

**Empresa:** AES Andes

**País:** Chile

**Proyecto:** Parque Eólico Los Olmos

**Descripción:** Informe de Parámetros de Partida y Detención

**Código de Proyecto:** EE-2020-212

**Código de Informe:** EE-EN-2021-2294

**Revisión:** B

 Andes |  Chile

**5 de enero de 2022**



Este documento EE-EN-2021-2294-RB fue preparado para AES Andes por Estudios Eléctricos.  
Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Claudio Celman**

Coordinador Dpto. Ensayos

[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Andrés Capalbo**

Coordinador Dpto. Ensayos

[andres.capalbo@estudios-electricos.com](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**

Gerente Dpto. Ensayos

[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto:pablo.rifrani@estudios-electricos.com)

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Este documento contiene 41 páginas y ha sido guardado por última vez el 07/01/2022 por César Colignon, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	5/01/2022	Para presentar.	CiC	AC	PR
B	7/01/2022	Correcciones según observaciones de AES.	CiC	AC	PR

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



## Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	Fecha ensayo y personal auditor .....	4
1.2	Medidores utilizados.....	4
1.3	Definiciones y Nomenclatura .....	5
1.3.1	Definiciones.....	5
1.3.2	Nomenclatura.....	6
2	ASPECTOS NORMATIVOS .....	8
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE .....	10
3.1	Unifilar de planta.....	10
3.2	Datos de los aerogeneradores .....	18
3.3	Datos de los transformadores de bloque.....	20
3.4	Datos del transformador de poder .....	21
3.5	Datos de consumos de SSAA de planta.....	22
4	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN .....	23
4.1	Parámetros de partida y detención a nivel aerogenerador .....	23
4.1.1	Parámetros de detención.....	25
4.1.2	Parámetros de partida .....	27
4.2	Parámetros de partida y detención de planta completa .....	29
4.2.1	Parámetros de detención.....	31
4.2.2	Parámetros de partida .....	34
4.3	Resumen de resultados.....	37
5	CONCLUSIONES .....	39
6	ANEXOS .....	40
6.1	Certificado de calibración de medidor de potencia.....	40



## 1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar los parámetros para los Procesos de Partida y Detención del Parque Eólico Los Olmos de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

El Parque Eólico Los Olmos se ubica en la región del Biobío, emplazado en la comuna de Mulchén, y tiene una potencia instalada de 110.4 MW. El parque se vincula al SEN mediante un transformador elevador de relación 33 kV / (220 kV  $\pm$  10  $\times$  1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. El lado de 220 kV del transformador de poder corresponde al punto de interconexión (POI) del parque con el SEN.

### 1.1 Fecha ensayo y personal auditor

<b>Personal</b>	<b>Fecha de ensayo</b>
Ing. César Colignon	16 de noviembre y 16 de diciembre de 2021

### 1.2 Medidores utilizados

<b>Denominación</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precisión</b>
Analizador de energía	ELSPEC	BlackBox G4500	$\pm$ 0.1%

Tabla 1.1 – Equipos utilizados

Además de lo mostrado en la Tabla 1.1, se cuenta con datos complementarios del sistema controlador de planta adquiridos mediante el SCADA de la central el cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 segundo.



## 1.3 Definiciones y Nomenclatura

### 1.3.1 Definiciones

El “**Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras**” presenta las siguientes definiciones a considerar en la elaboración del presente informe:

- **Mínimo Técnico:** Se entenderá como la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua. Para efectos del presente informe, se entiende por Mínimo Técnico el valor de potencia activa bruta mínima que permite mantener la operación del parque considerando todos los aerogeneradores en servicio.
- **Proceso de partida:** El proceso de partida de una unidad generadora es aquel que permite llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a Mínimo Técnico, inyectando energía al SI de manera segura y estable. Al término de este proceso, la unidad generadora se considerará en servicio.
- **Proceso de detención:** El proceso de detención de una unidad generadora es aquel que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema, partiendo del punto de operación a Mínimo Técnico hasta quedar en estado apagado.
- **Tiempo de Partida:** El tiempo de partida corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de partida de una unidad generadora.
- **Tiempo de Detención:** El Tiempo de detención corresponde al tiempo requerido para realizar el proceso de detención de una unidad generadora.
- **Condición Fuera de Servicio:** Se entenderá que una unidad generadora se encuentra fuera de servicio cuando ésta deja de inyectar energía y se encuentra desconectada del SI, verificando dicha condición a través del estado de su interruptor principal. Para efectos del presente informe, se entiende por Condición Fuera de Servicio del parque, el escenario en que la totalidad de aerogeneradores se encuentra fuera de servicio.
- **Estado Apagado:** Se entenderá que una unidad generadora se encuentra en estado apagado, cuando la unidad está completamente detenida. Para efectos del presente informe, el Estado Apagado es equivalente a la Condición Fuera de Servicio.



- **Tiempo Mínimo de Operación:** se entiende como el tiempo mínimo que debe permanecer la unidad en servicio luego de culminado su proceso de partida, una vez alcanzada la operación estable a mínimo técnico.
- **Tiempo Mínimo de Detención:** definido como el tiempo antes de poder iniciar un nuevo proceso de partida, una vez concluido un proceso de detención programado.

### 1.3.2 Nomenclatura

La Figura 1.1, muestra un sistema equivalente de conexión de un parque eólico, el cual nos permite identificar y definir los siguientes elementos:

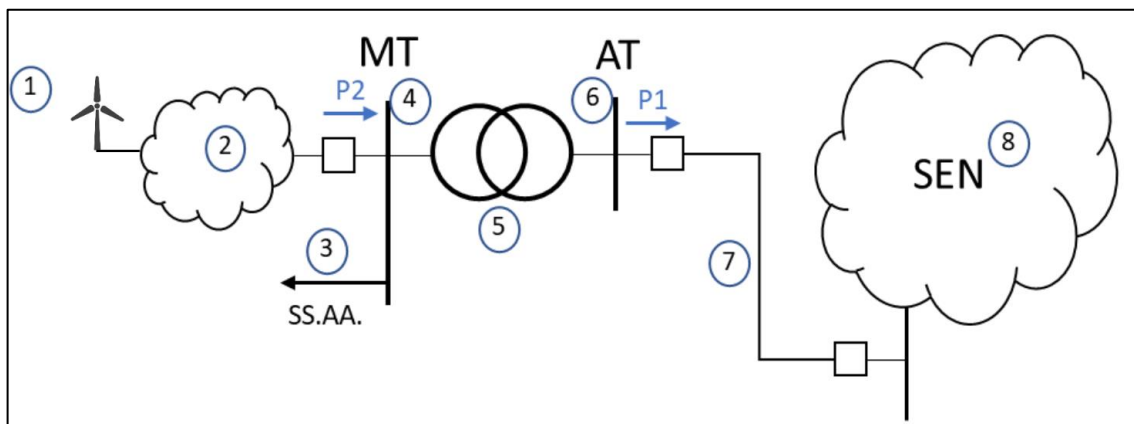


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

- 1) **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada aerogenerador del parque eólico.
- 2) **Pérdidas en sistema colector del parque (Pcolector):** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del parque fotovoltaico, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
- 3) **Servicios Auxiliares de la central (SS.AA).**
- 4) **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la tensión en el lado de baja tensión del transformador de poder del parque eólico.
- 5) **Transformador de Poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del parque eólico.
- 6) **Barra de alta tensión (AT):** Corresponde a la tensión en el lado de alta tensión del transformador de poder del parque eólico.



- 7) **Línea dedicada de la central:** Línea de alta tensión que vincula el parque eólico con el sistema eléctrico.
- 8) **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**

A partir de las definiciones anteriores, el presente informe considera la siguiente nomenclatura:

- ✓ **P1:** Potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque [MW]. Este valor corresponde a la **Potencia Neta (Pneta)** del parque.
- ✓ **P2:** Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque [MW].
- ✓ **Pbruta:** Suma de los aportes distribuidos de potencia activa inyectada por los aerogeneradores a nivel de baja tensión (BT) del parque [MW] (ver número "1" en Figura 1.1).
- ✓ **Pperd:** Pérdidas de potencia activa en línea de transmisión [kW] (ver número "7" en Figura 1.1).
- ✓ **Ptrafo:** Pérdidas activas en el transformador de poder del parque [kW] (ver número "5" en Figura 1.1).
- ✓ **Pssaa:** Potencia de Servicios Auxiliares del parque [kW] (ver número "3" en Figura 1.1).
- ✓ **Pcolector:** Pérdidas en el sistema colector del parque [kW] (ver número "2" en Figura 1.1).



## 2 ASPECTOS NORMATIVOS

---

El “**Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras**” establece cómo determinar e informar los tiempos asociados a los procesos de arranque y detención de un sistema de generación, y la energía eléctrica consumida durante los mismos procesos.

El tiempo de partida corresponde a aquel que demanda llevar la unidad desde el estado apagado hasta su condición de operación a Mínimo Técnico. El tiempo de detención es el necesario para que la unidad generadora deje de entregar energía al Sistema, partiendo del Mínimo Técnico y llegando al estado apagado.

Las empresas generadoras que estén realizando pruebas previas a su entrada en operación, deberán informar al Coordinador los siguientes antecedentes de sus unidades, conforme a los términos y condiciones que se establecen en el anexo técnico:

- a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.
- b) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
- c) Tiempo requerido para el proceso de partida.
- d) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
- e) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
- f) Tiempo requerido para el proceso de detención.
- g) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida.





Estos valores deberán informarse desglosados en los siguientes periodos, según corresponda:

- 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 desconexión.
- V. Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención.

Los parámetros deberán ser informados adjuntando antecedentes técnicos y respaldos representativos de las características técnicas de operación del parque eólico.

Todos los resultados serán presentados para los procesos de partida y detención considerando la operación de la totalidad del parque y la operación de un aerogenerador individual.



### 3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico Los Olmos está constituido por 23 aerogeneradores NORDEX modelo Delta4000 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Al momento de realizar las pruebas, se encontraba la totalidad de aerogeneradores operativos.

Cada aerogenerador cuenta con un transformador de bloque de 5.35 MVA (KFWF) y relación 0.69 kV / (30 kV + 4 x 2.5%), que interconecta la salida de cada aerogenerador con la red de MT.

La red colectora del Parque Eólico Los Olmos cuenta con 5 alimentadores en 33 kV que se conectan a la barra principal de 33 kV de la S/E Los Olmos. Luego, un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV  $\pm$  10 x 1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal permite la inyección de potencia generada al Sistema Eléctrica Nacional. El valor de potencia activa neta declarado en el POI es de 100.0 MW.

#### 3.1 Unifilar de planta

La red interna de media tensión (MT) del parque se encuentra compuesta por 5 alimentadores en MT. La disposición de los aerogeneradores dentro de dichos circuitos es la siguiente:

- Circuito N°1: Aerogeneradores AE-01, AE-02 y AE-07.
- Circuito N°2: Aerogeneradores AE-03, AE-04, AE-05 y AE-06.
- Circuito N°3: Aerogeneradores AE-08, AE-09, AE-10, AE-11, AE-12 y AE-13.
- Circuito N°4: Aerogeneradores AE-15, AE-16, AE-17, AE-18 y AE-19.
- Circuito N°5: Aerogeneradores AE-20, AE-21, AE-22, AE-23 y AE-24.

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama unilineal de la S/E Los Olmos. En tanto en la Figura 3.2 se muestra la barra principal de 33 kV del parque. Finalmente, en las Figura 3.3 a Figura 3.7, se presenta el detalle de cada alimentador de 33 kV.









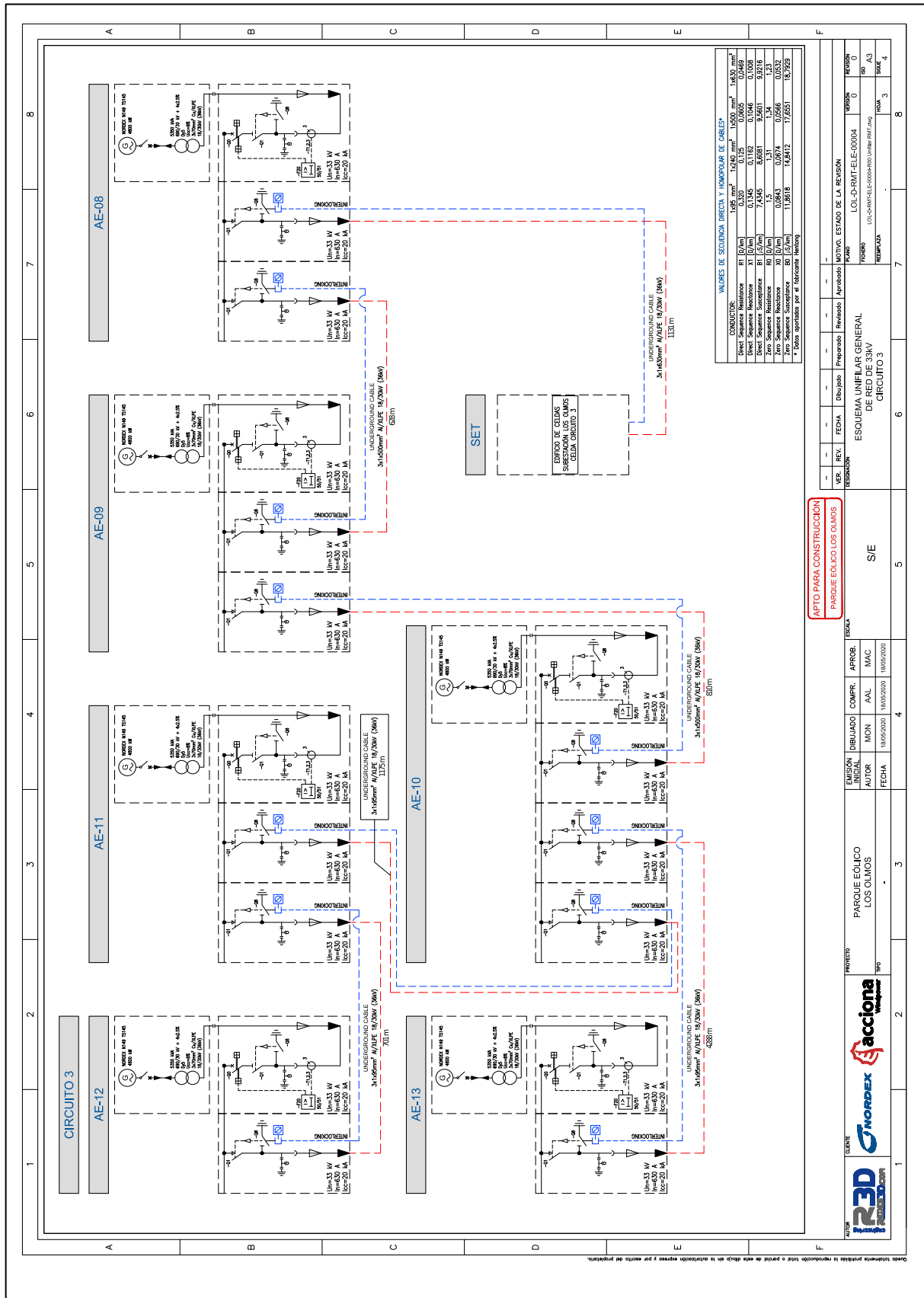


Figura 3.5 – Diagrama unilíneal circuito colector 3

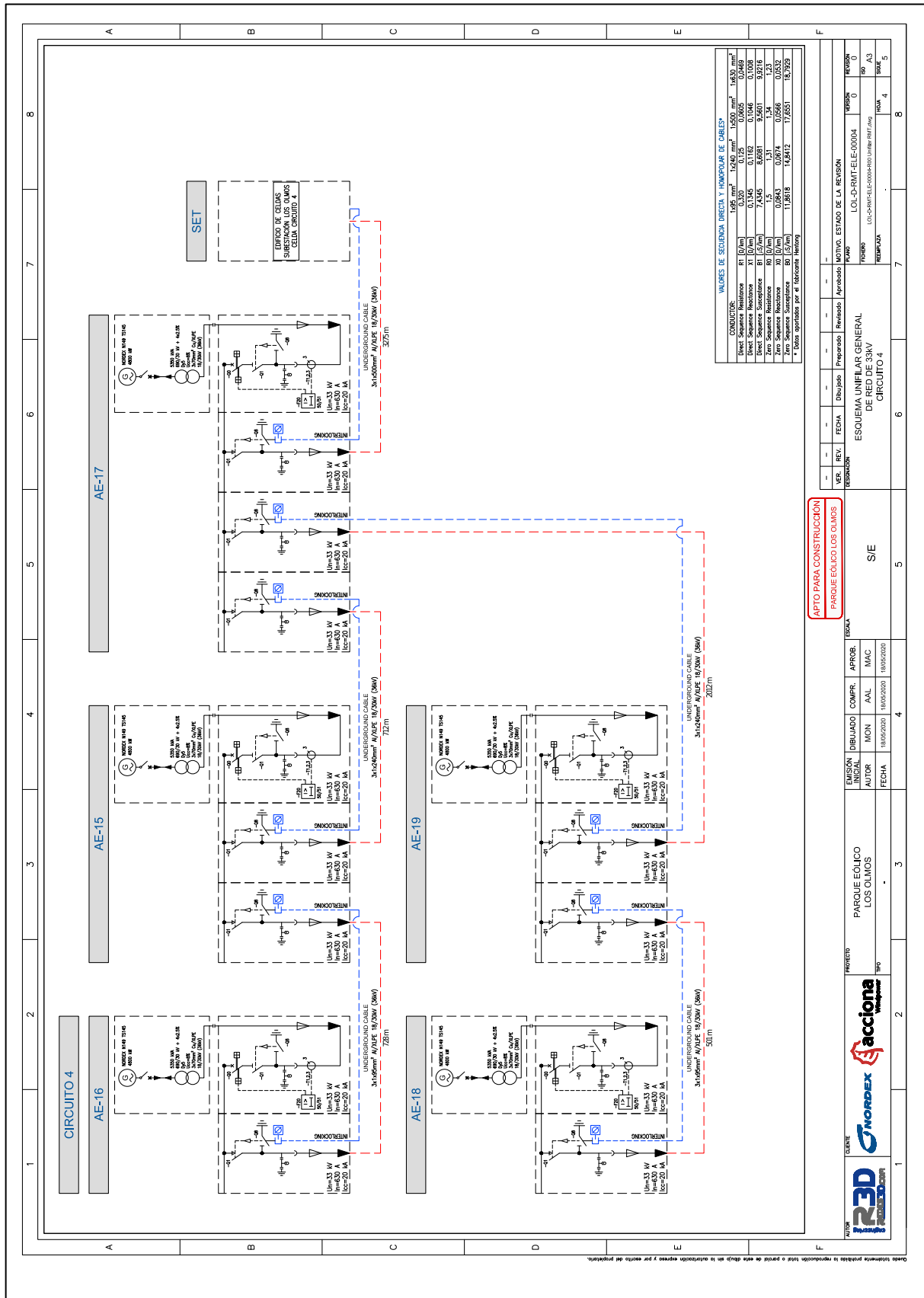


Figura 3.6 - Diagrama unilínea circuito colector 4







### 3.2 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico Los Olmos está constituido por 23 aerogeneradores NORDEX modelo Delta400 de 4.8 MW de potencia nominal y 690 V de tensión de operación nominal. Los parámetros nominales se presenta en la Figura 3.8.

**2.1 Electrical Operating Ranges**

Delta4000 WTs feature the following basic electrical operating ranges.

WT	Characteristic data	Values	
Delta4000	Nominal frequency	50 Hz	60 Hz
	Frequency operating range	47.5 Hz – 53.0 Hz continuously 47.0 Hz – 47.5 Hz for 5 min	57.0 Hz – 62.0 Hz continuously 62.0 Hz – 62.4 Hz for 30 min 62.4 Hz – 62.5 Hz for 5 s
	Frequency gradients	4 Hz/s continuously 8 Hz/s for 1 s	
	Nominal voltage ( $U_{nom}$ )	660 V / 690 V	
N149/4.0-4.5	Voltage operating range	87 % $U_{nom}$ – 115 % $U_{nom}$	
	Nominal active power $P_{nom}$ (depending on power mode)	up to 4800 kW	
N149/5.X N163/5.X	Nominal voltage ( $U_{nom}$ )	750 V	
	Voltage operating range	87 % $U_{nom}$ – 115 % $U_{nom}$	
	Nominal active power $P_{nom}$ (depending on power mode)	N149/5.X: up to 5900 kW N163/5.X: up to 5700 kW	

Figura 3.8 – Datos nominales de aerogeneradores

La curva de capacidad de los aerogeneradores se presenta en la Figura 3.9.

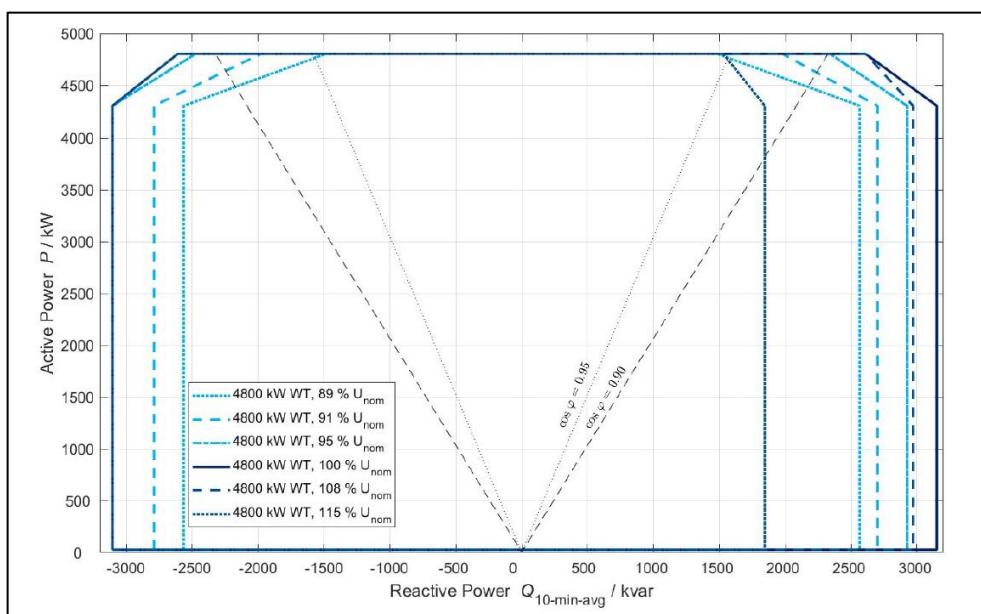


Figura 3.9 – Curva de capacidad del aerogenerador



Se presenta en la Figura 3.10 la curva de potencia según viento del aerogenerador.

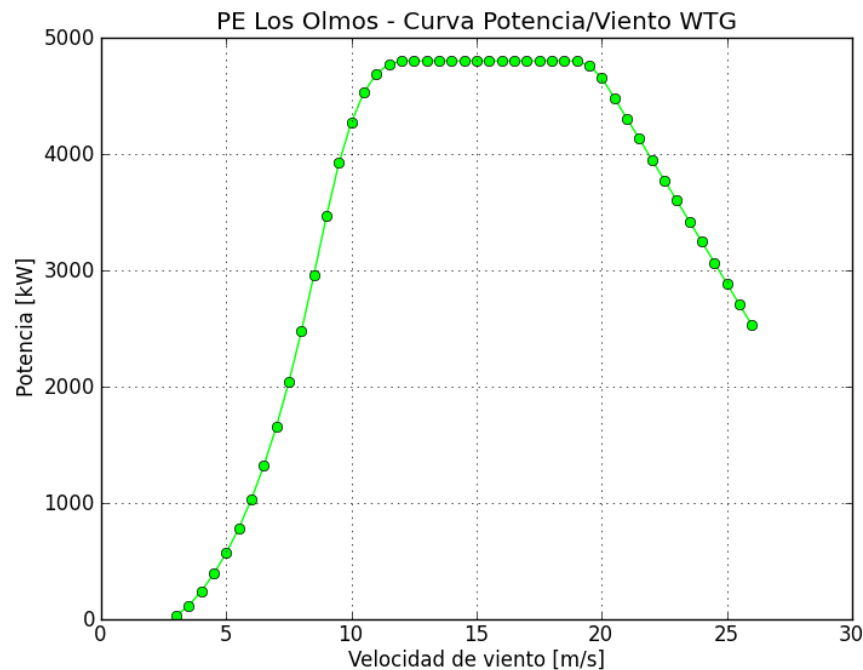


Figura 3.10 – Curva Viento/potencia para los grupos de aerogeneradores

Finalmente, se presentan en la Figura 3.11 antecedentes relacionados al consumo de potencia para alimentar los servicios auxiliares propios de la unidad. Se reporta un valor medio anual de aproximadamente 15 kW.

### 3.4 Auxiliary power of the wind turbine

The auxiliary low voltage required by the wind turbine in stand-by mode and feed-in mode is requested by the following consumers:

- System control including main converter control
- 400 V/230 V auxiliary power of the main converter
- 230 V AC UPS supply including 24 V DC supply
- Yaw system
- Pitch system
- Auxiliary drives such as pumps, fans and lubrication units
- Heating and lighting
- Auxiliary systems such as service lift, obstacle lights

Long-term measurements show that the average base load (average active power) of the auxiliary low voltage system during WT feed-in operation mode is approx. 15 kW, based on one year. These values are already included in the power curves.

Figura 3.11 – Consumos internos de aerogeneradores



### 3.3 Datos de los transformadores de bloque

Cada aerogenerador se vincula a la red colectora de 33 kV mediante un transformador de 5.35 MVA de capacidad nominal, y de relación de transformación de 0.69/30 kV.

Los datos característicos de los transformadores de bloque se muestran en la Tabla 3.1.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia Nominal	5.35 MVA
Refrigeración	KFWF
Tensión nominal lado HV	30 kV
Tensión nominal lado LV	0.69 kV
Grupo de conexión	Dyn11
Impedancia (HV-LV1 y HV-LV2)	9.23 %
Pérdidas en carga	60.116 kW
Pérdidas en vacío	2.84 kW
Posiciones de TAP	+4 x 2.5 %

*Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque*



### 3.4 Datos del transformador de poder

El Parque Eólico Los Olmos cuenta con un transformador de poder de relación 33 kV / (220 kV  $\pm$  10  $\times$  1.25%) y 90/120 (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 33kV y un arrollamiento de alta tensión de 220kV. Este equipo posee cambiador de tomas bajo carga.

Los datos característicos del transformador principal se muestran en la Tabla 3.2.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Potencia Nominal	90/120 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	220.0 kV
Tensión nominal lado LV	33.0 kV
Grupo de conexión	YNd1
Impedancia	13.97 %
Pérdidas en carga	343.8 kW
Pérdidas en vacío	59.98 kW
Posiciones de TAP	$\pm 10 \times 1.25$ %

Tabla 3.2 - Datos del transformador principal



### 3.5 Datos de consumos de SSAA de planta

El Parque Eólico Los Olmos cuenta con un transformador de poder para alimentar sus servicios auxiliares de 150 kVA de potencia aparente nominal. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 0.4 kV y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

En el documento “*LOL-D-MCAL-ELE-0007-R00*” se realiza el dimensionamiento de los consumos asociados a las instalaciones de 220 kV y 33 kV de la S/E Los Olmos considerando servicios auxiliares en 400/230 Vca.

En la Figura 3.12 se presenta el resumen de cargas asociadas a los servicios auxiliares, se aprecia que el total de consumos esenciales es de 28.42 kW.

Categoría	Potencia [kW]
Total, Consumo Esenciales	28,42
Total, Consumo No Esenciales	26,44
Total, Consumo	54,86

Figura 3.12 – Cargas permanentes en corriente continua



## 4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

Los tiempos correspondientes a los procesos de partida y detención fueron determinados mediante ensayo, considerando tanto la operación del parque completo, como la operación de un aerogenerador individual.

### 4.1 Parámetros de partida y detención a nivel aerogenerador

El día 16 de noviembre de 2021 se realiza un proceso de detención del aerogenerador 07 (AE07) y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque de la turbina. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

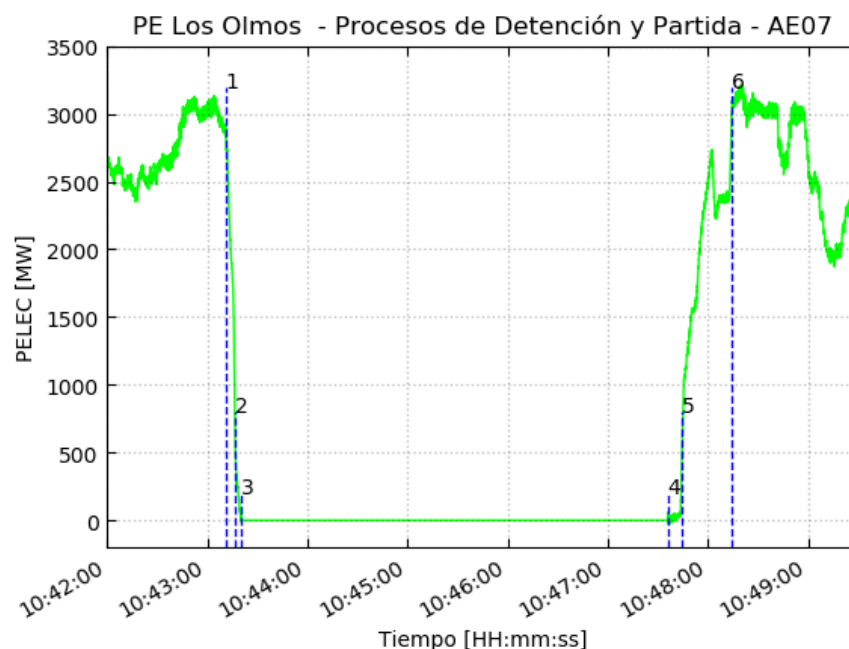


Figura 4.1 – Registro de procesos de Detención y Partida de Parque Eólico Los Olmos – AE07

Se presentan en la Figura 4.1 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del AE07, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Con el aerogenerador operando a la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 3000 kW, se procede a dar una orden de detención.
2. Se registra el valor de **Mínimo Técnico** de 450 kW.
3. Se alcanza la **Condición Fuera de Servicio** de la unidad.



4. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la turbina y se consigna una potencia de 3000 kW, en base a la disponibilidad de recurso.
5. Se registra el valor de **Mínimo Técnico** de 450 kW.
6. Se alcanza la máxima potencia activa consignada de 3000 kW.

Se aprecia que la potencia disponible es inferior a los 4800 kW nominales de la turbina, esto es debido a la condición de velocidad de viento menor a la nominal. Se presenta en la Figura 4.2 el registro de la velocidad de viento de la unidad para el período de las pruebas. Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, la unidad AE07 puede alcanzar un valor de 4800 kW en condiciones nominales de velocidad de viento.

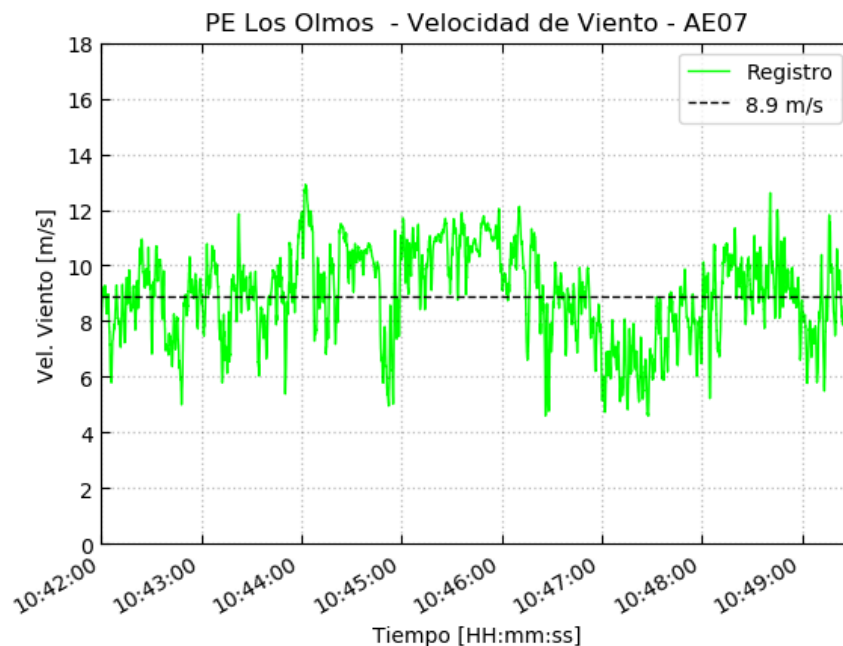


Figura 4.2 – Velocidad de viento en sitio – AE07

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de detención y partida.





#### 4.1.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención de la unidad AE07. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Aerogenerador detenido

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de  $-400$  kW/s, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.3 se presenta el registro de la detención del AE07.

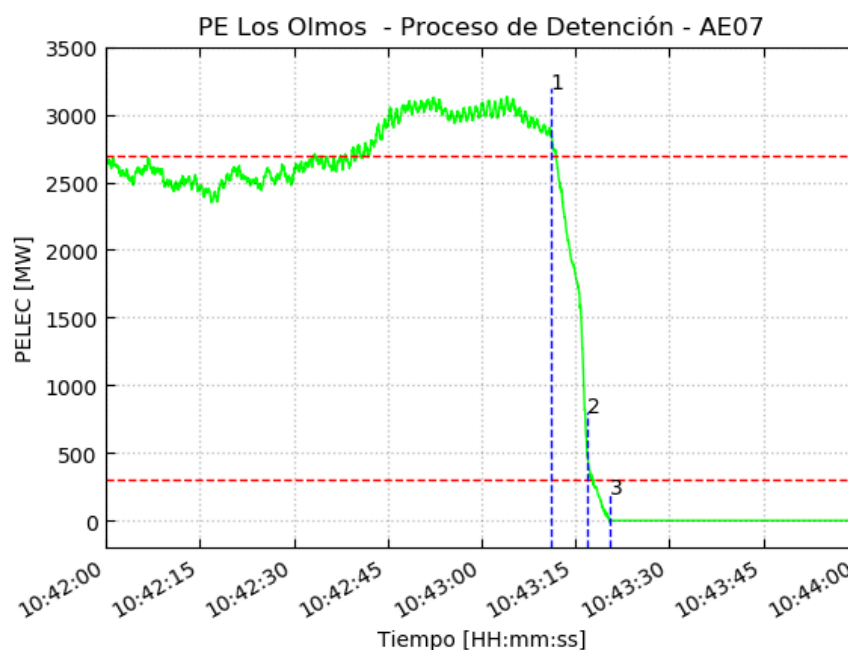


Figura 4.3 – Proceso de detención del Parque Eólico Los Olmos – AE07



De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de cada aerogenerador en 15 kW (ver Figura 3.11). Se debe considerar únicamente el consumo del aerogenerador en pruebas.

$$P_{SSAA} = 15.0 \text{ kW}$$

A continuación, se presenta en la Tabla 4.1 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	10:43:10	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	10:43:17	0'07"	0.029
3. Aerogenerador detenido	10:43:20	0'10"	0.013
<b>TOTAL</b>			0.042

Tabla 4.1 – Resumen del ensayo de detención del Parque Eólico Los Olmos – AE07

Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, el aerogenerador puede operar a 4800 kW en condiciones nominales de velocidad de viento. Por lo tanto, se procede a recalcular el tiempo entre los hitos 1-2 correspondiente al proceso de bajada de carga con un gradiente de -400 kW/s según se muestra a continuación.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a potencia máxima	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	0'11"	0.046
3. Aerogenerador detenido	0'14"	0.013
<b>TOTAL</b>		0.059

Tabla 4.2 – Resumen del proceso de detención del Parque Eólico Los Olmos – AE07



#### 4.1.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida de la unidad AE07. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

4. Orden de partida al aerogenerador
5. Operación a mínimo técnico
6. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida, considerando una toma de carga con gradiente de 142 kW/s, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.4 se presenta el registro de la partida del AE07.

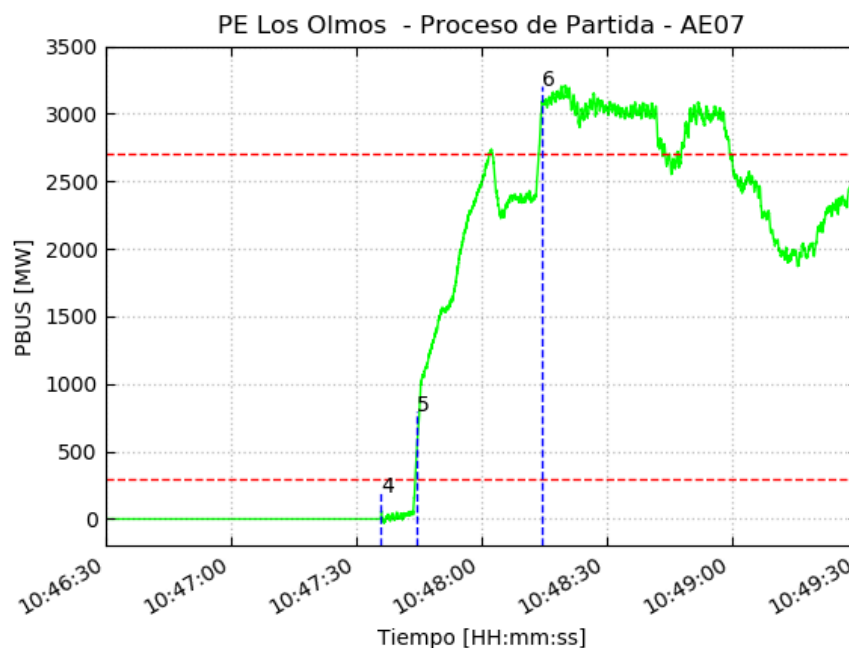


Figura 4.4 – Proceso de partida del Parque Eólico Los Olmos – AE07



De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumos internos de los aerogeneradores en 15 kW (ver Figura 3.11). Se debe considerar únicamente el consumo del aerogenerador en pruebas.

$$P_{SSAA} = 15.0 \text{ kW}$$

A continuación, se presenta en la Tabla 4.3 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de partida.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
4. Orden de partida al aerogenerador	10:47:36	0'00"	0.0
5. Operación a mínimo técnico	10:47:44	0'08"	0.033
6. Operación a máxima potencia disponible	10:48:01	0'25"	0.071
<b>TOTAL</b>			0.104

Tabla 4.3 – Resumen del ensayo de partida del Parque Eólico Los Olmos – AE07

Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, el aerogenerador puede operar a 4800 kW en condiciones nominales de velocidad de viento. Por lo tanto, se procede a recalcular el tiempo entre los hitos 5-6 correspondiente al proceso de subida de carga con un gradiente de 142 kW/s según se muestra a continuación.

Hito	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
4. Orden de partida al aerogenerador	0'00"	0.0
5. Operación a mínimo técnico	0'08"	0.033
6. Operación a potencia máxima	0'39"	0.129
<b>TOTAL</b>		0.162

Tabla 4.4 – Resumen del proceso de partida del Parque Eólico Los Olmos – AE07



## 4.2 Parámetros de partida y detención de planta completa

El día 16 de diciembre de 2021 se realiza un proceso de detención del parque y, una vez concluido, se procede a realizar un arranque del parque. Las maniobras fueron realizadas centralizadamente desde el PPC siguiendo las pautas de operación normal de la planta. Se presenta a continuación el registro del proceso completo.

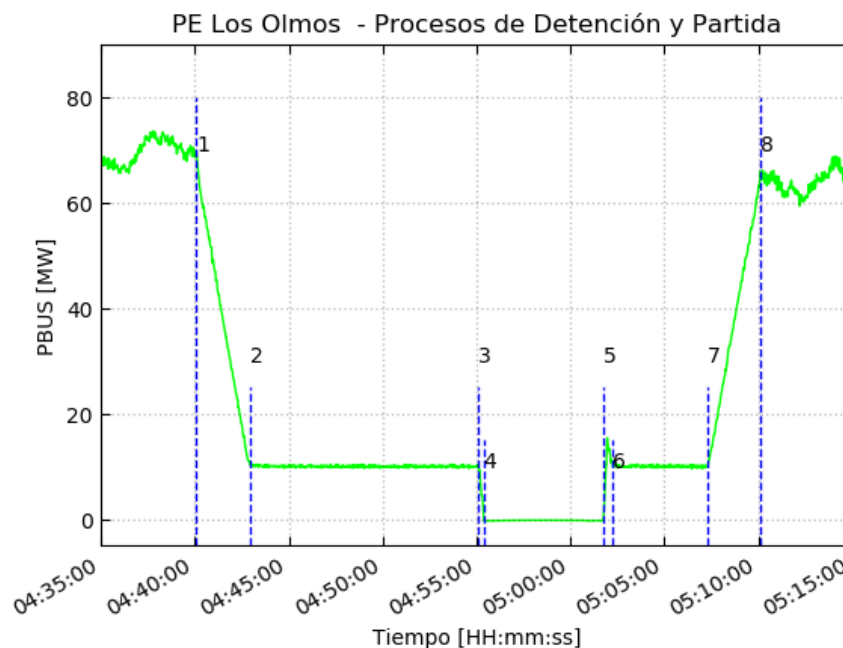


Figura 4.5 – Registro de procesos de Detención y Partida de Parque Eólico Los Olmos

Se presentan en la Figura 4.5 el registro de potencia activa durante los procesos de partida y detención del Parque Eólico Los Olmos, se distinguen los siguientes hitos (líneas azules segmentadas):

1. Con el parque operando a la máxima potencia activa disponible de aproximadamente 69.5 MW, se consigna un valor de potencia activa de 10.0 MW, correspondiente al **Mínimo Técnico** que permite la operación del parque con todos los aerogeneradores en servicio, según se informa en el documento *EE-EN-2021-2295-RB\_Minimo\_Tecnico\_PE\_Los\_Olmos*.
2. El parque alcanza el valor de **Mínimo Técnico** con la totalidad de los aerogeneradores en servicio.
3. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a dar orden de detención a todos los aerogeneradores para pasar a la **Condición Fuera de Servicio**.
4. Se alcanza la **Condición Fuera de Servicio**.



5. Estando en **Condición Fuera de Servicio** se da orden de arranque a la totalidad de aerogeneradores y se consigna el valor de **Mínimo Técnico**.
6. Se alcanza la condición de **Mínimo Técnico**.
7. Estando en condición de **Mínimo Técnico**, se procede a consignar la máxima potencia del parque, alcanzando 65.0 MW, valor máximo disponible en el momento de las pruebas.
8. Se alcanza la máxima potencia activa disponible de 65.0 MW.

Se aprecia que el parque no comienza la bajada de carga desde el valor de potencia nominal, esto es debido a la condición de velocidad de viento menor a la nominal. Se presenta en la Figura 4.6 el registro de la velocidad de viento en sitio para el período de las pruebas. Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, el Parque Eólico Los Olmos puede alcanzar un valor de 107.46 MW en el POI en condiciones nominales de velocidad de viento.

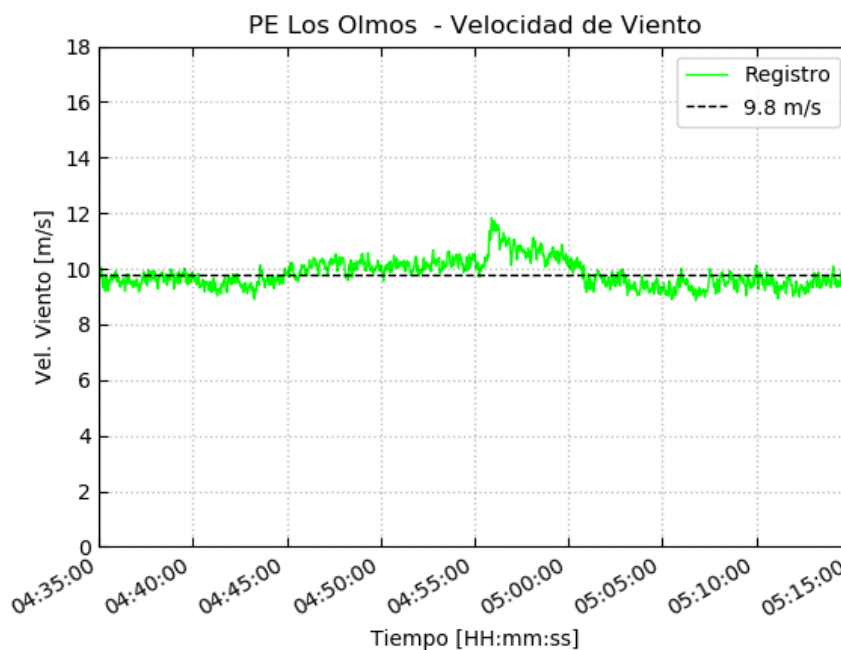


Figura 4.6 – Velocidad de viento en sitio

A continuación, se muestran los resultados detallados para los procesos de detención y partida.



#### 4.2.1 Parámetros de detención

En la presente sección se muestra el proceso de detención del Parque Eólico Los Olmos. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

1. Operación a máxima potencia disponible
2. Operación a mínimo técnico
3. Orden de apagado de los aerogeneradores
4. Totalidad de los aerogeneradores apagados

Se establece el **Tiempo Mínimo de Operación (TMO)** en cero. Es decir, no existe una restricción de tiempo de operación antes de iniciar un proceso de detención.

Se realiza la detención considerando una bajada de carga con gradiente de  $-20.0$  MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.7 se presenta el registro de la detención del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los aerogeneradores tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 12 minutos para demostrar la operación estable en Mínimo Técnico. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de detención.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumo internos de los aerogeneradores en 15 kW (ver Figura 3.11). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los aerogeneradores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 28.42 kW según se ha estimado en la sección 3.5. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} \text{ AEROS } x \text{ Consumos propios } + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 23 x 15 \text{ kW} + 28.42 \text{ kW} = 373.42 \text{ kW}$$

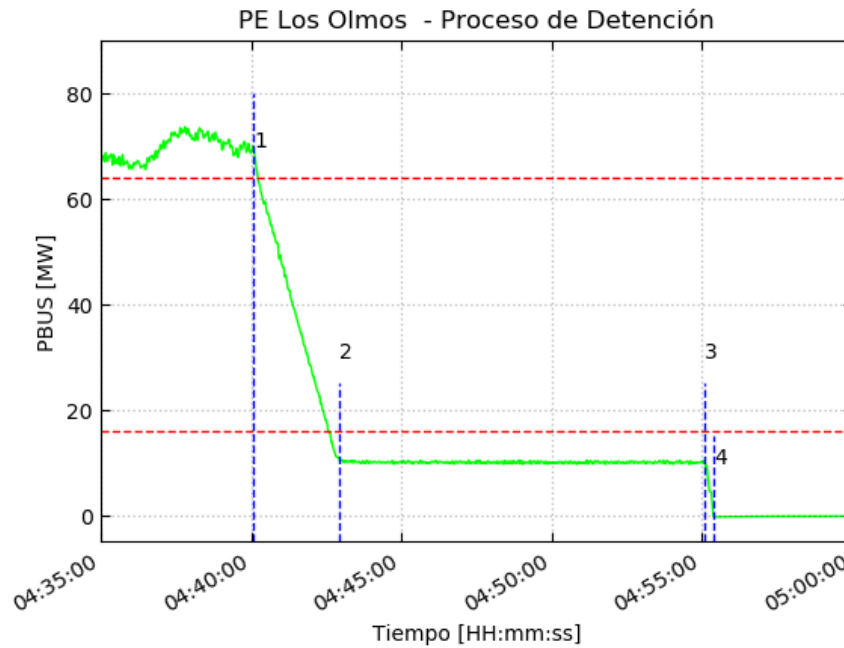


Figura 4.7 – Proceso de detención del Parque Eólico Los Olmos

A continuación, se presenta en la Tabla 4.5 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
1. Operación a máxima potencia disponible	4:40:05	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	4:42:56	2'51"	17.74
3. Orden de apagado a los aerogeneradores <sup>1</sup>	4:55:05	2'51"	0.0
4. Totalidad de los aerogeneradores apagados	4:55:23	3'09"	1.87
<b>TOTAL</b>			19.61

Tabla 4.5 – Resumen del ensayo de detención del Parque Eólico Los Olmos

<sup>1</sup> No se considera el tiempo transcurrido ni la energía consumida durante la operación a Mínimo Técnico, ya que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los aerogeneradores apenas se alcanza dicha condición de operación.





Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, el parque puede operar a un valor de potencia activa de 107.46 MW de potencia en el POI, valor superior a los 69.5 MW disponibles el día del ensayo. Por lo tanto, se procede a recalcular el tiempo entre los hitos 1-2 correspondiente al proceso de bajada de carga con un gradiente de -20.0 MW/min según se muestra a continuación.

<b>Hito</b>	<b>Tiempo acumulado</b>	<b>Energía consumida [kWh]</b>
1. Operación a potencia máxima	0'00"	0.0
2. Operación a mínimo técnico	4'52"	30.29
3. Orden de apagado a los aerogeneradores	4'52"	0.0
4. Totalidad de los aerogeneradores apagados	5'10"	1.87
	<b>TOTAL</b>	<b>32.16</b>

Tabla 4.6 – Resumen del proceso de detención del Parque Eólico Los Olmos



#### 4.2.2 Parámetros de partida

En la presente sección se muestra el proceso de partida del Parque Eólico Los Olmos. Según los registros disponibles se marcan los siguientes hitos en este proceso:

5. Totalidad de los aerogeneradores apagados y se da orden de partida
6. Totalidad de aerogeneradores en servicio, operación a mínimo técnico
7. Operación a mínimo técnico, se realiza toma de carga
8. Operación a máxima potencia disponible

Se establece el **Tiempo Mínimo de Detención (TMD)** en cero. Es decir, no hay restricciones de tiempo para realizar el proceso de partida del parque tras un proceso de detención.

Se realiza la partida, considerando una toma de carga con gradiente de 20.0 MW/min, medido entre el 10 y 90% de la variación de potencia activa durante el proceso. En la Figura 4.8 se presenta el registro de la partida del parque.

Cabe mencionar que no existe restricción alguna para realizar la toma de carga tras alcanzar la condición de Mínimo Técnico. Se ha mantenido dicha condición de operación durante aproximadamente 5 minutos por restricciones operativas del sistema. Este tiempo no es considerado como parte del proceso de partida.

De acuerdo con la información provista por el fabricante, se han estimado los consumo internos de los aerogeneradores en 15 kW (ver Figura 3.11). Se debe considerar este valor sólo durante los períodos en que los aerogeneradores se encuentran en servicio. En tanto, el consumo del transformador de SSAA se ha estimado en 28.42 kW según se ha estimado en la sección 3.5. Por lo tanto, el valor de potencia de servicios auxiliares queda dado por la siguiente expresión.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} \text{ AEROS } x \text{ Consumos propios } + P_{tr,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 23 x 15 \text{ kW} + 28.42 \text{ kW} = 373.42 \text{ kW}$$

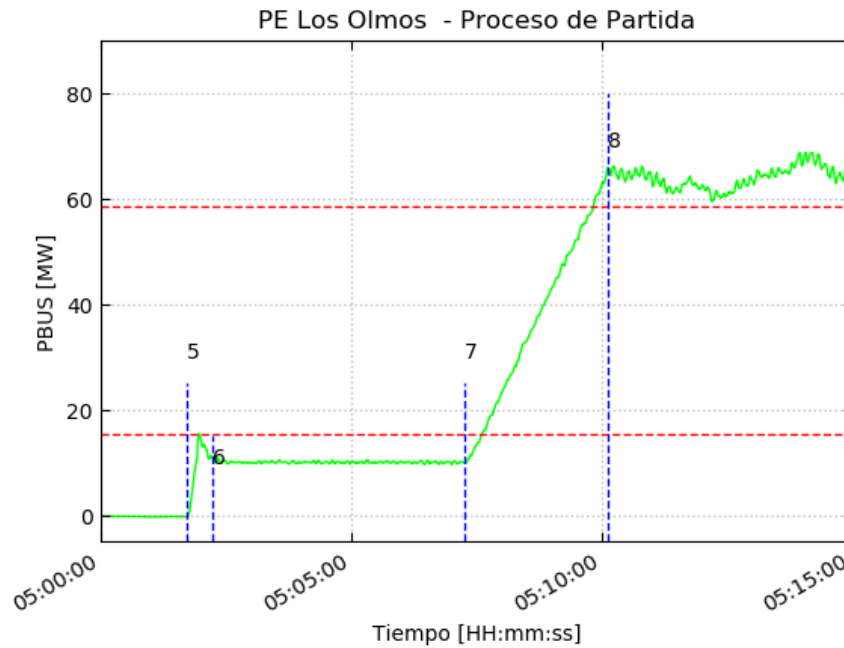


Figura 4.8 – Proceso de partida del Parque Eólico Los Olmos

A continuación, se presenta en la Tabla 4.7 un resumen de tiempos y energía consumida en el proceso de detención.

Hito	Hora	Tiempo acumulado	Energía consumida [kWh]
5. Totalidad de los aerogeneradores apagados	5:01:43	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	5:02:14	0'31"	3.22
7. Inicio de toma de carga <sup>2</sup>	5:07:16	0'31"	0.0
8. Operación a máxima potencia disponible	5:10:00	3'15"	17.01
<b>TOTAL</b>			<b>20.23</b>

Tabla 4.7 – Resumen del ensayo de partida del Parque Eólico Los Olmos

<sup>2</sup> No se considera el tiempo transcurrido ni la energía consumida durante la operación a Mínimo Técnico, ya que no existe restricción alguna para dar orden de apagado a los aerogeneradores apenas se alcanza dicha condición de operación.



Según se aprecia en el documento *EE-EN-2021-2293-RB\_Potencia\_Maxima\_PE\_Los\_Olmos*, el parque puede operar a un valor de potencia activa de 107.46 MW de potencia en el POI, valor superior a los 65.0 MW disponibles en el momento del ensayo. Por lo tanto, se procede a recalcular el tiempo entre los hitos 7-8 correspondiente al proceso de toma de carga con un gradiente de 20.0 MW/min según se muestra a continuación.

<b>Hito</b>	<b>Tiempo acumulado</b>	<b>Energía consumida [kWh]</b>
5. Totalidad de los aerogeneradores apagados	0'00"	0.0
6. Operación a mínimo técnico	0'31"	3.22
7. Inicio de toma de carga	0'31"	0.0
8. Operación a potencia máxima	5'23"	30.29
	<b>TOTAL</b>	33.51

Tabla 4.8 – Resumen del proceso de partida del Parque Eólico Los Olmos



### 4.3 Resumen de resultados

Finalmente se resumen los resultados completos de los procesos de partida y detención en las siguientes tablas. Tal como se menciona en la sección 1.3.1 no se realiza detención entre la **Condición Fuera de Servicio** y el **Estado Apagado**, por lo tanto, no aplica la medición de tiempos ni el cálculo de energía eléctrica durante los hitos I) y VI) de las siguientes tablas.

Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	3.22	30.29
	Duración del proceso [min]	N/A	0'31"	4'52"

Tabla 4.9 – Resumen de resultados – Partida – Parque completo

Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal a Mínimo Técnico	V) Desde la operación a mínimo Técnico hasta la desconexión	VI) Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	30.29	1.87	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	4'52"	0'18"	N/A	N/A

Tabla 4.10 – Resumen de resultados – Detención – Parque completo

Maniobra	Parámetro técnico	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
Arranque	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	N/A	0.033	0.129
	Duración del proceso [min]	N/A	0'08"	0'39"

Tabla 4.11 – Resumen de resultados – Partida – AE07



Maniobra	Parámetro técnico	IV) Desde la operación a potencia nominal a Mínimo Técnico	V) Desde la operación a mínimo Técnico hasta la desconexión	VI) Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención	VII) Operación mínima antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida
Detención	Combustible utilizado durante el proceso	N/A	N/A	N/A	N/A
	Energía eléctrica consumida durante el proceso [kWh]	0.046	0.013	N/A	N/A
	Duración del proceso [min]	0'11"	0'03"	N/A	N/A

Tabla 4.12 – Resumen de resultados – Detención – AE07

No existen restricciones operativas con respecto al **Tiempo Mínimo de Operación** previo a iniciar un proceso de detención, por lo tanto, este valor es cero. Asimismo, no existen restricciones para realizar un arranque tras completar un proceso de detención, por lo tanto, el **Tiempo Mínimo de Detención** es cero.



## 5 CONCLUSIONES

---

Se determinaron mediante ensayos los principales tiempos involucrados en los procesos de partida y detención del Parque Eólico Los Olmos.

Tanto el tiempo de partida como el de detención se encuentran en el orden de lo esperado para este tipo de tecnología y según el sustento provisto por el fabricante. Asimismo, se verifica un reducido consumo de energía en estos procesos tal como se espera para este tipo de tecnología.

De igual forma, la cantidad y el tipo de combustibles para los procesos de Partida y Detención no aplican debido al tipo de tecnología.


La tasa de toma de carga verificada cumple con el requerimiento de la NTSyCS de ser menor o igual al 20% de la potencia nominal.

No existen restricciones operativas con respecto al **Tiempo Mínimo de Operación** previo a iniciar un proceso de detención, por lo tanto, este valor es cero. Asimismo, no existen restricciones para realizar un arranque tras completar un proceso de detención, por lo tanto, el **Tiempo Mínimo de Detención** es cero.



## 6 ANEXOS

### 6.1 Certificado de calibración de medidor de potencia

 <p>FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA Universidad Nacional de Rosario</p>	<p><b>L.E.I.E.</b> <b>Laboratorio de Extensión de la Escuela de Ingeniería Eléctrica</b></p>	DEM-2049/21
	<p><b>ÁREA CALIBRACIONES</b> Av. Pellegrini 250 – Rosario Tel. 0341-480-2789 E-mail: leie@fceia.unr.edu.ar</p>	Folio 1 de 6

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**LUGAR DE CALIBRACIÓN:** LEIE

**OBJETO CALIBRADO:** Analizador marca ELSPEC BlackBox G4500  
N° 00-60-35-2D-E8-4F

**SOLICITANTE:** Estudios Eléctricos S.A.  
Dirección: Av. Jorge Newbery 8796 – (2000) Rosario  
Contacto: Ing. Pablo Rifrani  
Teléfonos: (341) 5680321  
CUIT: 30-70838907-9

**FECHA RECEPCIÓN DEL OBJETO:** 25/08/21

**FECHA CALIBRACIÓN DEL OBJETO:** 25/08/21

**ENSAYOS REALIZADOS:** Calibración del instrumento como medidor de tensión alterna en el alcance de 1000V a 50 Hz, de corriente alterna de 50 Hz en el alcance 6 A, como frecuencímetro y como medidor de potencia con 220 V, 110 V y 500V con 0,5 A, 1A , 2 A y 5 A y FP = 1 y FP= 0,5.

**METODOLOGÍA EMPLEADA:** Se los comparó contra el instrumento de referencia.

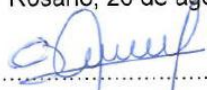
**PATRÓN DE REFERENCIA:** Calibrador Fluke 5522 A N° 4520901 trazable a patrones internacionales. Fotocopia de su certificado se adjunta en ANEXO "B" como folio 6 de 6. Termohigrómetro TER-01. Certificado emitido por AKRIBIS N° TER-01-210325.

**RESULTADOS:** Ver ANEXO "A" (Son cuatro folios)

**DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRE:** A solicitud del cliente, 1% del valor leído. Ver tablas de resultados en el Anexo "A".

**CONDICIONES AMBIENTALES:** Temperatura:  $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Humedad:  $(30 \pm 5) \%$

Rosario, 26 de agosto de 2021

  
 .....  
 Ing. Gonzalo López  
 \_\_\_\_\_  
**Director Técnico del Área Responsable de la Calidad**

Nota 1: Este informe no debe ser reproducido excepto en su totalidad, salvo aprobación escrita del LEIE.  
Nota 2: El usuario es responsable de la calibración del objeto a intervalos apropiados.





Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.