



P19090

ESTUDIOS ELÉCTRICOS PF LA HUELLA

04.06.2021

Informe Técnico Mínimo Técnico
19090-01-ES-IT-011 Rev. B
Preparado para OHL





P19090

ESTUDIOS ELÉCTRICOS PF LA HUELLA

Informe Técnico Mínimo Técnico

I-SEP Ingenieros SpA
Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

Padre Mariano 82
Oficina 603
Providencia, Santiago
Chile

+56 2 2604 8635

www.i-sep.cl
empresa@i-sep.cl

REVISIÓN	PREPARADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	COMENTARIOS
Rev.A	Eduardo Valdenegro	03-06-2021	Cristóbal Valenzuela	04.06.2021	Revisión interna
Rev.B	Eduardo Valdenegro	04-06-2021			

CONTENIDOS

1.	IDENTIFICACIÓN	4
2.	INTRODUCCIÓN	4
3.	OBJETIVOS Y ALCANCE	6
4.	ANTECEDENTES.....	6
5.	MODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	7
5.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	7
5.2.	MODELACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LA HUELLA.....	8
	5.2.1. TRANSFORMADOR ELEVADOR 220/33 kV.....	8
	5.2.2. INVERSORES PF LA HUELLA	9
	5.2.3. TRANSFORMADORES 33/0,66 kV.....	9
	5.2.4. CABLES Y CONDUCTORES DE MT DEL PF LA HUELLA	10
	5.2.5. REACTOR ZIG-ZAG.....	12
6.	REVISIÓN NORMATIVA.....	12
7.	DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO.....	13
7.1.	DEFINICIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN	13
7.2.	CÁLCULO MÍNIMO TÉCNICO	14
8.	CONCLUSIONES.....	18
9.	ANEXOS	19
ANEXO I	RESULTADOS COMPUTACIONALES EN POWERFACTORY	
ANEXO II	REGISTRO DE CONSUMO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES	
ANEXO III	REGISTRO DE MEDICIONES MÍNIMO TÉCNICO	

1. IDENTIFICACIÓN

◆ Nombre del Proyecto	:	Parque Fotovoltaico La Huella
◆ Numero Único de Proyecto (NUP)	:	477
◆ Empresa Propietaria del Proyecto	:	Austrian Solar Chile Seis SpA

2. INTRODUCCIÓN

La sociedad Austrian Solar Chile Seis SpA se encuentra desarrollando los estudios de conexión del PF La Huella NUP 477, el cual se ubicará en la comuna de La Higuera, en la Provincia de Elqui, Región de Coquimbo, Chile, y su fecha estimada de puesta en servicio es para el primer semestre del año 2021 (Julio 2021). El parque estará conformado por un total de 26 inversores, de los cuales 24 corresponden al modelo HEMK 3630 kVA FS3510k 660 V y los 2 restantes al modelo HEMK 2420 kVA FS2340k 660 V. La potencia nominal instalada del parque será de 91,96 MW, mientras que en el punto de conexión se pretende inyectar a la red del Sistema Eléctrico Nacional una potencia de 84 MW. La subestación elevadora aumentará la tensión eléctrica de 33 kV a 220 kV mediante un transformador principal de dos devanados y evacuará toda la energía generada con su propia línea de transmisión eléctrica, la cual se conectará a la subestación seccionadora Don Héctor.

En este contexto, OHL adjudicó a I-SEP el desarrollo del informe de mínimo técnico, requerido por el Coordinador Eléctrico Nacional (desde ahora CEN) para la entrada en operación del PF La Huella, el cual tiene por objetivo determinar el mínimo técnico global del parque, considerando la totalidad de unidades generadoras en servicio.

En la Figura 2-1, se muestra el Diagrama Unilineal Simplificado de la zona donde se encuentra conectado el proyecto en estudio. En **rojo** se demarca el nuevo proyecto PF La Huella. Además, en la Figura 2-2 se detalla el sistema colector de la PF la Huella.

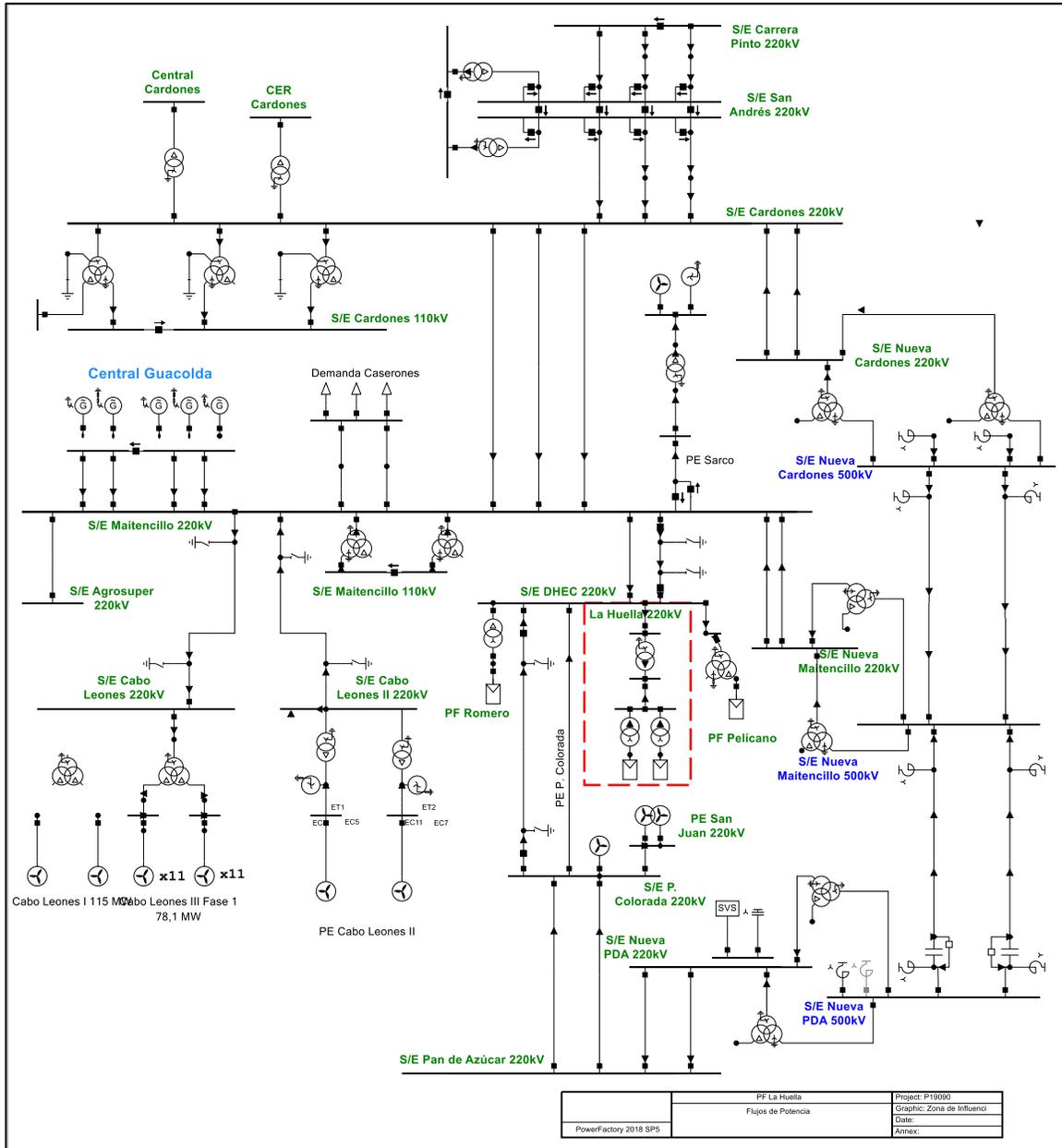


Figura 2-1 Diagrama unilineal zona de interés - PF La Huella

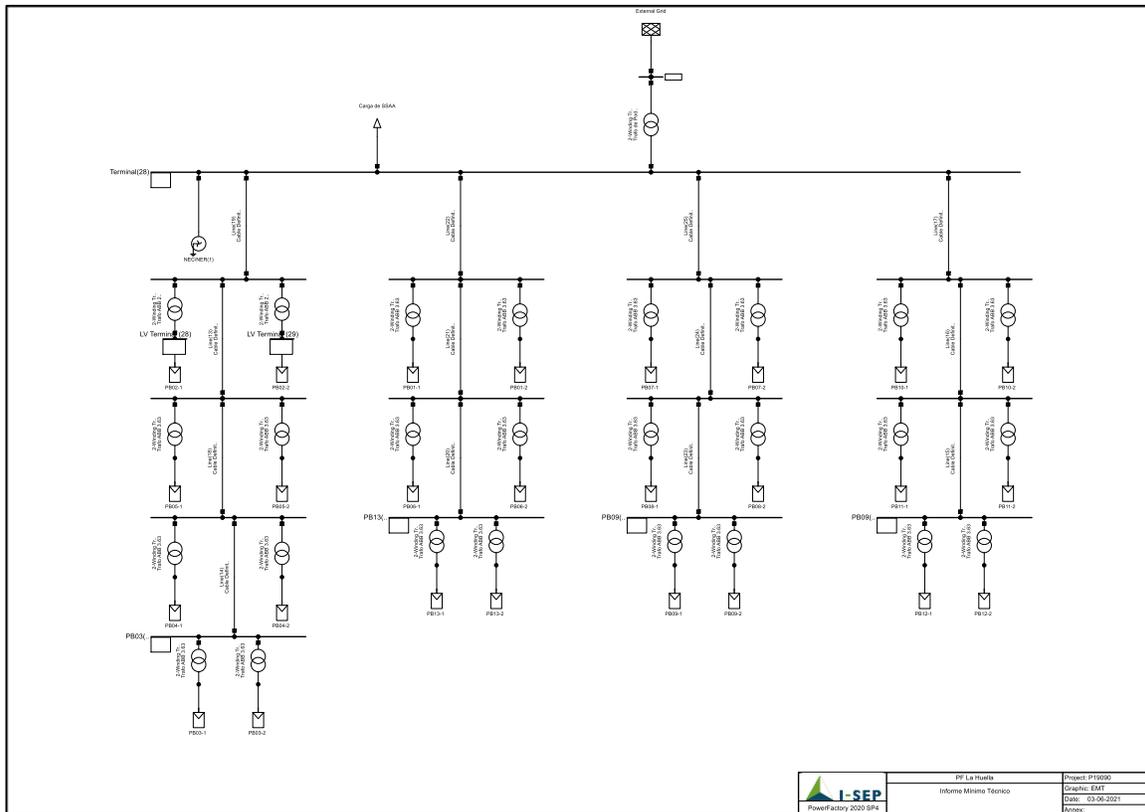


Figura 2-2 Sistema colector PF - La Huella

3. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del presente informe es establecer los parámetros de mínimo Técnico del proyecto PF La Huella, según las pruebas realizadas en el parque y los lineamientos establecido en el **Anexo Técnico: Determinación de mínimos técnicos en Unidades Generadoras.**

4. ANTECEDENTES

Los antecedentes y registro de mediciones consultados para la realización del presente informe fueron los siguientes:

- a) Registro de mediciones realizadas en terreno “Prueba primer día_Resumen.xlsx” día 25/05/2021.
- b) Base de datos de PowerFactory “La Huella.pfd”, desarrollada por I-SEP.
- c) Documento “19090-01-ES-IT-002 R3.pdf”, elaborado por I-SEP.
- d) Registro de mediciones realizadas en terreno “Registro Consumos SS. AA” día 29/05/2021

5. MODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES

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

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El proyecto PF La Huella se conecta a la subestación La Huella 220 kV mediante un transformador de poder de 220/33 kV. A su vez, la S/E La Huella se conecta a la S/E Don Héctor mediante la línea 1x220 kV Don Héctor – La Huella, de longitud 2,755 km, la cual comparte estructura con la línea existente El Pelicano – Don Héctor.

El PF La Huella se estima que entre en operación con 87 MWp, distribuidos en veinticuatro inversores de 3,63 MVA y dos de 2,42 MVA. A continuación, se presentan los principales parámetros con los que se modela el proyecto PF La Huella, para posteriormente analizar su conexión al Sistema Eléctrico Nacional proyectada para el año 2021. La Figura 5-1 muestra la representación del proyecto PF La Huella.

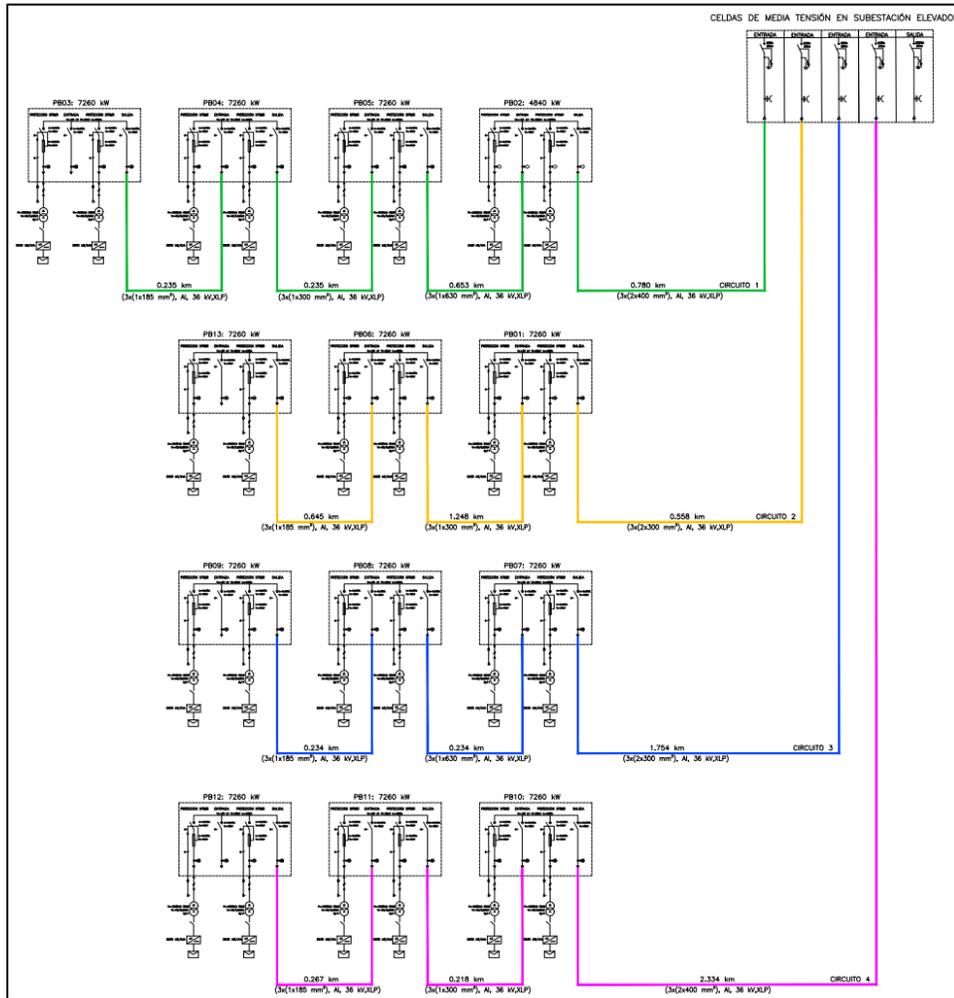


Figura 5-1 Representación del proyecto PF La Huella.

5.2. MODELACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO LA HUELLA

A continuación, se presentan los principales parámetros con los que se modela el proyecto PF La Huella.

5.2.1. TRANSFORMADOR ELEVADOR 220/33 kV

Los parámetros utilizados para modelar el transformador elevador del PF La Huella, son los indicados en la siguiente tabla, conforme a la información contenida en el antecedente (c)

Tabla 5-1 Parámetros transformador de poder 220/33 kV PF La Huella.

PARÁMETROS	VALOR
Potencia Nominal ONAN	57 [MVA]
Potencia Nominal ONAF	95 [MVA]
Niveles de Tensión	220/33 [kV]
Grupo de conexión	YNd11
Impedancia de secuencia positiva (Base 95 MVA)	11,83 [%]
Impedancia de secuencia cero (Base 95 MVA)	10,19 [%]
Pérdidas en el cobre	232,685 [kW]
Pérdidas en vacío, secuencia positiva	55,84 [kW]
Corriente de magnetización, secuencia positiva	0,09 [%]

A continuación, la Figura 5-2 muestra la modelación del transformador elevador del PF La Huella en el programa PowerFactory.

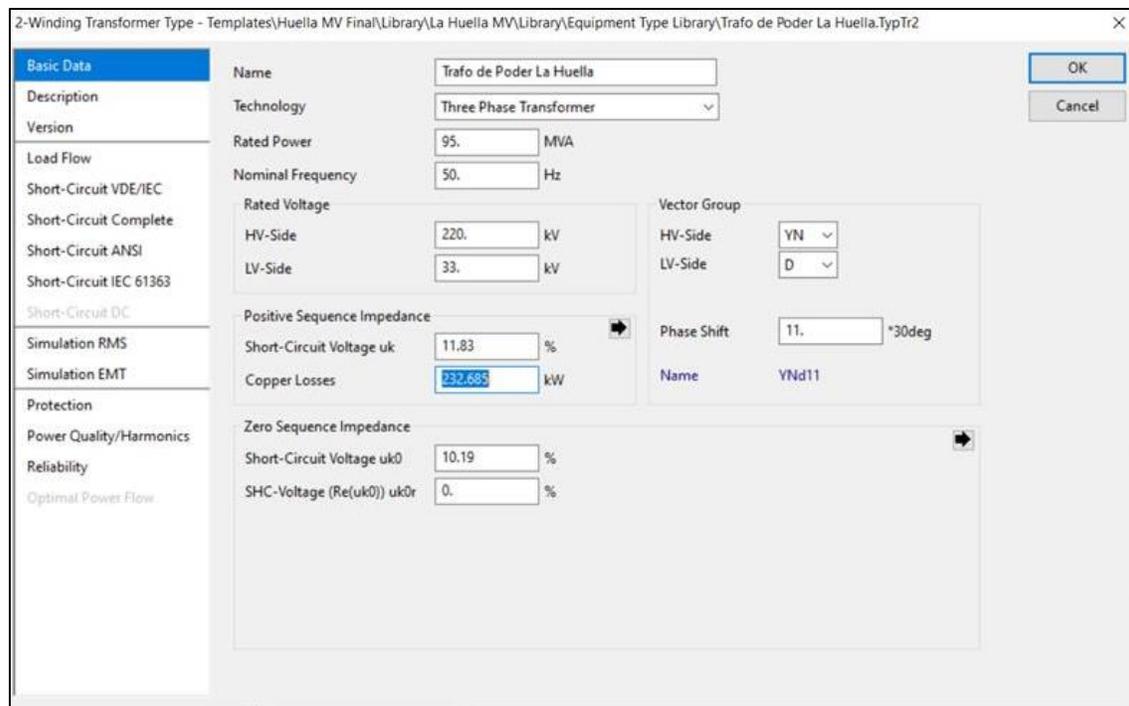


Figura 5-2: Modelación de transformador elevador en PowerFactory.

5.2.2. INVERSORES PF LA HUELLA

El proyecto PF La Huella cuenta con un total de 24 inversores de 3,63 MVA y 2 de 2,42 MVA, llegando a una capacidad instalada de 91,96 MW. Los parámetros de los inversores considerados para representar el proyecto se indican en la siguiente tabla:

Tabla 5-2 Parámetros de los inversores utilizados en la modelación del PF La Huella.

PARÁMETROS	VALOR	
Fabricante	HEMK	HEMK
Modelo	FS2340K	FS3510K
Potencia Nominal @ 50°C	2,340 [MVA]	3,510 [MVA]
Potencia Nominal @ 40°C	2,420 [MVA]	3,630 [MVA]
Tensión Nominal	0,660 [kV]	0,660 [kV]
Corriente de cortocircuito	3,918 [kA]	4,152 [kA]

A continuación, la Figura 5-3 muestra la modelación de los inversores del PF La Huella en el programa PowerFactory.

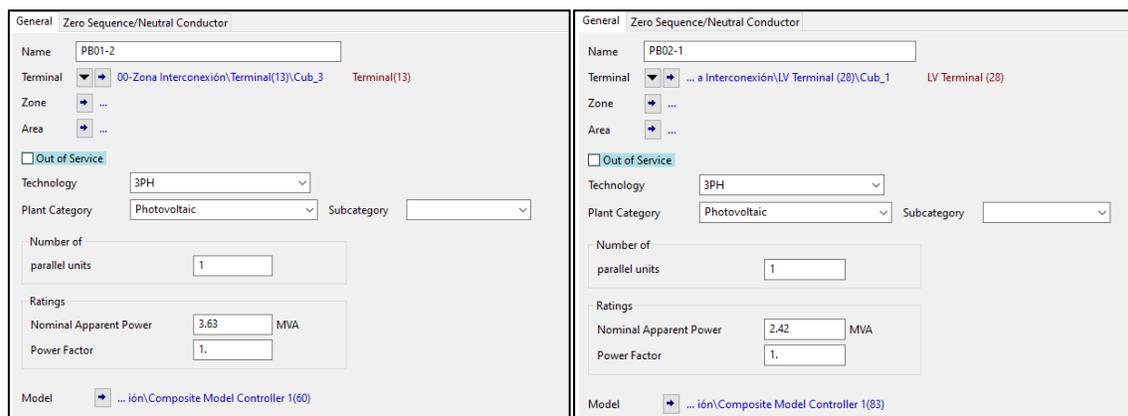


Figura 5-3 Modelación de los inversores en PowerFactory.

5.2.3. TRANSFORMADORES 33/0,66 kV

El PF La Huella está compuesto con un total de 26 transformadores de bloque. Los parámetros utilizados para modelar dichos transformadores se indican en las siguientes tablas:

Tabla 5-3 Parámetros transformadores de bloque de dos devanados 33/0,66 kV.

PARÁMETROS	VALORES	
Potencia Nominal	3,63 [MVA]	2,42 [MVA]
Niveles de Tensión	33/0,66 [kV]	33/0,66 [kV]
Grupo de conexión	Dy11	Dy11
Impedancia de secuencia positiva (Base 4,92 MVA)	7,26 [%]	7,59[%]
Impedancia de secuencia cero (Base 4,92 MVA)	7,26 [%]	7,59[%]
Pérdidas en el cobre	30,766 [kW]	23,406 [kW]
Pérdidas en vacío, secuencia positiva	3,392 [kW]	2,580 [kW]
Corriente de magnetización, secuencia positiva	0,1338 [%]	0,1889 [%]

A continuación, la Figura 5-4 muestra la modelación de los transformadores del PF La Huella en el programa PowerFactory.

Figura 5-4 Modelación de transformadores de bloque de dos devanados en PowerFactory.

5.2.4. CABLES Y CONDUCTORES DE MT DEL PF LA HUELLA

La conexión entre los transformadores 33/0,66 kV y la barra de 33 kV de la S/E La Huella se desarrolla por medio de tramos directamente enterrados utilizando cables de aluminio de 185, 300, 400 y 630 mm². 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 (c)

Tabla 5-4 Características de los cables de MT.

PARÁMETROS	CABLE 185 mm ²	CABLE 300 mm ²	CABLE 400 mm ²	CABLE 630 mm ²
Aislación	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE
Cubierta	LSOH	LSOH	LSOH	LSOH
Pantalla	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
Material conductor	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Diámetro cable [mm]	36,48	41,28	44,21	51,76
Diámetro conductor [mm]	15,65	20,10	22,85	29,84
Espesor aislación [mm]	7,10	7,10	7,10	7,10
Espesor cubierta [mm]	2,20	2,40	2,50	2,70
Espesor pantalla [mm]	0,16	0,14	0,13	0,11

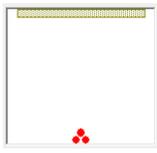
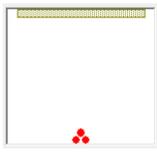
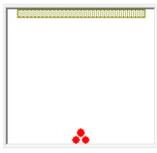
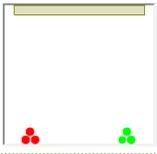
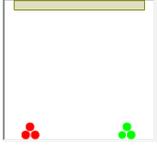
Los tramos del sistema de cables se muestran en la Figura 5-1. **Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Cada circuito representa un subgrupo de cables trifásicos; de esta manera, se tendrán disposiciones de 1 y 4 circuitos de cables en paralelo. Los detalles se muestran en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5 Detalle del conexionado del PF La Huella.

CIRCUITOS DE MT				
CIRCUITO	DESDE-HASTA	CONDUCTORES POR FASE	CALIBRE [mm ²]	LONGITUD [km]
Circuito 1	PB03-PB04	1	185	0,215
	PB04-PB05	1	300	0,215
	PB05-PB02	1	630	0,622
Circuito 2	PB02-SE	2	400	0,754
	PB13-PB06	1	185	0,608
	PB06-PB01	1	300	1,225
Circuito 3	PB01-SE	2	300	0,539
	PB09-PB08	1	185	0,214
	PB08-PB07	1	630	0,214
Circuito 4	PB07-SE	2	300	1,756
	PB12-PB11	1	185	0,246
	PB11-PB10	1	300	0,197
	PB10-SE	2	400	2,340

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

Tabla 5-6 Disposición de los tramos con cables enterrados del PF La Huella.

DIAGRAMA	TRAMO	X1 [m]	X2 [m]	X3 [m]	Y1 [m]	Y2 [m]	Y3 [m]
	Circuito 1x185 [mm ²]	0,0205	0	-0,0205	0,64	0,606	0,64
	Circuito 1x300 [mm ²]	0,022	0	-0,022	0,645	0,608	0,645
	Circuito 1x630 [mm ²]	0,028	0	-0,028	0,62	0,571	0,62
	Circuito 2x400 [mm ²]	-0,274	-0,25	-0,226	0,650	0,611	0,650
		0,274	0,25	0,226	0,650	0,611	0,650
	Circuito 2x300 [mm ²]	-0,272	-0,25	-0,228	0,650	0,6125	0,650
		-0,272	-0,25	-0,228	0,650	0,6125	0,650

5.2.5. REACTOR ZIG-ZAG

El PF La Huella cuenta con un reactor zig-zag con puesta a tierra conectado a su barra de media tensión en 33 kV. Las características principales de los reactores se indican en la siguiente tabla. Cabe destacar, que el reactor se ha modelado de tal manera de limitar la corriente de cortocircuito en 500 A, según lo indican los antecedentes del equipo.

Tabla 5-7 Parámetros reactor zig-zag.

PARÁMETROS	VALOR
Tensión nominal	33 [kV]
Capacidad de corriente de cortocircuito ($3 \cdot I_0$)	500 [A]
Resistencia a secuencia cero	105,3 [Ω]
Resistencia de puesta a tierra	0 [Ω]

A continuación, la Figura 5-5 muestra la modelación del reactor zig-zag del PF La Huella en el programa PowerFactory.

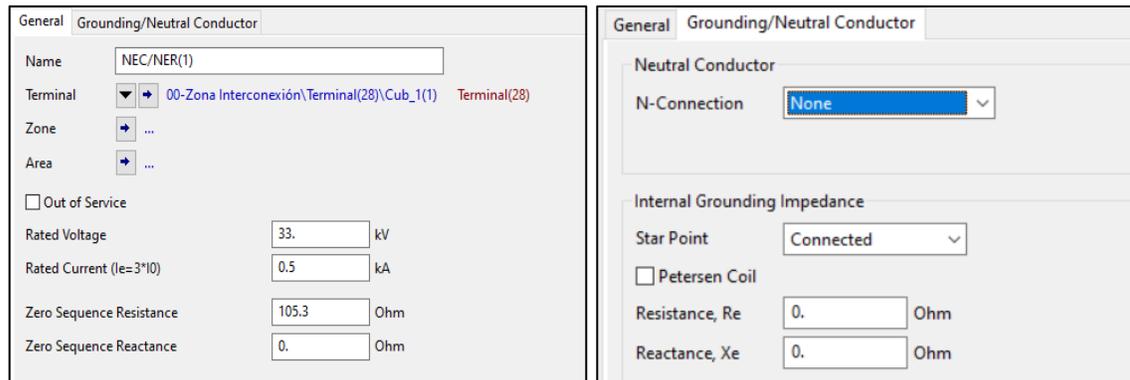


Figura 5-5 Modelación de reactor zig-zag en PowerFactory.

6. REVISIÓN NORMATIVA

A continuación, se exponen los principales estándares normativos (Anexo Técnico: “Determinación de mínimos técnicos en unidades generadoras” disponible en la página de la CNE) que son de relevancia para el presente informe.

Artículo 9: Informe Técnico:

El Informe Técnico que respalda el valor de 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.

Este informe deberá contener, al menos, la siguiente información:

- 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 y 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, la DO deberá verificar que dicho informe contiene todos los antecedentes especificados en el presente Artículo, para lo cual tendrá un plazo de 15 días hábiles. En el caso de detectar que existen antecedentes faltantes para un adecuado análisis del Mínimo Técnico informado, la DO solicitará a la Empresa Generadora completar el informe, para lo cual ésta tendrá un plazo de 15 días hábiles.

Cuando la DO 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 CDEC y notificará a las empresas Coordinadas sobre el inicio del proceso de aprobación del Mínimo Técnico informado.

7. DETERMINACIÓN DE 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:

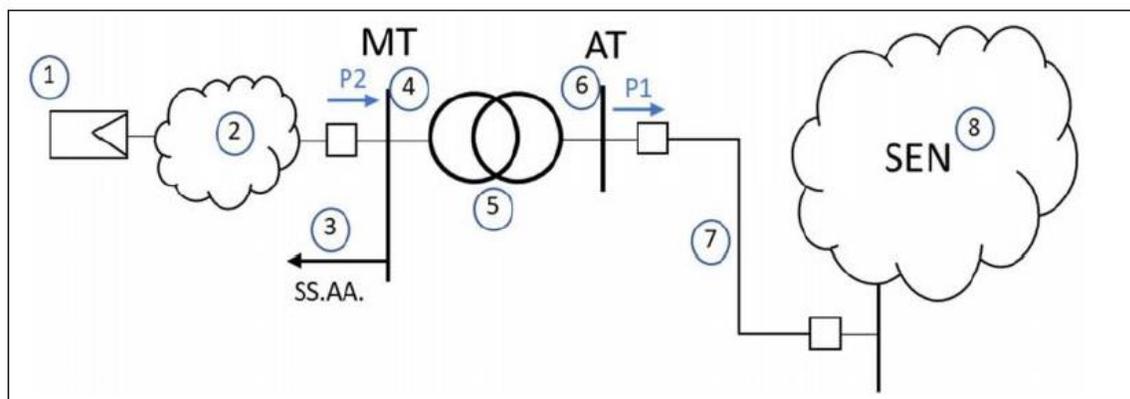


Figura 7-1 Sistema Equivalente parque fotovoltaico.

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 PF La Huella.
2. **Pérdidas en sistema colector del parque:** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del PF La Huella, principalmente en el sistema de cables de media tensión, y en los transformadores asociados a los centros de transformación.
3. **Servicios Auxiliares (SSAA) de la central.**
4. **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la barra de 33 kV que conecta con el lado de baja tensión del transformador de poder de la central.
5. **Transformador de poder:** Equipo elevador de 220/33 kV presente en la subestación de salida del PF La Huella.
6. **Barra de alta tensión: (AT):** Corresponde a la barra de 220 kV que conecta con el lado de alta tensión del transformador de poder de la central.
7. **Línea dedicada de la central:** Línea dedicada que vincula el PF La Huella con el Sistema Eléctrico Nacional.
8. **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**
9. **P1:** Potencia inyectada por el PF La Huella en la barra de 220 kV de su subestación de salida.
10. **P2:** Potencia inyectada por el PF La Huella en la barra de 33 kV de su subestación de salida.

7.2. CÁLCULO MÍNIMO TÉCNICO

Se realizaron los ensayos para la determinación del mínimo técnico del Parque PF La Huella el día 25 de mayo del 2021. Dichos ensayos consistieron en el cambio de consigna de la generación de potencia activa a 0 MW durante un intervalo de 11 minutos a través del PPC, mientras que en forma simultánea se realizaron las medidas para determinar el mínimo técnico del parque y la potencia activa inyectada en la barra de 220 kV del parque (P1). Posteriormente se vuelve a la consigna inicial para reestablecer la operación del parque.

En la Figura 7-2, se observa el gráfico de potencia activa para las pruebas mínimo técnico realizadas en el PF La Huella obtenida por medio del antecedente (a). Para la obtención de la potencia activa inyectada en la barra de 220 kV del parque (P1) se calcula un promedio aritmético de las mediciones realizadas en terreno entre las 12:17:35 a 12:28:40 hrs ante un cambio de consigna de 0 MW.

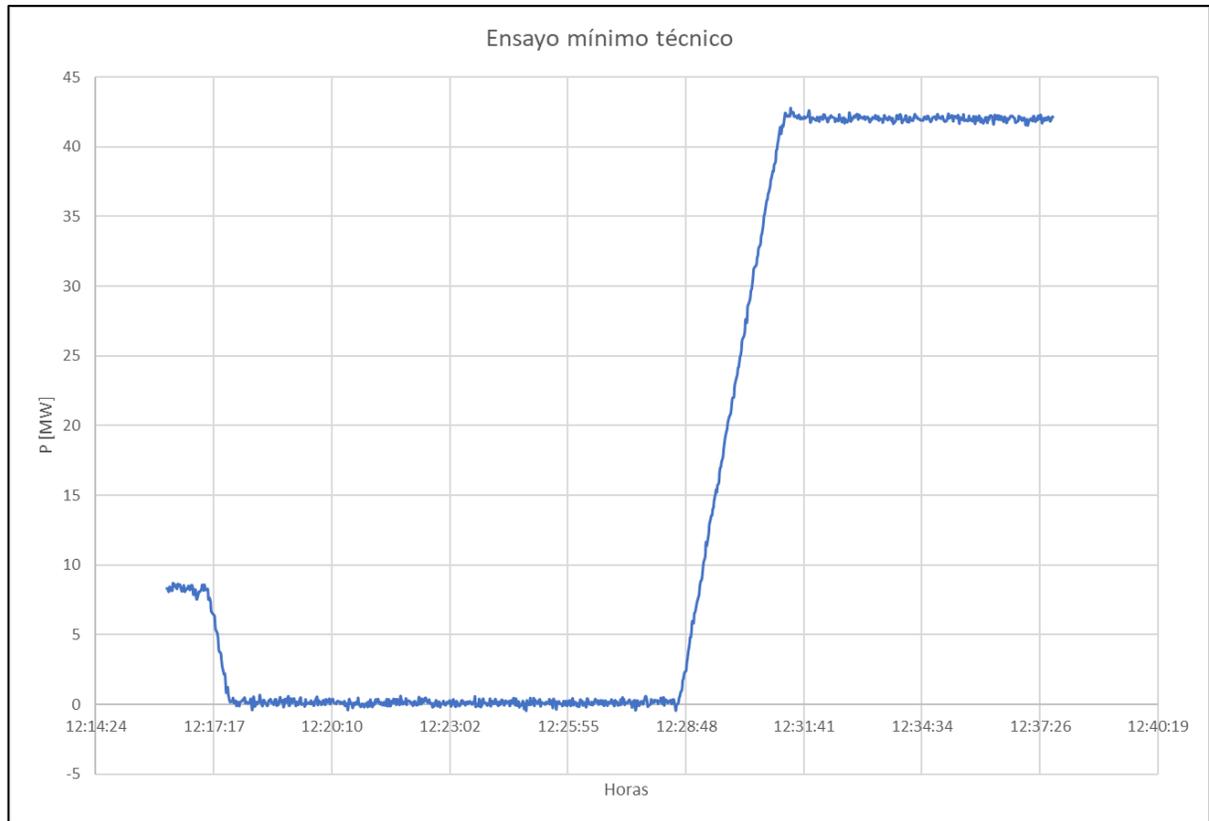


Figura 7-2 Registro de potencia activa ante ensayo de mínimo técnico.

A partir del resultado indicado en la Tabla 7-1, se verifica que, ante una consigna de 0 MW, los inversores son capaces de seguir operando de manera estable a aproximadamente un 0,45% de la potencia nominal.

Tabla 7-1: Promedio del registro.

PARÁMETRO	POTENCIA [MW]
Potencia inyectada en la barra de 220 kV del parque (P1)	0,167

Finalmente, con los resultados obtenidos del ensayo se puede determinar el mínimo técnico del parque considerando las pérdidas del sistema y el consumo de los servicios auxiliares, tal y como se especifica en la siguiente ecuación:

$$MinTec = P1 + P_{trafo} + P_{colector} + SSAA$$

Donde:

- P1 : Potencia Activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque [MW].
- P_{trafo} : Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [MW].
- $P_{colector}$: Pérdidas activas en el sistema colector del parque [MW].
- SSAA : Consumo asociado a los Servicios Auxiliares del parque [MW].

Las pérdidas del sistema colector de media tensión y del transformador de poder se obtienen mediante simulaciones en la base de datos del antecedente (b). Dicha simulación indica las pérdidas del sistema colector y del transformador de poder en conjunto como “Grid Losses” (ver Anexo I) con un valor de 0,23 MW. Para ello, se consideró una inyección de 15,39 kW por inversor para que el PF La Huella inyecte 0,167 MW en la barra de 220 kV. Por lo tanto, para obtener las pérdidas del transformador se obtiene como la resta de la potencia de entrada y salida del transformador, obteniéndose un valor de 0,07 MW estos datos se aprecian en la Figura 7-3 encerrados en recuadros rojos (Cabe destacar que, a la salida del transformador, sólo por referencia se indica un valor negativo que indica que se está inyectando energía al sistema).

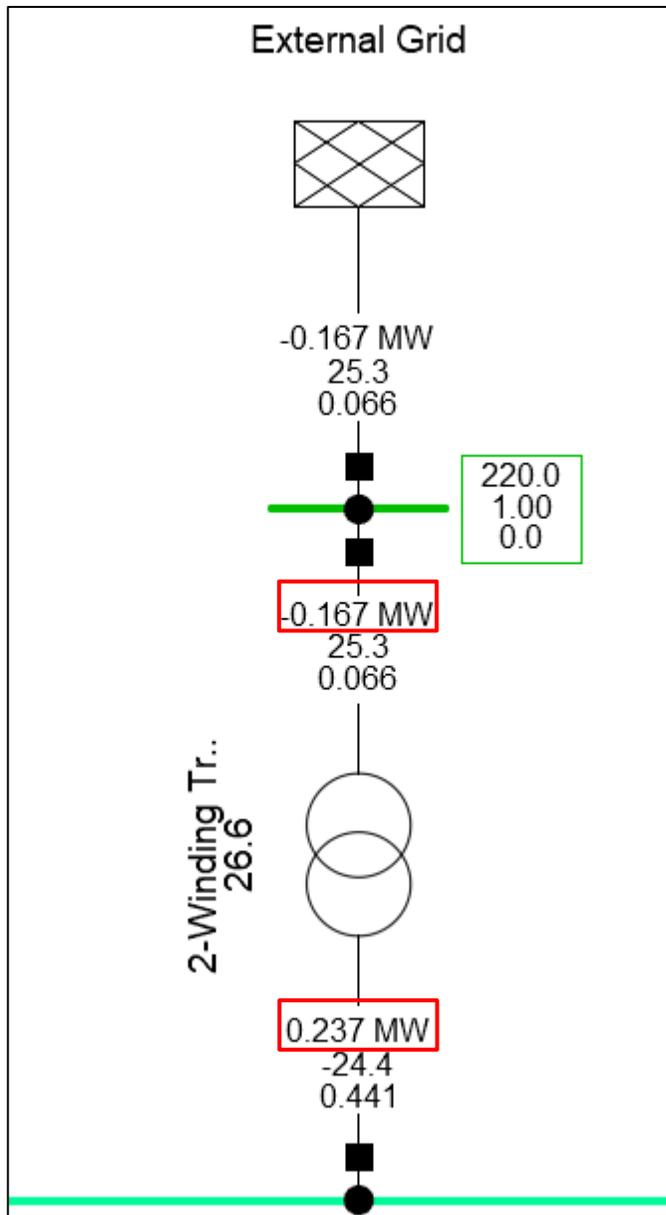


Figura 7-3 Pérdidas en el transformador de potencia

A partir de los antecedentes mencionados se obtiene que las pérdidas del sistema colector tienen un valor de 0,16 MW.

Por otra parte, el consumo de los Servicios Auxiliares (SSAA) resulta en un valor de 0,005 MW, el cual corresponde al promedio de los registros del antecedente (d) y respaldados en el anexo II.

En virtud de lo señalado, el mínimo técnico del parque se determina de acuerdo con lo siguiente:

$$MinTec = 0,167 \text{ MW} + 0,07 \text{ MW} + 0,16 \text{ MW} + 0,005 = 0,402 \text{ MW}$$

En consecuencia, considerando la metodología descrita en el presente informe, se calcula que el mínimo técnico del PF La Huella es de 0,402 MW.

8. CONCLUSIONES

En el presente informe se obtuvo el parámetro de mínimo técnico para el PF La Huella. Lo anterior según los datos obtenidos de las pruebas realizadas el día 25/05/2021. Para ello se realizó un cálculo de la media aritmética de los registros obtenidos entre las 12:17:35 a 12:28:40 (horas Chile) del registro “Prueba primer día_Resumen.xlsx”. Luego, al sumar las pérdidas del sistema colector y transformador principal, obtenidas a través de una simulación en el software PowerFactory y agregando el promedio de consumo de los servicios auxiliares se obtiene un valor de mínimo técnico de 0,402 MW.

Tabla 8-1 Tabla resumen de Mínimo técnico PF La Huella

CENTRAL	MÍNIMO TÉCNICO [MW]	CONSUMOS SS.AA. [KW]	PÉRDIDAS SISTEMA COLECTOR [KW]	PÉRDIDAS TRANSFORMADO DE PODER [MW]	MÍNIMO TÉCNICO BRUTO [MW]
PF La Huella	0,402	5	160	0,07	0,167



I-SEP

Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

ANEXOS

P19090 ESTUDIOS ELÉCTRICOS PF LA HUELLA

04.06.2021

Informe Técnico Mínimo Técnico
19090-01-ES-IT-011 Rev. B
Preparado para OHL.

ANEXO I

P19090

RESULTADOS COMPUTACIONALES EN POWERFACTORY

		DigSILENT		Project:	
		PowerFactory		-----	
		2020 SP4		Date: 03-06-2021	
Load Flow Calculation			Grid Summary		
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No	
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error		1.00 kVA	
Consider reactive power limits		Bus Equations (HV)		0.10 %	
Model Equations					
Grid: EMT	System Stage: EMT	Study Case: Study Case	Annex:	/ 1	
Grid: EMT Summary					
No. of Substations	0	No. of Busbars	17	No. of Terminals	24
No. of 2-w Trfs.	27	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	0
No. of Loads	1	No. of Shunts/Filters	0	No. of asyn.Machines	0
Generation	=	0.40 MW	-24.98 Mvar	24.98 MVA	
External Infeed	=	-0.17 MW	25.29 Mvar	25.29 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	=	0.23 MW	0.31 Mvar		
Line Charging	=		-1.20 Mvar		
Compensation ind.	=		0.00 Mvar		
Compensation cap.	=		0.00 Mvar		
Installed Capacity	=	91.96 MW			
Spinning Reserve	=	0.00 MW			
Total Power Factor:					
Generation	=	0.02 [-]			
Grid: EMT	System Stage: EMT	Study Case: Study Case	Annex:	/ 2	
Load/Motor	=	1.00 / 0.00 [-]			

Figura 9-1 Pérdidas del sistema colector MT y transformador principal.