AA. del BESS 1 y 2, CB3 y CB4 respectivamente. La Figura 5.5 y Figura 5.6 presentan las mediciones registradas.

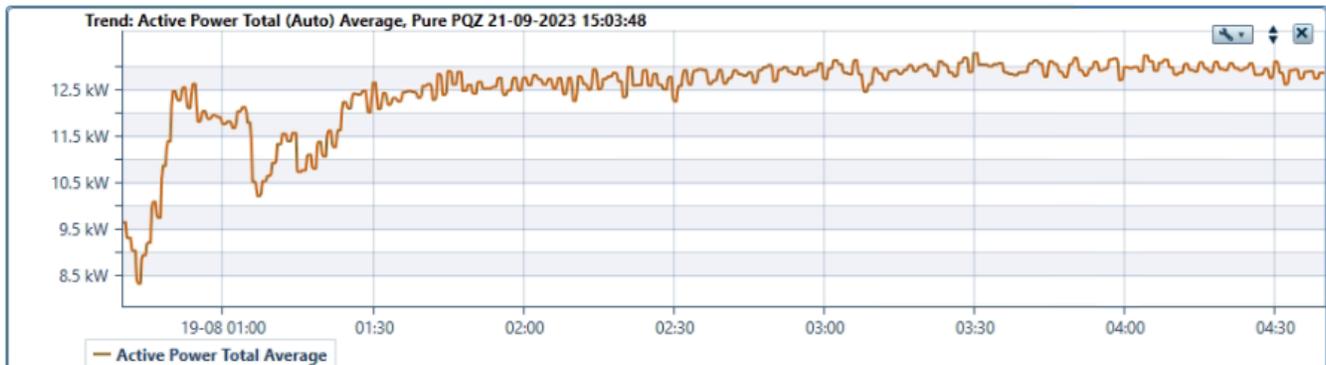


Figura 5.10: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 1. Prueba de potencia máxima (Descarga).

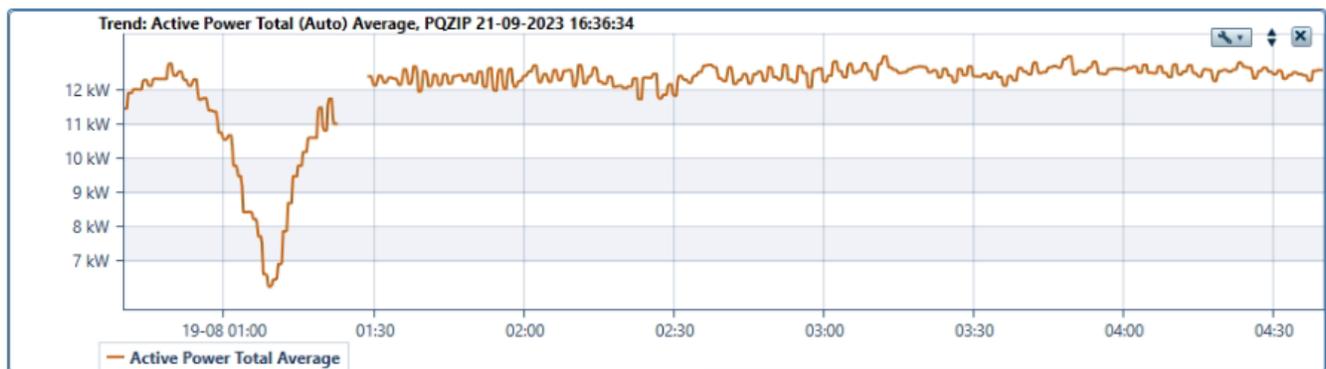


Figura 5.11: Registros de potencia activa SS.AA. BESS 2. Prueba de potencia máxima (Descarga).

La Tabla 5.5 detalla el promedio de las variables registradas para el periodo comprendido entre las 18:40 y las 22:40 del día 18 de agosto de 2023, correspondiente a un ciclo completo de descarga del BESS DAS.

Paño	J1	F1	F17	SS.AA. BESS 1	SS.AA. BESS 2
Potencia activa [MW]	-8.534	-3.989	-4.003	0.01247	0.01177

Tabla 5.6: Promedio variables registradas durante la prueba de potencia máxima (Descarga).

Es importante señalar que, para cada punto de medición se cuenta con las variables de frecuencia, tensión, corriente, potencia activa y potencia reactiva. Variables que se utilizarán en la siguiente sección.

5.3.1 Determinación de Potencia Máxima Neta (Carga)

La potencia activa neta para el proceso de **carga** del BESS Diego de Almagro Sur, corresponde a la potencia activa promedio registrada en el paño J1 de la SE Inca de Oro durante la prueba de potencia máxima (Carga).

$$P_{Max\ neta} = -8.534 [MW]$$

5.3.2 Determinación de Potencia Máxima Bruta (Carga)

Para determinar la potencia activa máxima bruta del proceso de carga del BESS Diego de Almagro Sur, se procede de manera homologa al cálculo de las pérdidas del sistema colector del BESS utilizado en el proceso de descarga.

$$P_T + P_{SSAA_{PFV}} + P_{SC_{PFV}} + P_{SSAA_{INV}} = 0.5419 [MW]$$

A continuación, para obtener la potencia máxima bruta se requiere identificar las pérdidas del sistema colector del BESS.

$$P_{Max\ bruta} = P_2 + P_{SSAA_{BESS_1}} + P_{SC_{BESS_1}} + P_{SSAA_{BESS_2}} + P_{SC_{BESS_2}}$$

Las pérdidas asociadas al sistema colector de cada centro de almacenamiento se dividen en: pérdidas del transformador de SS.AA., pérdidas del transformador colector 0.69/33kV y las pérdidas del cobre del alimentador.

$$P_{SC_{BESS_x}} = P_{T_{SS.AA_x}} + P_{T_{colector_x}} + P_{Cu_x}$$

Las pérdidas del transformador de SS.AA. se determinan como la suma de las pérdidas de vacío y un ponderado de las pérdidas de carga en función del punto de operación, es decir:

$$P_{T_{SS.AA_x}} = P_{vacío_x} + \frac{I_x^2}{I_n^2} P_{carga_x}$$

Transformador	$P_{vacío}$ [MW]	P_{carga} [MW]	I_x [A]	$P_{T_{SS.AA}}$ [MW]
SS.AA. 1 (BESS1)	0.000705	0.001813	40.9149	0.770
SS.AA. 2 (BESS 2)	0.000698	0.001811	40.1848	0.760

Tabla 5.7: Cálculo de pérdidas de los transformadores de SS.AA.

Las pérdidas del cobre en el conductor de 33kV están asociadas únicamente al calentamiento, por lo tanto, están representadas por la siguiente expresión:

$$P_{Cu_x} = 3 * L_x * \rho_x * I_x^2$$

Alimentador	L [km]	ρ [ohm/km]	I_x [A]	P_{Cu} [kW]
F1	0.14	0.02345	69.610	0.04772
F17	0.16	0.02345	70.099	0.05531

Tabla 5.8: Cálculo de pérdidas del cobre en los alimentadores F1 y F17.

Posteriormente, se determinan las pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV de BESS.

$$P_{T_{SS.AA_x}} = P_{vacío_x} + \frac{I_x^2}{I_n^2} P_{carga_x}$$

Transformador	$P_{vacío}$ [MW]	P_{carga} [MW]	I_x [A]	$P_{T_{colector}}$ [kW]
CB3 (T. BESS 1)	0.003390	0.035012	70.106	32.559
CB4 (T. BESS 2)	0.003353	0.035075	70.586	32.976

Tabla 5.9: Cálculo de pérdidas de los transformadores colectores 0.69/33kV.

La Tabla 5.10 agrupa las pérdidas del sistema colector, las que ascienden a un total de 67.17kW

Equipamiento	$P_{T_{SS.AA.}}$ [kW]	P_{Cu} [kW]	$P_{T_{colector\ x}}$ [kW]	$P_{SC_{BESS}}$ [kW]
BESS 1	0.770	0.04772	32.559	33.376
BESS 2	0.760	0.05531	32.976	33.792
Total				67.168

Tabla 5.10: Resumen pérdidas sistema colector BESS.

Finalmente, se determina la potencia máxima bruta:

$$P_{Max\ bruta} = P_2 + P_{SSAA_{BESS_1}} + P_{SC_{BESS_1}} + P_{SSAA_{BESS}}$$

P_{F1} [MW]	P_{F17} [MW]	P2 [MW]	$P_{SS.AA.BESS_1}$ [MW]	$P_{SS.AA.BESS_2}$ [MW]	$P_{SC_{BESS}}$ [MW]	$P_{Max\ bruta}$
-3.989	-4.003	-7.9926	0.01248	0.01177	0.067168	-7.901

La potencia máxima bruta del BESS Diego de Almagro sur en el proceso de carga es de -7.901 MW.

6 CONCLUSIONES

En base a las mediciones en los paños J1, F1 y F17 de la SE Inca de Oro, y los servicios auxiliares del proyecto BESS Diego de Almagro Sur realizadas entre el 18 y 19 de agosto de 2023, se determina la potencia máxima neta y bruta correspondiente a los procesos de carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía en baterías.

Para el proceso de **descarga** se obtiene una potencia neta de 7.189 MW y una potencia máxima bruta de 8.083 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 65.854kW, el consumo de los SS.AA. del BESS es de 25.07kW y las pérdidas del conjunto transformador de poder, sistema colector PFV y SS.AA. PFV son de 803.1kW.

Por otra parte, en el proceso de **carga** se determinó una potencia neta de -8.534 MW y una potencia máxima bruta de -7.901 MW, para dicho escenario, las pérdidas del sistema colector del BESS son de 67.17kW, el consumo de los SS.AA. del BESS es de 24.25kW y las pérdidas del conjunto transformador de poder, sistema colector PFV y SS.AA. PFV son de 541.9kW.

La Tabla 6.1 resume las potencias máximas netas y brutas, además de las pérdidas identificadas en los diferentes equipamientos de las instalaciones.

Valor	Magnitud	Prueba 1 ($P_{\text{máxima-Descarga}}$)	Prueba 2 ($P_{\text{máxima-Carga}}$)
P_1 (Paño J1 SE Inca de Oro 220 kV)	[MW]	7.189	-8.534
P_2 (Paños F1 y F17 SE Inca de Oro 33 kV)	[MW]	7.992	-7.993
$P_T +$ $P_{SCPFV} +$ $P_{SSAAPFV} +$ $P_{SSAAINV}$	[MW]	0.803	0.5419
$P_{SSAABESS}$	[MW]	0.02507	0.02425
P_{SCBESS}	[MW]	0.065854	0.006717
$P_{Max\ neta}$	[MW]	7.189	-8.534
$P_{Max\ bruta}$	[MW]	8.083	-7.901

Tabla 6.1: Resumen de potencias calculadas y registradas asociadas a pruebas de potencia máxima.

ANEXOS

ANEXO I ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL PFV DIEGO DE ALMAGRO SUR

En la Figura 6.1 se presenta el diagrama unilineal de la SE elevadora Inca de Oro.

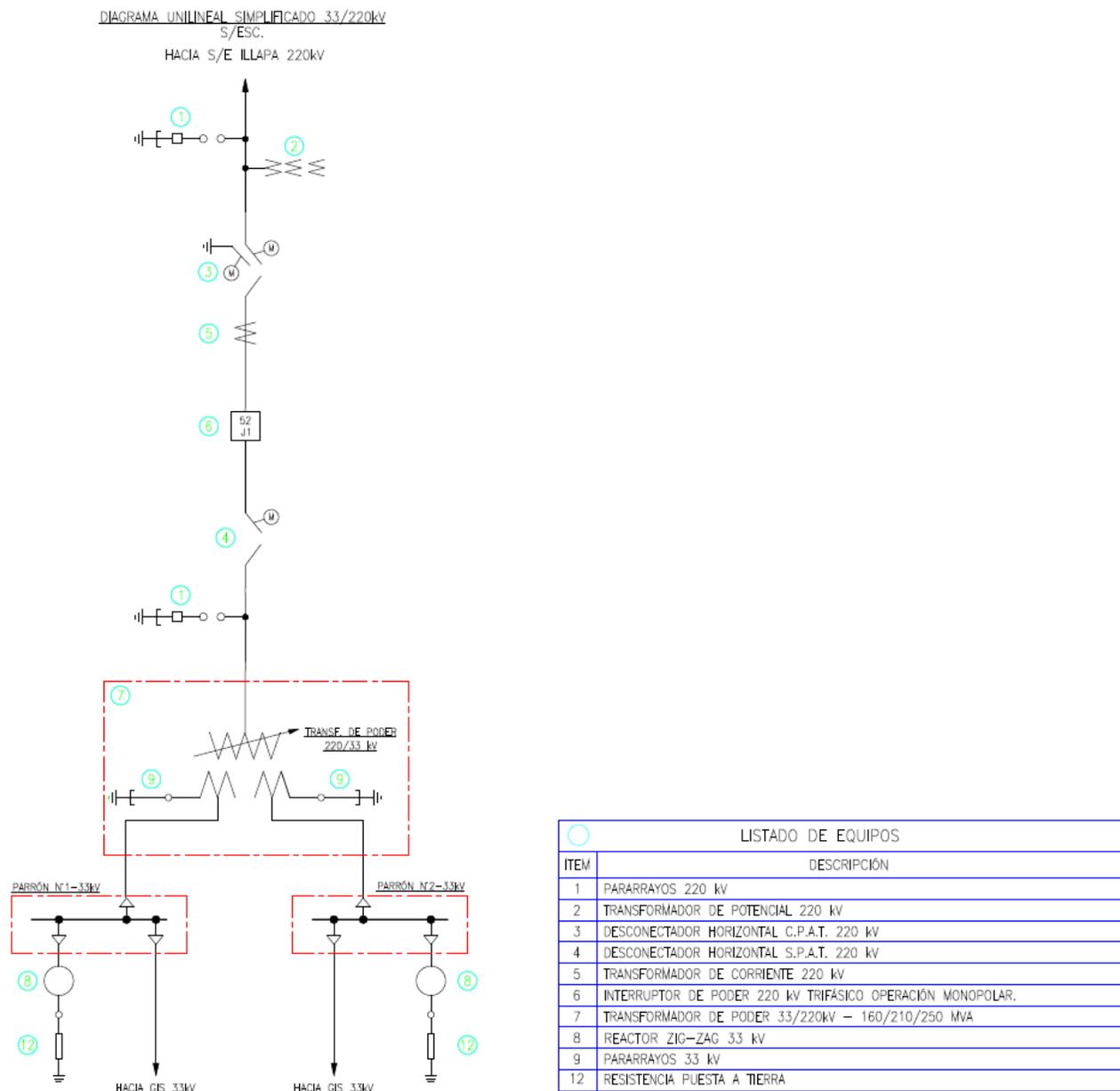


Figura 6.1: Diagrama unilineal simplificado SE Elevadora Inca de Oro 220/33kV.

A su vez, en la Figura 6.2 es posible apreciar el diagrama unilíneal correspondiente a uno de los alimentadores que se conectan a la barra de 33kV de la subestación elevadora Inca de Oro.

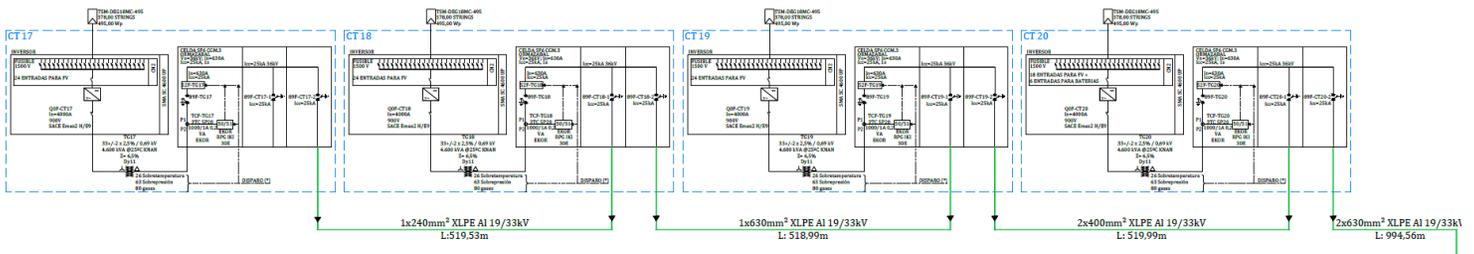


Figura 6.2: Configuración de alimentador con 4 inversores - PFV Diego de Almagro Sur.

I.1. TRANSFORMADORES DE BLOQUE BT / MT

El PFV Diego de Almagro Sur posee 46 transformadores elevadores de tensión, en donde cada uno se conecta a un solo inversor. Las principales características de los transformadores de bloque se presentan a continuación:

Descripción	Detalle
Potencia Nominal	4600 kVA @25°C
Niveles de tensión	33 / 0.69 kV
Grupo de conexión	Dy11
N° de fases	3
Impedancia cc	6.5%
Perdidas en vacío	3.056 kW
Perdidas a plena carga	37.091 kW
Frecuencia	50 Hz
Altitud de trabajo	1.000 m.s.n.m.
Cambiador de taps	Cambiador de taps sin carga

Tabla 6.2: Parámetros eléctricos de transformadores elevadores PFV Diego de Almagro Sur. ANEXO I

I.2. TRANSFORMADOR DE POTENCIA SE INCA DE ORO

La subestación Inca de Oro, posee un transformador de potencia trifásico de tres devanados 220/33/33 kV de 250 MVA ONAF2, cuyo grupo de conexión es YNd11d11 (conectado a tierra en el lado de 220 kV), con cambiador de tap bajo carga. La foto de placa del transformador se presenta en el ANEXO II, mientras que en la Tabla 6.3 se indican las características principales del transformador de poder:

Descripción	Detalle
Potencia Nominal	150 / 200 / 250 MVA
Niveles de tensión	220 \pm 8x1.25% / 33 / 33 kV
Refrigeración	ONAN / ONAF1 / ONAF2
Grupo de conexión	YNd11d11
N° de fases	3
Impedancia (%) HV-LV1	11.82% (base 125 MVA)
Impedancia (%) HV-LV2	11.95% (base 125 MVA)
Impedancia (%) LV1-LV2	22.34% (base 125 MVA)
Impedancia homopolar (%)	11.08% (base 250MVA)
Pérdidas cobre HV-LV1	368.86 kW (125 MVA)
Pérdidas cobre HV-LV2	369.56 kW (125 MVA)
Pérdidas cobre Lv1-LV2	720.58 kW (125 MVA)
Pérdidas en vacío	100.7 kW
Frecuencia	50 Hz
Elevación de temperatura	80° C
Ubicación del cambiado de taps	Alta tensión
Altitud de trabajo	1.000 m.s.n.m.

Tabla 6.3: Parámetros eléctricos del transformador de poder de la SE Inca de Oro.

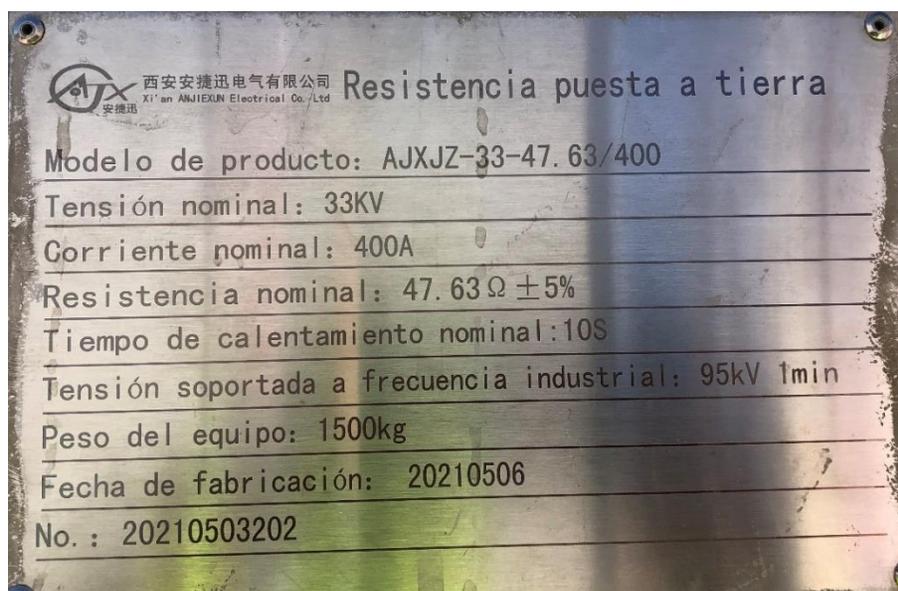
I.3. TRANSFORMADOR ZIG-ZAG (REACTOR DE NEUTRO)

El BESS y PFV Diego de Almagro Sur cuenta con dos reactores de puesta a tierra, uno en cada parrón proyectado en el nivel de 33kV. Los cuales se modelan considerando la impedancia de secuencia cero informada en sus datos de placa.

TRANSFORMADOR DE PUESTA A TIERRA			
TIPO DE TRANSFORMADOR	STD-600/33	ESTÁNDAR No.	IEC-60076
IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO	23,5 Ω	TIPO DE ENFRIAMIENTO	ONAN
CORRIENTE NEUTRA DE CORTO PLAZO	394,7A, 10S	PÉRDIDA SIN CARGA	W
FRECUENCIA NOMINAL	50Hz	PESO DE CUERPO PRINCIPAL	1350 KG
NÚMERO DE FASE	3	PESO DE ACEITE	840 KG
GRUPO DE CONEXIÓN	ZN	PESO TOTAL	3370 KG
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO	/	NIVEL DE AISLAMIENTO	LI170AC70
FECHA DE FABRICACIÓN.		NÚMERO DE SERIE	

TRANSFORMADOR DE PUESTA A TIERRA			
TIPO DE TRANSFORMADOR	STD-600/33	NÚMERO ESTANDAR	IEC-60076
IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO	18,6 Ω	TIPO DE ENFRIAMIENTO	ONAN
CORRIENTE NEUTRA DE CORTO PLAZO	396,7A, 10S	PÉRDIDA SIN CARGA	W
FRECUENCIA NOMINAL	50Hz	PESO DE CUERPO PRINCIPAL	1350 KG
NÚMERO DE FASE	3	PESO DE ACEITE	840 KG
GRUPO DE CONEXION	ZN	PESO TOTAL	3370 KG
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO	/	NIVEL DE AISLAMIENTO	LI170AC70
FECHA DE MANUFACTURA		NÚMERO DE SERIE	

Figura 6.3: Extracto placas transformadores Zig-Zag.



西安捷迅电气有限公司 Xi'an ANJIXUN Electrical Co., Ltd 安捷迅		Resistencia puesta a tierra
Modelo de producto: AJXJZ-33-47.63/400		
Tensión nominal: 33KV		
Corriente nominal: 400A		
Resistencia nominal: 47.63 Ω ±5%		
Tiempo de calentamiento nominal: 10S		
Tensión soportada a frecuencia industrial: 95kV 1min		
Peso del equipo: 1500kg		
Fecha de fabricación: 20210506		
No.: 20210503202		

Figura 6.4: Extracto HCTG Resistencia de neutro de reactor.

I.4. CABLES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN EN 33kV

La red colectora de media tensión se contará con un sistema de cables subterráneos, directamente enterrados, esquema de trébol. Se utilizan cuatro tamaños:

- Cable XLPE 630mm²: con un largo aproximado de 28559 m
- Cable XLPE 500mm²: con un largo aproximado de 203 m
- Cable XLPE 400mm²: con un largo aproximado de 18717 m
- Cable XLPE 240mm²: con un largo aproximado de 7378 m

La Figura 6.5 indica las principales características de los cables conductores entre las estaciones convertidoras y las barras principales de media tensión, a su vez, en la Figura 6.6 se presente un diagrama unilineal con la distribución de conductores, centros de transformación e inversores pertenecientes al PFV Diego de Almagro Sur.

Feeder	Desde	Hacia	Cable	Longitud [m]	Feeder	Desde	Hacia	Cable	Longitud [m]
52F2 (Cto 8)	Barra 3 (FT11)	CT29	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	1762.64	52F11 (Cto 1)	Barra 3 (FT12)	CT2	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	2673.41
	CT29	CT28	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	544.72		CT2	CT1	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	442.72
	CT28	CT27	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	545.82		CT1	CT12	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	1260.86
	CT27	CT26	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	546.7		52F12 (Cto 2)	Barra 3 (FT12)	CT6	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV
52F3 (Cto 9)	Barra 3 (FT11)	CT33	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	1077.89	CT6		CT5	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	382.7
	CT 33	CT32	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	542.71	CT5		CT4	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	384.86
	CT32	CT31	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	543.81	CT4		CT3	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	375.64
	CT31	CT30	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	544.28	52F13 (Cto 3)	Barra 3 (FT12)	CT10	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	909.6
52F4 (Cto 10)	Barra 3 (FT11)	CT37	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	393.14		CT10	CT9	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	380.7
	CT37	CT36	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	540.7		CT9	CT8	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	381.93
	CT36	CT35	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	541.81		CT8	CT7	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	382.39
	CT35	CT34	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	542.27	52F14 (Cto 5)	Barra 3 (FT12)	CT16	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	1675.82
52F5 (Cto 4)	Barra 3 (FT11)	CT38	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	2955.65		CT16	CT15	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	520.99
	CT38	CT25	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	1130.77		CT15	CT14	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	520.99
	CT25	CT11	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	604.91		CT14	CT13	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	521.5
	52F6 (Cto 11)	Barra 3 (FT11)	CT42	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	1751.68	52F15 (Cto 7)	Barra 3 (FT12)	CT24	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV
CT42		CT41	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	563.44	CT24		CT23	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	516.98
CT41		CT40	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	490.64	CT23		CT22	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	516.98
CT40		CT39	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	496.2	CT22		CT21	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	517.52
52F7 (Cto 12)	Barra 3 (FT11)	CT46	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	959.93	52F16 (Cto 6)	Barra 3 (FT12)	CT20	2x3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	994.56
	CT46	CT45	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	388.27		CT20	CT19	2x3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	519.99
	CT45	CT44	3cx400mm ² XLPE Al 19/33kV	387.34		CT19	CT18	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	518.99
	CT44	CT43	3cx630mm ² XLPE Al 19/33kV	387.88		CT18	CT17	3cx240mm ² XLPE Al 19/33kV	519.53

Figura 6.5: Detalle cables red media tensión 33kV.

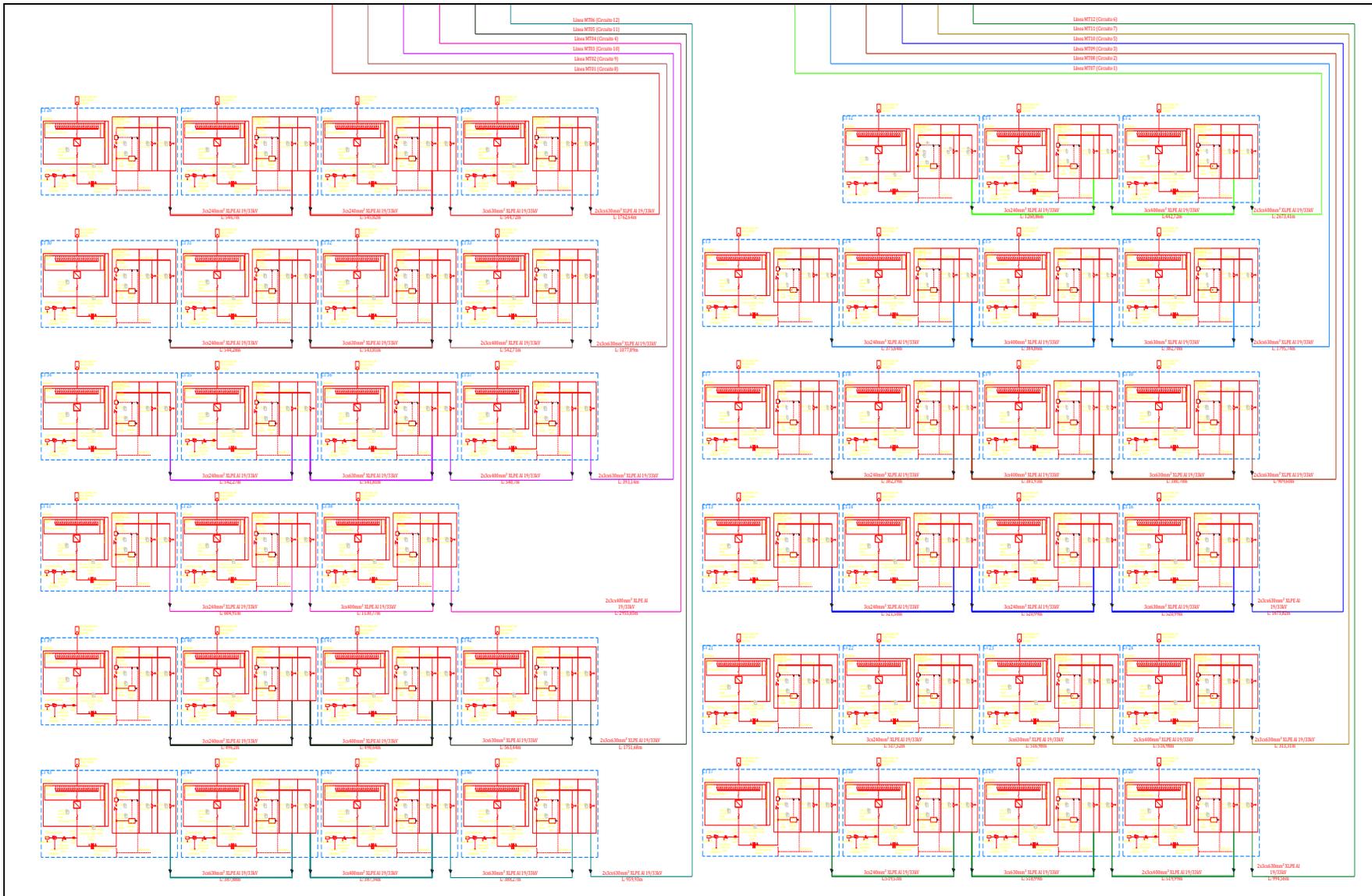


Figura 6.6: Diagrama unilineal de alimentadores y centros de transformación PFV Diego de Almagro Sur.

I.5. BANCO DE CONDENSADORES

El BESS y PFV poseen un banco de condensadores de 40MVar de potencia reactiva, distribuidos de manera equitativa entre ambas barras de 33kV, es decir, un banco de 20MVar por cada una.



Figura 6.7: Fotos de placa banco de condensadores.

I.6. TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES PFV DAS 33/0.4KV

En el PFV Diego de Almagro Sur se contará con dos transformadores de servicios auxiliares 33/0.4kV. Las características eléctricas señaladas en la placa de características y ensayos respectivos del transformador realizados por el fabricante, se muestra a continuación:

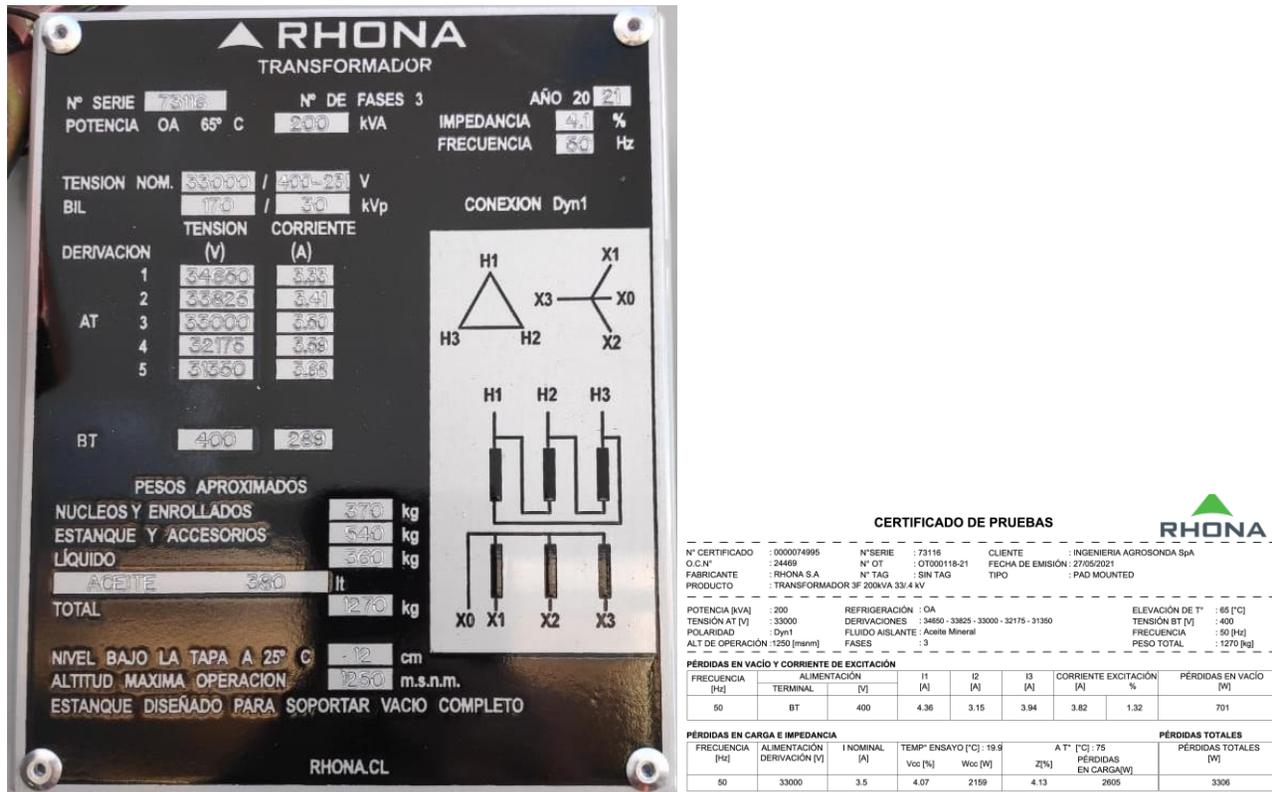


Figura 6.8: Captura de parámetros del Transformadores de SSAA PFV DAS, Fabricante RHONA.

I.7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE INVERSORES SOLARES

El PFV Diego de Almagro Sur cuenta con paneles solares de sistema bifacial y son seguidores de hilera simple con retroceso. La totalidad de los paneles solares se conectan a 46 inversores modelo SMA SC 4600-UP de potencia nominal de 4.6 MVA. Cada uno de estos inversores se encuentra asociado a un centro de transformación modelo MVPS 4600-S2. Las características relevantes de los inversores y centros de transformación, entregadas por el fabricante SMA son las siguientes:

Número	Nomenclatura	Componentes principales
1	MVT	4140 kVA 33/0.69 kV KNAN hermetically sealed liquid immersed transformer (SBG)
2	INV	Central Inverter SC 4600-UP
3	BW	Low Voltage Busbar/Busway between inverter and transformer
4	MVSG	Medium Voltage Ring Main Unit Switchgear SIEMENS 8DJH RRL with Circuit breaker
5	MVC	3 x Medium Voltage Cable N2XS(F)2Y 18/30kV 70mm ² between transformer and Medium Voltage Switchgear
6	STSD	230V 50 Hz low voltage distribution panel
7	SCAS-P	Low voltage cable from BW to fuse holder for installation of auxiliary power supply

Tabla 6.4: Componentes principales del centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA).

Power Class	:		MVPS-4200-S2-US-10
Target Country	:	CL	→ Chile
Inverter type	:	0	→ SC UP
Inverter Power	:	3	→ 4600 kVA
Ambient Temperature	:	1	→ -25°C to +55°C
Altitude	:	1	→ 1001 - 2000 m
Environment	:	0	→ Standard
MV Transformer	:	1	→ KNAN
Transformer Protection	:	1	→ Full Protection
Nominal Voltage	:	H	→ 33 kV
Nominal Frequency	:	0	→ 50 Hz
Transformer Vector Group	:	0	→ Dy11
Transformer Tap Changer	:	1	→ With
Transformer Shield Winding	:	0	→ Without
Transformer Load Profile	:	6	→ 24 Hours
Transformer Losses	:	1	→ Eco Design 1
Oil Containment	:	1	→ With
MV Switchgear	:	2	→ 3F-SD-SD-CB-36 kV
Accessories MV Switchgear	:	1	→ Auxiliary Contacts
LV-Transformer	:	2	→ 20 kVA, 400 V
Safety Equipment	:	0	→ Without
Monitoring	:	1	→ MVSG
Cable Entry Kit	:	1	→ With
Transport Packaging	:	1	→ Sea Freight
Country Package	:	0	→ Without
Language	:	ES	→ Spanish
Factory Warranty	:	0	→ 1 year
Customized Solution	:	1	→ Yes

Figura 6.9: Características centro de transformación MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA).

Inverter type	$I_n = I_i$ [A]	I_i'' [A]	i_i [A]
SC 4000 UP (-US)	3850	5144	7315
SC 4200 UP (-US)	3850	5144	7315
SC 4400 UP (-US)	3850	5144	7315
SC 4600 UP (-US)	3850	5144	7315

Figura 6.10: Corrientes nominales y de cortocircuito MVPS 4600-S2 (Fuente: Fabricante SMA).

En la Figura 6.11 y Figura 6.12 se evidencia el aporte de potencia activa y reactiva que puede alcanzar cada inversor para distintos niveles de tensión.

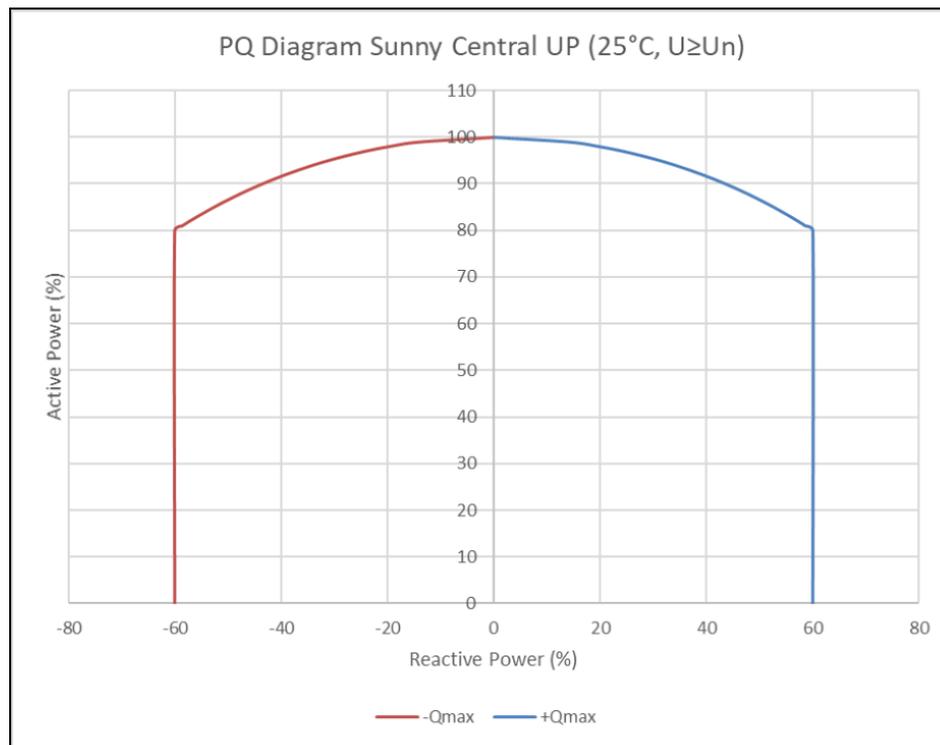


Figura 6.11: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red $U \geq U_n$ – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante).

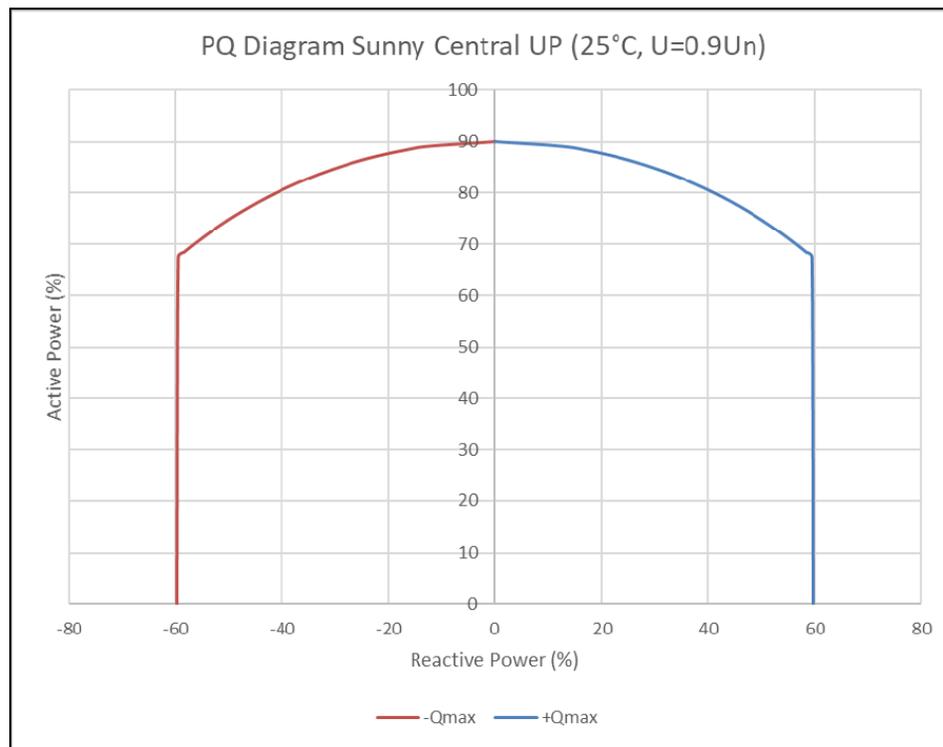
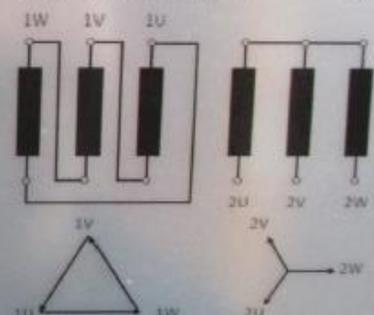


Figura 6.12: Curvas de capacidad de potencia activa y reactiva 25°C y tensión de red U=0.9Un – Inversores SMA SC 4600-UP . (Fuente: Datasheet fabricante).

ANEXO II DATASHEET Y PRUEBAS FÁBRICA TRANSFORMADOR DE BLOQUE BT/MT Y TRANSFORMADOR DE PODER PFV DIEGO DE ALMAGRO SUR

Placa de datos transformadores de bloque BT/MT

 <p>Sächsische-Bayerische Starkstrom-Gerätebau GmbH Ohmstraße 1 D-08496 Neumark/Sachsen Made in Germany</p>		 <p>DINEN60076</p>				
No. de Serie:	2788618	Modelo:	DNT 4140 H/30	Año de Fabricación:	11.2020	
Especificación:	D_00150054_01	Libro de Instrucción:	B2	Versión de Fabricación:	Q1	
Clase:	KNAN	Líquido Aislante:	MIDEL EN	Modo de Operación:	Step-up	
Aumento Temp. Ac./Dev.	80 / 95°C	Frecuencia:	50 Hz			
Potencia Nom. @25°C:	4600 kVA	@40°C:	4140 kVA	Grupo de Conexión: Dy11		
Alta Tensión:	33000 V	Baja Tensión:	690 V			
AC/BIL (HV):	70 / 170 kV	AC/BIL (LV):	10 / 30 kV			
Mat. de Devanado (HV):	Al	Mat. de Devanado (LV):	Al			
Perdidas en Vacío:	37091 W (@115°C)	Perdidas con Carga:	3056 W			
Corriente de cortocircuito permanente:	1,034 kA	6,5 % Tens. de cortocir. #140 kVA				
Pos. del desviador:	1/A	2/B	3/C	4/D	5/E	
Voltaje Nominal:	34650	33825	33000	32175	31350	
Corriente Nominal:	68,98	70,66	72,43	74,29	76,24	
Núcleo y Bobinas:	3949 kg	Presión mín. de operación:	-4,3 kPa max;	3,2 kPa	Perfil de Carga:	24h
Tanque:	2106 kg	Presión de Alarma del Aceite:	20 kPa	Pantal. entre devan.:	no	
Masa total:	8520 kg	Nivel de PCB (equipo nuevo):	0 ppm	Temp. Ambiente:	-25 - +40°C	
Vol. + Masa de Aceite:	2045 l / 1880 kg	Temp. de Alarma del Aceite:	122 °C			

Ensayos de fabrica transformadores de bloque BT/MT

CERTIFICADO DE ENSAYO				No.d.fáb : 2788618							
Tipo : DNT 4140 H/30		Ano de constr. : 2020		Prescri. : DIN EN 60076-1							
Modelo											
Transformador en aceite											
Protección anticorrosiva: pintura C3											
Max 4600kVA @ 25°C temperature ambiente											
Potencia: 4140.0kVA		Frec.: 50,00Hz		Tens. d.c.-ci: 6.5%		Cl.: LT					
Ten. nom. [V]: 33000/690		M.d.op.: DB		Um(kV) : 36.0/3.6		Croq. acot. : AK4183					
Corr. nom. [A]: 72,4/3464		Gr. de di. : Dy11		Clase de prot. : IP54		Clase de cúsl. : A					
Derivaciones : ±2x2,5%		T. de refrig. : KNAN		Refrigera. : Midel eN 1204		Peso medio : 1.880t					
				Peso total : 8.520t		Lwa [dB] :					
Valores de med. Po [W] : 3056 Pk [W] : 37091 PEI [%] : 99.486 / kPEI [%] : 0.287 ukn [%] : 6.5 Lpa[dB(A)] : Lwa [dB] :											
Medición en vacío con conex. lado t.i. 690 V y 50.00 Hz											
Fase	Leer	C	Volt.	Leer	C	Amp.	A.va.medio	Leer	Σ	C	vatio
2U-2V			687.74			4.59					
2V-2W			690.82			3.44	4.30				
2W-2U			691.25			4.86	lo 0.124%				3056
Medic. en cortocir. con conex. lado t.s. 33000 V y 50.00 Hz											
Fase	Leer	C	Volt.	Leer	C	Amp.	A.va.medio	Leer	Σ	C	vatio
1U-1V			1090.79			36.92					7991
1V-1W			1092.47			37.27	37.31				- 34.0
1W-1U			1122.91			37.75					7957
Medic. de la resistencia con 23.5 °C (Valores de medic. [Ohm])											
Esc.de ten.V	1U-1V	1V-1W	1W-1U	2U-2V	2V-2W	2W-2U	Esc.de ten.V				
33000.0	1.617	1.621	1.616	0.0006221	0.0006274	0.0006348	690.0				
Medición de la relación de transformación (Error [%])											
Conexión V	34650	33825	33000	32175	31350						
Transf. nom.	50.22	49.02	47.83	46.63	45.43						
1U-1V/2U-2V	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07						
1V-1W/2V-2W	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04						
1W-1U/2W-2U	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04						
Ensayos de aislamiento											
En. del arrollam.	kV	Hz	min	En. entre espir.	kV	Hz	sec				
t.s./t.i. Núcleo	70.0	50.0	1	t.i.-Lado	1.380	125	48.0				
t.i./Núcl.	10.0	50.0	1								
Ensayos adicionales				NOTAS							
0020207083 SPAN 40°C [35°C]											
Fecha de exped.	Fecha de la prueba	verificado		SÄCHSISCH-BAYERISCHE STARKSTROM-GERÄTEBAU							
05.11.2020	05.11.2020	Gohr		Ohmstr. 01, 08492 Neumark/Sachsen							

Placa de datos transformador de poder

NÚMERO DE SERIE		2XBR62264	
AÑO DE FABRICACIÓN		2021	
MODELO		TT54/TRIFÁSICO/50Hz	
NORMA IEC		60076	
TRANSFORMADOR DE POTENCIA			

REFERENCIA ABB	E-2053191-264	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA	
DISEÑO NÚMERO	1ZXK460013-C2479	ACEITE	60°C
MANUAL DE MANTENIMIENTO	1ZXK460022-C2479	BOBINAS	80°C
		PUNTO MÁS CALIENTE	80°C

MASAS APROXIMADAS		
PARTES ACTIVA	110000 kg	
TANQUE Y ACCESORIOS	49000 kg	
ACEITE	64500 kg	
TOTAL	213500 kg	
PIEZA MÁS PESADA PARA EL TRANSPORTE	24500 kg	

IMPEDANCIAS A 75°C		
BASE (MVA)	RELACION DE TENSIONES (kV)	IMPEDANCIA (%)
125	220/53 (HV-LV)	11,82
125	220/53 (HV-LV2)	11,85
125	33/33 (LV1-LV2)	22,34

POTENCIA NOMINAL CONTINUA (MVA)			
TERMINALES	ONAN	ONAF 1	ONAF 2
H1 H2 H3 HO	150	200	250
X1 X2 X3	75	100	125
Y1 Y2 Y3	75	100	125

ALTA TENSION	17800 mm
RESISTENCIA MECANICA	PLENO VACIO
TANQUE Y TAPA	50kPa - PRESION MANOMETRICA
CONSERVADOR DE ACEITE	MANOMETRICA
CAMBADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA	VOLVUMEN: 62644 l
VOLVUMEN	ALTIMETRO DE OPERACION
	<1250 mm

NIVELES DE AISLAMIENTO DE LAS BOBINAS				
TERMINALES	H1-H2-H3	HO	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3
IMPULSO ATMOSFERICO (kV PICO)	950	170	170	170
IMPULSO DE MANOBRAS (kV PICO)	750	-	-	-
TENSION INDUCIDA, FASE A TIERRA, NIVEL ELEVADO / 60 kV (kV RMS)	244,8/212,2	-	-	-
TENSION APLICADA, FUERANTE 1 MINUTO A 50Hz (kV RMS)	70	70	70	70

NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS BUJES				
TERMINALES	H1-H2-H3	HO	X1-X2-X3	Y1-Y2-Y3
IMPULSO ATMOSFERICO (kV PICO)	1175	170	170	170
TENSION APLICADA (kV RMS)	340	70	70	70

DIAGRAMA VECTORIAL Yn611411

DISPOSICION DE LOS BUJES

ALTA TENSION					
TERMINALES	POS.	LUAVE	TENSION (V)	SELECCION DE TOMAS	CORRIENTE (A)
H1-H2-H3-HO	1		1-30	242000	357,8
	2		2-30	239250	362,0
	3		3-30	236500	366,2
	4		4-30	233750	370,5
	5	20-21	5-30	231000	374,8
	6	20-21	6-30	228250	379,1
	7	20-21	7-30	225500	384,0
	8	20-21	8-30	222750	388,8
	9A		9-30		
	9		10-30	220000	393,6
	9B		1-30		
	10		2-30	217250	398,8
	11		3-30	214500	403,7
	12		4-30	211750	409,0
	13	20-22	5-30	209000	414,4
	14	20-22	6-30	206250	419,9
	15	20-22	7-30	203500	425,6
16	20-22	8-30	200750	431,4	
17		9-30	198000	437,4	

BAJA TENSION 1				
TERMINALES	TENSION (V)	ONAN	ONAF 1	ONAF 2
X1-X2-X3	33000	1312,1	1749,5	2188,9

BAJA TENSION 2				
TERMINALES	TENSION (V)	ONAN	ONAF 1	ONAF 2
Y1-Y2-Y3	33000	1312,1	1749,5	2188,9

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BUJE					
TC	TERMINALES	RELACION	CLASE	APLICACION	
TCH/A/B	151-152	251-252	500-1A	0,2-SVA	
	TCH/B	151-153	251-253	1000-1A	MEDICION
	TCH/C	351-352	251-253	500-1A	PROTECCION
TCH/D/B	151-152	251-252	1000-1A	0,2-SVA	
	TCH/A/B	151-153	251-253	500-1A	MEDICION
	TCH/C	351-353	251-253	1000-1A	PROTECCION
TCY/A/B	151-152	251-252	1250-1A	0,2-SVA	
	TCY/B	151-153	251-253	2500-1A	MEDICION
	TCY/C	351-353	251-253	1250-1A	PROTECCION
TCY/D/B	151-152	251-252	1250-1A	0,2-SVA	
	TCY/A/B	151-153	251-253	2500-1A	MEDICION
	TCY/C	351-352	251-253	1250-1A	PROTECCION
TCY2/D	451-452	3285-2,5A	3C25	IMAGEN TERMICA	
	TCY2/D	451-452	3285-2,5A	3C25	IMAGEN TERMICA
	TCY2/D	451-452	730-2,5A	3C25	COMPENSACION DE CARGA EN LA LINEA

ABB Ltda
 AV. MONTEIRO LOBATO, 3411
 CNPJ: 61074929/0011-03
 GUARULHOS - SAO PAULO - BRASIL

Ensayos de fabrica transformador de poder

ABB		PROTOCOLO DE ENSAYOS				N° de Protocolo: 1ZBR 21 - 0338	
		Resumen				Pág 3 de 127	
N° de Serie: 2XBR62264							
Pérdidas e Intensidad de Vacío							
Tensión (% de la Nominal)	Posición	Potencia Base (MVA)	Pérdidas en Vacío (kW)		Intensidad de Vacío		
			Medidas	Garantizadas	Medida	Garantizada	
110	- / 17 / -	250	151,0			0,2326 %	1,000 %
100	- / 17 / -	250	96,38	131,0		0,04832 %	0,07000 %
90	- / 17 / -	250	72,66			0,03419 %	
Pérdidas en Carga y Tensión de Cortocircuito							
Terminales	Tensiones (kV)	Posiciones	Potencia Base (MVA)	Pérdidas a Temp. Ref.		Impedancia a Temp. Ref.	
				Medidas (kW)	Garantizadas (kW)	Medida (%)	Garantizada (%)
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	150	271,75		7,57	
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	250	758,87	904,00	12,62	
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	242 / 33	1 / -	125	358,25		12,09	12,60
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	220 / 33	9 / -	125	368,86		11,82	12,20
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3	198 / 33	17 / -	125	398,83		11,73	12,10
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	242 / 33	1 / -	125	364,07		12,23	12,60
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	220 / 33	9 / -	125	369,56		11,95	12,20
H1-H2-H3-H0 Y1-Y2-Y3	198 / 33	17 / -	125	394,07		11,85	12,10
X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	33 / 33	- / -	125	720,58		22,34	
Pérdidas Totales							
Terminales	Tensiones (kV)	Posiciones	Potencia Base (MVA)	Pérdidas a Temp. Ref.			
H1-H2-H3-H0 X1-X2-X3 Y1-Y2-Y3	220 / 33 / 33	9 / - / -	250	855,25	1072		
Fecha:			Ingeniero de Ensayo:		Departamento de Ensayo:		
26-abr-2021			Robson Montes		PGTR		

ANEXO III DATASHEET INVERSOR Y CONSUMOS AUXILIARES PFV

La información técnica de inversores y centros de transformación del tipo MVPS 4600-S2 entregada por el fabricante, se presenta a continuación:

DOCUMENTATION

Project Diego del Almagro



Order Number	516-3005766
SAP Number	676953
Project Name	Diego del Almagro (Chile) - 1
Customer	Colbun
Change Proposal Number	1267
Station Serial Number	CT 422/20

Installed Main Components		
Number	Name	Component
1	MVT	4140 kVA 33/0.69 kV KNAN hermetically sealed liquid immersed transformer (SBG)
2	INV	Central Inverter SC 4600-UP
3	BW	Low Voltage Busbar/Busway between inverter and transformer
4	MVSG	Medium Voltage Ring Main Unit Switchgear SIEMENS 8DJH RRL with Circuit breaker
5	MVC	3 x Medium Voltage Cable N2XS(F)2Y 18/30kV 70mm ² between transformer and Medium Voltage Switchgear
6	STSD	230V 50 Hz low voltage distribution panel
7	SCAS-P	Low voltage cable from BW to fuse holder for installation of auxiliary power supply

Power Class	:		→	MVPS-4200-S2-US-10
Target Country	:	CL	→	Chile
Inverter type	:	0	→	SC UP
Inverter Power	:	3	→	4600 kVA
Ambient Temperature	:	1	→	-25°C to +55°C
Altitude	:	1	→	1001 - 2000 m
Environment	:	0	→	Standard
MV Transformer	:	1	→	KNAN
Transformer Protection	:	1	→	Full Protection
Nominal Voltage	:	H	→	33 kV
Nominal Frequency	:	0	→	50 Hz
Transformer Vector Group	:	0	→	Dy11
Transformer Tap Changer	:	1	→	With
Transformer Shield Winding	:	0	→	Without
Transformer Load Profile	:	6	→	24 Hours
Transformer Losses	:	1	→	Eco Design 1
Oil Containment	:	1	→	With
MV Switchgear	:	2	→	3F-SD-SD-CB-36 kV
Accessories MV Switchgear	:	1	→	Auxiliary Contacts
LV-Transformer	:	2	→	20 kVA, 400 V
Safety Equipment	:	0	→	Without
Monitoring	:	1	→	MVSG
Cable Entry Kit	:	1	→	With
Transport Packaging	:	1	→	Sea Freight
Country Package	:	0	→	Without
Language	:	ES	→	Spanish
Factory Warranty	:	0	→	1 year
Customized Solution	:	1	→	Yes



Figura 6.13: Placa de datos Centro de transformación tipo MVPS-4600 S2- PFV Diego de Almagro Sur.

Respecto al consumo de servicios auxiliares de cada centro de transformación, el fabricante en el documento [19], indica lo siguiente: “El inversor convierte la energía de CC a CA, lo que requiere algo de energía auxiliar para el sistema de control, comunicación y enfriamiento. La cantidad de energía auxiliar depende de la temperatura ambiente y de la potencia de salida producida. La alimentación auxiliar se extrae del lado de CA en los terminales del inversor.

Si la potencia fotovoltaica disponible supera el 100 % de la potencia de CC que puede convertir el inversor según el valor nominal de la placa de datos, el inversor produce algo más de potencia de CA para compensar sus pérdidas internas. De esta forma el consumo auxiliar efectivo del inversor es de 0 kVA en cuanto la potencia DC supera el 100%.”

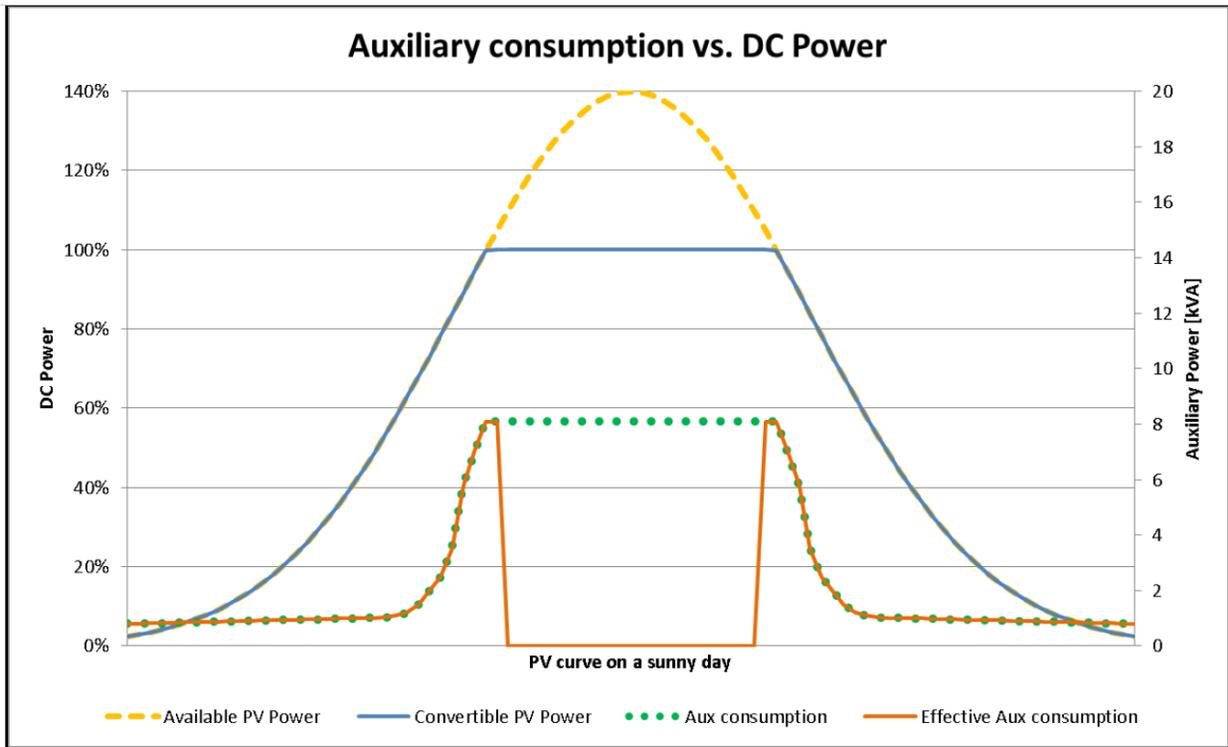


Figura 6.14: Consumo de servicios auxiliares en un día soleado.

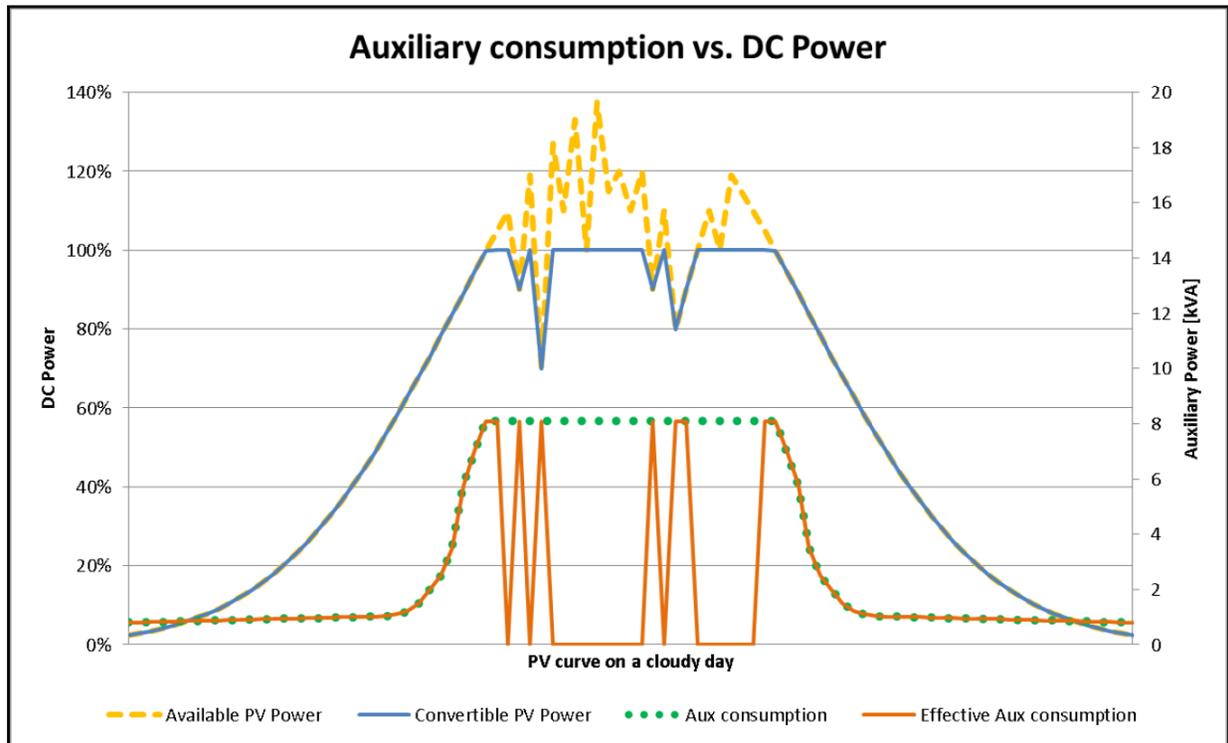


Figura 6.15: Consumo de servicios auxiliares en un día nublado.

ANEXO IV DATASHEET DE LOS PANELES SOLARES

Mono Multi Solutions

THE

Vertex

BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

500W+

MAXIMUM POWER OUTPUT

21.0%

MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

<p style="font-size: 10px; margin: 0;">PRODUCTS</p> <p style="font-weight: bold; margin: 0;">TSM-DEG18MC.20(II)</p>	<p style="font-size: 10px; margin: 0;">POWER RANGE</p> <p style="font-weight: bold; margin: 0;">475-505W</p>
---	--

High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation; extended 30-year warranty
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on investment

High power up to 505W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.0% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection

High reliability

- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load
- Certificated to fire class A

High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.35%) and operating temperature
- Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

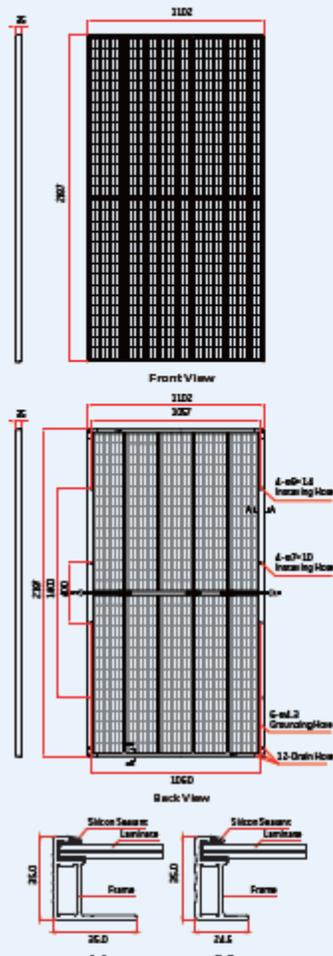
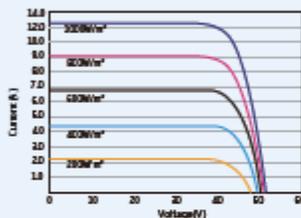
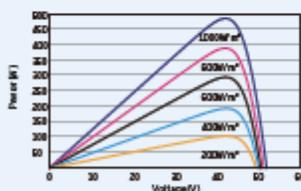
Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL1703
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

Trina Solar's Duomax Performance Warranty

Years	Guaranteed Power (%)
0	99.0%
30	85.0%


BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)

I-V CURVES OF PV MODULE(490W)

P-V CURVES OF PV MODULE(490W)

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	475	480	485	490	495	500	505
Power Output Tolerance-P _{max} (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	41.9	42.2	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	11.34	11.38	11.42	11.45	11.49	11.53	11.56
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	50.5	50.7	50.9	51.1	51.3	51.5	51.7
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	11.93	11.97	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
Module Efficiency η _m (%)	19.7	19.9	20.1	20.3	20.5	20.7	21.0

STC: Irradiance 1.000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±2%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power -P _{max} (Wp)	508	514	519	524	530	535	540
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	41.9	42.2	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	12.13	12.18	12.22	12.24	12.29	12.34	12.37
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	50.5	50.7	50.9	51.1	51.3	51.5	51.7
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	12.77	12.81	12.85	12.89	12.94	12.98	13.02
Irradiance ratio (rear/front)	10%						

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power-P _{max} (Wp)	360	363	367	371	374	378	382
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	39.5	39.8	40.0	40.2	40.5	40.8	41.0
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	9.09	9.13	9.18	9.21	9.25	9.28	9.33
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	47.7	47.9	48.1	48.3	48.5	48.7	48.8
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	9.61	9.64	9.67	9.70	9.73	9.77	9.80

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 2m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	150 cells
Module Dimensions	2187 × 1102 × 35 mm (86.10 × 43.39 × 1.38 inches)
Weight	30.1 kg (66.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	PDE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 2000/2000 mm(78.74/78.74 inches)
Connector	MC4 EV02/ TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NMOT(Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.35%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC(IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

- 12 year Product Workmanship Warranty
- 30 year Power Warranty
- 2% First year degradation
- 0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 30 pieces
- Modules per 40' container: 600 pieces

ANEXO V ESPECIFICACIONES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

11. Specifications	
SPECIFICATIONS	
Voltage Inputs	4 channels, 600VAC CAT IV, 1000VAC CAT III
Current Channels	4 channels Voltage output CTs (0-10V peak)
Line Frequency	40-70Hz
Waveform Sampling	256 Sample/Cycle at 50/60Hz
Measurements	Continuous PQZ file
Accuracy	IEC 61000-4-30 Class A
LED Indicators	11 Bi-color LEDs
COMMUNICATION	
USB	PQZ file download, FW upgrade & clock setting
LAN	Available in extension module
POWER	
Power Supply	100-240VAC 50/60Hz 10W 5VDC over USB
Battery	Available in extension module
Ride through	15sec
MECHANICAL	
Operating Temperature	-20 to + 65 °C (*)
Humidity	5% to 95% non-condensing
Maximum Operation Altitude	2,000m (1.24Mi)
IP protection	IP 40 (**)
Weight	0.4kg
Dimensions	180 x 115 x 60
STORAGE	
Nonvolatile memory	SD card supporting hot swap
SYNCHRONIZATION	
Internal clock	10 ppm
External synchronization	NTP available in extension module
(*) T>60°C requires an external power supply	
(**) The product is intended for indoor use	

Figura 6.16: Datasheet instrumento de medida PURE BlackBox marca Elspec.

Waveform Sampling			
Voltage Sampling Rate		1024 Samples/Cycle	
Current Sampling Rate		256 Samples/Cycle	
Voltage Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -		511 th	
Current Harmonics (Individual, Even, Odd, Total) Up to -		127 th	
Type of Analog to Digital Converter		16/20 ¹ bit	
Storage Capacity			
Internal Memory		32 GB/32TB ²	
Power Quality Analysis			
Transient Detection, Microseconds (50Hz/60Hz)		19.5/16.3µs	
Communication Ports			
Ethernet Ports		3	
Wi-Fi Communications (802.11g)		1	
Power Over Ethernet (PoE- Out)		1	
Digital Input		4	
RS-232		1	
RS-485		1	
Physical			
Dimensions mm		314 X 84 X 271	
Weight		3.7kg	
Control			
Comprehensive web server for local and remote real-time monitoring and control			
Applicable Standards			
Measurement Standards		EN50160, IEC61000-4-15, IEC61000-4-7, IEC61000-4-30 Class A	
EMC Standards		EN61326, CFR47FCC, CISPR11 Group 1, FCC PART 15 Subpart B, EN61010-2, IEC61000-3-3, IEC61000-4-2, IEC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-6, IEC61000-4-11	
Environmental Standards		IEC60068-2-1, 2, 6, 27, 30, 75	
Safety Standards		EN61010-1:2001 2nd Edition	
Power Supply		Voltage	
Operating Range	100-260 VAC: 50/60 Hz 100-300 VDC	Voltage Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1 DC
		Nominal Full Scale	1000V
Auxiliary DC Supply	48 Vdc	Maximum Peak Measurement	8000V
Auxiliary Supply	PoE In According to 802.3af	Input Impedance	3MΩ
Battery Backup	2 Hours	Uncertainty	0.1% of Nominal
Time		Current	
Real Time Clock	±1 Second per 24 Hours	Current Channels	4 (3 Phases + Neut.)+ 1Grn/DC
Synchronization Device	Uncertainty	Current Channels Receive From Clamp	11-14: 0-10 VPK 15: 0-3 VPK
GPS	100-200µs	Uncertainty	0.1% ±0.1 mV
IRIG B	100-200µs	Frequency	
Sntp Server	50-100µs	Fundamental Frequency	42.5 Hz to 69 Hz
DCF-77	±15ms	Frequency Resolution	10 mHz
Environmental Conditions		Frequency Accuracy	±10 mHz
Operation Temperature	0°C – 50°C (32°F – 122 °F)	Disclaimer: Specifications subject to changes without prior notice	
Storage Temperature	-20°C – 60°C (-4°F – 140 °F)		

¹ Effective bits

² Equivalent memory size needed without compression

Figura 6.17: Datasheet instrumento de medida G4500 marca Elspec.

Certificado de calibración

G4K Calibration Test-Test Report									
Date & Time: 24/01/2022 12:37:44.115			Operator Name: Doron			Total Test Time: 01:48:24			
UUT Path: G4000K SYSTEM\Cal. Test \G4K Calibration Test			Serial Number: 00-60-35-33-66-C0			Batch Number: 13			
UUT Type:			G4500						
UUT S/N:			00-60-35-33-66-C0						
BOOT Version			0.3.02						
Application Version			0.4.11.73						
DSP SW Version			5.6						
No	Stage	Module	Test Type	Measured Parameter	Spec Low	Spec High	Result	Pass/Fail	Time
2				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:37:44.115
3	Stage1	G4 System	Unit Type	CPU Version	G4500	-	G4500	✓	24/01/2022 12:38:06.411
4	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:1 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:23.789
5	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:2 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:23.904
6	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:3 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:24.021
7	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:4 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:38:24.138
8	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:1	5	1000000	1752.115845	✓	24/01/2022 12:39:27.187
9	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:41:48.272
10	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	I1_LowMult_Read	9	11	10.164402	✓	24/01/2022 12:41:48.938
11	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch1	I1_Value_Read	0.2997	0.3003	0.300034	✓	24/01/2022 12:41:49.085
12	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:2	5	1000000	1043.846191	✓	24/01/2022 12:42:52.123
13	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:45:14.230
14	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	I2_LowMult_Read	9	11	10.138845	✓	24/01/2022 12:45:15.021
15	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch2	I2_Value_Read	0.2997	0.3003	0.299999	✓	24/01/2022 12:45:15.129
16	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:3	5	1000000	104.155762	✓	24/01/2022 12:46:18.182
17	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:48:40.840
18	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	I3_LowMult_Read	9	11	10.148255	✓	24/01/2022 12:48:41.570
19	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch3	I3_Value_Read	0.2997	0.3003	0.299994	✓	24/01/2022 12:48:41.681
20	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:N	5	1000000	68.939598	✓	24/01/2022 12:49:44.756
21	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	Calibration Value: 0.3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:52:07.552
22	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	I4_LowMult_Read	9	11	10.136033	✓	24/01/2022 12:52:08.228
23	Stage1	DSP Module	Current Calibration Low Range ch4	I4_Value_Read	0.2997	0.3003	0.30004	✓	24/01/2022 12:52:08.332
24	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:1 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.254
25	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:2 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.363
26	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:3 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.473
27	Stage1	G4 System	Unit Clamps Types	Channel:4 Clamp Type	Mini_1To6A_1A_0.1V	-	Mini_1To6A_1A_0.1V	✓	24/01/2022 12:52:10.583
28	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:1	5	1000000	680.33374	✓	24/01/2022 12:53:13.576
29	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:55:41.111

30	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	I1_HighMult_Read	90	110	101.354347	✓	24/01/2022 12:55:41.800
31	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch1	I1_Value_Read	2.97	3.03	3.000008	✓	24/01/2022 12:55:41.917
32	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:2	5	1000000	689.693542	✓	24/01/2022 12:56:44.928
33	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 12:59:07.698
34	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	I2_HighMult_Read	90	110	101.134651	✓	24/01/2022 12:59:08.480
35	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch2	I2_Value_Read	2.97	3.03	2.999982	✓	24/01/2022 12:59:08.596
36	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:3	5	1000000	689.487183	✓	24/01/2022 13:00:11.667
37	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:02:35.963
38	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	I3_HighMult_Read	90	110	101.230629	✓	24/01/2022 13:02:36.587
39	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch3	I3_Value_Read	2.97	3.03	2.999994	✓	24/01/2022 13:02:36.714
40	Stage1	DSP Module	Current Calibration	I_To_V_Direction_Read ch:N	5	1000000	689.660522	✓	24/01/2022 13:03:39.691
41	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	Calibration Value: 3	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:06:03.334
42	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	In_HighMult_Read	90	110	101.050255	✓	24/01/2022 13:06:04.030
43	Stage1	DSP Module	Current Calibration High Range ch4	In_Value_Read	2.97	3.03	3.000028	✓	24/01/2022 13:06:04.145
44	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 13:06:04.506
45	Stage1	DSP Module	Test Total Time	-	-	-	00:27:55	-	24/01/2022 13:06:05.049
46	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 13:06:05.155
47				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:09:12.959
48				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 13:56:33.717
49				Log In	Pass	-	Pass	✓	24/01/2022 14:07:33.515
50	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 14:25:54.158
51	Stage1	All Modules	Test Total Time	-	-	-	01:48:24	-	24/01/2022 14:25:54.621
52	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	24/01/2022 14:25:54.713

G4K Calibration Pass

Doron Arussi
Signature: *Doron Arussi*
practical electric engineer
Elspec Technologies

ANEXO VI ARCHIVOS ADJUNTOS

Anexo a este informe se encuentran los siguientes archivos adjuntos:

- ANEXO 1 Potencia activa y corriente 52J1 - 52F1 y 52F17 SE Inca de Oro (Descarga).xlsx: contiene las mediciones de potencia activa y corriente en los paños 52J1, 52F1 y 52F17 de la SE Inca de Oro para la prueba de potencia máxima (Descarga).
- ANEXO 2 SS.AA. Potencia activa y corriente (Descarga).xlsx: contiene las mediciones de potencia activa y corriente en los servicios auxiliares (400V) del proyecto BESS DAS para la prueba de potencia máxima (Descarga).
- ANEXO 3 Potencia activa y corriente 52J1 - 52F1 y 52F17 SE Inca de Oro (Carga).xlsx: contiene las mediciones de potencia activa y corriente en los paños 52J1, 52F1 y 52F17 de la SE Inca de Oro para la prueba de potencia máxima (Carga).
- ANEXO 4 SS.AA. Potencia activa y corriente (Carga).xlsx: contiene las mediciones de potencia activa y corriente en los servicios auxiliares (400V) del proyecto BESS DAS para la prueba de potencia máxima (Carga).