



I-SEP

Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

P22058

ESTUDIOS DE CONEXIÓN PROYECTO EL MANZANO

27.12.2023

Informe de Parámetros de Partida y Detención
22058-00-ES-IT-014 Rev. 0
Preparado para Enel Green Power Chile S.A.





P22058
ESTUDIOS DE CONEXIÓN
PROYECTO EL MANZANO
 Informe de 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 Tardón P.	16.11.2023	I-SEP	16.11.2023	Emitido para revisión interna
Rev. B	Nicolás Tardón P.	16.11.2023	EGP	24.11.2023	Emitido para revisión cliente
Rev. 0	Nicolás Tardón P.	27.12.2023			Atiende observaciones del CEN

CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN	5
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	5
3. INTRODUCCIÓN.....	5
4. REFERENCIAS	7
4.1. Documentos del proyecto.....	7
4.2. Normas, estándares y bibliografía	7
5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE	7
5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO EL MANZANO.....	9
5.1.1. LÍNEA 1X33 KV HUERTOS FAMILIARES – EL MANZANO	9
5.1.2. TRANSFORMADOR DE PODER TR5 S/E EL MANZANO	11
5.1.3. TRANSFORMADOR DE SSAA	11
5.1.4. MÓDULOS INVERSORES	12
5.1.5. TRANSFORMADORES DE BLOQUE	13
5.1.6. RED COLECTORA	13
6. REVISIÓN NORMATIVA	18
7. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN	18
7.1. A NIVEL DE PLANTA	18
7.2. A NIVEL DE INVERSOR.....	20
8. DETERMINACIÓN DE ENERGÍA CONSUMIDA.....	22
8.1. CONSUMO DE INVERSOR	22
8.2. CONSUMO A NIVEL DE PARQUE	23
8.3. DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO	24
8.4. ENERGÍA CONSUMIDA EN PROCESO DE ARRANQUE Y DETENCIÓN	24
9. RESUMEN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN	26
10. CONCLUSIONES	27
11. ANEXOS	31
11.1. ANEXO I – Energía Consumida.....	31
11.2. ANEXO II – Registro del parque	32
11.3. ANEXO III – Hoja de datos de los módulos	32
11.4. ANEXO IV – Hoja de datos de los inversores	32
11.5. ANEXO V – Parámetros de partida y detención.....	32

11.6. ANEXO VI – Irradiancia medida el día 31/10/2023 32

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto:	:	El Manzano
Numero Único de Proyecto (NUP):	:	3435
Empresa propietaria del proyecto:	:	Enel Green Power Chile S.A.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del presente informe es establecer los parámetros para los procesos de partida y detención del proyecto Parque Fotovoltaico El Manzano (PFV El Manzano) NUP 3435, propiedad de Enel Green Power Chile S.A., de aquí en adelante PFV El Manzano, en función de las pruebas realizadas en terreno según lo establecido en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio y lo establecido en el **Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras.**

3. INTRODUCCIÓN

Actualmente Enel Green Power Chile se encuentra desarrollando el proyecto El Manzano (NUP 3435), el cual consiste en la conexión de un parque fotovoltaico denominado El Manzano, con una capacidad de inyección al sistema troncal de 87 MW de capacidad, suministrando la energía través de una subestación en 33 kV, denominada Huertos Familiares, interconectándose al sistema a través de una línea de transmisión subterránea hacia S/E El Manzano 33 kV. La planta se ubicará en la comuna de Titil en la región Metropolitana como se muestra en la Figura 3-1.

El proyecto también contempla la instalación de un nuevo transformador 220/33 kV en la S/E El Manzano y la construcción del nuevo paño JT5. Se utilizarán 491 inversores de 215 kVA y 16 módulos de transformación 33/0,8 kV.

En este contexto, I-SEP se ha adjudicado el desarrollo del informe de determinación de parámetros de partida y detención en unidades generadoras, requerido por el Coordinador Eléctrico Nacional para la entrada en operación del proyecto PFV El Manzano, el cual tiene por objetivo determinar los parámetros de partida y detención del parque.

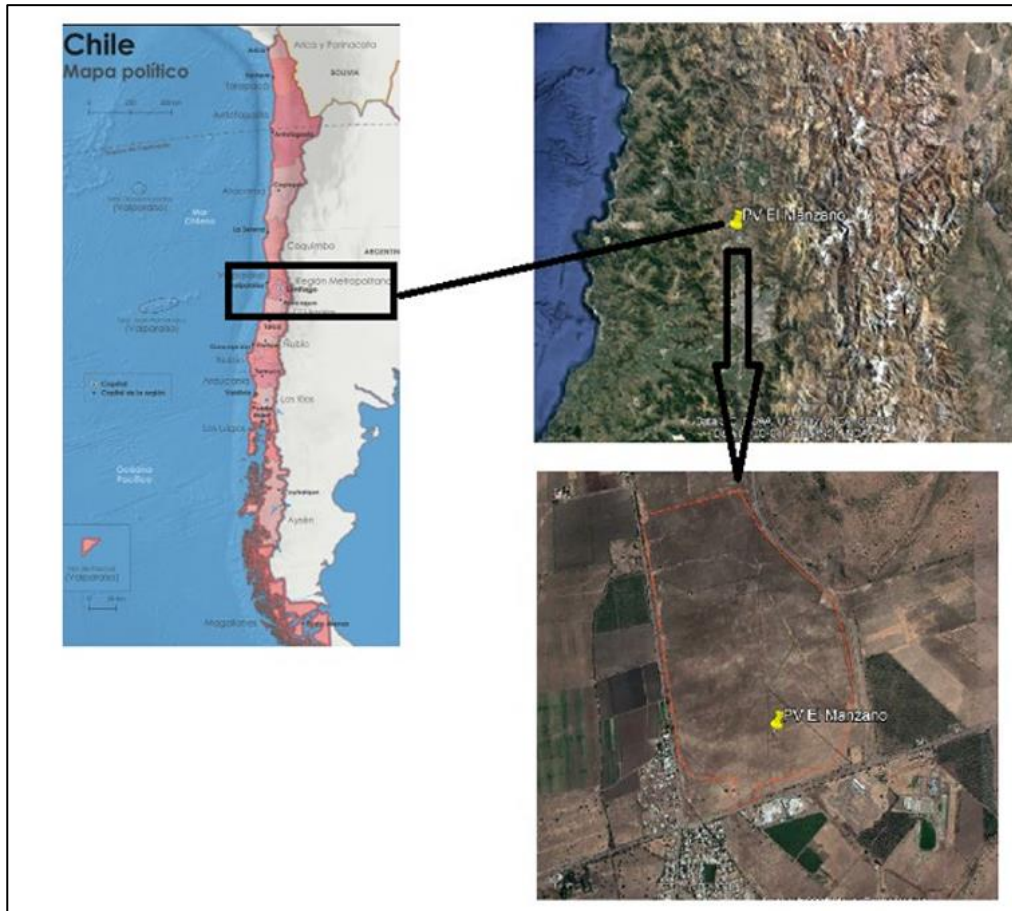


Figura 3-1: Ubicación del PV El Manzano.

4. REFERENCIAS

4.1. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

- [a] Documento: 22058-00-ES-IT-005 Rev 0_Estudio de Flujos de Potencia_PFV El Manzano.
- [b] Documento: 22058-00-ES-IT-012_RB_Informe Técnico de Potencia Máxima_PFV El Manzano.
- [c] Documento: 22058-00-ES-IT-013_RB_Informe Técnico de Mínimo técnico_PFV El Manzano.

4.2. NORMAS, ESTÁNDARES Y BIBLIOGRAFÍA

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 2020.
- [II] Anexo Técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”

5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE

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

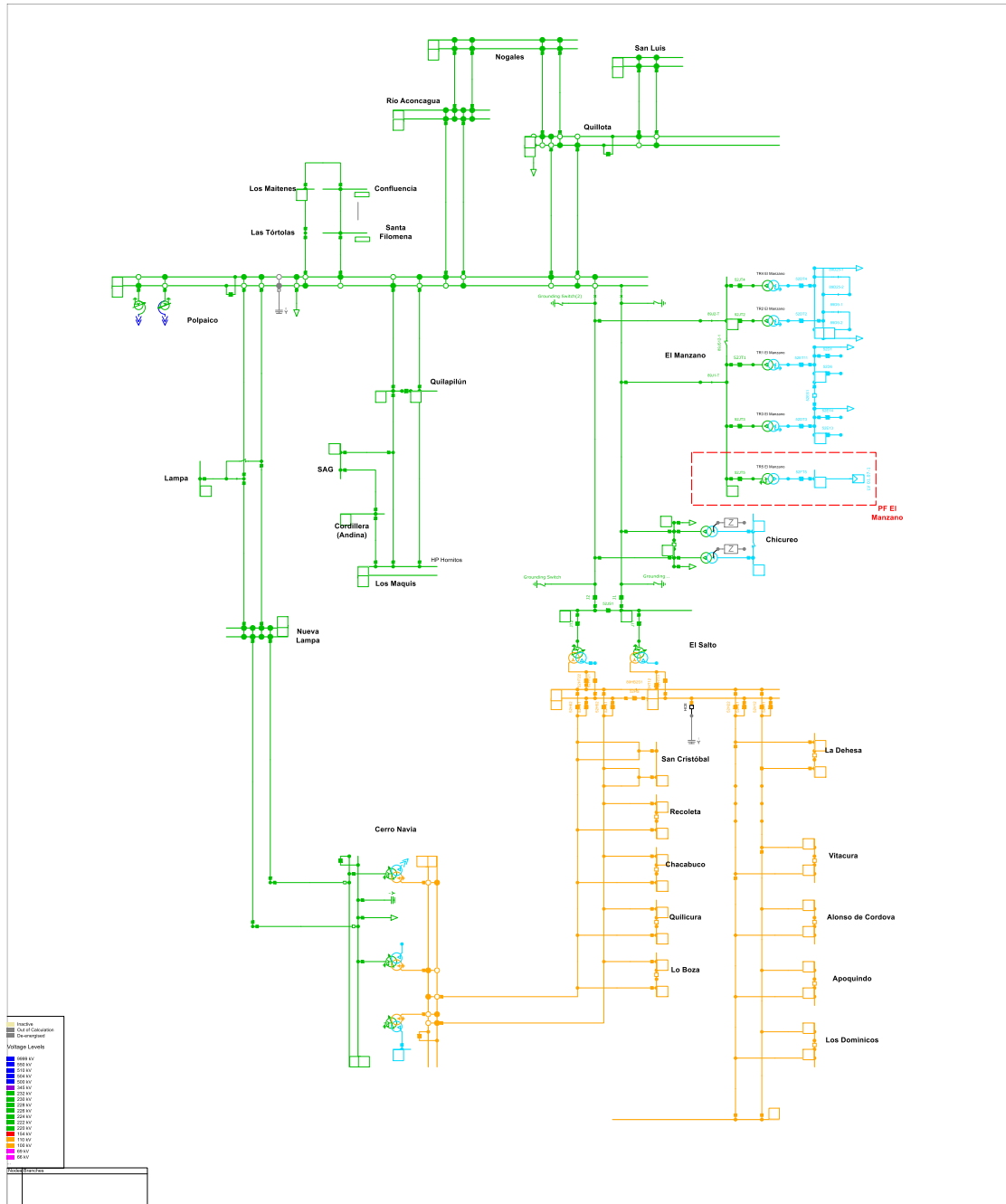


Figura 5-1: Zona de Influencia PFV El Manzano.

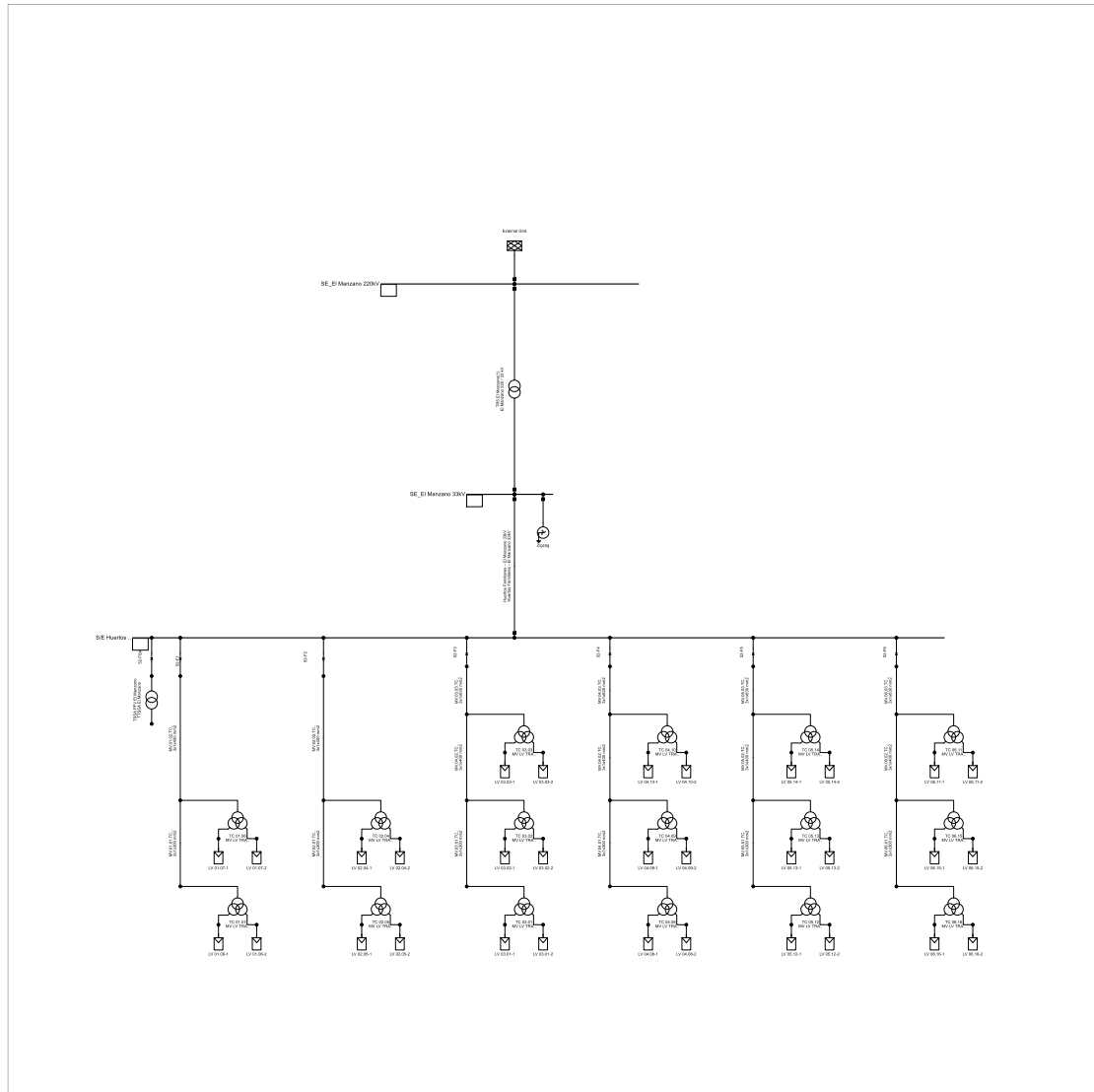


Figura 5-2: Diagrama unilineal sistema colector PFV El Manzano.

5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO EL MANZANO

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

5.1.1. LÍNEA 1X33 KV HUERTOS FAMILIARES – EL MANZANO

La línea de conexión al sistema de 6,478 km es un cable subterráneo que tiene las características mostradas en los siguientes párrafos. El modelado se encuentra acorde con el estudio de flujos de potencia del proyecto [a].

Tabla 5-1 Características del conductor de fase.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Tipo de conductor	XLPE-TR 90° 100 % OL 630 – 35kV
Diámetro nominal	26,14 [mm]
Resistencia DC 20°C	0,0469 [Ω /km]
Diámetro aproximado sobre el aislamiento	48 [mm]

CARACTERÍSTICA	VALOR
Aislamiento	XLPE-TR
Diámetro de pantalla metálica	0,643 [mm]
Pantalla metálica	Alambres de cobre
Diámetro total aproximado	59 [mm]
Cubierta exterior	PVC

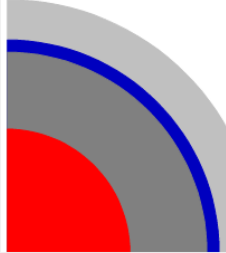
Name:

Rated voltage: kV

Core Shape:

Outer Diameter: mm

Frequency Characteristic (Ohm/km):



Conducting Layers:

	Exists	Material	Resistivity (... uOhm*cm	Relative Per...	Thickness mm	Filling Factor %	DC-Resista... Ohm/km
Conductor	<input checked="" type="checkbox"/>	Unknown	1.7241	1.	14.75	53.78432	0.0469
Sheath	<input checked="" type="checkbox"/>	Copper	1.7241	1.	0.643	100.	0.1754615
Armour	<input type="checkbox"/>	Unknown	2.84	1.	1.	100.	0.

Insulation Layers:

	Exists	Material	Dielectric Los...	Relative Perm...	Thickness mm
1 (Insulation)	<input checked="" type="checkbox"/>	XLPE (<= 18/...	0.	2.5	9.25
2 (Oversheath)	<input checked="" type="checkbox"/>	PVC	0.1	8.	4.857
3 (Serving)	<input type="checkbox"/>	Unknown	0.02	3.	1.

Semiconducting Layers:

	Exists	Thickness mm	Advanced	Resistivity uOhm*cm	Relative Permeab...	Relative Permittiv...
Core Outer	<input type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.
Ins. Outer	<input type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.

Figura 5-3: Modelación del conductor de fase en DigSILENT.

5.1.2. TRANSFORMADOR DE PODER TR5 S/E EL MANZANO

El transformador de poder se conecta en la barra de 33 kV de la S/E Huertos Familiares, su modelación se ha extraído del antecedente [a].

A continuación, se muestra el modelo resultante en DigSILENT.

Name: <input type="text" value="El Manzano 220 / 33 kV"/>		General Tap Changer Saturation Advanced	
Technology: Three Phase Transformer		Magnetising Impedance	
Rated Power: 150. MVA	Nominal Frequency: 50. Hz	No Load Current: 0.06 %	No Load Losses: 68.99 kW
Rated Voltage		Distribution of Leakage Reactances (p.u.)	
HV-Side: 220. kV	LV-Side: 33. kV	x,Pos.Seq. HV-Side: 0.5	x,Pos.Seq. LV-Side: 0.5
Vector Group		Distribution of Leakage Resistances (p.u.)	
HV-Side: YN	LV-Side: D	r,Pos.Seq. HV-Side: 0.5	r,Pos.Seq. LV-Side: 0.5
Phase Shift: 11.	Name: YNd11		
Positive Sequence Impedance			
Short-Circuit Voltage uk: 12.29 %	Copper Losses: 376.9665 kW		
Zero Sequence Impedance			
Short-Circuit Voltage uk0: 11.21 %	SHC-Voltage (Re(uk0)) uk0r: 0. %		

Figura 5-4: Modelado del transformador de poder TR5 S/E EL Manzano en DigSILENT.

5.1.3. TRANSFORMADOR DE SSAA

El transformador de servicios auxiliares se conecta en la barra de 33 kV de la S/E Huertos Familiares, su modelación se ha extraído del antecedente [a].

Name: <input type="text" value="TTSSA El Manzano"/>		General Tap Changer Saturation Advanced	
Technology: Three Phase Transformer		Magnetising Impedance	
Rated Power: 0.16 MVA	Nominal Frequency: 50. Hz	No Load Current: 0.997 %	No Load Losses: 0.3336 kW
Rated Voltage		Distribution of Leakage Reactances (p.u.)	
HV-Side: 33. kV	LV-Side: 0.4 kV	x,Pos.Seq. HV-Side: 0.5	x,Pos.Seq. LV-Side: 0.5
Vector Group		Distribution of Leakage Resistances (p.u.)	
HV-Side: D	LV-Side: YN	r,Pos.Seq. HV-Side: 0.5	r,Pos.Seq. LV-Side: 0.5
Phase Shift: 11. *30deg	Name: Dyn11		
Positive Sequence Impedance			
Short-Circuit Voltage uk: 4.19 %	Copper Losses: 2.579 kW		
Zero Sequence Impedance			
Short-Circuit Voltage uk0: 4.19 %	SHC-Voltage (Re(uk0)) uk0r: 0. %		

Figura 5-5: Modelado transformador de servicios auxiliares PFV El Manzano en DigSILENT.

5.1.4. MÓDULOS INVERSORES

El proyecto contempla la instalación de 491 inversores de potencia unitaria 215 kVA. El aporte de cada uno a la corriente de falla es de 232,8 A por inversor, lo que equivale al 150% de la corriente nominal del inversor. El PFV se dividirá en 16 campos ubicándose en cada uno de ellos los centros de transformación (TC).

Se destaca que la modelación en DigSILENT se realizó considerando la agrupación de los inversores en cada uno de los transformadores de bloque. A continuación, se muestra el extracto de la memoria descriptiva con la cantidad de inversores por transformador de bloque.

Centros de Transformación	Cuadro BT	Nº String Inverter	Nº String	Nº Inversores (10 String)	Nº Inversores (11 String)	Potencia AC 25°C @cos Φ (MW)	Potencia AC 25°C @cos Φ (MW)	Nº Módulos 610Wp	Nº Módulos 615Wp	Nº Módulos	Potencia DC (MWp)	Ratio DC/AC
TC 03.01	LV 03.01-1	16	312	29	2	3,071	5,950	10.296	0	10.296	6,281	1,056
	LV 03.01-2	15				2,879						
TC 03.02	LV 03.02-1	16	310	31	0	3,071	5,950	10.230	0	10.230	6,240	1,049
	LV 03.02-2	15				2,879						
TC 03.03	LV 03.03-1	16	310	31	0	3,071	5,950	10.230	0	10.230	6,240	1,049
	LV 03.03-2	15				2,879						
TC 02.04	LV 02.04-1	15	310	31	0	2,879	5,950	10.230	0	10.230	6,240	1,049
	LV 02.04-2	16				3,071						
TC 02.05	LV 02.05-1	15	310	31	0	2,879	5,950	10.230	0	10.230	6,240	1,049
	LV 02.05-2	16				3,071						
TC 01.06	LV 01.06-1	16	312	29	2	3,071	5,950	10.296	0	10.296	6,281	1,056
	LV 01.06-2	15				2,879						
TC 01.07	LV 01.07-1	15	312	29	2	2,879	5,950	9.570	726	10.296	6,284	1,056
	LV 01.07-2	16				3,071						
TC 04.08	LV 04.08-1	15	312	29	2	2,879	5,950	9.570	726	10.296	6,284	1,056
	LV 04.08-2	16				3,071						
TC 04.09	LV 04.09-1	15	300	30	0	2,879	5,758	9.900	0	9.900	6,039	1,049
	LV 04.09-2	15				2,879						
TC 04.10	LV 04.10-1	15	300	30	0	2,879	5,758	5.610	4.290	9.900	6,060	1,052
	LV 04.10-2	15				2,879						
TC 06.11	LV 06.11-1	15	300	30	0	2,879	5,758	1.650	8.250	9.900	6,080	1,056
	LV 06.11-2	15				2,879						
TC 05.12	LV 05.12-1	15	300	30	0	2,879	5,758	0	9.900	9.900	6,089	1,057
	LV 05.12-2	15				2,879						
TC 05.13	LV 05.13-1	15	300	30	0	2,879	5,758	0	9.900	9.900	6,089	1,057
	LV 05.13-2	15				2,879						
TC 05.14	LV 05.14-1	16	312	29	2	3,071	5,950	0	10.296	10.296	6,332	1,064
	LV 05.14-2	15				2,879						
TC 06.15	LV 06.15-1	15	312	29	2	2,879	5,950	0	10.296	10.296	6,332	1,064
	LV 06.15-2	16				3,071						
TC 06.16	LV 06.16-1	15	312	29	2	2,879	5,950	0	10.296	10.296	6,332	1,064
	LV 06.16-2	16				3,071						
Total		491	4.924	477	14	94,24	94,24	97.812	64.680	162.492	99,44	1,06

Figura 5-6: Extracto memoria descriptiva PFV El Manzano.

Como se observa en la Figura 5-6 en cada transformador de bloque se agruparán 15 o 16 inversores.

5.1.5. TRANSFORMADORES DE BLOQUE

Los parámetros del transformador de bloque se modelaron de acuerdo con la información extraída del antecedente con [a]. El modelo final se muestra a continuación.

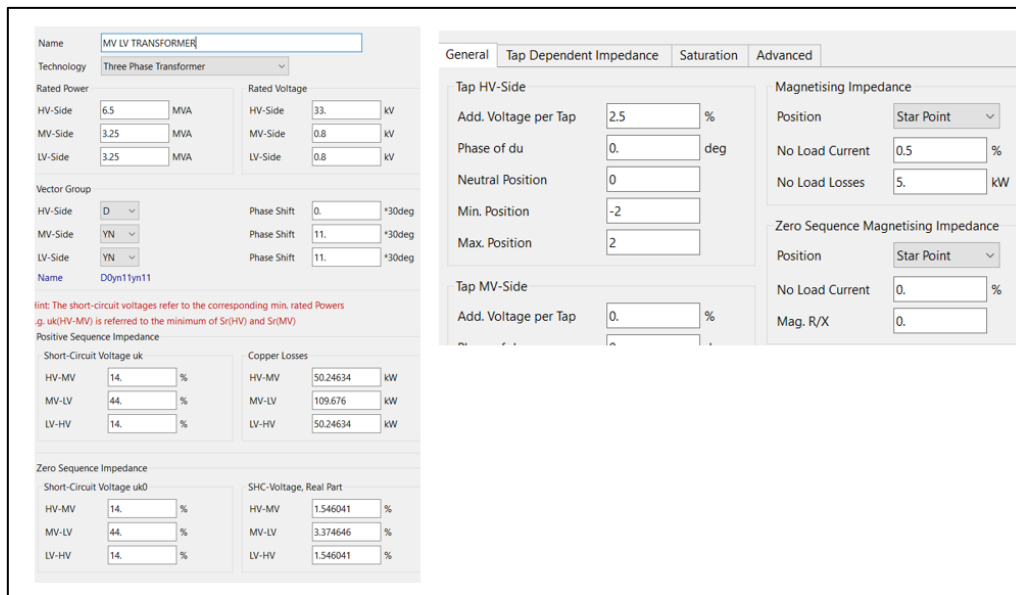


Figura 5-7: Modelado de los transformadores de bloque PFV El Manzano en DigSILENT.

5.1.6. RED COLECTORA

Los tipos de cables utilizados para cada tramo de la red colectora mostrada en la Figura 5-2 y sus respectivas longitudes, se resumen en la tabla a continuación.

Tabla 5-2 Cables red colectora PFV El Manzano.

CABLE	TIPO	LONGITUD [km]
Circuito 1 (Barra – TC 01.06)	400mm ²	1,593
TC 01.06-TC 01.07	300mm ²	0,215
Circuito 2 (Barra– TC 02.04)	400mm ²	0,536
TC 02.04-TC 02.05	300mm ²	0,220
Circuito 3 (Barra– TC 03.03)	630mm ²	0,573
TC 03.03-TC 03.02	400mm ²	0,220
TC 03.02-TC 03.01	300mm ²	0,217
Circuito 4 (Barra– TC 04.10)	630mm ²	1,254
TC 04.10-TC 04.09	400mm ²	0,195
TC 04.09-TC 04.08	300mm ²	0,215
Circuito 5 (Barra– TC 05.14)	630mm ²	1,598
TC 05.14-TC 05.13	400mm ²	0,214
TC 05.13-TC 05.12	300mm ²	0,213
Circuito 6 (Barra– TC 06.11)	630mm ²	2,127
TC 06.11-TC 06.15	400mm ²	0,677

CABLE	TIPO	LONGITUD [km]
TC 06.15-TC 06.16	300mm ²	0,293

Las características de cada uno de estos cables se presentan en la Figura 5-8, y se presentan sus dimensiones.

Description / Cable	Value		
Cross section	1x300mm ²	1x400mm ²	1x630mm ²
Rated Voltage	20/35 (42) kV	20/35 (42) kV	20/35 (42) kV
Conductor material	Aluminium	Aluminium	Aluminium
Conductor type	Circular Stranded Compacted Aluminium (Class 2) / IEC 60228		
Inner semi-conductive screen:	Extruded thermosetting semi-conducting screen bonded over the conductor. XLPE.		
Insulation	XLPE / IEC 60502-2 and HD 620 S2 part 1		
Outer semi-conductive screen:	Over the insulation screen shall be laid a thermosetting semi-conducting screen manufactured of XLPE. easy stripping.		
Water blocking element	Semi-conductive tape with a minimum overlap of 10%. According to 60502-2		
Metallic screen	Poly-laminated aluminium foil with min. 0.3mm, avg. \geq 0.3mm, overlapping glued edges at least of 5 mm		
Number and diameter of strands	60/2.53	60/2.84	60/3.63
Conductor diameter	20.6 mm	23.6 mm	30.0 mm
Nominal thickness of insulation	8.0 mm	8.0 mm	8.0 mm
Minimum thickness of insulation	7.10 mm	7.10 mm	7.10 mm
Nominal thickness of outer sheath	3.0 mm	3.0 mm	3.2 mm
Minimum thickness of outer sheath	2.20 mm	2.20mm	2.36mm
Approximate outer diameter	49.0 mm	51.9 mm	58.9 mm
Approximate of Cable weight	2321 kg/km	2702 kg/km	3687 kg/km
Min. bending radius	1000 mm	1050 mm	1200 mm

Figura 5-8: Características de los cables de la red colectora.

Cable 630 mm²:

Name: 35 kV XLPE-TR 100% OL 630 m²

Rated voltage: 35. kV

Core: Compact

Outer Diameter: 29.5 mm

Frequency Characteristic (Ohm/km): [v] [→]

Conducting Layers:

	Exists	Material	Resistivity (... uOhm*cm	Relative Per...	Thickness mm	Filling Factor %	DC-Resista... Ohm/km	T
Conductor	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluminium	2.8264	1.	14.75	100.	0.04135231	
Sheath	<input checked="" type="checkbox"/>	Copper	1.7241	1.	0.0643	100.	1.775714	
Armour	<input type="checkbox"/>	Unknown	2.84	1.	1.	100.	0.	

Insulation Layers:

	Exists	Material	Dielectric Los...	Relative Perm...	Thickness mm
1 (Insulation)	<input checked="" type="checkbox"/>	XLPE (> 18/30...	0.	3.	9.25
2 (Oversheath)	<input checked="" type="checkbox"/>	PVC	0.1	8.	4.4
3 (Serving)	<input type="checkbox"/>	Unknown	0.02	3.	1.

Semiconducting Layers:

	Exists	Thickness mm	Advanced	Resistivity uOhm*cm	Relative Permeab...	Relative Permittiv...
Core Outer	<input type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.
Ins. Outer	<input type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.

Figura 5-9 Modelado del cable de 630 mm².

General | Circuit Position | **Advanced**

Coordinate of Line Circuits [m]:

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
Circuit 1	-0.03	0.03	0.	1.02	1.02	0.97

Figura 5-10 Posicionamiento de los circuitos.

Cable 400 mm²:

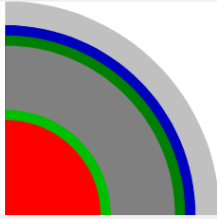
Name: 35 kV XLPE-TR 100% OL 400 m²

Rated voltage: 35. kV

Core Shape: Compact

Outer Diameter: 23.6 mm

Frequency Characteristic (Ohm/km): [v] [→]



Conducting Layers:

	Exists	Material	Resistivity (... uOhm*cm	Relative Per...	Thickness mm	Filling Factor %	DC-Resista... Ohm/km	Tr
Conductor	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluminium	2.8264	1.	11.8	100.	0.06461297	
Sheath	<input checked="" type="checkbox"/>	Copper	1.7241	1.	0.643	100.	0.1929111	
Armour	<input type="checkbox"/>	Unknown	2.84	1.	1.	100.	0.	

Insulation Layers:

	Exists	Material	Dielectric Los...	Relative Perm...	Thickness mm
1 (Insulation)	<input checked="" type="checkbox"/>	XLPE (> 18/30...	0.	2.5	8.
2 (Oversheath)	<input checked="" type="checkbox"/>	PVC	0.1	8.	3.
3 (Serving)	<input type="checkbox"/>	Unknown	0.02	3.	1.

Semiconducting Layers:

	Exists	Thickness mm	Advanced	Resistivity uOhm*cm	Relative Permeab...	Relative Permittiv...
Core Outer	<input checked="" type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.
Ins. Outer	<input checked="" type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.

The relative permittivity of the main insulation will be recalculated to include the semiconducting layer/s.

Overall Cable Diameter: 50.886 mm

Figura 5-11. Modelado del cable de 400 mm².

General | Circuit Position | **Advanced**

Coordinate of Line Circuits [m]:

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
Circuit 1	-0.026	0.	0.026	1.025	0.98	1.025

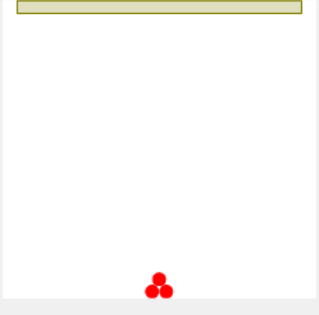
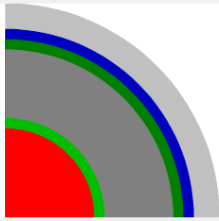


Figura 5-12. Posicionamiento de los circuitos.

Cable 300 mm²:

Name: 35 kV XLPE-TR 100% OL 300 m2
 Rated voltage: 35. kV
 Core Shape: Compact
 Outer Diameter: 20.6 mm
 Frequency Characteristic (Ohm/km): [v] [→]



Conducting Layers:

	Exists	Material	Resistivity (... uOhm*cm)	Relative Per...	Thickness mm	Filling Factor %	DC-Resista... Ohm/km	Ti
Conductor	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluminium	2.8264	1.	10.3	100.	0.08480262	
Sheath	<input checked="" type="checkbox"/>	Copper	1.7241	1.	0.643	100.	0.2069435	
Armour	<input type="checkbox"/>	Unknown	2.84	1.	1.	100.	0.	

Insulation Layers:

	Exists	Material	Dielectric Los...	Relative Perm...	Thickness mm
1 (Insulation)	<input checked="" type="checkbox"/>	XLPE (> 18/30...	0.	3.	8.
2 (Oversheath)	<input checked="" type="checkbox"/>	PVC	0.1	8.	3.
3 (Serving)	<input type="checkbox"/>	Unknown	0.02	3.	1.

Semiconducting Layers:

	Exists	Thickness mm	Advanced	Resistivity uOhm*cm	Relative Permeab...	Relative Permittiv...
Core Outer	<input checked="" type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.
Ins. Outer	<input checked="" type="checkbox"/>	1.	<input type="checkbox"/>	1000000	1.	1000.

The relative permittivity of the main insulation will be recalculated to include the semiconducting layer/s.
 Overall Cable Diameter: 47.886 mm

Figura 5-13. Modelado del cable de 300 mm².

General | Circuit Position | **Advanced**

Coordinate of Line Circuits [m]:

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
Circuit 1	-0.0242	0.	0.0242	1.025	0.983	1.025

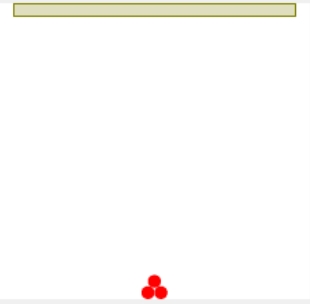


Figura 5-14. Posicionamiento de los circuitos.

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:

- a) Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades de similares características.
- b) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- c) 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

7.1. A NIVEL DE PLANTA

El ensayo, se realiza con los datos obtenidos en el día 31-10-2023, consiguiendo un rango de carga reducido de 75,246 MW al inicio de la bajada y 79,335 MW al final de la subida (potencia máxima 91,74 MW ver documento [b]). Dicha limitación se debe principalmente a la irradiancia disponible al momento de hacer la prueba, la cual alcanzo valores promedios de 602,870 W/m² (Ver Anexo VI - Irradiancia medida el día 31/10/2023) y en su defecto no fue posible alcanzar la potencia máxima del parque.

Los ensayos consistieron en cambiar la consigna de generación de potencia (máxima disponible al momento de ejecutar la prueba, debido a la irradiancia) a 0 MW. Durante el período de prueba, se registraron las medidas de potencia para determinar el tiempo de detención del parque, destacando que entorno a los 0 MW los inversores se apagan. Se replica lo anterior para el proceso de partida del parque.

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

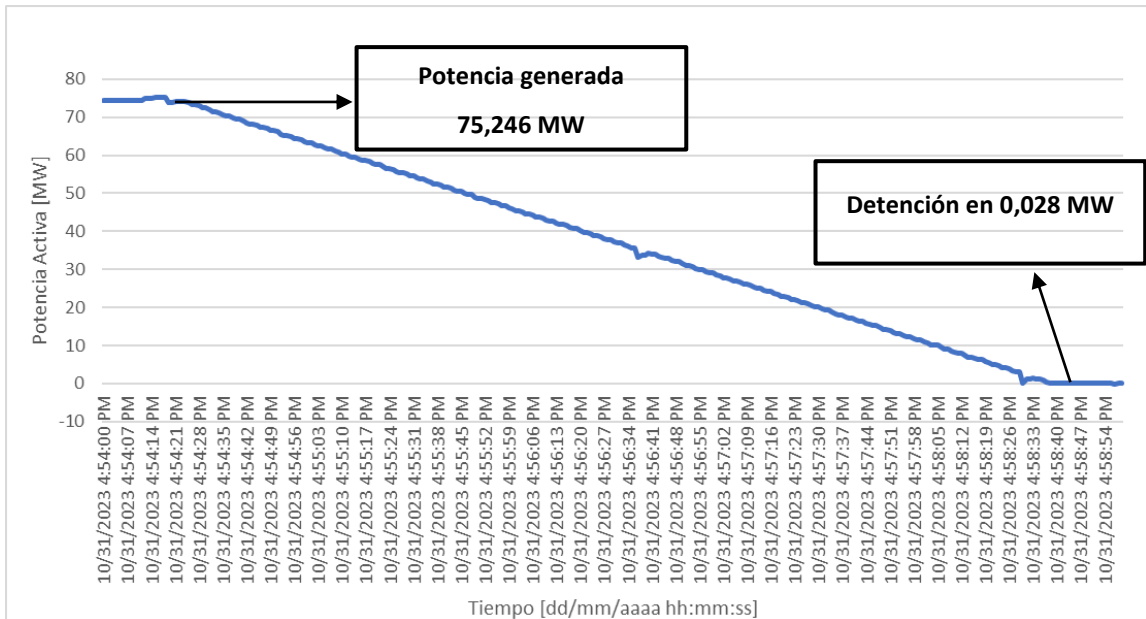


Figura 7-1. Rampa de Detención PFV El Manzano.

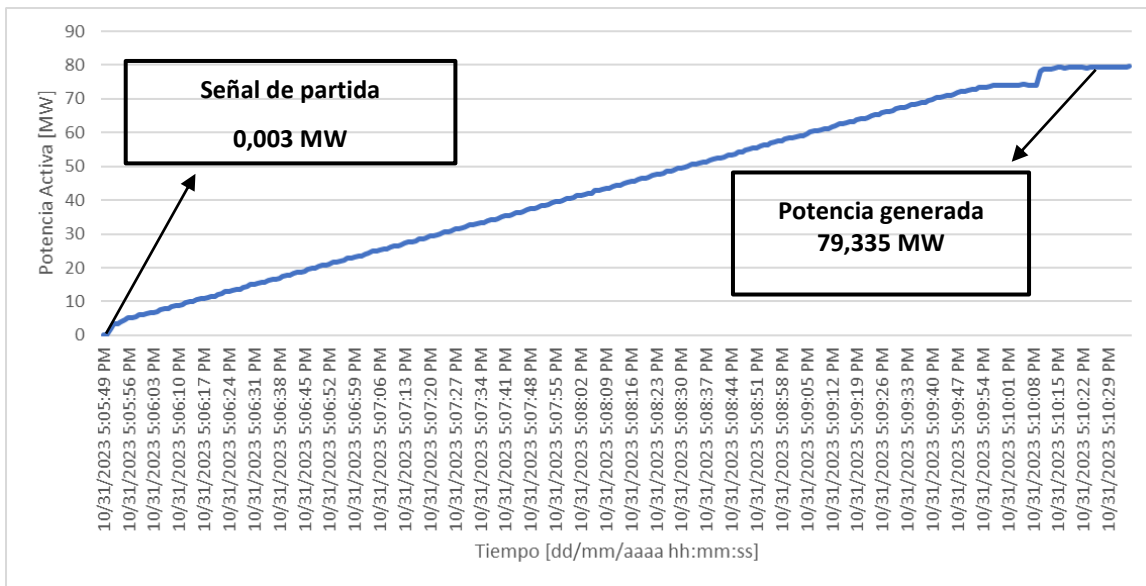


Figura 7-2. Rampa de Partida PFV El Manzano.

La señal de detención ocurre a las 04:54:18 PM aproximadamente con una potencia de 75,246 MW, mientras que la detención ocurre a las 04:58:46 PM aproximadamente llegando a la potencia de 0,028 MW.

La tasa de detención se obtiene de:

$$\frac{0,028 - 75,246}{04:58:46 - 04:54:18} = -16,840 \frac{MW}{min}$$

Por otro lado, la señal de partida ocurre a las 05:05:49 PM con una potencia de 0,003 MW, mientras que el fin del proceso de partida ocurre a las 05:10:27 PM llegando a una potencia de 79,355 MW.

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

$$\frac{79,355 - 0,003}{05:10:27 - 05:05:49} = 17,126 \frac{MW}{min}$$

Finalmente, los tiempos de detención y partida se calculan a través de sus respectivas tasas, con respecto a la potencia inyectada en la barra de AT ante la operación a mínimo técnico neto (0,002 MW) y la potencia máxima neta (91,74 MW) obtenidas de los antecedentes del punto 4.1 [b] y [c] respectivamente.

Tiempo de detención:

$$\frac{0,002 - 91,740}{-16,840} = 5,448 \text{ min}$$

Tiempo de Partida:

$$\frac{91,740 - 0,002}{17,126} = 5,357 \text{ min}$$

Tabla 7-1 Parámetros asociados a Partida y Detención.

PARÁMETROS	TIEMPO [MIN]	TASA [MW/MIN]
Detención	5,448	-16,840
Partida	5,357	17,126

De la tabla anterior se puede obtener el porcentaje de la toma de carga, tomando la tasa en MW/min sobre la potencia máxima bruta en MW del parque fotovoltaico:

$$\frac{17,126 \text{ MW/min}}{94,930 \text{ MW}} \cdot 100\% = 18,041 \%$$

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 (18,041%) se encuentra dentro del rango impuesto por la NTSyCS.

7.2. A NIVEL DE INVERSOR

Al igual que a nivel de planta, para el inversor SI.06.16.02.12 se realizaron ensayos de determinación de los parámetros de partida y detención, el día 26 de octubre del año 2023. 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.

En la Figura 7-3 y Figura 7-4 se observa el gráfico de potencia para las pruebas de partida y detención realizadas en el SI.06.16.02.12 del PFV El Manzano. Dado que se tienen tasas constantes de reducción y toma de carga, es posible estimar los tiempos totales de ambos procesos.

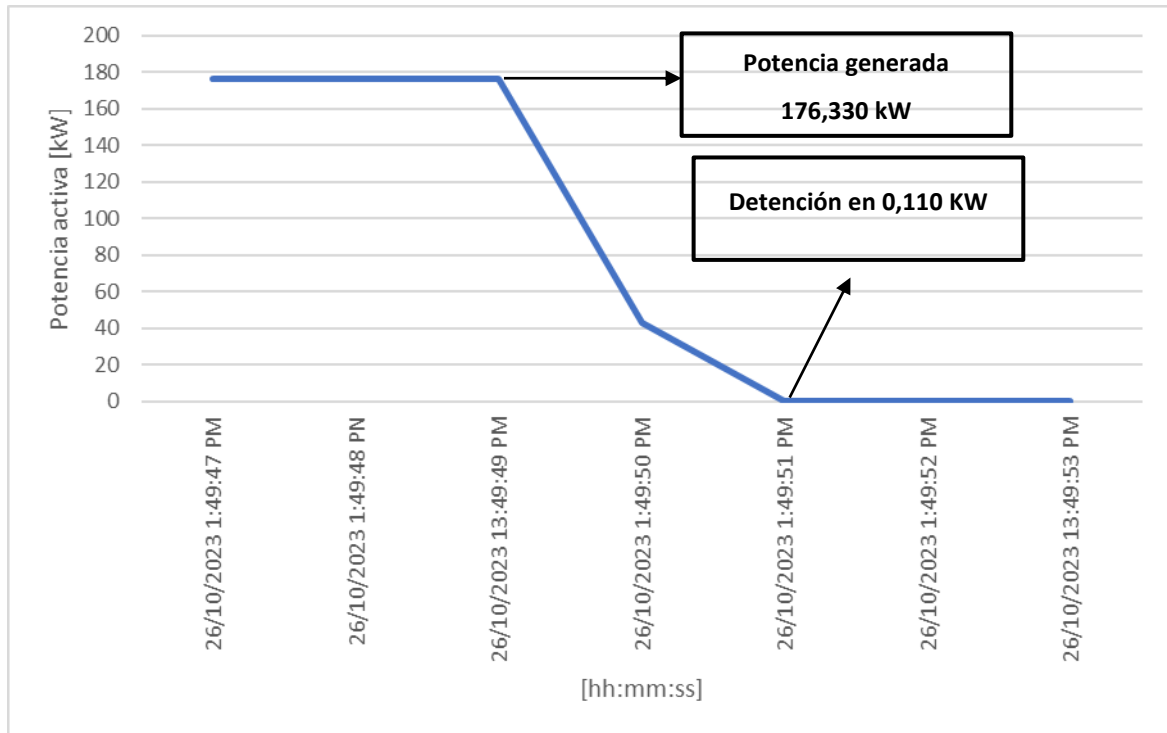


Figura 7-3. Rampa de Detención Inversor PFV El Manzano.

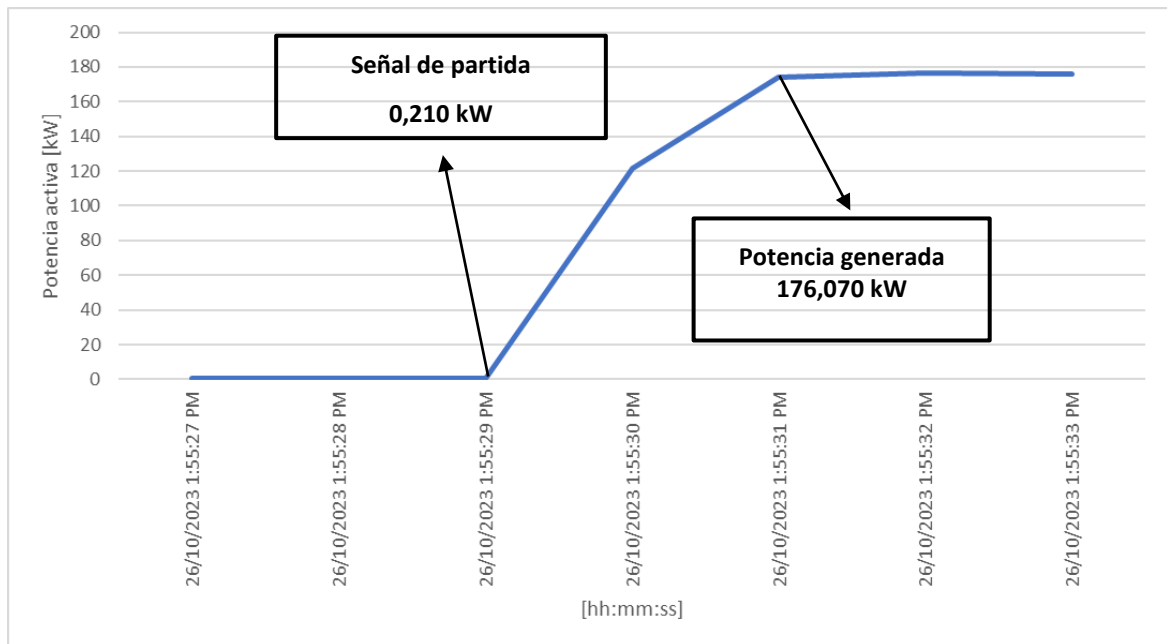


Figura 7-4. Rampa de Partida Inversor PFV El Manzano.

La señal de detención ocurre a las 13:49:47 PM aproximadamente con una potencia de 176,330 kW, mientras que la detención ocurre a las 13:49:53 PM aproximadamente llegando a la potencia de 0,110 kW.

La tasa de detención se obtiene de:

$$\frac{0,110 - 176,330}{1000 \cdot (13:49:53 - 13:49:47)} = -1,762 \frac{MW}{min}$$

Por otro lado, la señal de partida ocurre a las 13:55:27 PM con una potencia de 0,210 kW, mientras que el fin del proceso de partida ocurre a las 13:55:33 PM llegando a una potencia de 176,070 kW.

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

$$\frac{176,070 - 0,210}{1000 \cdot (13:55:33 - 13:55:27)} = 1,759 \frac{MW}{min}$$

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 (0,0047 MW) y la potencia máxima neta (0,1913 MW) obtenidas de las bases de datos de los antecedentes punto 4.1 [b] y [c]. Cabe destacar que las limitaciones en la tasa de toma de carga están dadas por el PPC, y al cual es cercana al 20 % de la potencia nominal.

Tiempo de detención:

$$\frac{0,0047 - 0,1913}{-1,762} = 0,106 \text{ min}$$

Tiempo de Partida:

$$\frac{0,1913 - 0,0047}{1,759} = 0,106 \text{ min}$$

Tabla 7-2 Parámetros asociados a Partida y Detención a nivel del Inversor.

PARÁMETROS	TIEMPO [MIN]	TASA [MW/MIN]
Detención	0,106	-1,762
Partida	0,106	1,759

8. DETERMINACIÓN DE ENERGÍA CONSUMIDA

La energía consumida en el proceso de partida y detención del PFV El Manzano se determina directamente de los ensayos realizados, determinando la potencia que se consume cuando los inversores están detenidos, dado que mientras la central esté generando, los servicios auxiliares son suministrados por la misma central.

8.1. CONSUMO DE INVERSOR

El consumo de servicios auxiliares de los inversores se determina directamente con los registros de las mediciones del ensayo realizado en terreno, desde el momento en que los inversores dejan 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 el proceso de partida del inversor desde el momento en que se envía la señal hasta que se comienza a generar potencia es posible distinguir dos periodos, tal y como se presenta en la Figura 8-1. En **AZUL**, el periodo desde la partida hasta la sincronización (13:50:22 – 13:50:27), y en **ROJO**, el período desde la sincronización hasta que se comienza a generar (13:50:27 – 13:52:26). Destacando que este comportamiento corresponde al que presenta un único inversor, no el que ocurre a nivel del parque.

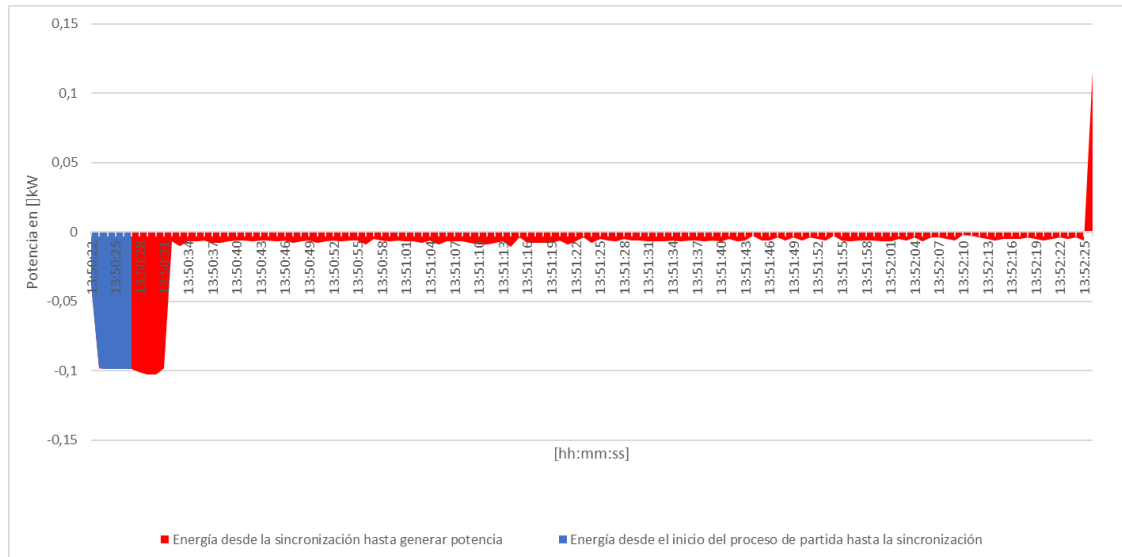


Figura 8-1. Potencia desde la partida del inversor hasta su mínimo técnico – A Nivel de Inversor.

Considerando que, si la potencia del inversor es superior a cero significa que este se encuentra generando energía y, por el contrario, valores por debajo de cero indica que el parque se encuentra consumiendo energía. Dado lo anterior, la energía consumida desde el proceso de partida de los inversores hasta la sincronización y desde la sincronización hasta llegar al mínimo técnico es igual a:

$$E_{azul} = 0,129 \cdot 10^{-3} [kWh]$$

$$E_{rojo} = 0,326 \cdot 10^{-3} [kWh]$$

8.2. CONSUMO A NIVEL DE PARQUE

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 las unidades dejan de generar energía 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 de partida de los inversores del parque desde el momento en que se envía la señal hasta que se vuelve a generar energía. Los consumos de SS.AA. de los inversores corresponden a la energía consumida desde que los inversores reciben la señal de partida (tiempo 05:05:37 PM) hasta que se obtiene el mínimo técnico (tiempo 05:05:49 PM). En este período se distinguen 2 etapas. La primera corresponde al inicio del proceso de partida de los inversores hasta la sincronización (05:05:37 PM – 05:05:41 PM), donde se muestra en color **AZUL** la energía consumida en dicho período. La segunda etapa corresponde al período desde la sincronización hasta que se comienza a generar potencia (05:05:41 PM – 05:05:49 PM), donde se muestra en color **ROJO** la energía consumida en dicho período. Cabe destacar que una vez que el parque comienza a generar potencia, no se consume energía de los SS.AA., ya que sus requerimientos son suministrados por la misma generación del parque.

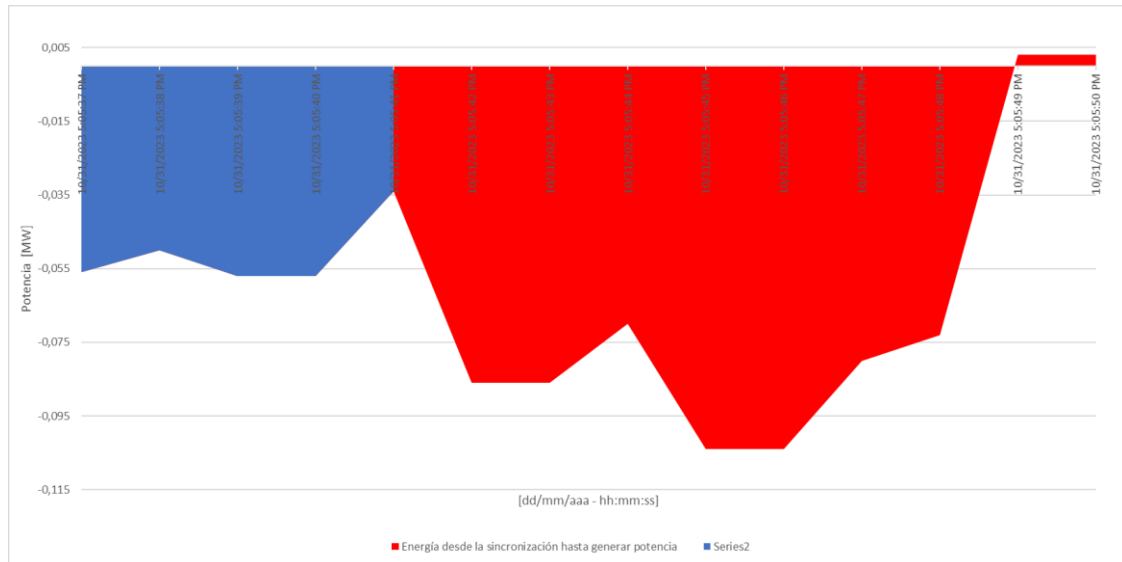


Figura 8-2. Potencia desde la partida de los inversores hasta su mínimo técnico – A Nivel de Parque

El detalle del cálculo de la energía consumida se encuentra en el Anexo I del presente informe y los valores correspondientes a dichos procesos son:

$$E_{azul} = 0,074 [kWh]$$

$$E_{rojo} = 0,172 [kWh]$$

8.3. DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO

Según lo determinado por el ensayo de partida y detención del PFV El Manzano, desde que se da la señal de partida a los inversores y se alcanza la operación a potencia mínima neta, transcurren 15 segundos a nivel de parque (5 segundos desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización y 10 segundos más hasta llegar a generar potencia).

8.4. ENERGÍA CONSUMIDA EN PROCESO DE ARRANQUE Y DETENCIÓN

A continuación, se determina la energía consumida en cada proceso involucrado del ensayo de partida y detención del PFV El Manzano.

Energía consumida desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.

$$E_{nivel\ planta} = 0,074 [kWh] \approx 0 [MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} = 0,129 \cdot 10^{-3} [kWh] \approx 0 [MWh]$$

Energía consumida desde la sincronización hasta alcanzar el mínimo técnico.

$$E_{nivel\ planta} = 0,172 [kWh] \approx 0 [MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} = 0,326 \cdot 10^{-3} [kWh] \approx 0 [MWh]$$

Energía consumida desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia máxima.

$$E_{nivel\ planta} = 0 [MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} = 0 [MWh]$$

Energía consumida desde la operación a potencia máxima hasta la operación a mínimo técnico.

$$E_{nivel\ planta} = 0[MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} = 0[MWh]$$

Energía consumida desde la operación a mínimo técnico hasta la desconexión.

$$E_{nivel\ planta} \approx 0[MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} \approx 0[MWh]$$

Energía consumida desde la desconexión hasta la detención.

$$E_{nivel\ planta} = 0[MWh]$$

$$E_{nivel\ inversor} = 0[MWh]$$

9. RESUMEN DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

A continuación, se muestra el resumen de los parámetros de partida y detención a nivel de inversor y a nivel de parque completo, dichos parámetros se expresan considerando dos cifras significativas en el caso que aplique.

Tabla 9-1 Parámetros del proceso de partida del PFV El Manzano

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR	CENTRAL
Partida – Sincronización	Consumo SSAA [MWh]	≈0	≈0
	Tiempo [minutos]	0,083	0,083
Sincronización – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	≈0	≈0
	Tiempo [minutos]	1,983	0,133
Mínimo Técnico – Potencia generada	Consumo SSAA [MWh]	0	0
	Tiempo [minutos]	0,106	5,357

Tabla 9-2 Parámetros del proceso de detención del PFV El Manzano

ETAPA	PÁRAMETRO	INVERSOR	CENTRAL
Potencia generada – Mínimo Técnico	Consumo SSAA [MWh]	0	0
	Tiempo [minutos]	0,106	5,448
Mínimo Técnico – Desconexión	Consumo SSAA [MWh]	≈0	≈0
	Tiempo [minutos]	≈0	≈0
Desconexión – Detención	Consumo SSAA [MWh]	0	0
	Tiempo [minutos]	0	0

10. CONCLUSIONES

En el presente informe se obtienen los parámetros de partida y detención para el Parque Fotovoltaico El Manzano, dichos parámetros se resumen a continuación.

Para el Parque Completo en Operación:

Proceso de Partida:

- i. Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0,083 [min]
- ii. Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0,133 [min]
- iii. Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 5,357 [min]

Proceso de Detención:

- i. Desde la operación a potencia nominal hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 5,448 [min]
- ii. Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la desconexión.
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: ≈ 0 [min]
- iii. Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0 [min]

Para la Operación de solo un (1) Inversor del Parque:**Proceso de Partida:**

- i. Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0,083 [min]
- ii. Desde la sincronización hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 1,983 [min]
- iii. Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la operación a potencia nominal.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0,106 [min]

Proceso de Detención:

- i. Desde la operación a potencia nominal hasta alcanzar la operación a Mínimo Técnico.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0,106 [min]
- ii. Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la desconexión.
 - a) Energía eléctrica consumida: ≈ 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: ≈ 0 [min]
- iii. Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.
 - a) Energía eléctrica consumida: 0 [MWh]
 - b) Duración de la etapa: 0 [min]

A su vez, se comprueba que la tasa de toma de carga es de un 18,041% de la potencia nominal por minuto, menor al 20% impuesto en el artículo 3-17 de la NTSyCS.

En adición, el parque no cuenta con un tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse ni con un tiempo mínimo de detención antes de iniciar un nuevo proceso de partida, por lo tanto, es posible iniciar inmediatamente un nuevo proceso de partida una vez concluida la detención.

Finalmente, a continuación, se presentan las tablas de resultados, a su vez estas se encuentran adjuntas mediante el Anexo V del presente informe.

Tabla 10-1 Resumen Parque Completo

PARÁMETRO TÉCNICO	UNIDAD	I) DESDE EL INICIO DEL PROCESO DE PARTIDA HASTA LA SINCRONIZACIÓN.	II) DESDE LA SINCRONIZACIÓN HASTA ALCANZAR LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO.	III) DESDE LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO HASTA LA OPERACIÓN A POTENCIA NOMINAL.	IV) DESDE LA OPERACIÓN A POTENCIA NOMINAL HASTA LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO.	V) DESDE LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO HASTA LA DESCONEXIÓN (ESTADO DE APAGADO)	VI) DESDE LA DESCONEXIÓN DE LA UNIDAD HASTA EL TÉRMINO DEL PROCESO DE DETENCIÓN
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida	[m ³]	N/A	N/A	N/A			
b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[MWh]	≈0	≈0	0			
c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	0,083	0,133	5,357			
d) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención	[m ³]				N/A	N/A	N/A
e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención	[MWh]				0	≈0	0
f) Tiempo requerido para el proceso de detención	[min]				5,448	≈0	0
Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida	[min]	0					
Tiempo mínimo en detención antes de iniciar nuevo proceso de partida	[min]	0					

Tabla 10-2 Resumen a Nivel de Inversor

PARÁMETRO TÉCNICO	UNIDAD	I) DESDE EL INICIO DEL PROCESO DE PARTIDA HASTA LA SINCRONIZACIÓN.	II) DESDE LA SINCRONIZACIÓN HASTA ALCANZAR LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO.	III) DESDE LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO HASTA LA OPERACIÓN A POTENCIA NOMINAL.	IV) DESDE LA OPERACIÓN A POTENCIA NOMINAL HASTA LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO.	V) DESDE LA OPERACIÓN A MÍNIMO TÉCNICO HASTA LA DESCONEXIÓN (ESTADO DE APAGADO)	VI) DESDE LA DESCONEXIÓN DE LA UNIDAD HASTA EL TÉRMINO DEL PROCESO DE DETENCIÓN
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida	[m ³]	N/A	N/A	N/A			
b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[MWh]	≈0	≈0	0			
c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	0,083	1,983	0,106			
d) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención	[m ³]				N/A	N/A	N/A
e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención	[MWh]				0	≈0	0
f) Tiempo requerido para el proceso de detención	[min]				0,106	≈0	0
Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida	[min]	0					
Tiempo mínimo en detención antes de iniciar nuevo proceso de partida	[min]	0					

11. ANEXOS

11.1. ANEXO I – Energía Consumida

DETERMINACIÓN DE ENERGÍA CONSUMIDA

La energía consumida en los procesos de partida del parque se determina a través de una suma de Riemann trapezoidal, como se muestra en la siguiente figura.

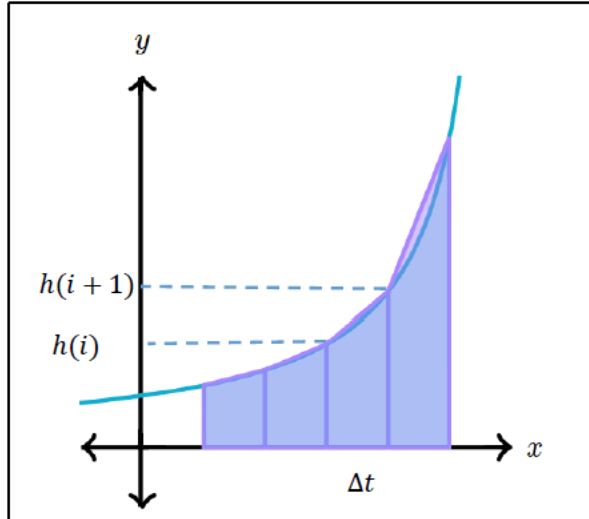


Figura 11-1. Ejemplo de suma de Riemann trapezoidal.

Cada elemento de la suma está determinado mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Área}_i = \frac{h(i) + h(i+1)}{2} \cdot \Delta t$$

Donde:

$h(i)$ corresponde al valor de la potencia en el inicio del trapecio.

$h(i+1)$ corresponde al valor de la potencia en el final del trapecio.

Δt corresponde al intervalo de tiempo entre dos mediciones.

Se adjunta con la carpeta de envío el archivo “Anexo I - Energía Consumida”, que muestra los resultados de la energía consumida en los procesos involucrados desde la partida de las unidades hasta que se alcanza el mínimo técnico del PFV El Manzano.

11.2. ANEXO II – Registro del parque

Contiene las mediciones de potencia activa obtenidas en las pruebas del parque el día 31/10/2023 y las mediciones de potencia activa obtenidas en las pruebas del inversor el día 26/10/2023 (Se adjunta en la carpeta de envió el documento de respaldo).

11.3. ANEXO III – Hoja de datos de los módulos

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

11.4. ANEXO IV – Hoja de datos de los inversores

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

11.5. ANEXO V – Parámetros de partida y detención

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

11.6. ANEXO VI – Irradiancia medida el día 31/10/2023

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