



Enel Green Power Chile  
 Technical & Maintenance  
 Services

CODICE - CODE

GRE.CHL.OEM.IT.010.4B

PAGINA - PAGE

1 di/of 16

**TITLE:**

**AVAILABLE LANGUAGE: SP**

# INFORME TÉCNICO

## DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO

4B	06/05/20	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
3B	22/10/19	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
2B	03/04/19	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
1B	31/08/18	Observaciones Coordinador Eléctrico Nacional	G. CONCHA	M. IZETA	J. TOLEDO	J. TOLEDO
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>PREPARED by</b>	<b>COLLABORATORS</b>	<b>VERIFIED by</b>	<b>VALIDATED by</b>

PROJECT / PLANT Carrera Pinto	EGP CODE														
	GROUP			COUNTRY			AREA			TYPE		PROGRESSIVE		REVISION	
	<b>G</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>O</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

<b>CLASSIFICATION</b>	PUBLIC	<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL	<input type="checkbox"/>	<b>UTILIZATION</b> BOP TENDER
	COMPANY	<input type="checkbox"/>	RESTRICTED	<input type="checkbox"/>	

*This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.*



**ÍNDICE**

1 RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2 ASPECTO NORMATIVO .....	3
3 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO .....	4
4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO .....	10
5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO .....	11
6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO .....	11
7 CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO .....	12
8 CONCLUSIONES .....	14



## 1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por finalidad establecer los parámetros de los procesos de partida y detención del Parque Fotovoltaico Carrera Pinto, basado en los criterios establecidos en el ANEXO TÉCNICO: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DE UNIDADES GENERADORAS.

## 2 ASPECTO NORMATIVO

El Anexo Técnico de Determinación de Parámetros para los procesos de partida y detención de unidades Generadoras, establece en su Artículo 10 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan los parámetros de los procesos de partida y detención informados, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

El Informe Técnico que respalda los parámetros de partida y detención, consiste en un documento que describe los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, y conclusiones bajo los cuales se establecieron dichos parámetros.

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

- a) Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes 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.

### 3 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO

El parque fotovoltaico Carrera Pinto está compuesto por 148 inversores de 690 kVA de potencia nominal cada uno, provistos por el fabricante Fimer, modelo R7500TL. Estos inversores se vinculan a la red de 33 kV a través de transformadores de relación 33/0.27/0.27 kV y luego mediante circuitos colectores que se conectan en la subestación transformadora S/E Pastora. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar del parque fotovoltaico Carrera Pinto:

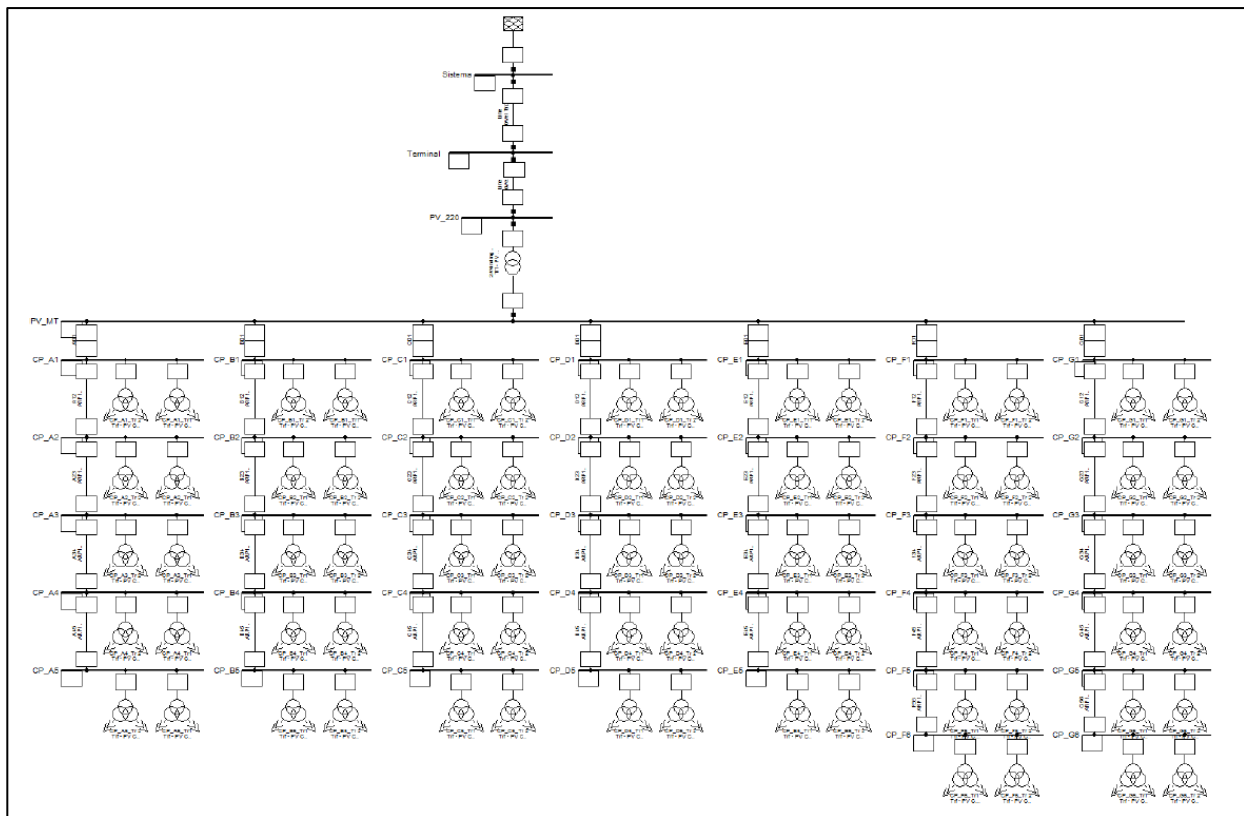


Figura 1: Diagrama unifilar parque fotovoltaico Carrera Pinto.



Los paneles solares utilizados en el parque fotovoltaico Carrera Pinto corresponden a paneles provistos por el fabricante JINKO, modelo JKM315PP-72 de tipo policristalino de 310[W] cada uno.

Las especificaciones del panel se muestran en la siguiente tabla:

Module Type	JKM300PP		JKM305PP		JKM310PP		JKM315PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	300Wp	222Wp	305Wp	226Wp	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.6V	33.3V	36.8V	33.6V	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V
Maximum Power Current (Imp)	8.20A	6.67A	8.30A	6.72A	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A
Open-circuit Voltage (Voc)	45.3V	41.6V	45.6V	42.2V	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V
Short-circuit Current (Isc)	8.84A	7.18A	8.91A	7.22A	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A
Module Efficiency STC (%)	15.46%		15.72%		15.98%		16.23%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C							
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)							
Maximum series fuse rating	15A							
Power tolerance	0~+3%							
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C							
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C							
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C							
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C							

Tabla 1: Especificaciones panel JINKO JKM315PP-72

Las principales características del inversor Fimer R7500TL se resumen en la siguiente tabla:

Model:	R7500TL
<b>DC INPUT – PV GENERATOR</b>	
MPP voltage Range ( $V_{DC}$ )	485 - 820
Max No-load PV Voltage ( $V_{DC}$ )	1000V (opt 1050V)
Maximum input current ( $A_{DC}$ )	1500
Voltage Ripple	<2%
Number of MPPT	1
Number of input max in parallel	2 (optional 5)
DC control mode	Implemented by a rapid, efficient and multiple MPP algorithm
Overvoltage Protection	Implemented by using SPD varistors device
DC input connection	Implemented by using an integrated DC Switch
Reverse Polarity Protection	Yes
<b>AC OUTPUT – AC GRID</b>	
Nominal Power (KW) (Note 1)	690
Max Current ( $A_{AC}$ )	1480
Apparent Power (kVA) (Note 2)	690
Voltage ( $V_{AC}$ )	270 $\pm$ 10%
Nr Phase	3 (L1 – L2 – L3 – PE)
Aux Supply for Power Circuit ( $V_{AC}$ )	230 – 16A (L-N)
Aux Supply for Control Circuit ( $V_{AC}$ )	230 – 10A (L-N)
Frequency (Hz)	50 (optional 60)
Distortion factor (THD)	<3%
Power Factor	From 0 to 1
Galvanic insulation	No (Transformer less)
AC input grid connection	Implemented by using a magneto-thermic switch
AC control mode	Modulation implemented by using IPCCM algorithm
<b>GENERAL DATA</b>	
Max Efficiency	98,8%
European Efficiency	98,3%
Night consumption (W)	<60
Weight (kg)	1580
Protection degree	IP20 (optional IP31)
Cooling	temperature controlled by fan
Dimensions (H x L x P)	2256 x 1996 x 825
Operating temperature ( $^{\circ}C$ )	- 10 $\div$ +50
Storage temperature ( $^{\circ}C$ )	- 20 $\div$ +60
Humidity (Not condensing) (%)	0 $\div$ 95
Height above the sea (Without derating) (Note 3)	1000 m
Maximum power dissipated in overload condition	17200 W 14792 KCal/h
Air Flow	4100m <sup>3</sup> /h
Noise level	70dBa
Overvoltage Category	II
Colour	RAL 9006

Tabla 2: Principales características del inversor Fimer R7500 TL

Los inversores Fimer R7500TL están diseñados de acuerdo a un concepto modular, por lo que cada inversor, está compuesto por 10 módulos de 69 KVA cada uno, los que totalizan una potencia de 690 kVA por inversor. De esta manera, ante la falla de uno o más módulos, el inversor puede seguir en funcionamiento con los módulos sanos, limitándose de esta manera la potencia entregada por el inversor al número de módulos sanos en funcionamiento. Adicionalmente, los inversores Fimer están



provistos de un algoritmo MPPT (Maximum Power Point Tracking) que permite constantemente optimizar el punto de operación en relación con la radiación solar presente, características de los paneles solares y su temperatura de operación.

De acuerdo a información provista por el fabricante (ver correo fabricante FIMER [https://1drv.ms/b/s!Ai7qcJL4DJIehh\\_NFacbrWQc-Gp-](https://1drv.ms/b/s!Ai7qcJL4DJIehh_NFacbrWQc-Gp-)), cada módulo puede comenzar a entregar potencia a partir de valores entre 0.15 kW y 0.4 kW, dependiendo de las condiciones ambientales presentes y de los ajustes del algoritmo MPPT, por lo que la potencia mínima que cada inversor puede entregar se encuentra entre 1.5 kW y 4 kW.

La red interna de media tensión del parque está compuesta por 37 cabinas, cada una de la cuales cuenta con 4 inversores y 2 transformadores. Cada transformador de bloque cuenta con dos devanados iguales de baja tensión de 270 [V] y una potencia de 0.8 [MVA]. El lado de alta tensión de cada transformador es de 33 kV y de una potencia de 1.6 MVA.

Las principales características de estos transformadores se resumen en la siguiente tabla:

**THREE PHASES OIL IMMERSSED TRANSFORMER**

DESIGN DATA	UdM	
Manufacturer		SEA
Standard Reference		IEC60076-1
Type of Application		Solar PV Plant
Rating Power (ONAN)	kVA	1'600 (800-800)
Primary Winding	V	33'000
Secondary Winding 1-2 – no-load	V	270-270
Primary Tappings	%	± 2x2,5%
Vectorial Group		Dyn11-yn11
Primary Insulating Class	kV	36/70/170
Secondary Insulating Class	kV	3,6/10/--
Core Losses	W	1'600 (*)
Wdg. Losses (@75°C)	W	14'000 (*)
Vcc (@75°C)	%	6 – 6
I <sub>0</sub> (@V <sub>N</sub> )	%	0,5
Noise Emission LWA	dB (A)	< 69
System Frequency	Hz	50
Primary/Secondary Insulating Class		A/A
Primary Bushing Protection Degree	IP	00
Secondary Bushing Protection Degree	IP	00
ENVIRONMENTAL & CONSTRUCTIONAL DATA (valid up to 1'000m osl)		
Primary/Secondary Winding Material		Al/Al
Type of Oil		Mineral
Designed Ambient Temperature	°C	-25 ... +50
Over-temperature Oil / Windings	°C	60/65
Painting / Colour:		ISO12944-C4 / RAL7033
Dimensions	mm	1'910x1'160x2'250
Oil Weight	kg	1'200 (±2,5%)
Total Weight	kg	4'600 (±2,5%)

Tabla 3: Principales características de los transformadores de media tensión.

Con respecto a las potencias de los consumos propios de los inversores, estos corresponden a un monto de 10 [kW], mientras que los servicios auxiliares del parque corresponden a un monto de 100 [kW], totalizando un consumo propio de 110 [kW], correspondiente al 0.1% de la potencia del parque.





En el siguiente link, se adjunta la siguiente información:

- Especificaciones inversor Fimer R7500 TL.
- Especificaciones paneles solares JINKO.
- Especificaciones transformadores media tensión.
- Informe de homologación de modelo dinámico del parque.
- Diagrama unilineal S/E Pastora.

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0iKsBNbNf6QYTMVj](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0iKsBNbNf6QYTMVj)

#### 4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO

El 5 de Julio de 2017, con presencia de recurso de radiación solar normal, se realizaron los ensayos de medición de los tiempos de partida y detención del parque fotovoltaico Carrera Pinto. Cabe mencionar, que en el PPC del parque, además de los valores de consigna de potencia activa, está disponible un comando de pausa de los inversores, el cual, una vez ingresado este comando y enviado al parque, toma 0 [min] en pausar la totalidad de los inversores. Una vez pausados los inversores, y encontrándose las condiciones de radiación suficiente y cumpliéndose condiciones de voltaje DC y AC adecuadas, inmediatamente posterior al ingreso del comando ON en los inversores, el inversor enciende en tiempo de 0 [min], alcanzando inmediatamente su potencia de mínimo técnico, establecida en 1,68 [kW] por inversor, lo que equivale a 250 [kW] para el parque completo, y luego el tiempo para llegar a su máxima de potencia, el tiempo puede variar entre 30 a 90 segundos.

El proceso de partida del inversor se puede apreciar en la siguiente imagen:

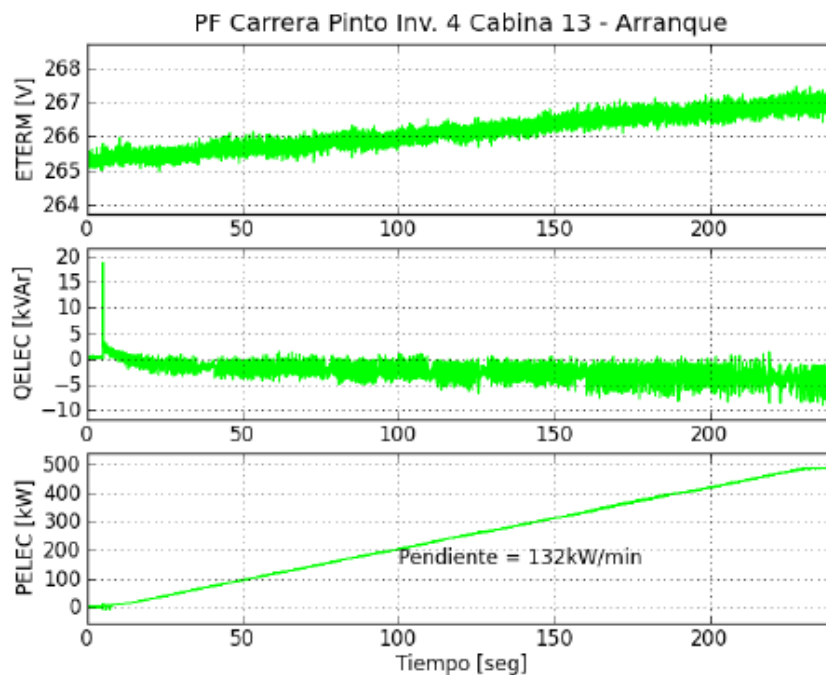


Figura 2: Arranque y toma de carga de inversor Fimer R7500TL



## **5 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO**

Los siguientes antecedentes de operación, consisten en las medidas de potencia de mínimo técnico realizados el 5 de julio de 2017, en los que se muestran distintos niveles de generación del parque fotovoltaico, desde una potencia de 55 [MW] hasta su valor de mínimo técnico establecido en 250 [kW]. De acuerdo a los valores registrados, se constata que el parque fotovoltaico Carrera Pinto tiene un nivel de 250 [kW] de mínimo técnico.

Dichos antecedentes se encuentran en el siguiente link:

[https://1drv.ms/f/s!Ak9l\\_F8KfWRY0k2lYsJBYGwIVosY](https://1drv.ms/f/s!Ak9l_F8KfWRY0k2lYsJBYGwIVosY)

## **6 JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO CARRERA PINTO**

De acuerdo al registro de potencia realizado el 7 de Julio de 2017, se constata que el parque fotovoltaico Carrea Pinto puede generar en todo el rango definido entre los valores de mínimo técnico de 250 [kW] hasta su potencia nominal, por lo que no han realizado hallazgos de inestabilidad.

## 7 CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO

De acuerdo a lo especificado en el Artículo 6 del Anexo Técnico "Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras" se indican a continuación los datos de consumos auxiliares del parque fotovoltaico Carrera Pinto, para los distintos estados de partida o detención:

- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
  - El parque fotovoltaico Carrera Pinto no utiliza ningún tipo de combustible en sus procesos de partida y detención.
  
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
  - Durante el proceso de partida del parque fotovoltaico Carrera Pinto, los inversores necesitan de una potencia aproximada de 0,06 [kW].  
Por lo tanto, la energía consumida en servicios auxiliares, considerando la puesta en marcha simultánea de todos los inversores del parque, se puede desglosar de la siguiente manera:
    - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 0 [kWh].
    - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [kWh].
    - Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 0,25 [kWh].
  
- Tiempo requerido para el proceso de partida: De acuerdo a lo indicado en el punto 6 del presente informe, el tiempo requerido para el proceso de partida, entendiéndose dicho tiempo como el tiempo requerido desde que se le da orden de arranque a la unidad hasta que esta queda sincronizada y en un valor estable de mínimo técnico, es de 0 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:
  - Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 0 [min].
  - Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 [min].

- Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 6 [min] considerando una tasa de toma de carga de 15.6 [MW/min]<sup>1</sup>.
- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
  - El parque fotovoltaico Carrera Pinto no utiliza ningún tipo de combustible en sus procesos de partida y detención.
- Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
  - Durante el proceso de detención del parque fotovoltaico Carrera Pinto, los inversores necesitan de una potencia aproximada de 0,06 [kW].
- Tiempo requerido para el proceso de detención: de acuerdo a lo indicado en el punto 6 del presente informe, considerando el proceso de detención de la unidad generadora como aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo desde punto de operación a Mínimo Técnico hasta quedar en estado apagado, el tiempo requerido es de 0 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:
  - Desde la operación a potencia nominal hasta la desconexión: 5 [min], considerando una tasa de bajada de carga de 18 [MW/min]<sup>2</sup>.
  - Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención: 0 [min].
- Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida: El parque fotovoltaico Carrera Pinto no requiere de ningún proceso de estabilización, por lo tanto, el tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse es de 0 [min].

---

<sup>1</sup> Tasa de Toma de Carga determinada en el estudio de homologación de modelos dinámicos del Parque Fotovoltaico Carrera Pinto (Ver Anexo N°2 del presente informe).

<sup>2</sup> Tasa de Bajada de Carga actualmente ajustada en el PPC del Parque Fotovoltaico Carrera Pinto.

El resumen de parámetros de partida y detención del parque fotovoltaico Carrera Pinto se indica en el Anexo N°1 del presente informe.

## 8 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en el punto 4 del presente informe, se concluye que los parámetros correspondientes a los tiempos de partida y detención del parque fotovoltaico Carrera Pinto son de 0 [min] desde que el operador emite la orden de partida o la orden de detención.

Los principales resultados se presentan en la siguiente tabla:

<b>Parámetro</b>	<b>Parque Fotovoltaico Carrera Pinto</b>
<b>Tiempo de Partida</b>	0 [min]
<b>Tiempo de Detención</b>	0 [min]

Tabla 4: Tiempos de partida y detención Parque Fotovoltaico Carrera Pinto



**ANEXO N°1:**

Resumen de parámetros de partida y detención en conformidad a Anexo Técnico

Unidad	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
Por aerogenerador / inversor	b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[MWh]	0	6.08108E-06				
	c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	0	6				
	e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención	[MWh]				5.40541E-06	0	0
	f) Tiempo requerido para el proceso de detención	[min]				5.00	0	0
	Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida	[min]						
	Tiempo mínimo en detención antes de iniciar nuevo proceso de partida	[min]						
Por central	b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida	[MWh]	0	0.0009				
	c) Tiempo requerido para el proceso de partida	[min]	0	6				
	e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención	[MWh]				0.0008	0	0
	f) Tiempo requerido para el proceso de detención	[min]				5	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					

## ANEXO N°2

Ensayos de tasa de toma de carga PV Carrera Pinto.

