

P24060
**INFORMES DE PARÁMETROS DE
GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE
MODELO DINÁMICO PROYECTO
PMG SOLAR PALERMO**

05.12.2024

Parámetros de Partida y Detención
24060-00-ES-IT-004 Rev. B
Preparado para GPG Generación Distribuida SpA





P24060

INFORMES DE PARÁMETROS DE GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELO DINÁMICO PROYECTO PMG SOLAR PALERMO

Parámetros de Partida y Detención

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
empresa@i-sep.cl

REV.	PREPARADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	COMENTARIOS
Rev. A	Nicolás Tardon P.	05.11.2024	I-SEP	05.11.2024	Emitido para revisión interna
Rev. B	Nicolás Tardon P.	13.11.2024			Emitido para revisión del cliente

CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN	4
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	4
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REFERENCIAS TÉCNICAS	6
4.1. DOCUMENTOS	6
4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES	6
5. INSTALACIONES EXISTENTES	6
5.1. TRAMO AÉREO	8
5.2. RESISTIVIDAD DEL TERRENO	9
5.3. CABLES SUBTERRÁNEOS 3X1X400 MM2	10
5.4. CABLES SUBTERRÁNEOS 3X1X95 MM2	11
5.5. INVERSORES	12
5.6. TRANSFORMADORES DE BLOQUE MT/BT	12
5.7. Transformador de Servicios Auxiliares (SSAA)	13
6. REVISIÓN NORMATIVA	13
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN	14
7.1. A nivel de planta	14
7.2. A nivel de inversor	17
8. DETERMINACIÓN DE ENERGÍA CONSUMIDA	19
8.1. A nivel de planta	19
8.2. A nivel de inversor	20
9. CONCLUSIONES	23
10. ANEXOS	25
10.1. ANEXO 1 – Mediciones obtenidas el día 16-10-2024 (Parque)	25
10.2. ANEXO 2 – Mediciones obtenidas el día 15-10-2024 (Inversor)	25
10.3. ANEXO 3 – Potencia de servicios auxiliares (SSAA).	25
10.4. ANEXO 4 – Energía consumida por el inversor	25
10.5. ANEXO 5 – Hoja de datos de los inversores.	25
10.6. ANEXO 6 – Hoja de datos de los paneles.	25

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: PMG Solar Palermo

NUP: 2993

Empresa propietaria del proyecto: GPG Generación Distribuida SpA

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente informe tiene por finalidad establecer los parámetros de partida y de detención para el funcionamiento del PMG Solar Palermo, el cual es propiedad de GPG Generación Distribuida SpA. Lo anterior según lo establecido por la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, y en el **Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras**.

3. INTRODUCCIÓN

La sociedad GPG Generación Distribuida SpA se encuentra gestionando la conexión del proyecto PMG Solar Palermo (PMG Solar Palermo), NUP 2993, el cual se encuentra ubicado en la comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, Chile. El parque estará conformado por un total de 3 inversores Power Electronics. La potencia nominal del parque será de 9 MW.

El PMG Solar Palermo, se conectará a la barra de 23 kV de S/E El Peumo 66/23 kV a través de un nuevo paño E4 y una línea 1x23 kV de 4,6 km de longitud. La planta se compone por 18480 módulos de 535/540 Wp, con seguidor horizontal de un eje, tres inversores centrales, donde 2 de ellos son de 3,55 MW y uno de 2,365 MW.

En este contexto, I-SEP se ha adjudicado el desarrollo del informe de determinación de parámetros de partida y detención, requerido por el Coordinador Eléctrico Nacional para la entrada en operación del proyecto PMG Solar Palermo.

En la Figura 3-1 se muestra un diagrama unilineal de la zona de influencia, destacando en un recuadro **ROJO** el proyecto PMG Solar Palermo.

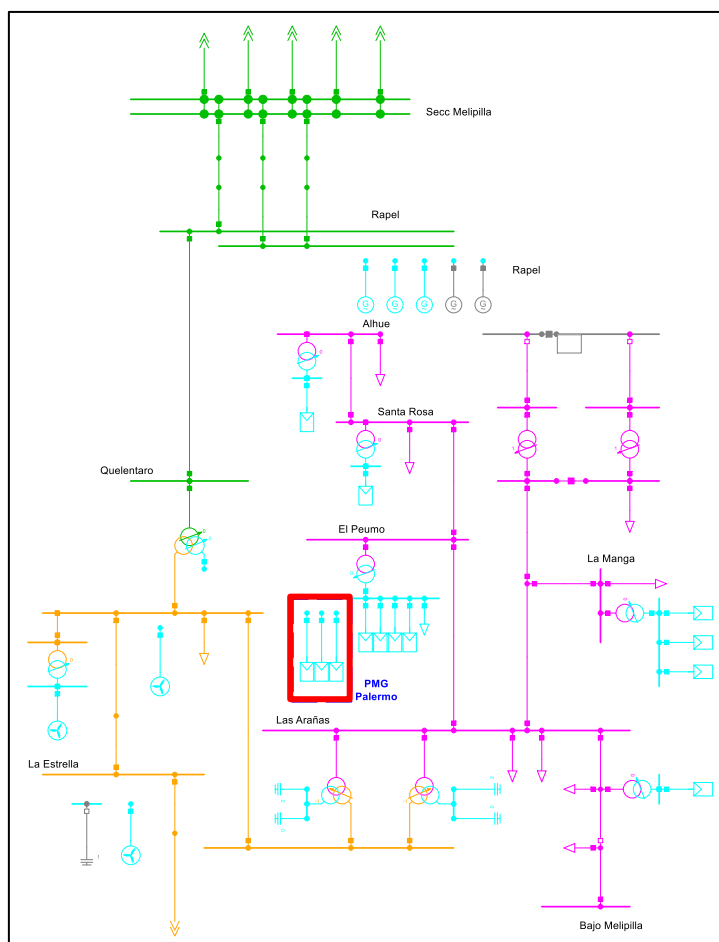


Figura 3-1: Diagrama unilineal de la zona de influencia.

4. REFERENCIAS TÉCNICAS

A continuación, se detallan los antecedentes y estándares normativos consultados para desarrollar el presente informe:

4.1. DOCUMENTOS

- (a) Documento “21090-00-ES-IT-002_R4.pdf” Estudio de Flujo de Potencia” PMG Solar Palermo. Obtenido de PGP NUP 2993.
- (b) Documento “28511-01 REV_G”, diagrama unilineal S/E El Peumo.
- (c) Documento “28511-02 REV_G”, diagrama unilineal PF Palermo.
- (d) Documento “03 PMGD PALERMO- PLANO DETALLE ESTRUCTURA AEREA”, plano de la estructura correspondiente al tramo aéreo.
- (e) Documento “Cable protegido MT 5ca73c4ca1671_Ceprok”, catálogo del conductor protegido del tramo aéreo.
- (f) Documento “Aluminios Subterráneos MT 25 KV”, datos del cable subterráneo de 400 mm².
- (g) Documento “HERSATENE RHZ1-OL”, datos del cable subterráneo de 95 mm².
- (h) Documento “Distribución de Zanjas de BT y MT Palermo_02”, plano de zanjas de los cables subterráneos.
- (i) Documento “212303.24 Verificación MPAT SE El Peumo - CGE RB”, información referente a la resistividad del terreno en S/E El Peumo.
- (j) Documento “Palermo - Estudio de sistema de tierras_01”, información referente a la resistividad del terreno en el PF Palermo.
- (k) Documento “SOCO-MAN-PEE-0008 - 2365 KVA 23-0,645 KV TECH SPEC”, transformador de bloque 2365 kVA.
- (l) Documento “SOCO-MAN-PEE-0008 - 3550 KVA 23-0,645 KV TECH SPEC”, transformador de bloque 3550 kVA.
- (m) Documento “24060-00-ES-IT-003_RB” informe de Determinación de Mínimos Técnicos en unidades generadoras PMG Solar Palermo.
- (n) Documento “24060-00-ES-IT-002_RA” informe de Potencia Máxima en unidades generadoras PMG Solar Palermo.

4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES

Para la elaboración del presente documento fueron utilizadas como referencia las normas técnicas nacionales e internacionales indicadas a continuación:

- (i) Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, versión septiembre del 2020.
- (ii) Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.
- (iii) Puesta en Servicio de Unidades Generadoras – Aplicación de Anexos Técnicos, CEN.
- (iv) Guía Técnica DCO N°01-2024 “Recomendaciones para la elaboración de los Informes de Determinación de Parámetros Operacionales de Unidades Generadoras Renovables no Convencionales y Sistemas de Almacenamiento de Energía” versión junio 2024 Elaborada por el CEN.

5. INSTALACIONES EXISTENTES

El proyecto PMG Solar Palermo se conectará al SEN, a través de la subestación elevadora Peumo. Esta corresponde a una subestación elevadora, la cual se conectará a la línea de transmisión 66 kV El Peumo – Santa Rosa.

A continuación, se exponen los aspectos más relevantes de las instalaciones existentes del proyecto PMG Solar Palermo.

En la siguiente figura se muestra el diagrama general de la S/E El Peumo, su conexión con la planta fotovoltaica Solar Palermo, y la distribución de sus inversores.

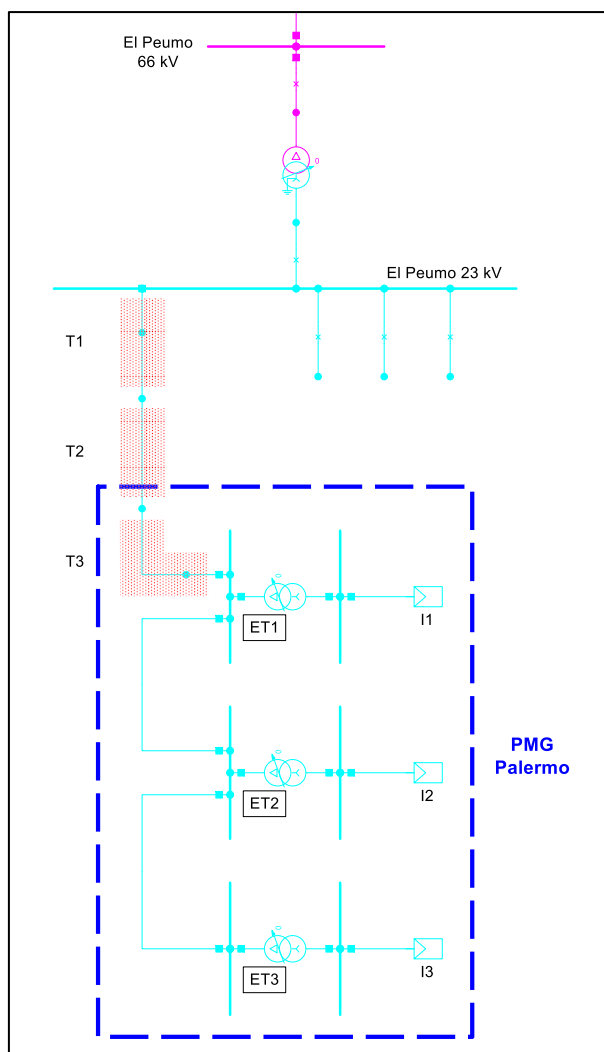


Figura 5-1 S/E El Peumo y PF Solar Palermo.

Los inversores I1 e I2 entregan una potencia máxima de 3,55 MW, en tanto que en el caso del inversor I3 esta es de 2,365 MW.

De acuerdo con los diagramas unilineales (b) y (c), la línea de vinculación entre la S/E El Peumo y el primer transformador de bloque del parque se compone de 3 tramos. El primero de ellos, a la salida de la S/E, es un cable subterráneo 3x1x400 mm² (T1), de una longitud de 716 m. El tramo central es aéreo (T2), con una longitud de 3,66 km. Finalmente el último es un cable con las mismas características que el primero (T3), de 250,65 m.

Los cables que interconectan los tres paños de media tensión son de 3x1x95 mm², con una longitud de 269,36 m entre los paños ET1 y ET2, y de 235,3 m entre los paños ET2 y ET3.

5.1. TRAMO AÉREO

El conductor corresponde a un cable protegido de aluminio, de 300 mm², con las características siguientes.

Tensión nominal 25 kV (NBR 11873)								
Sección nominal	Formación compacta	Diámetro cuerda	Espesor cubierta	Diámetro exterior	Peso del cable	Carga de rotura	Resistencia eléctrica a 20°C	Capacidad de carga a 90°C en aire a 40°C
mm ²	N°	mm	mm	mm	kg/km	daN	ohm/km	A
1x35	7	7,1	4,0	15,1	227	455	0,868	186
1x50	7	8,2	4,0	16,2	274	650	0,641	224
1x70	19	10,0	4,0	18,0	349	910	0,443	280
1x95	19	11,8	4,0	19,8	442	1235	0,320	342
1x120	19	13,0	4,0	21,0	522	1560	0,253	397
1x150	37	14,5	4,0	22,5	611	1950	0,206	450
1x185	37	16,5	4,0	24,5	739	2405	0,164	519
1x240	37	18,2	4,0	26,2	912	3120	0,125	617
1x300	37	20,8	4,0	28,8	1107	3900	0,100	712

Figura 5-2. Datos del conductor protegido 300 mm², referencia (e).

A partir de los planos de los postes (d), se obtiene la posición relativa de cada uno de los circuitos.

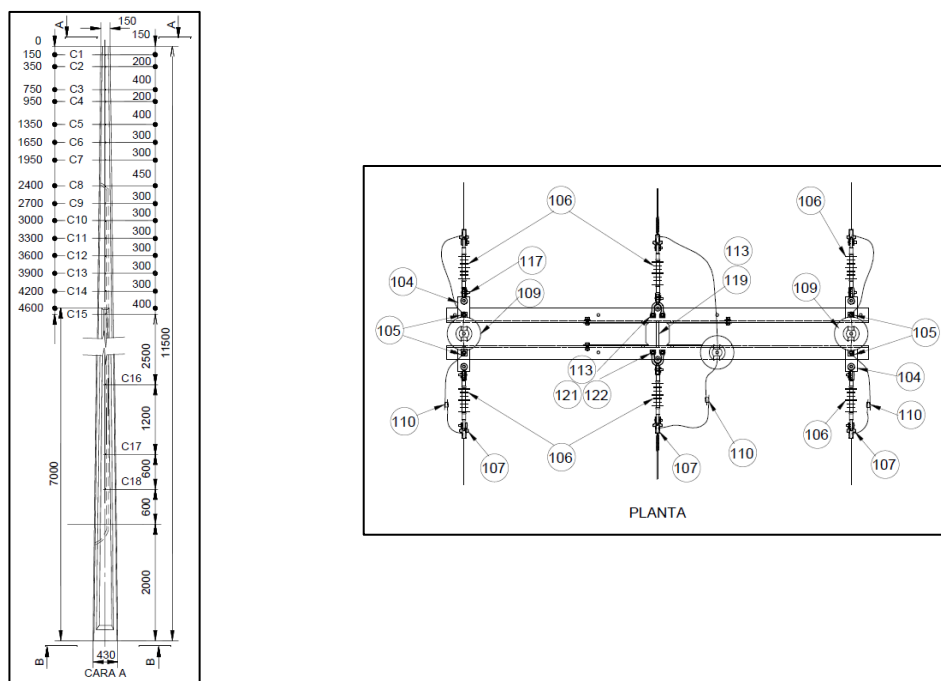


Figura 5-3. Poste tramo aéreo.

A continuación, se muestran los parámetros eléctricos finales del tramo.

Tabla 5-1. Parámetros eléctricos del tramo aéreo.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Longitud	3,66	km
R1	0,1008	Ohm/km
X1	0,3111	Ohm/km
R0	0,2388	Ohm/km
X0	1,3905	Ohm/km
B1	3,7575	$\mu\text{S}/\text{km}$
B0	1,2779	$\mu\text{S}/\text{km}$

5.2. RESISTIVIDAD DEL TERRENO

De acuerdo con los informes de puesta a tierra de la S/E El Peumo y del PMG Solar Palermo (antecedentes (i) y (j) respectivamente), se extraen los datos de resistividad del terreno, asumiendo los valores más bajos que se presentan, los cuales corresponden a las capas superiores del suelo. Estos se corresponden con 5,33 Ohm*m para el primer caso, y 25 Ohm*m para el segundo.

En el caso de la línea aérea, se toma como resistividad un valor promedio entre ambos, 12,665 Ohm*m.

5.3. CABLES SUBTERRÁNEOS 3X1X400 MM²

Los datos del cable son extraídos de la referencia (f) y se presentan a continuación.

TECHNICAL DATA SHEET							
ITEM	DESCRIPTION	UNIT	1X70/16	1X120/25	1X240/25	1x400/35	1x630/50
1	Rated voltage	KV	15/25	15/25	15/25	15/25	15/25
2	Conductor						
	Conductor Material	--	Aluminium Wire, compacted				
	Conductor Cross-sectional Area	mm ²	70	120	240	400	630
	Min. Stranding Number	No.	12	15	30	53	53
	Approx. Conductor Diameter	mm	9.3--10.2	12.3--13.5	17.6--19.2	22.3--24.6	28.7--32.5
	Max conductor temperature	°C	90	90	90	90	90
3	Conductor screen						
	Material of conductor screen		Semi-conducting compound				
	Nominal thickness of conductor screen	mm	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
4	Insulation						
	Insulation Material	--	TR-XLPE	TR-XLPE	TR-XLPE	TR-XLPE	TR-XLPE
	Nominal thickness of insulation	mm	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
5	Insulation screen						
	Material of insulation screen	--	Semi-conducting compound				
	Nominal thickness of insulation screen	mm	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
6	Screen layer						
	screen material	--	Copper wire	Copper wire	Copper wire	Copper wire	Copper wire
	Section of the screen layer	mm ²	16	25	25	35	50
	Copper wire number and diameter	Nos/mm	16/1.13	32/1.0	32/1.0	45/1.0	60/1.03
7	Wrapping tape	--	Non-woven clothing tape	Non-woven clothing tape	Non-woven clothing tape	Non-woven clothing tape	Non-woven clothing tape
8	Outer sheath						
	Material of outer sheath	--	Blue PE ST7	Blue PE ST7	Blue PE ST7	Blue PE ST7	Blue PE ST7
	Nominal thickness of outer sheath	mm	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7
	Approx. Dia. Over outer sheath	mm	32.3	36.2	42.2	47.6	54.6
9	Approx. weight of cable	Kg/km	982	1347	1881	2561	3638
10	D.C. Resistance of conductor at 20°C	Ω/km	0.443	0.253	0.125	0.0778	0.0469
11	Degree of water infiltration	--	AD7 / IP7				
12	Minimum curvature radius	mm	646	724	844	952	1092
13	Max current capacity in underground installation for trefoil arrangement						
13.1	Directly buried	A	186	252	367	470	590
13.2	In ducts	A	176	240	351	451	564
13.3	installation conditions of full current capacity		Maximum core temperature 90 ° C Ambient temperature 30 ° C Soil temperature 20 ° C Installation depth 0.8 m Thermal resistivity of the soil 1.5 K.m / W Thermal resistivity of terracotta pipes 1.2 K.m / W				
14	Impedance	mH/km	0.427	0.397	0.356	0.332	0.308
15	Reactance	Ω/km	0.134	0.125	0.112	0.104	0.097

Figura 5-4. Datos cable subterráneo 3x1x400 mm².

El posicionamiento de los circuitos se modela conforme a lo indicado en los planos de la referencia (h).

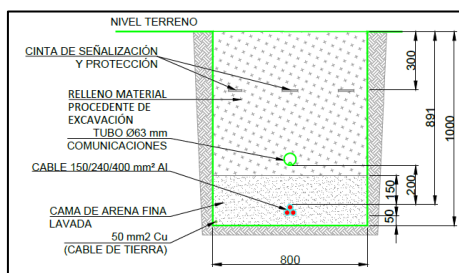


Figura 5-5. Distribución en zanjas.

A continuación, se muestran los parámetros eléctricos finales de estos cables.

Tabla 5-2. Parámetros eléctricos de los cables subterráneos 3x1x400 mm².

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Longitud salida S/E El Peumo	0,716	km
Longitud tramo llegada a ET1 desde El Peumo	0,25065	km
R1	0,0667	Ohm/km
X1	0,1009	Ohm/km
R0	0,2141	Ohm/km
X0	1,8224	Ohm/km
B1	101,8847	μS/km
B0	101,8847	μS/km

5.4. CABLES SUBTERRÁNEOS 3X1X95 MM²

Los datos del cable son extraídos de la referencia (g) y se presentan a continuación.

Sección conductor/pantalla Cu (mm ²)	Diametro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diametro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (Ω /km)	Resistencia en corriente alterna a 90 °C (Ω /km)	Reactancia a 50 Hz (Ω /km)	Capacidad (μ F/km)
1X95 (Al)/16*	28,2	37,1	1325	557	255	205	190	0,320	0,403	0,134	0,166
1X150 (Al)/16*	30,9	40,2	1585	603	335	260	245	0,206	0,262	0,126	0,190
1X240 (Al)/16*	35,0	44,3	1990	665	455	345	320	0,125	0,161	0,116	0,227
1X400 (Al)/16*	40,0	49,6	2575	744	610	445	415	0,0778	0,102	0,108	0,272
1X500 (Al)/16	43,5	53,1	3050	797	715	505	480	0,0605	0,103	0,103	0,303
1X630 (Al)/16	48,0	57,6	3600	864	830	575	545	0,0469	0,0636	0,100	0,343

Figura 5-6. Datos cable subterráneo 3x1x95 mm².

A continuación, se muestran los parámetros eléctricos finales de estos cables.

Tabla 5-3. Parámetros eléctricos de los cables subterráneos 3x1x95 mm².

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Longitud tramo ET1-ET2	0,26936	km
Longitud tramo ET2-ET3	0,2353	km
R1	0,2977	Ohm/km
X1	0,1403	Ohm/km
R0	0,4451	Ohm/km
X0	1,9060	Ohm/km
B1	46,4122	μS/km
B0	46,4122	μS/km

5.5. INVERSORES

El proyecto contempla la instalación de 3 inversores, 2 de potencia igual a 3550 kVA y uno de 2365 kVA. El aporte de cada uno a la corriente de falla es de 4,1527 kA y 3,9182 kA respectivamente (ver Anexo 7).

Tabla 5-4 Inversores PMG Solar Palermo.

PARÁMETRO	VALORELECTRONICS
MARCA	Power Electronics
MODELO	FS2285K-FS3430K
POTENCIA	2,3665-3,550 [MVA]
CANTIDAD	1-2

5.6. TRANSFORMADORES DE BLOQUE MT/BT

Los transformadores de bloques 23/0,645 kV, al cual se conectan los inversores, FS3430K y FS2285K respectivamente, poseen las siguientes características, ver documentos (l) y (k):

Tabla 5-5 Transformadores de bloque T1 y T2

PARÁMETRO	VALOR
TENSIÓN AT	23-23 [kV]
TENSIÓN MT	0,645-0,645 [kV]
POTENCIA ONAF	3,550-2,365 [MVA]
CONEXIÓN	Dy11- Dy11
Z1 [%]	7%-6%
Z0 [%]	6,3%-5,4%
PÉRDIDAS EN VACÍO	3 [kW]-2,4 [kW]
PÉRDIDAS EN CARGA	30 [kW]-20 [kW]

5.7. Transformador de Servicios Auxiliares (SSAA)

El PMG Solar Palermo cuenta actualmente con un transformador de servicios auxiliares, ver documento (c):

Tabla 5-6 Transformador de Servicios Auxiliares PMG Solar Palermo.

PARÁMETRO	VALOR
TENSIÓN AT	0,645 [kV]
TENSIÓN MT	0,400/0,230 [kV]
POTENCIA ONAF	15 [kVA]
CONEXIÓN	YNyn0yn0fn

6. REVISIÓN NORMATIVA

A continuación, se exponen los principales estándares normativos (Anexo Técnico: “Determinación de parámetros de partida y detención” disponible en la página de la CNE) que son de relevancia para el presente informe.

Artículo 10: Informe técnico de parámetros de partida y detención:

El informe técnico de parámetros de partida y detención 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 determinó el valor de los parámetros de partida y detención informados.

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

- Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- 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 cuyos parámetros sean distinto al del combustible principal, deberán entregar los mismos antecedentes requeridos en el presente Anexo para el combustible principal.

Si el Coordinador verifica que el Informe Técnico contiene los antecedentes especificados, lo publicará en el sitio web del Coordinador e iniciará el proceso de aprobación de los parámetros de Partida y Detención informados de acuerdo con lo establecido en los artículos siguientes.

7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

El ensayo consiste en monitorear el consumo de energía [MWh] y tiempo [minutos] durante los procesos de partida y detención, desglosados en las siguientes etapas:

- **Potencia nominal hasta mínimo técnico.** El inversor debe encontrarse a potencia nominal o la máxima potencia disponible, posteriormente se debe llevar el inversor a una potencia de 0 MW (mínimo técnico) y esperar que la señal se establezca en dicho punto.
- **Mínimo técnico hasta desconexión.** Establecido el mínimo técnico, se envía la señal de apagado y se espera a que el inversor quede apagado.
- **Inicio de partida hasta sincronización.** Se envía la señal de encendido, y se monitorea el tiempo requerido para la sincronización con el sistema, estableciendo previamente una consigna de potencia activa igual a cero (mínimo técnico).
- **Sincronización hasta mínimo técnico.** Se monitorea el tiempo requerido entre la sincronización y la operación del parque a mínimo técnico.
- **Mínimo técnico hasta potencia nominal.** Se modifica la consigna de potencia activa de mínimo técnico (0 MW) a nominal o máxima disponible.

7.1. A nivel de planta

El ensayo, se realiza con los datos obtenidos en el día 16-10-2024 (ver Anexo 1), consiguiendo un rango de carga reducido de 7,4314 MW al inicio de la bajada y 7,4117 MW al final de la subida (máxima potencia disponible).

Los ensayos consistieron en cambiar la consigna de generación de potencia (máxima disponible) a 0 MW. Durante el período de prueba, se registraron las medidas de potencia para determinar el tiempo de detención del parque. Se replica lo anterior para el proceso de partida del parque, la siguiente tabla presenta los instantes de cada consigna.

Tabla 7-1 Tiempos de las consignas ensayo de PPyD a nivel de parque.

CONSIGNA ESTABLECIDA	CONSIGNA ENVIADA	[HH:MM:SS]
Potencia despachada	Mínimo Técnico	15:50:18
Mínimo Técnico	Detención de inversores	15:56:22
Detención de inversores	Partida de inversores	15:57:18
Partida de inversores	Mínimo Técnico	16:00:19
Mínimo Técnico	Potencia despachada	16:00:36

Es necesario mencionar que, las consignas fueron enviadas cuando los valores de potencia se vieron estables.

En la Figura 7-1 y la Figura 7-2 se observa el gráfico de potencia para las pruebas de partida y detención realizadas en el PMG Solar Palermo. Dado que se tienen tasas constantes de reducción y toma de carga, es posible estimar los tiempos totales de ambos procesos.

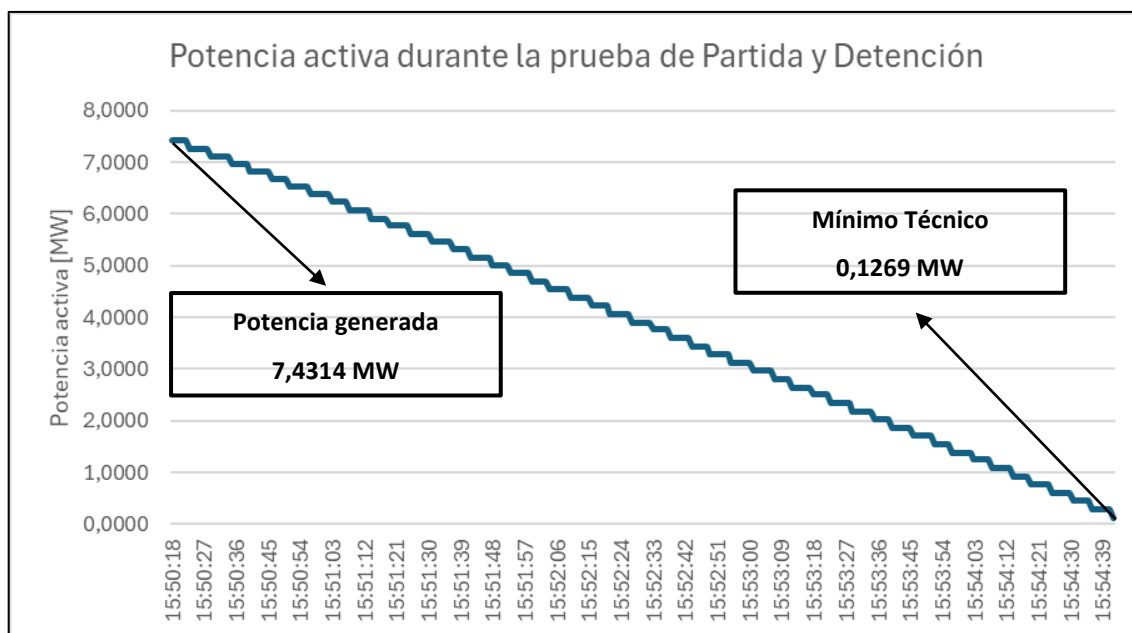


Figura 7-1.: Rampa de Detención PMG Solar Palermo.

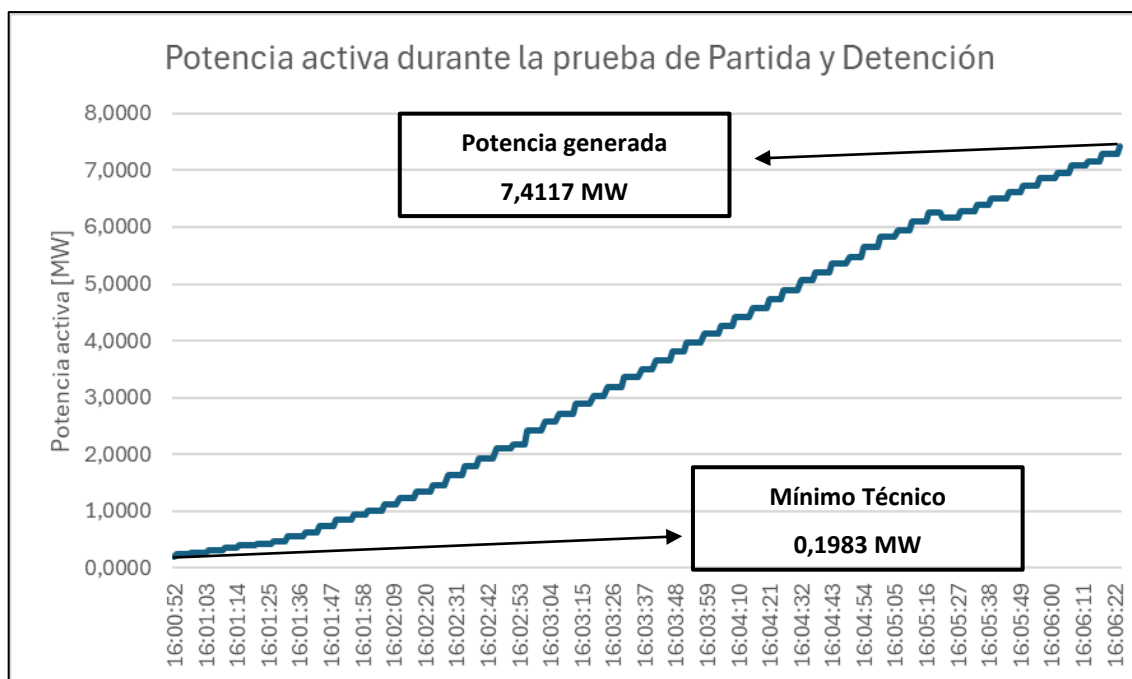


Figura 7-2.: Rampa de Partida PMG Solar Palermo.

La señal de mínimo técnico se envía a las 15:50:18 PM aproximadamente con una potencia de 7,4314 MW, mientras que el mínimo técnico se alcanza a las 15:54:42 PM aproximadamente llegando a la potencia de 0,1269¹ MW.

La tasa de detención se obtiene de la siguiente manera:

¹ Se destaca que este valor de Mínimo Técnico difiere del valor perteneciente al antecedente (m). Esto es debido a que, dicho valor comprende un promedio de mediciones durante 15 minutos, por otro lado, el valor utilizado para los cálculos del ensayo de PPyD es un valor instantáneo, cercano los 0 MW.

$$\frac{P_{final} - P_{inicial}}{T_{final} - T_{inicial}} = \text{Gradiente} \frac{MW}{min}$$

Dado lo anterior, se calcula la tasa de detención:

$$\frac{0,1269 - 7,4314}{15:54:42 - 15:50:18} = -1,6601 \frac{MW}{min}$$

Por otro lado, la señal de potencia liberada ocurre a las 16:00:52 PM con una potencia de 0,1983² MW, mientras que la potencia máxima es alcanzada a las 16:06:24 PM llegando a una potencia de 7,4117 MW.

Por lo tanto, la tasa de partida se obtiene de:

$$\frac{7,4117 - 0,1983}{16:06:24 - 16:00:52} = 1,3036 \frac{MW}{min}$$

Finalmente, los tiempos de detención y partida se calculan a través de sus respectivas tasas, con respecto a la potencia inyectada, ante la operación a mínimo técnico neto (0,1334 MW) y la potencia máxima neta (9,1255 MW) obtenidas de los antecedentes (m) y (n) respectivamente.

Tiempo de detención:

$$\frac{0,1334 - 9,1255}{-1,6601} = 5,4166 \text{ min}$$

Tiempo de Partida:

$$\frac{9,1255 - 0,1334}{1,3036} = 6,8979 \text{ min}$$

Tabla 7-2 Parámetros asociados a Partida y Detención del PMG Solar Palermo.

PARÁMETROS	TIEMPO [MIN]	TASA [MW/MIN]
Detención	5,4166	-1,6601
Partida	6,8979	1,3036

De la tabla anterior se puede obtener el porcentaje de la toma de carga, tomando la tasa en MW/min sobre la potencia de 9WM según el documento (a).

$$\frac{1,3036 \text{ MW/min}}{9 \text{ MW}} \cdot 100\% = 14,4847 \%$$

En la NTSyCS artículo 3-17 se solicita que tanto para los parques eólicos como fotovoltaicos la toma de carga no supere un valor ajustable entre 0 al 20% de la potencia máxima nominal del parque por minuto, por lo tanto, el porcentaje resultante del análisis del presente informe (14,4847%) se encuentra dentro del rango impuesto por la NTSyCS.

² Se destaca que este valor de Mínimo Técnico difiere del valor perteneciente al antecedente (m). Esto es debido a que, dicho valor comprende un promedio de mediciones durante 15 minutos, por otro lado, el valor utilizado para los cálculos del ensayo de PPyD es un valor instantáneo, cercano los 0 MW.

7.2. A nivel de inversor

Al igual que a nivel de planta, para el inversor número 3 se realizaron ensayos para la determinación de los parámetros de partida y detención, el 15-10-2024 (ver Anexo 2). Dichos ensayos consistieron en cambiar la consigna de generación de potencia máxima (máxima disponible al momento de hacer la prueba) a 0 MW. Durante el período de prueba, se registraron las medidas de potencia para determinar el tiempo de detención del inversor. Se replica lo anterior para el proceso de partida del inversor.

Tabla 7-3 Tiempos de las consignas ensayo de PPyD a nivel de inversor.

CONSIGNA ESTABLECIDA	CONSIGNA ENVIADA	[HH:MM:SS]
Potencia despachada	Mínimo Técnico	14:06:56
Mínimo Técnico	Detención de inversores	14:08:24
Detención de inversores	Partida de inversores	14:08:39
Partida de inversores	Mínimo Técnico	14:08:43
Mínimo Técnico	Potencia despachada	14:09:24

Es necesario mencionar que, las consignas fueron enviadas cuando los valores de potencia se vieron estables.

En la Figura 7-3 y la Figura 7-4 se observa el gráfico de potencia para las pruebas de partida y detención realizadas en el inversor número 3 del PMG Solar Palermo. Dado que se tienen tasas constantes de reducción y toma de carga, es posible estimar los tiempos totales de ambos procesos.

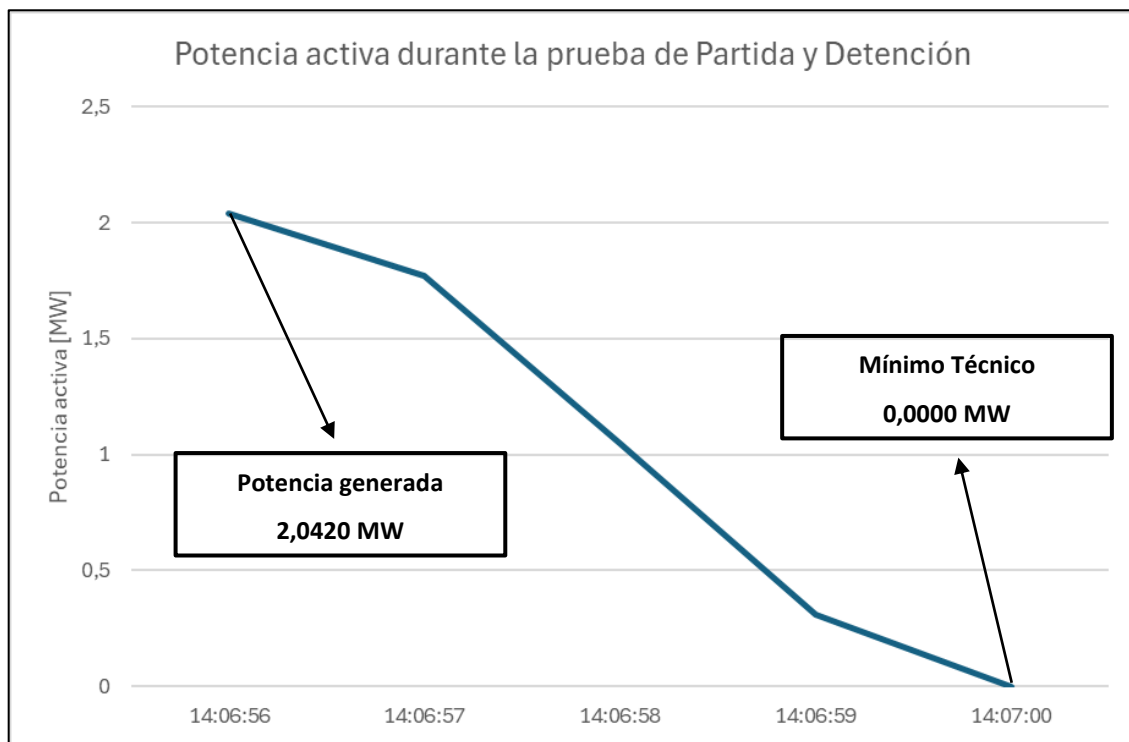


Figura 7-3: Rampa de Detención a nivel de inversor PMG Solar Palermo.

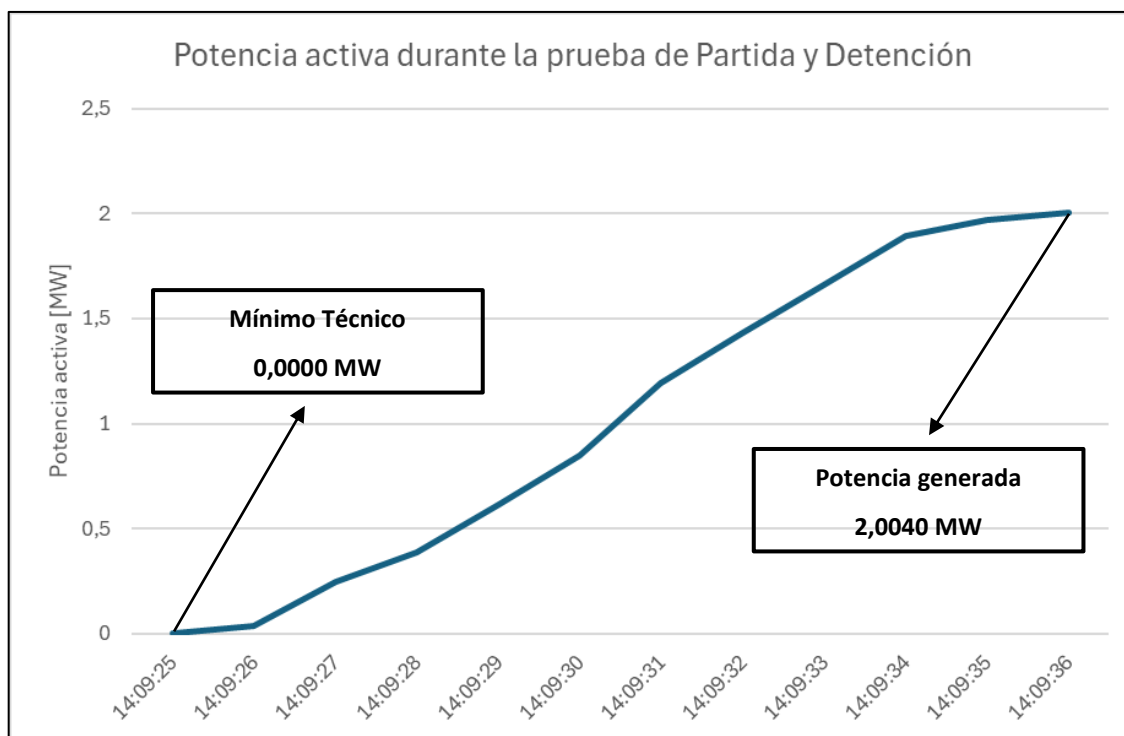


Figura 7-4: Rampa de Partida a nivel de inversor PMG Solar Palermo.

La señal de mínimo técnico ocurre a las 14:06:56 PM aproximadamente con una potencia de 2,0420 MW, mientras que el mínimo técnico se alcanza a las 14:07:00 PM aproximadamente llegando a la potencia de 0,0000 MW.

La tasa de detención se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{P_{final} - P_{inicial}}{T_{final} - T_{inicial}} = \text{Gradiente} \frac{MW}{min}$$

Dado lo anterior, se calcula la tasa de detención:

$$\frac{0,0000 - 2,0420}{14:07:00 - 14:06:56} = -30,6300 \frac{MW}{min}$$

Por otro lado, la señal de potencia liberada ocurre a las 14:09:25 PM con una potencia de 0,0000 MW, mientras que la potencia máxima es alcanzada a las 14:09:36 PM llegando a una potencia de 2,0040 MW.

Por lo tanto, la tasa de partida se obtiene de:

$$\frac{2,0040 - 0,0000}{14:09:36 - 14:09:25} = 10,9390 \frac{MW}{min}$$

Finalmente, los tiempos de detención y partida se calculan a través de sus respectivas tasas, con respecto a la potencia inyectada por el inversor ante la operación a mínimo técnico (0,0000 MW) y la potencia nominal del inversor (2,3665MW, ver Anexo 5 [10.5]). Cabe destacar 10.5 que las limitaciones en la tasa de toma de carga están dadas por el fabricante.

Tiempo de detención:

$$\frac{0,000 - 2,3665}{-30,6300} = 0,0773 min$$

Tiempo de Partida:

$$\frac{2,3665 - 0,000}{10,9390} = 0,2163 \text{ min}$$

Tabla 7-4 Parámetros asociados a Partida y Detención del PMG Solar Palermo.

PARÁMETROS	TIEMPO [MIN]	TASA [MW/MIN]
Detención	0,0773	-30,6300
Partida	0,2163	10,9390

8. DETERMINACIÓN DE ENERGÍA CONSUMIDA

8.1. A nivel de planta

El consumo de servicios auxiliares del parque se determina directamente con los registros de las mediciones del ensayo realizado en terreno, desde el momento en que el parque deja de inyectar energía y comienza a consumir hasta que se detienen.

En la Figura 8-1 se muestra el proceso desde el mínimo técnico inicial, hasta la detención del PMG Solar Palermo.

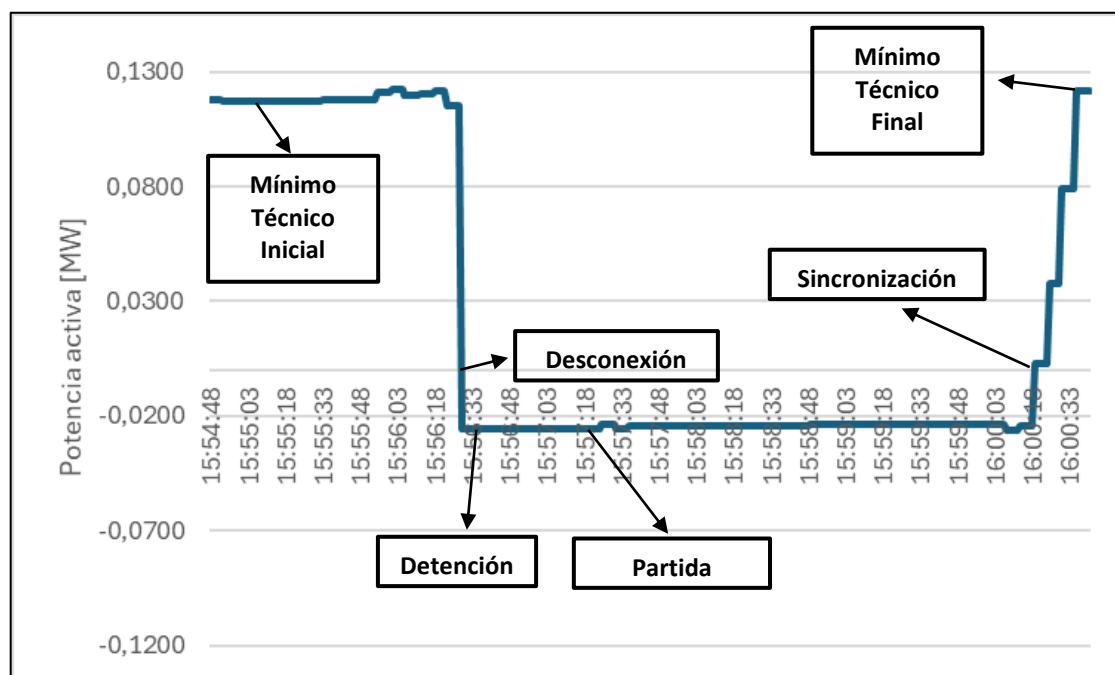


Figura 8-1:. Potencia desde el MT inicial hasta el MT final – A Nivel de parque.

Por otro lado, se destaca que los tiempos asociados a las señales de partida y detención fueron registrados en terreno al momento de realizar el ensayo, los cuales corresponden a:

Tabla 8-1 Tiempos del proceso de partida a nivel de Planta.

ETAPA	INICIO	FINAL	DURACIÓN
Partida – Sincronización	15:57:18	16:00:18	3,0000 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	16:00:18	16:00:36	0,3000 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	16:00:36	16:06:24	5,8000 [minutos]

Tabla 8-2 Tiempos del proceso de detención a nivel de Planta.

ETAPA	INICIO	FINAL	DURACIÓN
Potencia inyectada – Mínimo Técnico	15:50:18	15:54:42	4,4000 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	15:56:22	15:56:28	0,1000 [minutos]
Desconexión - Detención	15:56:28	15:56:29	0,0167 [minutos]

Luego, al tener los intervalos de proceso de partida y detención se procede a obtener los consumos asociados a los SS. AA del parque, directamente desde las mediciones realizadas (ver columna C del Anexo 3 [10.3]).

Tabla 8-3 Parámetros del Proceso de Partida a nivel de parque.

ETAPA	PÁRAMETRO	PFV DON HUMBERTO
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	0,0001
	Tiempo [minutos]	3,0000 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,3000 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	Consumo SSAA [MWh]	0,0002
	Tiempo [minutos]	5,8000 [minutos]

Tabla 8-4 Parámetros del proceso de detención a nivel de parque.

ETAPA	PÁRAMETRO	PFV DON HUMBERTO
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0001
	Tiempo [minutos]	4,4000 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,1000 [minutos]
Desconexión - Detención	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0167 [minutos]

8.2. A nivel de inversor

El consumo de servicios auxiliares a nivel de inversor se determina directamente con los registros de las mediciones del ensayo realizado en terreno, desde el momento en que el inversor deja de generar potencia y comienzan a consumir hasta que se detienen, debido a que mientras estén generando, sus requerimientos son suministrados por la misma generación del parque.

En la Figura 8-2 se muestra el proceso desde el mínimo técnico inicial, hasta el mínimo técnico Final.

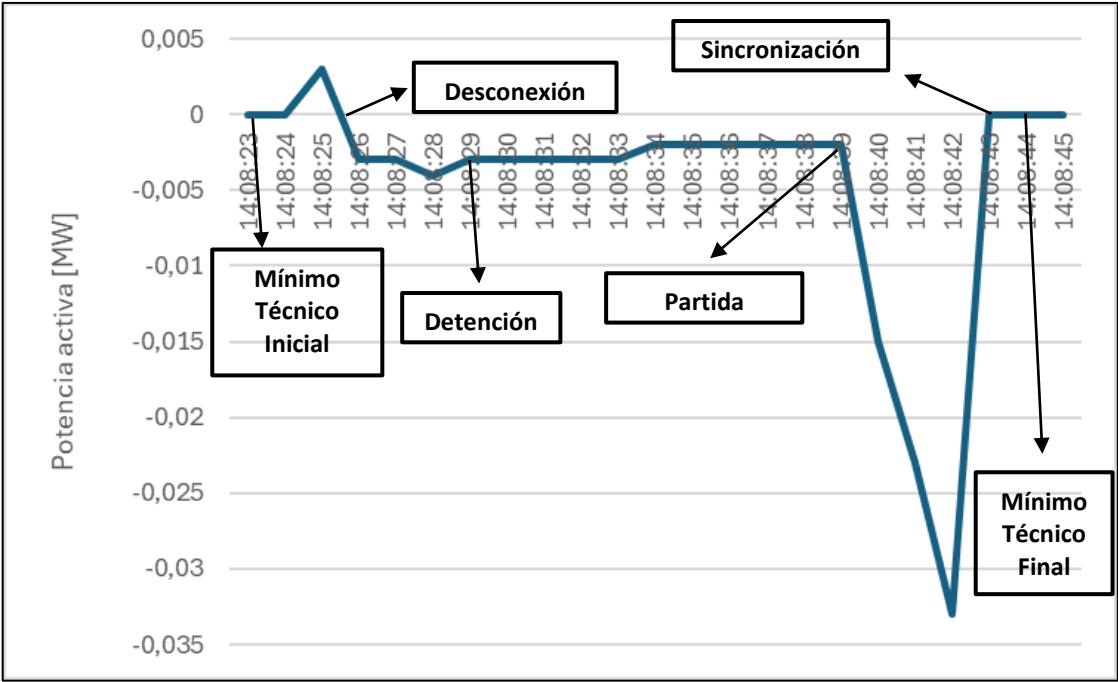


Figura 8-2:.. Potencia desde el MT inicial y el MT final – A Nivel de Inversor.

Por otro lado, se destaca que los tiempos asociados a las señales de partida y detención fueron registrados en terreno al momento de realizar el ensayo, los cuales corresponden a:

Tabla 8-5 Tiempos del proceso de partida a nivel de Inversor.

ETAPA	INICIO	FINAL	DURACIÓN
Partida – Sincronización	14:08:39	14:08:43	0,0667 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	14:08:43	14:08:44	0,0167 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	14:09:24	14:09:36	0,2000 [minutos]

Tabla 8-6 Tiempos del proceso de detención a nivel de Inversor.

ETAPA	INICIO	FINAL	DURACIÓN
Potencia inyectada – Mínimo Técnico	14:06:56	14:07:00	0,0667 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	14:08:24	14:08:26	0,0333 [minutos]
Desconexión - Detención	14:08:26	14:08:29	0,0500 [minutos]

Luego, al tener los intervalos de proceso de partida y detención se procede a obtener los consumos asociados a los SS. AA del inversor desde las mediciones realizadas (ver columna E del Anexo 4).

Tabla 8-7 Parámetros del Proceso de Partida a nivel de inversor.

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0667 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0167 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	Consumo SSAA [MWh]	0,0034
	Tiempo [minutos]	0,2000 [minutos]

Tabla 8-8 Parámetros del proceso de detención a nivel de inversor.

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0014
	Tiempo [minutos]	0,0667 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0333 [minutos]
Desconexión - Detención	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0500 [minutos]

9. CONCLUSIONES

En el presente informe se obtienen los parámetros de partida y detención del PMG Solar Palermo, dichos parámetros se resumen a continuación.

De acuerdo con lo expuesto en el presente informe, se obtienen los siguientes resultados.

A nivel de Inversor:

Tabla 9-1 Parámetros del Proceso de Partida a nivel de inversor.

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0667 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0167 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	Consumo SSAA [MWh]	0,0034
	Tiempo [minutos]	0,2000 [minutos]

Tabla 9-2 Parámetros del proceso de detención a nivel de inversor.

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0014
	Tiempo [minutos]	0,0667 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0333 [minutos]
Desconexión - Detención	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0500 [minutos]

A nivel de Parque:**Tabla 9-3 Parámetros del Proceso de Partida a nivel de parque.**

ETAPA	PÁRAMETRO	PFV DON HUMBERTO
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	0,0001
	Tiempo [minutos]	3,0000 [minutos]
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,3000 [minutos]
Mínimo Técnico – Potencia inyectada	Consumo SSAA [MWh]	0,0002
	Tiempo [minutos]	5,8000 [minutos]

Tabla 9-4 Parámetros del proceso de detención a nivel de parque.

ETAPA	PÁRAMETRO	PFV DON HUMBERTO
Potencia Nominal – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	0,0001
	Tiempo [minutos]	4,4000 [minutos]
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,1000 [minutos]
Desconexión - Detención	Consumo SSAA [MWh]	≈0,0000
	Tiempo [minutos]	0,0167 [minutos]

10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1 – Mediciones obtenidas el día 16-10-2024 (Parque)

Contiene las mediciones de potencia activa en el POI, durante la prueba de Parámetros de Partida y Detención, realizadas al PMG Solar Palermo el día 16-10-2024.

10.2. ANEXO 2 – Mediciones obtenidas el día 15-10-2024 (Inversor)

Contiene las mediciones de potencia activa, en los bornes AC del inversor número 3, durante la prueba de Parámetros de Partida y Detención, realizada el día 15-10-2024.

10.3. ANEXO 3 – Potencia de servicios auxiliares (SSAA).

Contiene las mediciones de potencia activa de los SSAA obtenidas en las pruebas de la prueba de Parámetros de Partida y Detención, realizadas al PMG Solar Palermo el día 16-10-2024.

10.4. ANEXO 4 – Energía consumida por el inversor.

Contiene la energía consumida por el inversor en el ensayo de partida y detención realizado el día 15-10-2024.

10.5. ANEXO 5 – Hoja de datos de los inversores.

Se adjunta en la carpeta de envió el documento de respaldo.

10.6. ANEXO 6 – Hoja de datos de los paneles.

Se adjunta en la carpeta de envió el documento de respaldo.