



# **P21006**

## **ESTUDIOS DE CONEXIÓN PROYECTO**

### **DOMEYKO**

**28.11.2023**

Informe de Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades  
Generadoras  
21006-00-ES-IT-018 Rev. 2  
Preparado para Enel Green Power Chile S.A





## P21006

# ESTUDIOS DE CONEXIÓN PROYECTO DOMEYKO

Informe de Determinación de Mínimos Técnicos en  
Unidades Generadoras

### I-SEP Ingenieros SpA.

Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

Padre Mariano 82  
Oficina 603  
Providencia, Santiago  
Chile

+56 2 2604 8761

[www.i-sep.cl](http://www.i-sep.cl)  
[empresa@i-sep.cl](mailto:empresa@i-sep.cl)

REV.	PREPARADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	COMENTARIOS
Rev. A	I-SEP	19.10.2022	I-SEP	20.10.2022	Emitido para revisión interna
Rev. B	I-SEP	21.10.2022	I-SEP	24.10.2022	Emitido para cliente
Rev. 0	I-SEP	26.10.2022	CEN	24.04.2023	Emitido para uso
Rev. 1	I-SEP	25.04.2023	CEN	28.06.2023	Contempla observaciones del CEN
Rev. 2	I-SEP	28.11.2023			Contempla observaciones del CEN

# CONTENIDOS

<b>1. IDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS Y ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4. REFERENCIAS TÉCNICAS .....</b>	<b>5</b>
4.1. DOCUMENTOS .....	5
4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES .....	5
<b>5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE .....</b>	<b>6</b>
5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO DOMEYKO .....	8
5.2. MODELACIÓN TRANSFORMADOR ELEVADOR 220/33/33 kV .....	8
5.3. PANELES PF DOMEYKO .....	9
5.4. MODELACIÓN INVERSORES PFV DOMEYKO .....	11
5.5. MODELACIÓN TRANSFORMADORES DE BLOQUE 33/0,68/0,68 kV .....	12
5.6. MODELACIÓN CABLES Y CONDUCTORES DE MT DEL PFV DOMEYKO .....	13
5.7. MODELACIÓN TRANSFORMADOR ZIG-ZAG .....	16
5.8. MODELACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN S/E HADES – S/E PURI .....	17
<b>6. REVISIÓN NORMATIVA .....</b>	<b>19</b>
<b>7. DETERMINACIÓN MÍNIMO TÉCNICO .....</b>	<b>20</b>
7.1. DEFINICIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN .....	20
7.2. ANTECEDENTES DE OPERACIÓN .....	21
7.3. CÁLCULO DE MÍNIMO TÉCNICO DEL PARQUE .....	24
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>REGISTRO SSAA</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>REGISTRO DE RADIACIÓN</b>
<b>ANEXO III</b>	<b>REGISTROS</b>
<b>ANEXO IV</b>	<b>MANUALES DE CELDAS E INVERSORES</b>
<b>ANEXO V</b>	<b>HOJA DE DATOS DEL PPC</b>

## 1. IDENTIFICACIÓN

- ◆ Nombre del Proyecto : Proyecto Parque Fotovoltaico Domeyko
- ◆ Número Único de Proyecto (NUP) : 1514
- ◆ Empresa Propietaria del Proyecto : Enel Green Power Chile S.A

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente informe tiene por finalidad establecer el mínimo técnico para los inversores del Parque Fotovoltaico Domeyko (PFV Domeyko) NUP 1514, propiedad de Enel Green Power Chile S.A, según lo establecido por la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, y en el **Anexo Técnico: Mínimo Técnico**.

## 3. INTRODUCCIÓN

La sociedad Enel Green Power Chile S.A se encuentra gestionando la entrada en operación del proyecto PFV Domeyko, NUP 1514, ubicado en la región de Antofagasta, específicamente en la comuna de Antofagasta, provincia de Antofagasta. El proyecto consta de 100 inversores Sunway TG1800 1500V TE-680 OD de 2120 kW, lo que otorga una potencia instalada de 212 MW. La interconexión del PFV Domeyko con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se realiza a través de la línea de transmisión 1x220 kV S/E Hades – S/E Puri, evacuando la energía por medio de circuitos de 33 kV que se conectaran a las respectivas unidades de transformación 33/220 kV.

En este contexto, I-SEP se ha adjudicado el desarrollo del informe de mínimo técnico (MinTec), requerido por el Coordinador Eléctrico Nacional para la entrada en operación del proyecto PFV Domeyko el cual tiene por objetivo determinar el mínimo técnico global que puede generar el parque.

## 4. REFERENCIAS TÉCNICAS

El presente informe ha sido desarrollado con los siguientes antecedentes, los cuales se encuentran en la carpeta Anexos adjunta a este informe:

### 4.1. DOCUMENTOS

- a) Anexo II: provisto por el cliente, que registra las mediciones obtenidas en las pruebas del día 29/09/2022.
- b) Documento 21006-00-ES-IT-006 “Estudio de Flujos de Potencia” realizado por I-SEP.
- c) Anexo I: Documento “SSAA.zip”, obtenidas en terreno, que registra las mediciones obtenidas del medidor de servicios auxiliares de la subestación en las pruebas del día 19/09/2022.
- d) Anexo III: BD PowerFactory DIgSILENT “BD\_Domeyko.pfd”.
- e) Anexo IV: AGRE.EEC.R.99.CL.P.11871.03.001.00-CATALOGUE MODULES LR4-72HBD 425-455M
- f) Anexo IV: P-Q Capability\_SUNWAY TG1800 1500V TE - 680
- g) Anexo IV: GRE.EEC.R.99.CL.P.11871.12.118.00 - Inverter - Datasheet

### 4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES

- I. Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, versión septiembre 2020.
- II. Anexo Técnico “Mínimo Técnico”

## 5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE

El PFV Domeyko se encuentra constituido por 100 inversores Sunway de 2,12 MW cada uno, contemplando una inyección máxima a la red de 212 MW. La interconexión del PFV Domeyko con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se realiza a través de la línea de transmisión 1x220 kV S/E Hades – S/E Puri, mediante una nueva bahía GIS.

En la Figura 5-1 se muestra un diagrama unilineal de la zona de influencia, destacando en un recuadro rojo el proyecto PFV Domeyko. Por otro lado, la Figura 5-2 muestra el diagrama unilineal del sistema colector del PFV Domeyko.

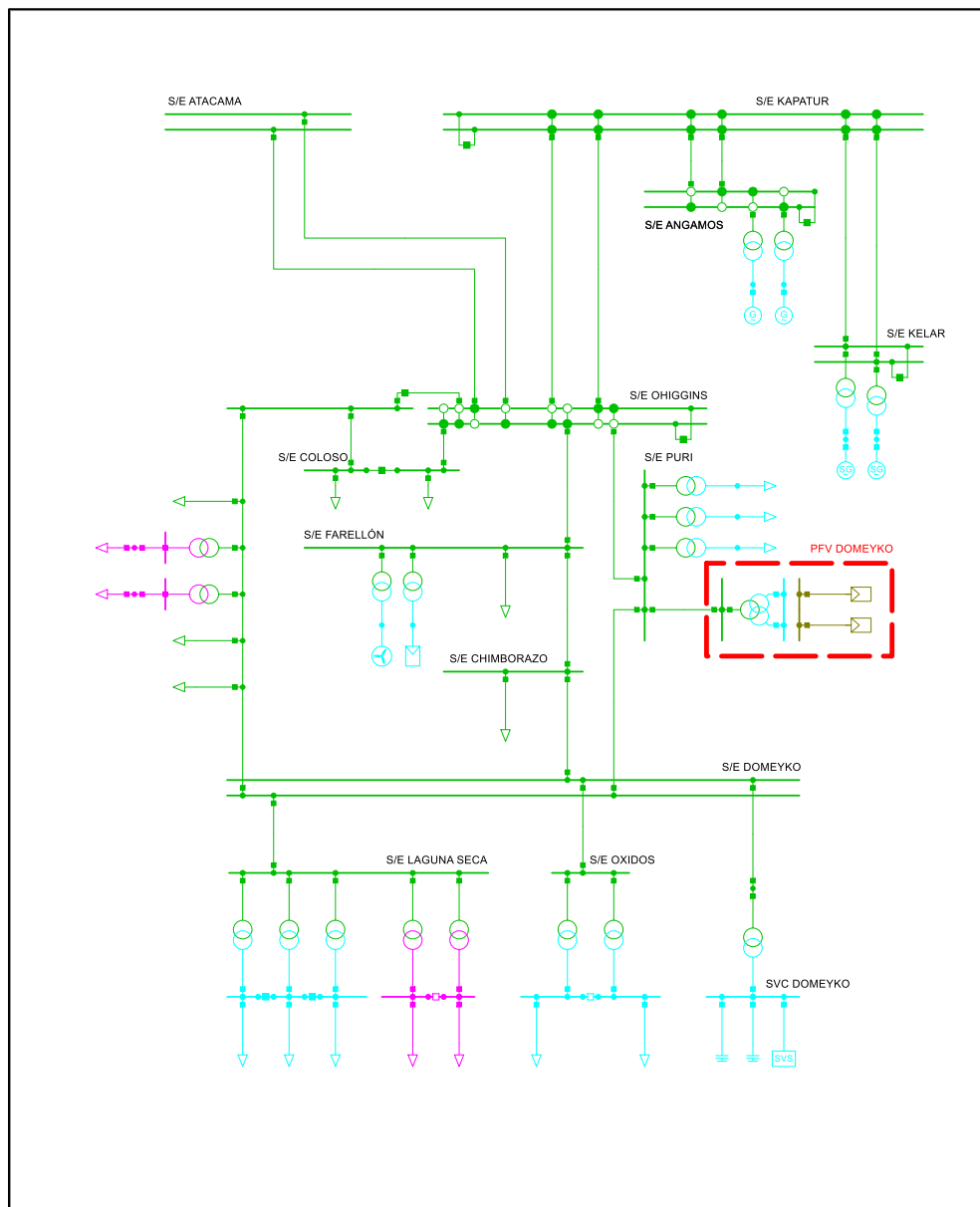


Figura 5-1 Diagrama unilineal de la zona de influencia.

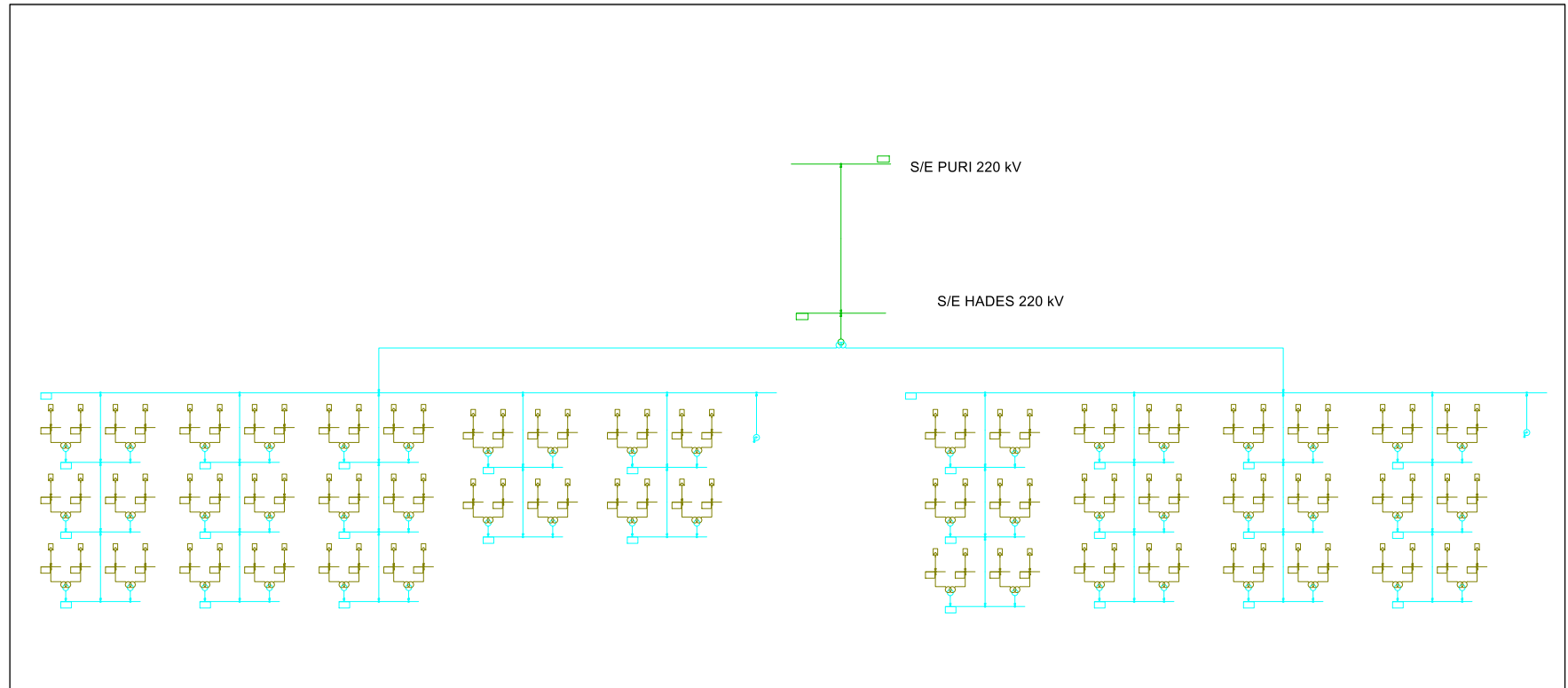


Figura 5-2 Diagrama unilineal sistema colector PFV Domeyko.

## 5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO DOMEYKO

A continuación, se exponen los aspectos más relevantes de la modelación de instalaciones a efectos del presente estudio.

## 5.2. MODELACIÓN TRANSFORMADOR ELEVADOR 220/33/33 kV

Los parámetros utilizados para modelar el transformador elevador del PFV Domeyko, son los indicados en las imágenes siguientes, conforme a la información contenida en el antecedente (b).

Tabla 5-1 Parámetros transformador elevador 220/33/33 kV.

PARÁMETROS	VALORES
Potencia Nominal ONAN/ONAN I	220/110/110 [MVA]
Niveles de Tensión	220/33/33 [kV]
Grupo de conexión	Ynd11d11
Impedancia de secuencia positiva (Base 110 MVA)	HV-MV: 15,34 [%]; MV-LV: 27,32048 [%]; LV-HV: 15,33 [%]
Impedancia de secuencia cero (Base 110 MVA)	HV-MV: 15,34 [%]; MV-LV: 27,32048 [%]; LV-HV: 15,33 [%]
Pérdidas en el cobre	HV-MV: 223,657 [kW]; MV-LV: 460,3377 [kW]; LV-HV: 223,251 [kW]

A continuación, la Figura 5-3 muestra la modelación de los transformadores del PFV Domeyko en el programa PowerFactory.



The screenshot displays the configuration window for a transformer in PowerFactory. The transformer name is 'Trf 220/110/110 MVA 220/33 kV'. The 'Rated Power' section shows 220 MVA for the HV-side, and 110 MVA for both MV and LV sides. The 'Rated Voltage' section shows 220 kV for the HV-side, and 33 kV for both MV and LV sides. The 'Vector Group' is set to YN0d11d11, with phase shifts of 0, 11, and 11 degrees for the HV, MV, and LV sides respectively. The 'Positive Sequence Impedance' section includes short-circuit voltage (uk) and copper losses for HV-MV, MV-LV, and LV-HV. The 'Zero Sequence Impedance' section includes short-circuit voltage (uk0) and SHC-voltage real part for the same voltage levels. The 'Tap Dependent Impedance' section is also visible, showing parameters for HV, MV, and LV taps, such as 'Add. Voltage per Tap' and 'Phase of du'.

Figura 5-3: Modelación de transformador elevador en PowerFactory.

### 5.3. PANELES PF DOMEYKO

Los parámetros de los paneles, del proyecto, se indican en la siguiente Tabla, conforme la información detallada en el Anexo IV.

Tabla 5-2 Parámetros de los Paneles utilizados en el PF Domeyko.

PARÁMETROS	VALOR	
Fabricante	LONGI Solar	
Modelo	LR4-72HBD 430M	LR4-72HBD 435M
Máxima Potencia diurna	430 [W]	435 [W]
Tensión a máxima potencia	0,412 [kV]	0,414 [kV]
Corriente de cortocircuito	11,09 [A]	11,16 [A]
Eficiencia	19,2%	19,4%
coeficiente de temperatura para potencia	-0,37%	

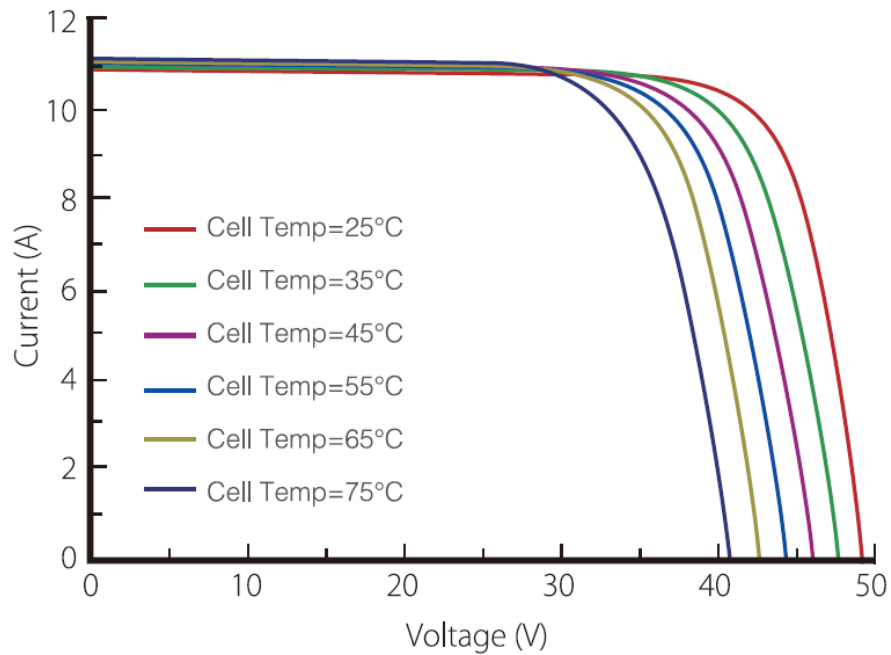


Figura 5-4: Curva de Voltaje v/s Corriente en función de la temperatura de la celda.

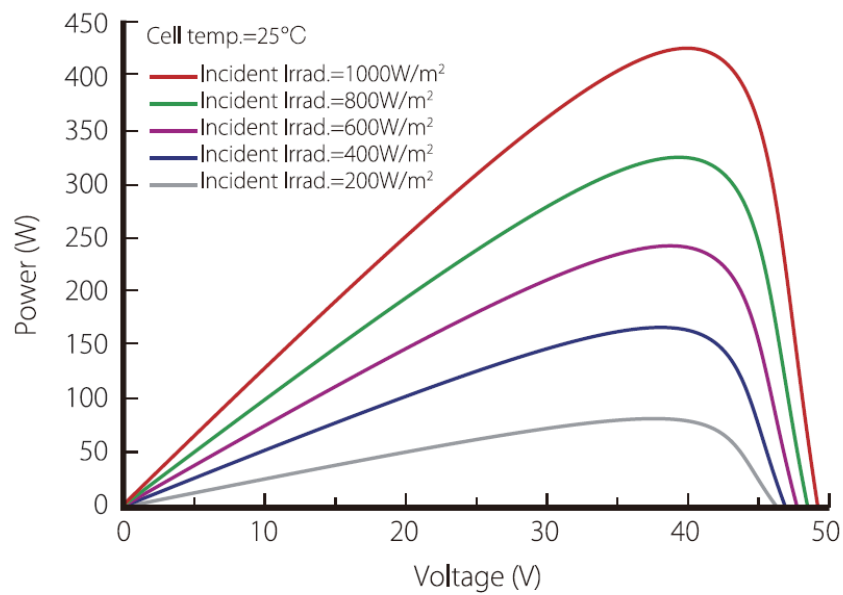


Figura 5-5: Curva de Voltaje v/s Potencia en función de la irradiación solar.

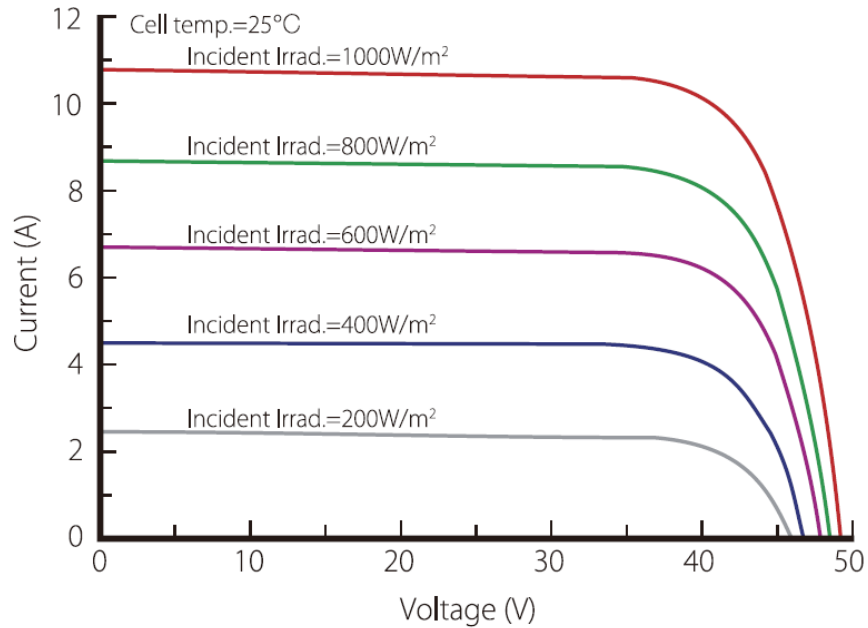


Figura 5-6: Curva de Voltaje v/s Corriente en función de la irradiación solar.

#### 5.4. MODELACIÓN INVERSORES PFV DOMEYKO

Los parámetros de los inversores considerados para representar el proyecto se indican en la siguiente Tabla, conforme la información detallada en el Anexo IV.

Tabla 5-3 Parámetros de los inversores utilizados en la modelación del PFV Domeyko.

PARÁMETROS	VALOR
Fabricante	Enertronica Santerno
Modelo	Sunway TG1800 1500V TE – 680 OD
Potencia Nominal @ 40°C	2,12 [MVA]
Tensión Nominal	0,68 [kV]
Corriente de cortocircuito	1350 [A]

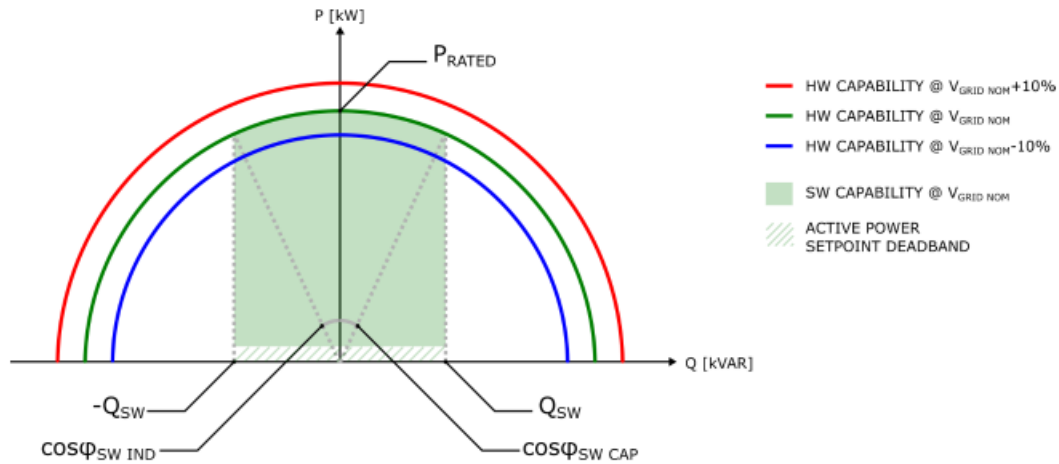


Tabla 5-7: Diagrama PQ de los inversores.

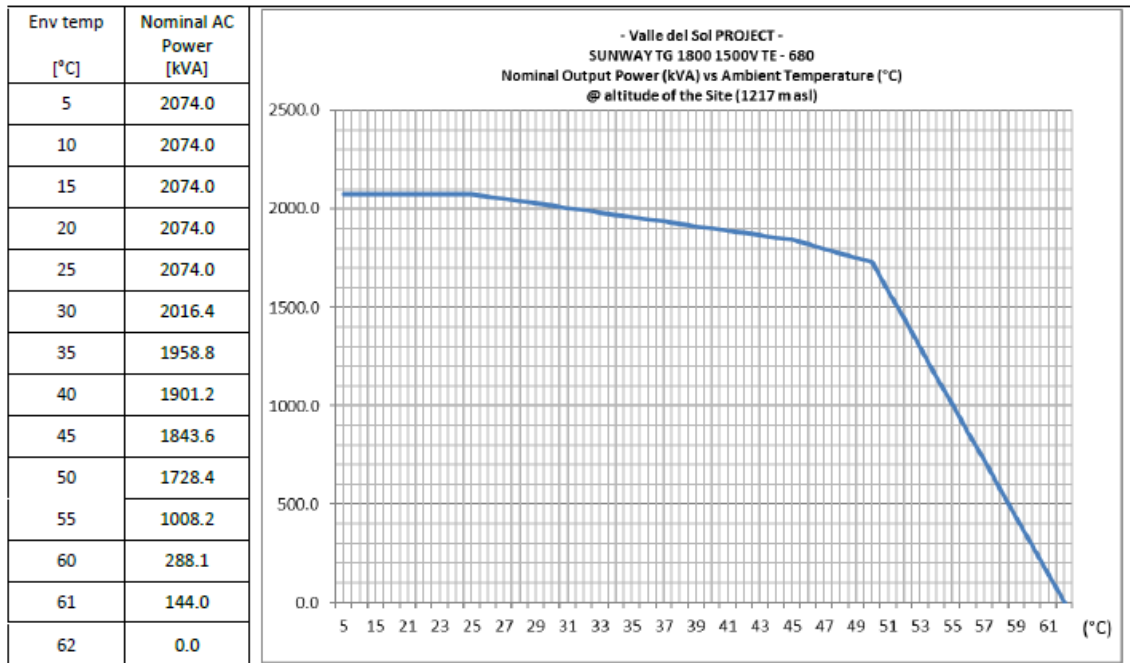


Tabla 5-8: Potencia Nominal de Salida de los inversores en función de la Temperatura Ambiente<sup>1</sup>.

### 5.5. MODELACIÓN TRANSFORMADORES DE BLOQUE 33/0,68/0,68 kV

El PFV Domeyko se modela con 50 transformadores de bloque. Los parámetros utilizados para modelar dichos transformadores se indican en la siguiente tabla, conforme a lo detallado en el antecedente (b).

<sup>1</sup> Se destaca que los Inversores del PF Domeyko son los mismos modelos utilizados en el PF Valle del Sol.

Tabla 5-4 Parámetros transformadores de bloque de tres devanados 33/0,6/0,6 kV.

PARÁMETROS	VALORES
Potencia Nominal ONAN/ONAN I	3,8/1,9/1,9 [MVA]
Niveles de Tensión	33/0,68/0,68 [kV]
Grupo de conexión	Dy11y11
Impedancia de secuencia positiva (Base 1,9 MVA)	HV-MV: 7 [%]; MV-LV: 11,7764 [%]; LV-HV: 7 [%]
Impedancia de secuencia cero (Base 1,9 MVA)	HV-MV: 7 [%]; MV-LV: 11,7764 [%]; LV-HV: 7 [%]
Pérdidas en el cobre	33,95 [kW]

A continuación, la Figura 5-9 muestra la modelación de los transformadores de bloque del PFV Domeyko en el programa PowerFactory.

Name: Tf 33 kV/0.68 kV

Rated Power

HV-Side	3,8 MVA
MV-Side	1,9 MVA
LV-Side	1,9 MVA

Rated Voltage

HV-Side	33, kV
MV-Side	0,68 kV
LV-Side	0,68 kV

Vector Group

HV-Side	D	Phase Shift	0, *30deg
MV-Side	Y	Phase Shift	11, *30deg
LV-Side	Y	Phase Shift	11, *30deg

Name: Dy11y11

Hint: The short-circuit voltages refer to the corresponding min. rated Powers  
e.g. uk(HV-MV) is referred to the minimum of Sr(HV) and Sr(MV)

Positive Sequence Impedance

Short-Circuit Voltage uk	
HV-MV	7, %
MV-LV	11,7764 %
LV-HV	7, %

Copper Losses

HV-MV	16,975 kW
MV-LV	0, kW
LV-HV	16,975 kW

Zero Sequence Impedance

Short-Circuit Voltage uk0	
HV-MV	7, %
MV-LV	11,7764 %
LV-HV	7, %

SHC-Voltage, Real Part

HV-MV	0, %
MV-LV	0, %
LV-HV	0, %

Figura 5-9 Modelación de transformadores de bloque de tres devanados en PowerFactory.

## 5.6. MODELACIÓN CABLES Y CONDUCTORES DE MT DEL PFV DOMEYKO

La conexión entre el transformador de bloques 33/0,8/0,8 kV y la barra de 33 kV de la S/E Hades se desarrolla por medio de tramos directamente enterrados utilizando cables de aluminio de 120, 300, 500 y 630 mm<sup>2</sup>. Las características de cada uno de los cables utilizados en el proyecto se describen en la siguiente tabla, conforme a la información contenida en el antecedente (b).

Tabla 5-5 Características de los cables de MT.

PARÁMETROS	CABLE 120 mm <sup>2</sup>	CABLE 300 mm <sup>2</sup>	CABLE 500 mm <sup>2</sup>	CABLE 630 mm <sup>2</sup>
Aislación	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE
Cubierta	HFFR	HFFR	HFFR	HFFR
Pantalla	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Material conductor	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Diámetro cable [mm]	38,3	46,2	52,3	57,4
Diámetro conductor [mm]	12,9	20,8	26,9	32
Espesor aislación [mm]	9	9	9	9
Espesor cubierta [mm]	2,5	2,5	2,5	2,5
Espesor pantalla [mm]	0,2	0,2	0,2	0,2

A continuación, la siguiente Figura muestra la modelación de los cables de MT del PFV Domeyko en el programa PowerFactory.

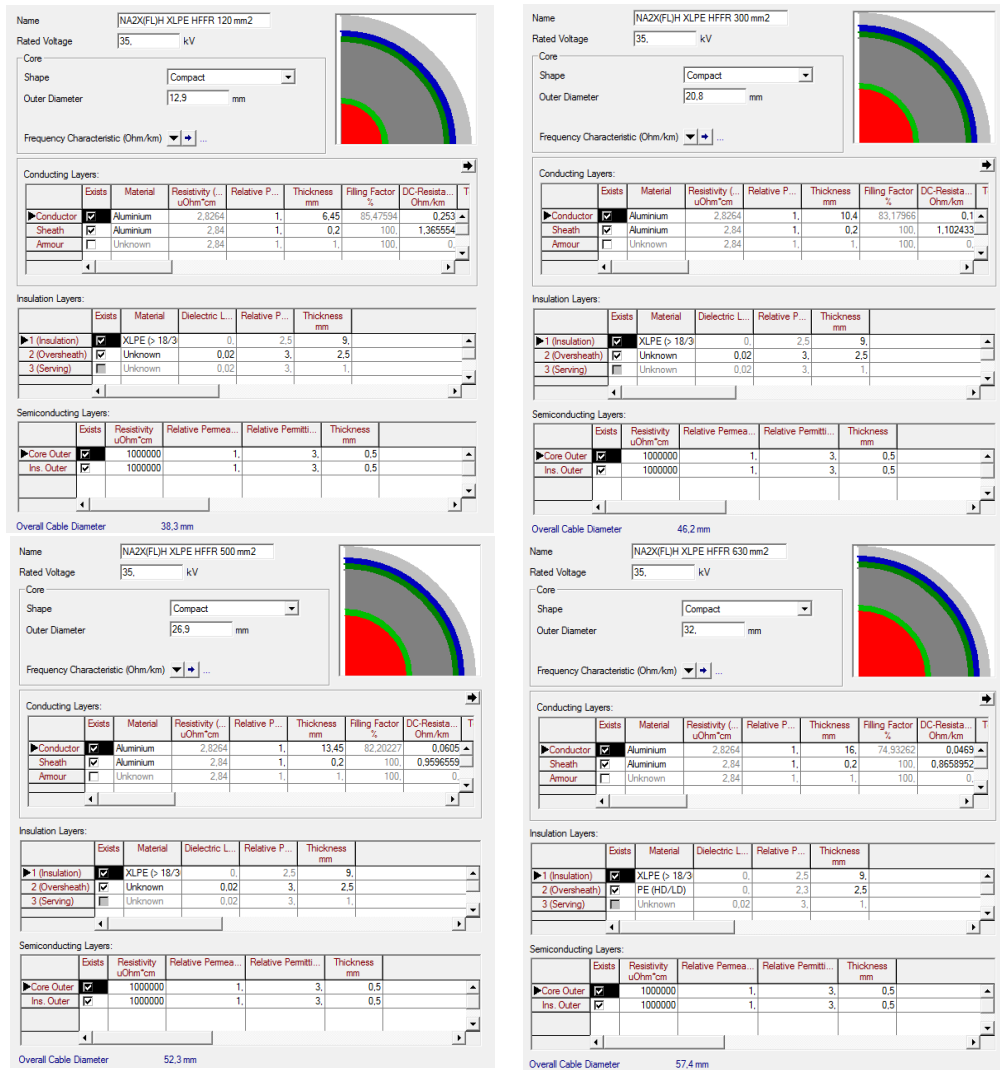


Figura 5-10 Modelado del cable 120 mm<sup>2</sup>, 300 mm<sup>2</sup>, 500 mm<sup>2</sup> Y 630 mm<sup>2</sup>

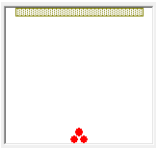
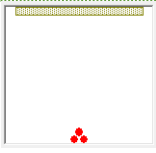
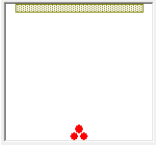
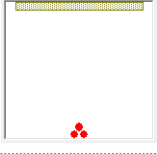
Los tramos del sistema de cables se muestran en la Tabla 5-6. Cada circuito representa un subgrupo de cables trifásicos, teniéndose disposiciones solo de circuitos simples.

**Tabla 5-6 Detalle del conexionado del PFV Domeyko.**

CIRCUITOS DE MT					
CIRCUITO	DESDE-HASTA	CONDUCTORES POR FASE	CIRCUITOS POR FASE	CALIBRE [mm <sup>2</sup> ]	LONGITUD [km]
Circuito 1	Bus33kV - PCU004	3	1	630	0,39
	PCU004 - PCU005	3	1	300	0,381
	PCU005 - PCU006	3	1	120	2,66
Circuito 2	Bus33kV - PCU001	3	1	630	0,743
	PCU001 - PCU002	3	1	300	0,273
	PCU002 - PCU003	3	1	120	0,27
Circuito 3	Bus33kV - PCU016	3	1	630	2,26
	PCU007 - PCU008	3	1	300	0,315
	PCU008 - PCU016	3	1	120	2,442
Circuito 4	Bus33kV - PCU010	3	1	630	3,037
	PCU010 - PCU012	3	1	300	0,91
	PCU012 - PCU014	3	1	120	0,617
Circuito 5	Bus33kV - PCU011	3	1	630	3,63
	PCU011 - PCU013	3	1	300	0,615
	PCU013 - PCU015	3	1	120	0,564
Circuito 6	Bus33kV - PCU009	3	1	630	2,81
	PCU009 - PCU018	3	1	300	2,065
	PCU018 - PCU020	3	1	120	0,467
Circuito 7	Bus33kV - PCU017	3	1	630	4,287
	PCU017 - PCU019	3	1	300	0,588
	PCU019 - PCU021	3	1	120	1,853
Circuito 8	Bus33kV - PCU022	3	1	500	4,913
	PCU022 - PCU023	3	1	120	0,366
Circuito 9	Bus33kV - PCU024	3	1	630	5,1
	PCU024 - PCU025	3	1	120	0,42

En base a lo anterior, las disposiciones utilizadas en cada uno de los tramos se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5-7 Disposición de los tramos con cables enterrados del PFV Domeyko.

DIAGRAMA	TRAMO	X1 [m]	X2 [m]	X3 [m]	Y1 [m]	Y2 [m]	Y3 [m]
	Circuito 3x1x120 [mm <sup>2</sup> ]	-0,024	0,024	0	0,74	0,74	0,7
	Circuito 3x1x300 [mm <sup>2</sup> ]	-0,028	0,028	0	0,75	0,75	0,7
	Circuito 3x1x500 [mm <sup>2</sup> ]	-0,032	0,032	0	0,753	0,753	0,7
	Circuito 3x1x630 [mm <sup>2</sup> ]	-0,035	0,035	0	0,76	0,76	0,7

## ZANJA DE MEDIA TENSIÓN

## Z2.1

Z2.1 Z2.1 Z2.1

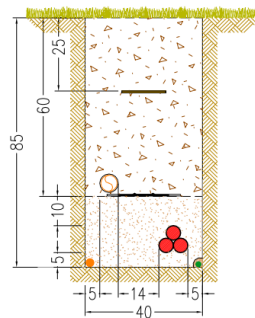


Figura 5-11 Zanja para los conductores de MT

## 5.7. MODELACIÓN TRANSFORMADOR ZIG-ZAG

El PFV Domeyko proyecta dos transformadores zig-zag con puesta a tierra conectado a cada una de las barras de 33 kV de la subestación. Las características principales de los transformadores se indican en la siguiente tabla, conforme a la información contenida en el antecedente (b).



Tabla 5-12 Parámetros transformador zig-zag.

PARÁMETROS	VALOR
Tensión nominal	33 [kV]
Capacidad de corriente de cortocircuito (3·I <sub>0</sub> )	0,19052 [kA]
Reactancia de secuencia cero (calculada)	297,314 [Ω]
Reactancia a tierra	100 [Ω]

## 5.8. MODELACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN S/E HADES – S/E PURI

A continuación, se presenta la modelación del tramo a estudiar en el software PowerFactory, considerando los datos presentados en el estudio (b).

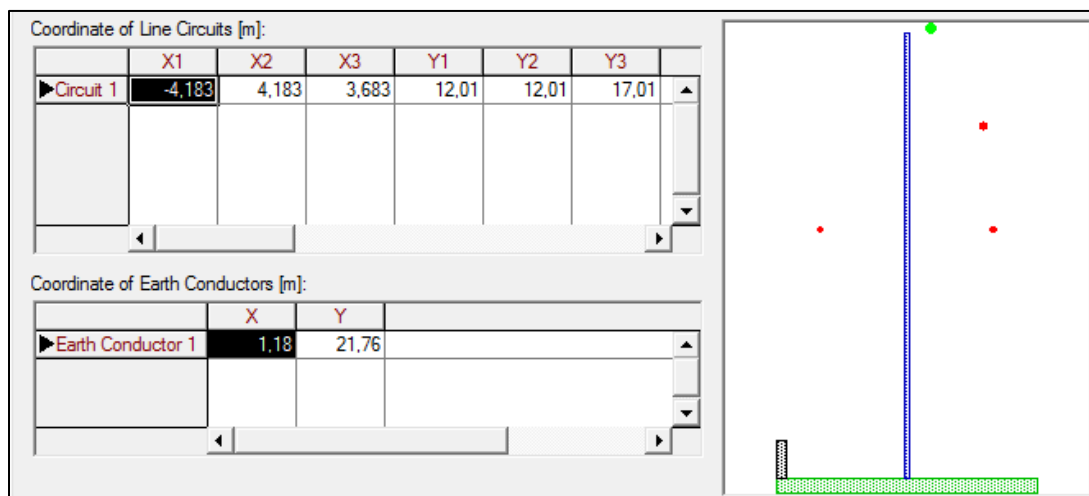


Figura 5-12 Modelación de la estructura representativa equivalente en *PowerFactory DigSILENT*.

Name	AAAC FLINT 740.8 MCM	
Nominal Voltage	220,	kV
Nominal Current	1,	kA
Number of Subconductors	1	
Conductor Model		
<input checked="" type="radio"/> Solid Conductor <input type="radio"/> Tubular Conductor		
(Sub-)Conductor		
DC-Resistance (20°C)	0,08944	Ohm/km
GMR (Equivalent Radius)	9,786	mm
Outer Diameter	25,13	mm
<input checked="" type="checkbox"/> Skin effect		

Figura 5-13 Conductor de fase, AAAC FLINT 740,8 MCM a 20°C en *PowerFactory DigSILENT*.

Name	Conductor guardia- OPGW	
Nominal Voltage	220,	kV
Nominal Current	1,	kA
Number of Subconductors	1	
Conductor Model		
<input checked="" type="radio"/> Solid Conductor <input type="radio"/> Tubular Conductor		
(Sub-)Conductor		
DC-Resistance (20°C)	0,658	Ohm/km
GMR (Equivalent Radius)	4,984	mm
Outer Diameter	12,8	mm
<input type="checkbox"/> Skin effect		

Figura 5-14 Cable de Guardia, OPGW en *PowerFactory DigSILENT*.

## 6. REVISIÓN NORMATIVA

A continuación, se exponen los principales estándares normativos (Anexo Técnico: Mínimos Técnicos) que son de relevancia para el presente estudio.

### **Artículo 9: Informe Técnico.**

El informe Técnico que respalda el valor Mínimo Técnico o informe de Mínimo Técnico consistirá en un documento que describa los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, y conclusiones bajo los cuales se estableció el valor de Mínimo Técnico informado.

- a) Antecedentes técnicos de diseño.
- b) Recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- c) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- d) Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor de potencia activa.
- e) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

Para el caso de unidades generadoras que puedan operar con combustible alternativo cuyo valor de Mínimo Técnico sea distinto al del combustible principal, deberán entregar los antecedentes requeridos en el presente Anexo para el combustible principal y el alternativo.

Una vez recibido el Informe Técnico, el Coordinador deberá verificar que dicho informe contiene todos los antecedentes especificados en el presente Artículo, para lo cual tendrá un plazo de 15 días hábiles.

Cuando el Coordinador determine que el Informe Técnico entregado por la Empresa Generadora contiene todos los antecedentes necesarios para su análisis, lo publicará en el sitio web del Coordinador y notificará a las empresas Coordinadas sobre el inicio del proceso de aprobación del Mínimo Técnico informado.

## 7. DETERMINACIÓN MÍNIMO TÉCNICO

### 7.1. DEFINICIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

A continuación, se describe un sistema equivalente que presenta un parque fotovoltaico conectado al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), con el cual se puede definir lo siguiente:

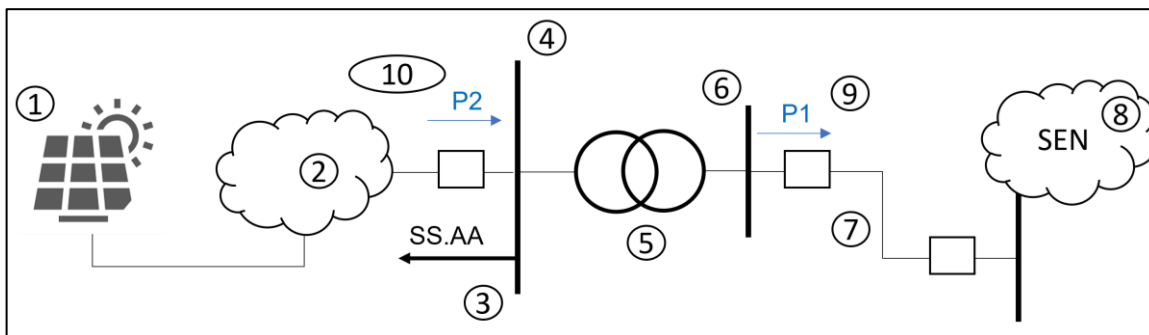


Figura 7-1 Diagrama de sistema equivalente.

Los componentes del parque son los siguientes:

1. **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada inversor del parque fotovoltaico.
2. **Pérdidas en sistema colector del parque:** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque fotovoltaico, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
3. **Servicios Auxiliares (SS.AA.) de la central.**
4. **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a las barras de 33 kV del PFV Domeyko, en la cual se conecta el lado de baja tensión del transformador de poder del parque.
5. **Transformador de poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del PFV Domeyko.
6. **Barra de alta tensión: (AT):** Corresponde a la barra principal de 220 kV del PFV Domeyko, en la cual se conecta el lado de alta tensión de los transformadores de poder del parque.
7. **Línea dedicada de la central:** Línea de transmisión que vincula el parque con el sistema eléctrico.
8. **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**
9. **P1:** Potencia inyectada por el PFV Domeyko en la barra de 220 kV de su subestación de salida.

10. P2: Potencia inyectada por el PFV Domeyko en la barra de 33 kV de su subestación de salida.

## 7.2. ANTECEDENTES DE OPERACIÓN

Para la determinación del mínimo técnico de operación del parque fotovoltaico Domeyko, se hicieron pruebas en campo el día 29/09/2022 de acuerdo con la información técnica descrita en este documento, la NTSyCS, las condiciones ambientales y los aerogeneradores disponibles.

Para la determinación de la potencia mínima del PFV Domeyko se han tomado los valores del equipo de medida del PPC (Power Plan controller) propio del parque. De los resultados presentados en el antecedente a) se puede obtener que la potencia en el punto de conexión durante el período comprendido entre las 18:45:30 y las 18:55:30 del día 29-09-2022 es de **6,56 MW (P1)**. En la siguiente Figura se presentan las mediciones realizadas durante el periodo anteriormente mencionado.

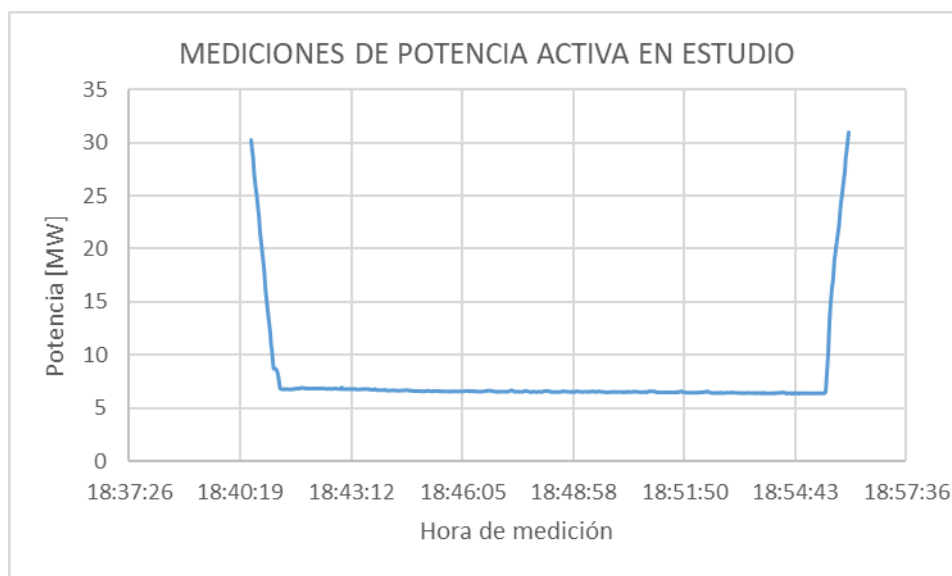


Figura 7-2: Mediciones de potencia activa realizadas el día 29-09-2022.

De la misma manera, se destaca que el valor de las pérdidas por los SSAA se determinó mediante un equipo de medición ION8650, entregando un valor de 0,007922 MW, valor que se puede corroborar en la siguiente figura.



**Figura 7-3: Medición de las pérdidas de servicios auxiliares.**

A continuación, se realizan simulaciones de flujo de potencia en la base de datos, pero reemplazando el SEN por una red equivalente, y tomando en consideración el valor de potencia promedio obtenido en el punto de conexión del parque. Para ello, se replica esta potencia ajustando la potencia inyectada por los inversores del parque fotovoltaico, dando un total de 0,0682 MW brutos por inversor. Así, se obtienen las pérdidas de la red, que corresponden a la suma de las pérdidas del sistema colector y las pérdidas del transformador de poder de la central, las cuales equivalen a 0,25 MW, como se muestra en la siguiente figura.

Grid: PFV Domeyko		System Stage: PFV Domeyko		Study Case: Base SEN		Annex: / 27	
Grid: PFV Domeyko		Summary					
No. of Substations	0	No. of Busbars	128	No. of Terminals	0	No. of Lines	26
No. of 2-w Trfs.	0	No. of 3-w Trfs.	51	No. of syn. Machines	0	No. of asyn. Machines	0
No. of Loads	1	No. of Shunts/Filters	0	No. of SVS	0		
Generation	=	6,82 MW	-0,00 Mvar	6,82 MVA			
External Infeed	=	-6,56 MW	-2,78 Mvar	7,13 MVA			
Inter Grid Flow	=	0,00 MW	0,00 Mvar				
Load P(U)	=	0,01 MW	-0,00 Mvar	0,01 MVA			
Load P(Un)	=	0,01 MW	0,00 Mvar	0,01 MVA			
Load P(Un-U)	=	0,00 MW	0,00 Mvar				
Motor Load	=	0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA			
Grid Losses	=	0,25 MW	-2,78 Mvar				
Line Charging	=		-3,54 Mvar				
Compensation ind.	=		0,00 Mvar				
Compensation cap.	=		0,00 Mvar				
Installed Capacity	=	212,00 MW					
Spinning Reserve	=	0,00 MW					
Total Power Factor:							
Generation	=	1,00 [-]					
Load/Motor	=	1,00 / 0,00 [-]					
				DIgSILENT		Project:	
				PowerFactory		Date: 25-04-2023	
				2022 SP3			

Figura 7-4 Resultados del flujo de potencia.

Estas pérdidas se pueden desglosar entre las pérdidas de los transformadores y las pérdidas de sistema colector. De la siguiente imagen se desprenden las pérdidas de los transformadores, restando la potencia de salida con la de entrada.

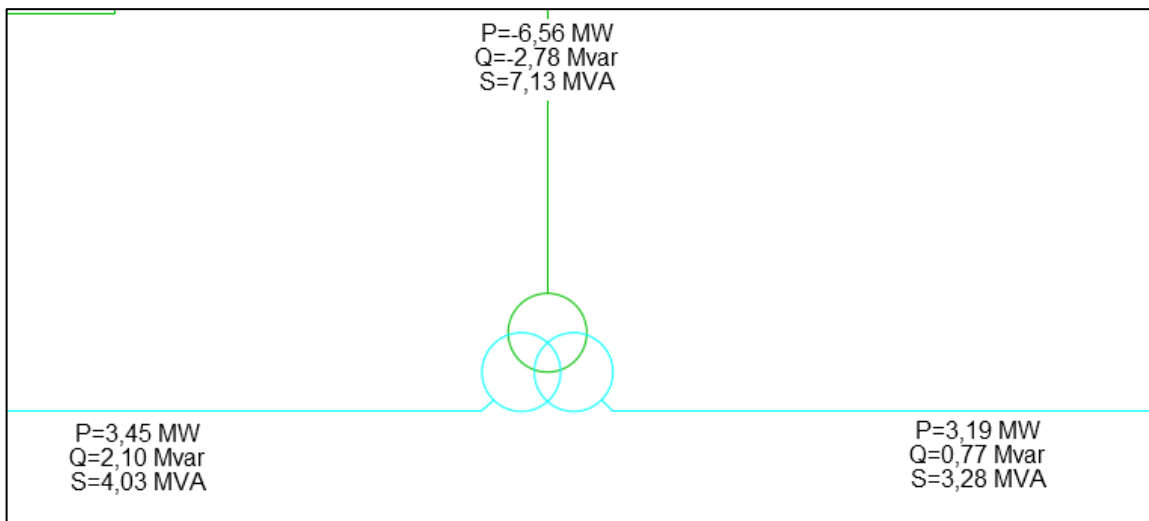


Figura 7-5 Valores de flujos de potencia de los transformadores de poder del PFV Domeyko.

Así, el Transformador de poder tiene unas pérdidas de **0,08 MW**, por lo que las pérdidas del sistema colector equivalen a **0,17 MW**.

### 7.3. CÁLCULO DE MÍNIMO TÉCNICO DEL PARQUE

Con la simulación realizada, se obtiene directamente la potencia neta del parque, la cual se puede observar en la siguiente figura, pudiendo determinar el valor de la potencia bruta en base a la expresión presentada más abajo. Se destaca que la potencia neta del PFV Domeyko es registrada en el punto de conexión **P1**, definido en la sección 7.1 del presente informe.

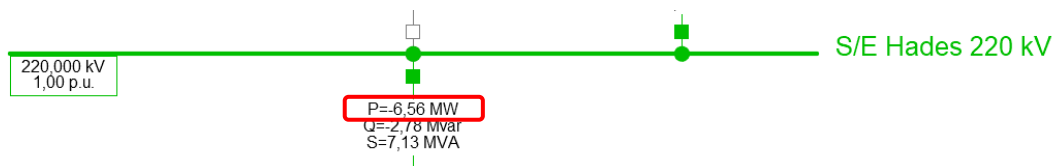


Figura 7-6: Potencia neta del PFV Domeyko.

Se define, por lo tanto, que el mínimo técnico es igual a:

$$MinTec = P_1 + P_{trafo} + P_{sist. colector} + P_{SS.AA}$$

En donde:

$P_1$  es la potencia definida en la sección 7.1 y corresponde a la potencia mínima neta del parque, con un valor de **6,56 MW**.

$P_{trafo}$  Corresponden a las pérdidas de los transformadores de poder **0,08 MW**.

$P_{sist. colector}$  corresponden a las pérdidas del sistema colector **0,17 MW**.

$P_{SS.AA}$  corresponde a la potencia consumida por los servicios auxiliares de la subestación, correspondiente a **0,007922 MW**.

Así, se tiene que el mínimo técnico del parque es igual a:

Tabla 7-1 Resumen de mínimo técnico neto y consumos del PFV Domeyko.

CENTRAL	MÍNIMO TÉCNICO BRUTO [MW]	MÍNIMO TÉCNICO NETO [MW]	PÉRDIDAS TRANSFORMADORES DE PODER [MW]	PÉRDIDAS SISTEMA COLECTOR [MW]	CONSUMOS SS.AA. [MW]
PFV Domeyko	6,82	6,56	0,08	0,17	0,007922
<b>Potencia mínima bruta = Potencia mínima neta + Pérdidas de la red (Transformador de poder + Sistema colector) + consumos de SS.AA.</b>					



## 8. CONCLUSIONES

En el presente informe se obtienen los parámetros de potencia mínima neta y bruta para el PFV Domeyko de acuerdo con los registros obtenidos en terreno el día 29/09/2022, considerando el consumo de servicios auxiliares, las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores de poder.

De acuerdo con lo expuesto en el presente informe, se concluye que el parámetro de mínimo técnico neto del PFV Domeyko es de **6,56 [MW]**, mientras que el mínimo técnico bruto del parque es de **6,82 [MW]**.



Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

## **ANEXOS**

# **P21006 ESTUDIOS ELÉCTRICOS PARQUE FOTOVOLTAICO DOMEYKO**

**28.11.2023**

Informe de Determinación de Mínimos Técnicos en  
Unidades Generadoras  
21006-00-ES-IT-018 Rev. 2  
Preparado para Enel Green Power Chile S.A.

# ANEXO I

P21006

## REGISTRO DE SS.AA



## **ANEXO II**

**P21006**

## **REGISTROS**

El anexo II se encuentra adjunto en la carpeta de envió.

## **ANEXO III**

**P21006**

## **BASE DE DATOS**

El anexo III se encuentra adjunto en la carpeta de envió.



## **ANEXO IV**

**P21006**

# **MANUALES DE CELDAS E INVERSORES**

El anexo IV contiene los manuales de los paneles e inversores del parque. Este se encuentra adjunto en la carpeta de envió.

# ANEXO V

P21006

## HOJA DE DATOS DEL PPC

El anexo V contiene la hoja de datos del PPC parque. Este se encuentra adjunto en la carpeta de envió.