



**ESTUDIOS
ELECTRICOS**

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Colbún S.A.
Chile
Parque Eólico Horizonte Norte
Informe de Mínimo Técnico



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2024-206
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-1842
REVISIÓN A

17 feb. 25



Este documento **EE-EN-2024-1842-RA** fue preparado para Colbún S.A. por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Andrés Capalbo
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Claudio Celman
Sub-Gerente Dpto. Ensayos
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 70 páginas y ha sido guardado por última vez el 17/02/2025 por César Colignon; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	17.02.2025	Para presentar	NS/IC	CiC	AC

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



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
	1.1 Fecha ensayo y personal auditor	5
	1.2 Medidores utilizados	5
	1.3 Nomenclatura Utilizada	6
2	ASPECTOS NORMATIVOS	7
	2.1 Centrales renovables no convencionales sin capacidad de regulación	8
3	DESCRIPCIÓN DEL PARQUE.....	10
	3.1 Diagrama unilineal.....	10
	3.1.1 Subestación Elevadora	10
	3.1.2 Red Media Tensión	16
	3.2 Datos de los aerogeneradores.....	20
	3.3 Datos de los transformadores de bloque	22
	3.4 Datos del transformador principal.....	23
	3.5 Datos de los Consumos de SSAA	24
4	DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO	25
	4.1 Mínimo Técnico de planta	26
	4.1.1 Potencia Bruta	29
	4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares.....	29
	4.1.3 Potencia de Perdidas en la Central.....	29
	4.1.4 Potencia Neta.....	30
	4.1.5 Resultados	31
5	CONCLUSIONES	32
6	ANEXOS	33
	6.1 Certificados de calibración de medidor de energía	33
	6.2 Registro de aerogeneradores	35



1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Parque Eólico Horizonte Norte de acuerdo con lo establecido en el "Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras", cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 2.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados el día 21 de enero de 2025.

El Parque Eólico Horizonte Norte está ubicado en la región de Antofagasta, a 170 km al sur de la ciudad de Antofagasta y a 100 km al noreste de Taltal.

El proyecto consiste en la operación de la S/E Horizonte Norte y setenta (70) aerogeneradores marca Enercon modelo E-160 EP5 E3 r0 5.83 MW de capacidad nominal y 690 V de tensión de operación nominal cada uno, con una capacidad instalada de 408.1 MW.

Cada uno de los aerogeneradores cuenta con un transformador de bloque de relación 0.69 kV / 33 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$) y de capacidad 6.5 MVA que permite la inyección de la potencia generada hacia la red de media tensión, la cual está compuesta por 24 alimentadores de media tensión 33 kV. En 22 de ellos se conectan tres (3) aerogeneradores y en 2 de ellos se conectan dos (2) aerogeneradores.

Desde las barras de 33 kV del Parque Eólico Horizonte Norte, la potencia es evacuada a través de dos (2) transformadores elevadores de 33 kV / 220 kV ($\pm 10 \times 1.00\%$) de relación y de 220 MVA de capacidad cada uno ubicados en la S/E Horizonte Norte. La potencia es transferida hacia el sistema interconectado a través de una línea de 19 km que se conecta a la Subestación Parinas.

El parque cuenta con un control conjunto de planta compuesto por un dispositivo de monitorización (SCADA Edge Server) y un dispositivo de control marca Enercon, modelo FCU 2. Este sistema cuenta con los modos de control de tensión y tensión con droop, potencia reactiva, factor de potencia, potencia activa y regulación de frecuencia.

Es importante señalar que el siguiente informe considera los ensayos realizados sobre Parque Eólico Horizonte Norte, cuyo NUP es 1254 (Etapa 1). Durante la ejecución de las pruebas mostradas en el presente informe, el Parque Eólico Horizonte Norte contaba con uno de los aerogeneradores fuera de servicio.



1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. Gonzalo Espinosa Ing. Joaquín Aedo	21 de enero de 2025

Tabla 1.1 – Personal participante

1.2 Medidores utilizados

Denominación	Marca	Modelo	N° Serie
Analizador de red	BLACKBOX	G4500	00-60-35-2D-E8-4F

Tabla 1.2 – Equipos utilizados

El equipo presentado en la Tabla 1.2 se utilizó para registrar la **Potencia Neta** inyectada en el punto de interconexión. Su certificado de calibración se encuentra disponible en el Anexo 6.1.

Para el registro de **Potencia Bruta y velocidad del viento**, se cuenta con datos adquiridos mediante el SCADA de la central el cual cuenta con una tasa de muestreo de 1 minutos para todas las mediciones.

En cuanto al registro de **Servicios Auxiliares**, no ha sido posible el registro de sus variables eléctricas. Sin embargo, se presentan las memorias de cálculo asociadas a los consumos auxiliares en corriente alterna. Su valor es determinado en el capítulo 3.5.



1.3 Nomenclatura Utilizada

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

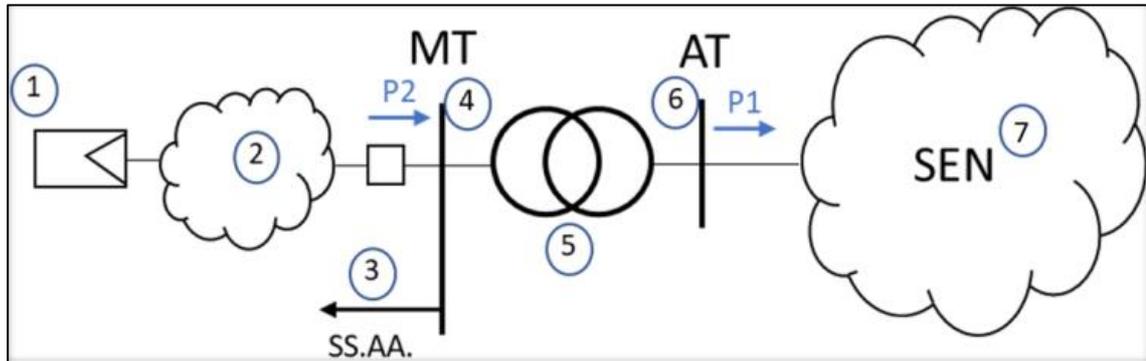


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

- 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 eólico, 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. Se corresponde con el punto de Potencia Neta para efectos de la determinación de los parámetros operacionales.
- 7. Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**
 - **P1:** Potencia inyectada por el parque eólico en la barra de alta tensión de su subestación de salida.
 - **P2:** Potencia inyectada por el parque eólico en la barra de media tensión de su subestación de salida.



2 ASPECTOS NORMATIVOS

El “**Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras**” establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la unidad.

Se determinan valores de Mínimo Técnico, tal que, en el POI se tenga el valor más cercano a 0 MW. El objetivo es determinar este valor con el mínimo número de aerogeneradores en servicio con los que se pueda operar.

Se aclara que el PPC cuenta con la capacidad de ir apagando aerogeneradores de forma controlada hasta lograr la operación de mínima generación con el mínimo número de aerogeneradores.

La “Guía Técnica DCO N°01-2024: Recomendaciones para la elaboración de los informes de Determinación de los Parámetros Operacionales de Unidades Generadoras Renovables no Convencionales y Sistemas de Almacenamiento de Energía” indica directrices y sugerencias para dar completitud a los ensayos e informes de las pruebas de Mínimo Técnico. En el caso particular del parque eólico se destaca el capítulo 8.1.



2.1 Centrales renovables no convencionales sin capacidad de regulación

- a) El objetivo de la prueba de MT es determinar la condición de mínima inyección estable de la central, tal que en el lado de alta tensión del transformador elevador, se tenga un valor lo más cercano a 0 MW. En este caso el objetivo es determinar el MT bajo una condición de operación con el mínimo número de inversores o aerogeneradores en servicio con los que puede operar.
- b) La Potencia Activa Bruta mínima, debe mantenerse en forma permanente, segura, continua y estable inyectando energía al SI. Para ello, la prueba de la central completa, debe durar al menos 1 hora. Sin perjuicio de lo anterior, el experto técnico podrá evaluar las características de las unidades para establecer el tiempo de duración de la prueba, pudiendo ser este distinta al mencionado, lo que deberá quedar consignado tanto en los protocolos como en el cuerpo del informe.
- c) En el caso de PE y PFV, el informe deberá contener los datos y registros gráficos de Potencia Activa Bruta, irradiancia (fotovoltaicas), temperatura (fotovoltaicas) y velocidad del viento (eólicas), según corresponda, de las 24 horas del día de la prueba de toda la planta.
- d) En el caso de PE y PFV, además de los resultados de la prueba de la central completa, deberá complementar los resultados de los ensayos con tabla con los datos de la Potencia Activa Bruta y/o Neta de los inversores del PFV y los aerogeneradores, de un periodo de 15 minutos en operación estable a MT, que se encontraban operativos durante la prueba considerando lo indicado en el punto C del Anexo 1.
- e) Cabe destacar que la potencia mínima, no implica necesariamente, la operación de un solo inversor, o aerogenerador al mínimo, pudiendo ser necesario la operación de más de uno para permanecer en la condición de inyectar en el lado del lado de alta del transformadore elevador, y no absorber potencia desde la red. La medición se debe realizar en el punto de alta tensión del transformador elevador.
- f) Los informes de las centrales PFV y PE deberán indicar explícitamente el mecanismo con que el controlador (PPC) realiza la reducción de la Potencia Activa Neta, mediante el apagado y/o pausado de inversores y/o aerogeneradores, indicando si la acción es realizada de forma automática o requiere apagado o pausado en forma manual. En el caso que las maniobras sean manuales, deberá especificar si el operador de planta está capacitado y habilitado para realizar dichas maniobras en caso de ser requeridas por el CDC.
- g) Las acciones manuales mencionadas en el literal previo se refieren a aquellas que pueden ser realizadas por el operador desde la sala de control de la central durante la operación normal de la central. Lo anterior implica que el operador ejecute manualmente la acción de pausa o apagado de los inversores del PFV o aerogeneradores, de modo de lograr una operación estable, inyectando lo más cercana a los 0 MW en el lado de alta tensión del transformador elevador (Potencia Neta). En el informe, se deberá



describir las acciones necesarias para que el parque llegue al punto antes indicado, entregando los antecedentes técnicos de respaldo de la configuración del PPC.

- h)** Dentro de los antecedentes técnicos se deberá incluir las prestaciones del controlador, su filosofía de control y diferentes modos de operación habilitadas para este, en función de respaldar toda eventual limitación que el controlador pudiese tener.
- i)** El informe debe contener en sus conclusiones una tabla de resultados tal como se indica en el punto 8.4. Además, estos valores deben ser consistentes con la notación del Anexo 1.
- j)** En el informe y en las Conclusiones, se debe indicar la cantidad mínima de inversores o aerogeneradores en servicio para lograr la condición de MT.



3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico Horizonte Norte está ubicado en la región de Antofagasta, a 170 km al sur de la ciudad de Antofagasta y a 100 km al noreste de Taltal.

El proyecto consiste en la operación de la S/E Horizonte Norte y setenta (70) aerogeneradores con una capacidad instalada de 408.1 MW.

Cada uno de los aerogeneradores cuenta con un transformador de bloque de relación 0.69 kV / 33 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$) y de capacidad 6.5 MVA que permite la inyección de la potencia generada hacia la red de media tensión, la cual está compuesta por 24 alimentadores de media tensión 33 kV. En 22 de ellos se conectan tres (3) aerogeneradores y en 2 de ellos se conectan dos (2) aerogeneradores.

Desde las barras de 33 kV del Parque Eólico Horizonte Norte, la potencia es evacuada a través de dos (2) transformadores elevadores de 33 kV / 220 kV ($\pm 10 \times 1.00\%$) de relación y de 220 MVA de capacidad ubicados en la S/E Horizonte Norte. La potencia es transferida hacia el sistema interconectado a través de una línea de 19 km que se conecta a la Subestación Parinas.

Es importante señalar que el siguiente informe considera los ensayos realizados sobre Parque Eólico Horizonte Norte, cuyo NUP es 1254. Durante la ejecución de las pruebas mostradas en el presente informe, el Parque Eólico Horizonte Norte contaba con uno de los aerogeneradores fuera de servicio.

3.1 Diagrama unilineal

3.1.1 Subestación Elevadora

A continuación, desde la Figura 3.1 a la Figura 3.4 se presenta el diagrama unilineal de la S/E Horizonte Norte, por la cual el Parque Eólico inyecta potencia hacia el Sistema Interconectado a través de una línea de transmisión de 19 km que conecta a la S/E Parinas. Los recuadros **verdes** de la Figura 3.4 muestran los transformadores elevadores de la Subestación.

Por otro lado, en la Figura 3.5 se muestra el diagrama unilineal de la S/E Parinas, en el cual se observa la interconexión de las subestaciones Parinas, Horizonte Norte y Horizonte Sur. En los recuadros **rojos** se destacan los transformadores de SSAA asociados al parque eólico.

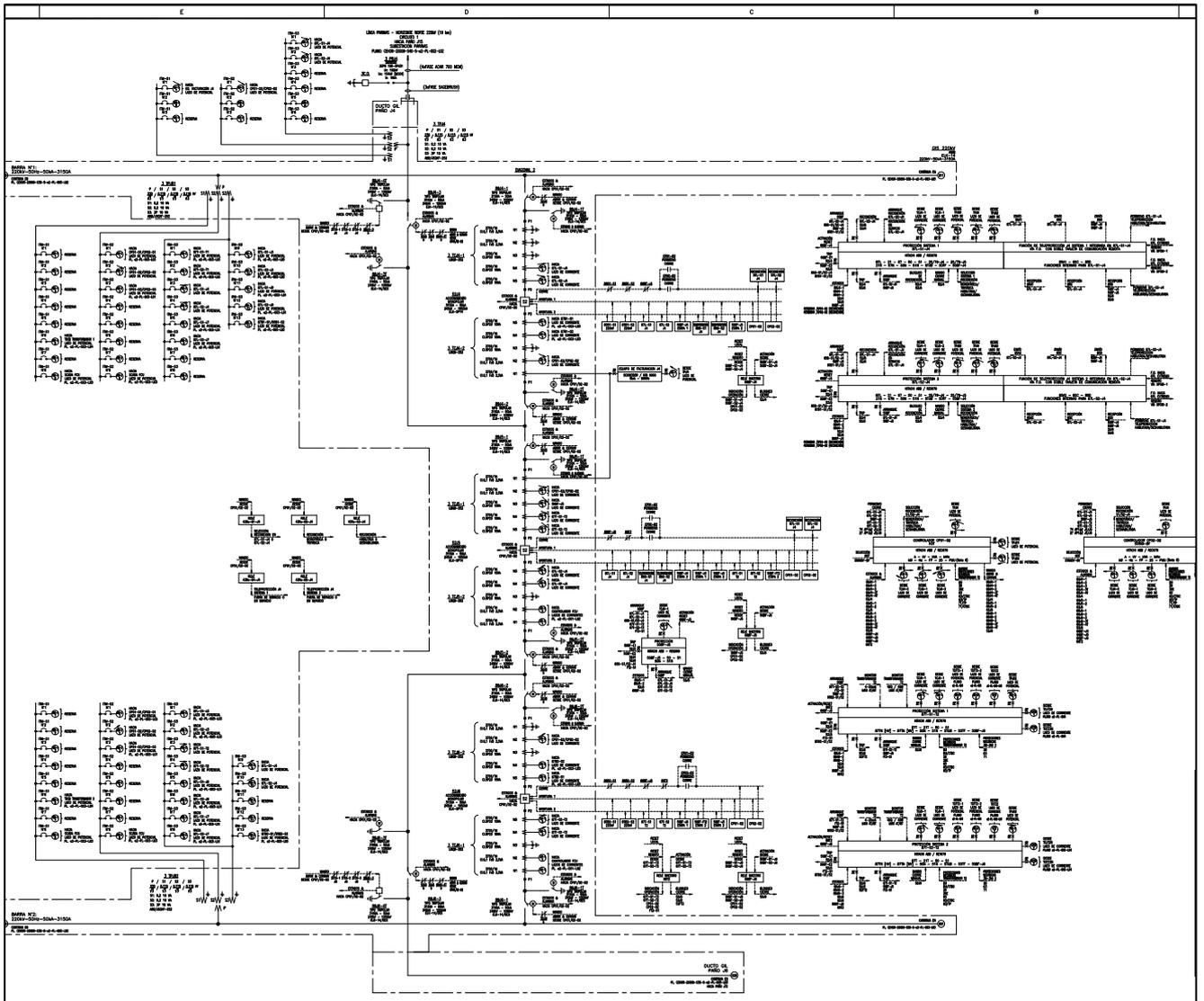


Figura 3.2 – Diagrama unilineal 5/E Horizonte Norte 2 de 4

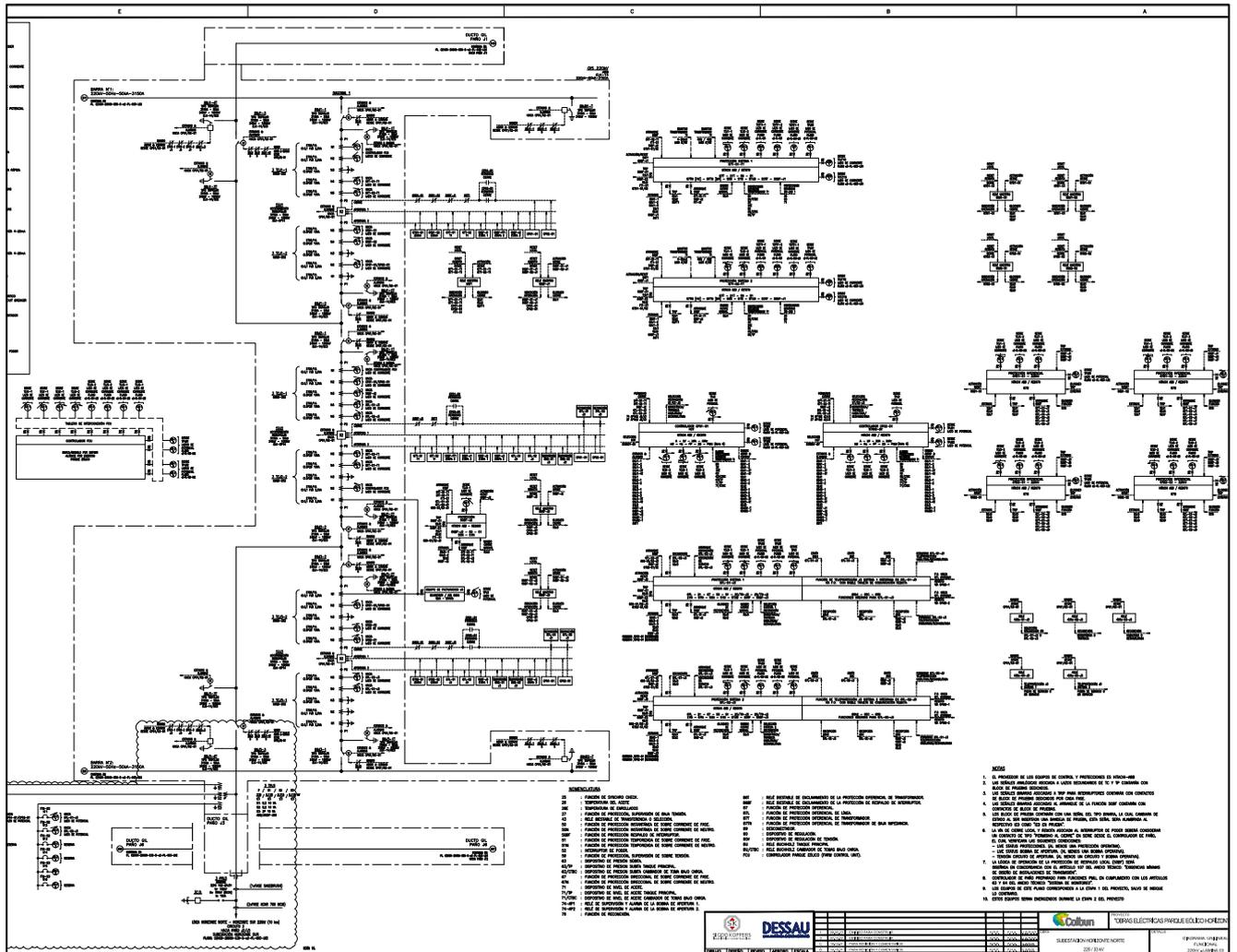


Figura 3.3 – Diagrama unilíneal S/E Horizonte Norte 3 de 4

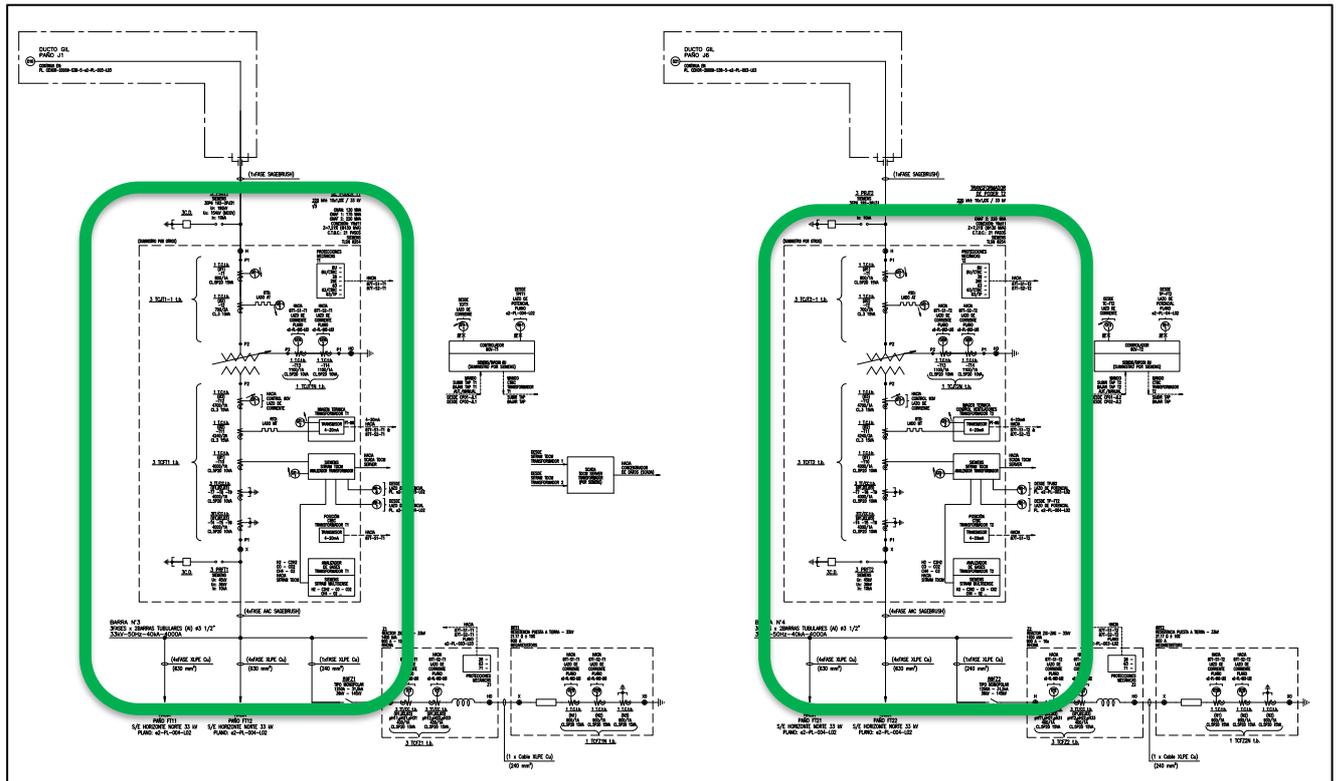


Figura 3.4 – Diagrama unilíneal S/E Horizonte Norte 4 de 4

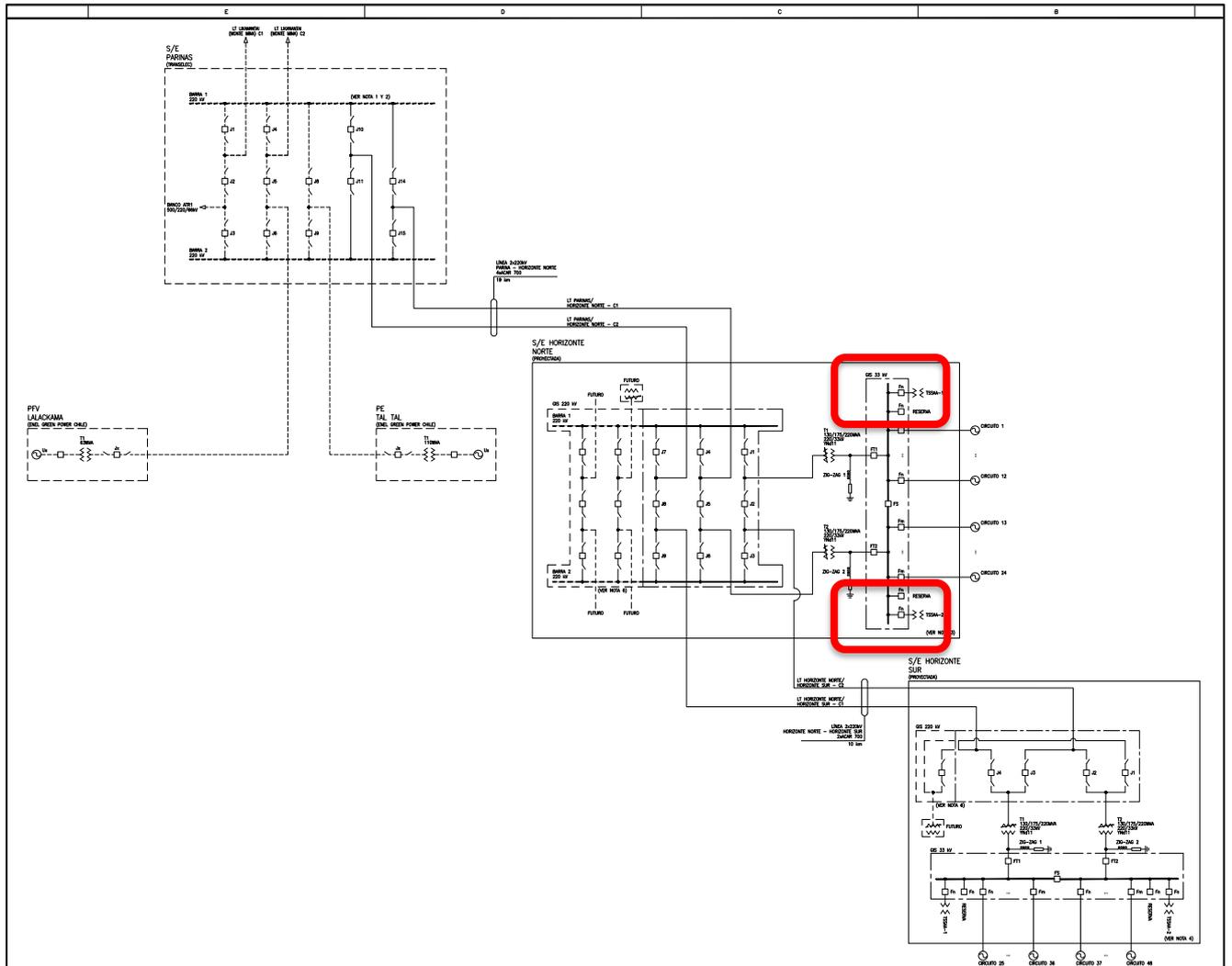


Figura 3.5 – Diagrama unilineal S/E Parinas, Horizonte Norte y Sur.



3.1.2 Red Media Tensión

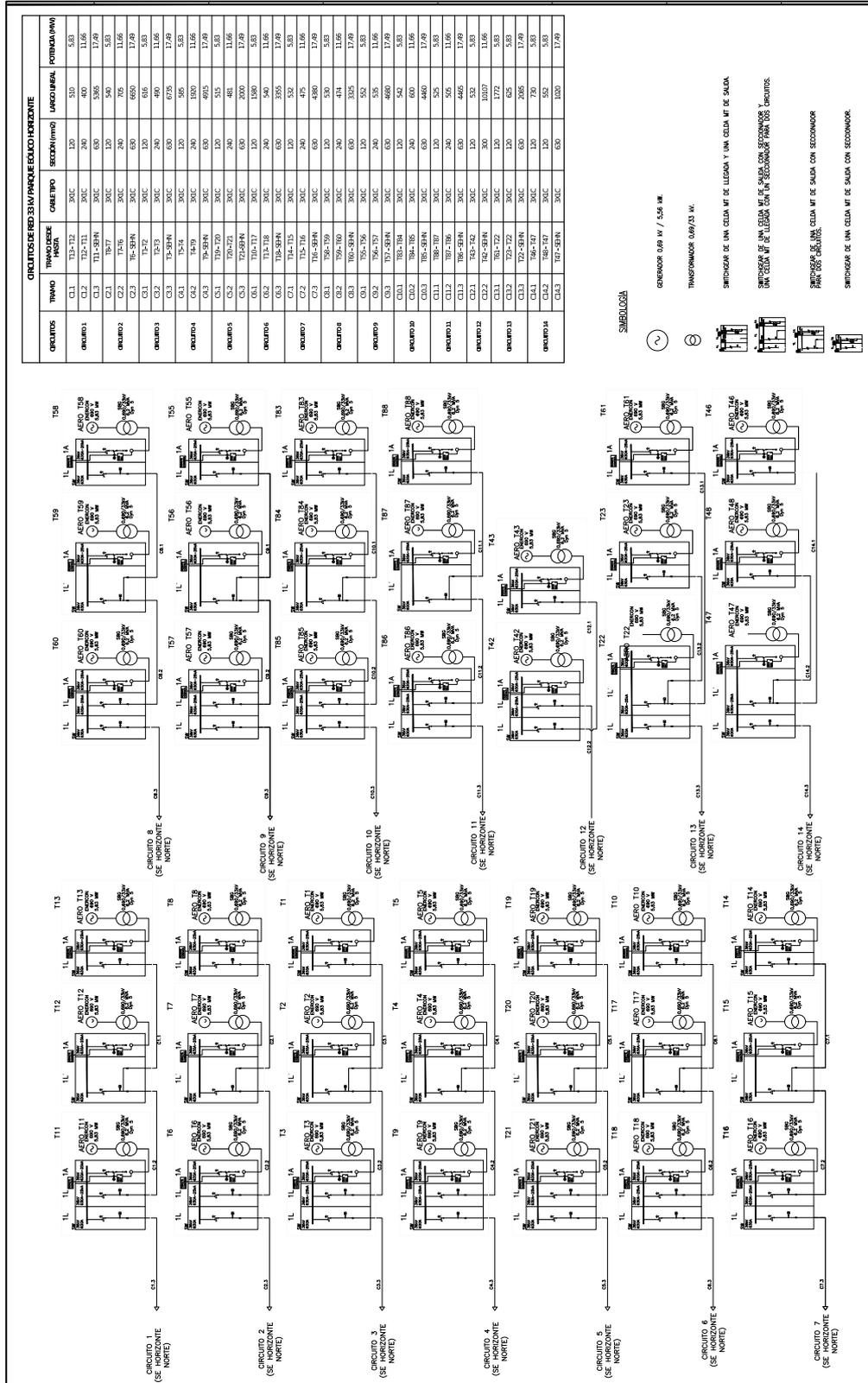
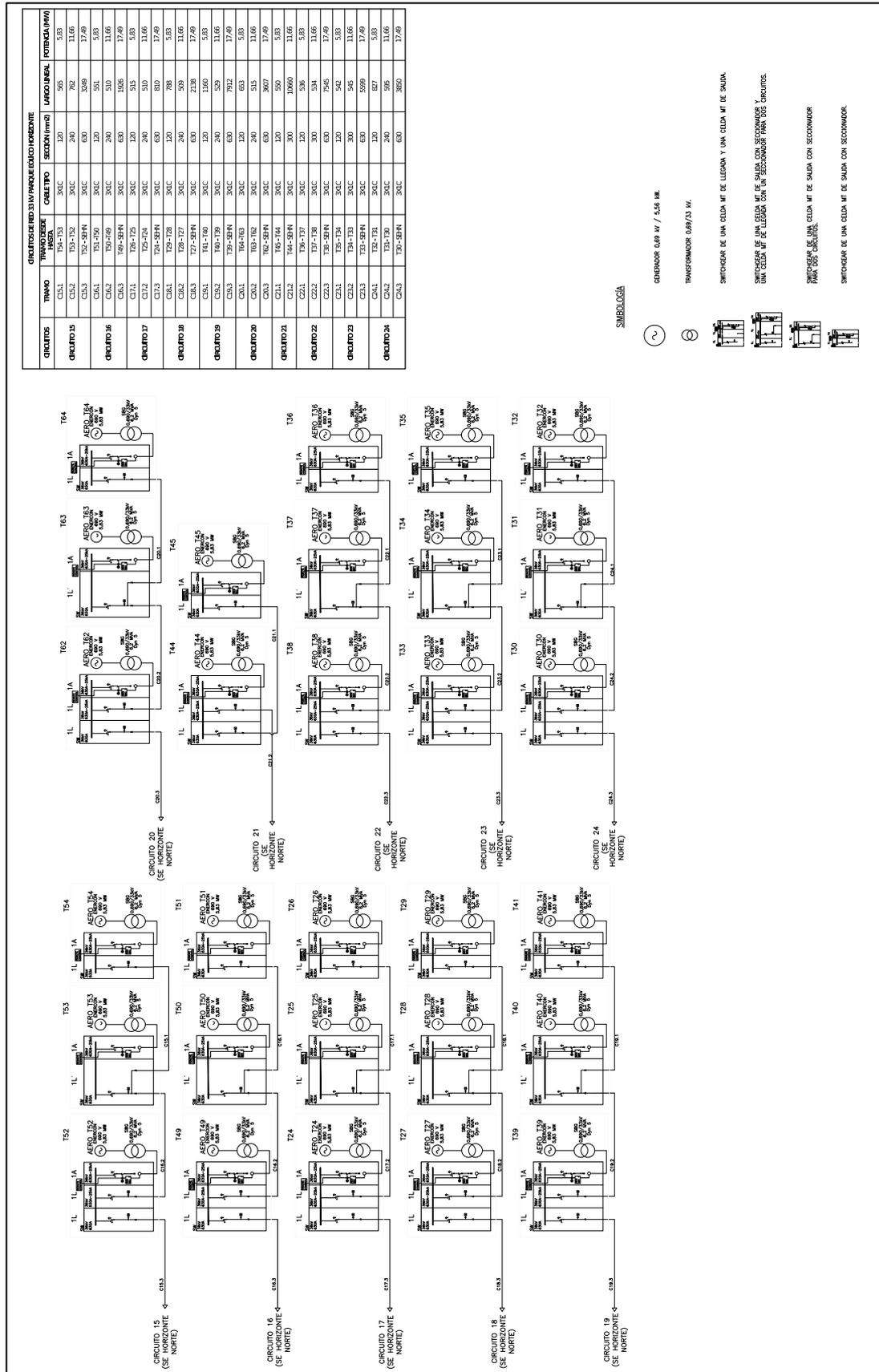


Figura 3.6 – Diagrama red MT PE Horizonte 1 de 4



Simbología

- Generador 0,69 kV / 3,56 MW
- Transformador 0,69/13 kV
- Switchgear de una celda MT de llegada y una celda MT de salida
- Switchgear de una celda MT de salida con secundarios y una celda MT de llegada con un secundario para los circuitos
- Switchgear de una celda MT de salida con secundario para los circuitos
- Switchgear de una celda MT de salida con secundario

Figura 3.7 – Diagrama red MT PE Horizonte 2 de 4

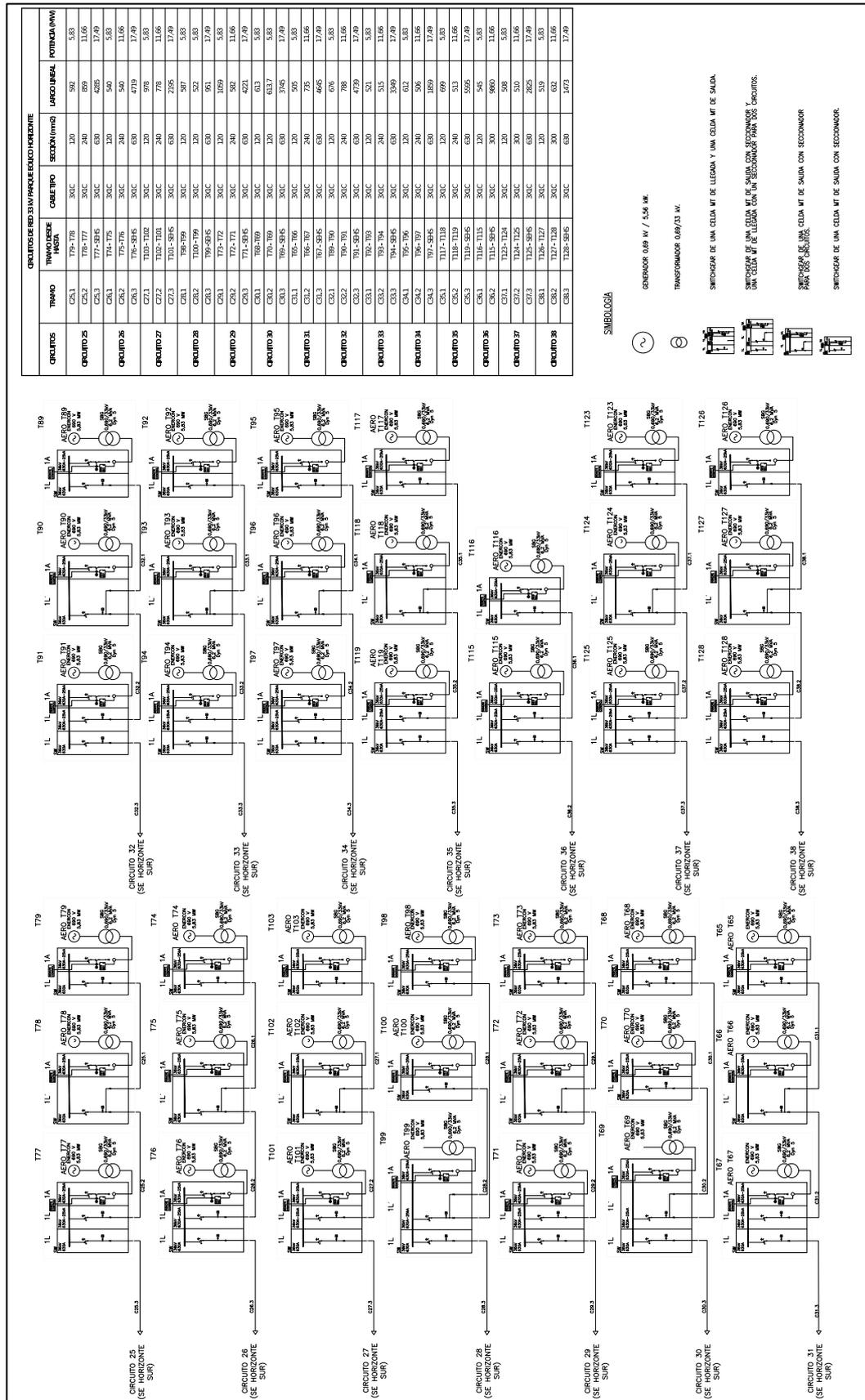


Figura 3.8 – Diagrama red MT PE Horizonte 3 de 4

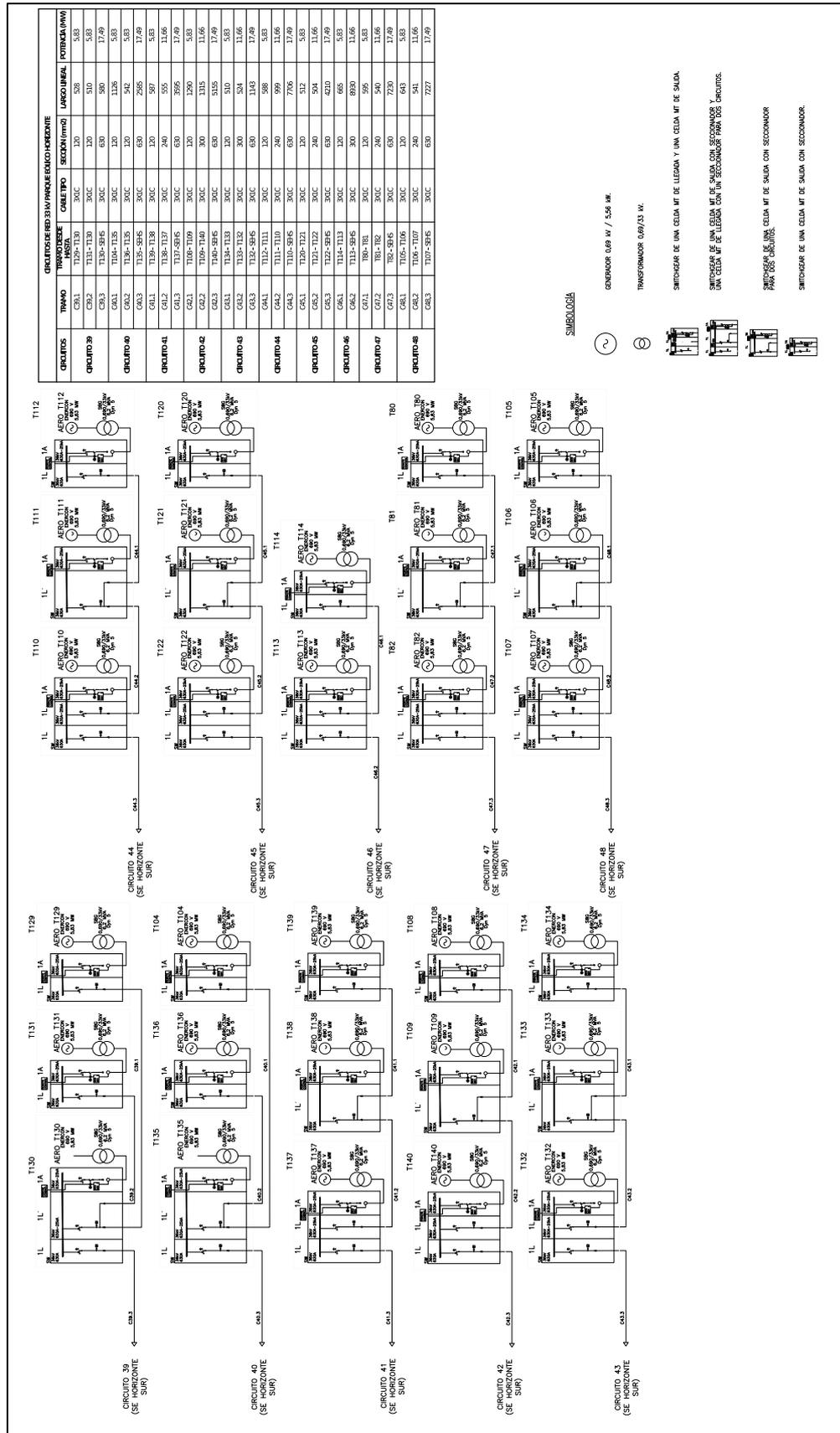


Figura 3.9 – Diagrama red MT PE Horizonte 4 de 4



3.2 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico Horizonte Norte cuenta con 70 aerogeneradores marca ENERCON modelo E-160 EP5 E3 r0, de una capacidad nominal de 5.83 MW y de 690 V de tensión nominal. Los aerogeneradores son del tipo 4, es decir, generadores de imanes permanentes que cuentan con un convertidor de potencia que interconecta los terminales del generador a l transformador de bloque.

Characteristics		Value
Nominal frequency	f_n	50 Hz
		60 Hz
Nominal active power	P_n	5830 kW
Nominal reactive power	Q_n	2800 kvar
Rated apparent power	S_{max}	6500 kVA
Nominal voltage	U_n	690 V
Nominal current	I_n	4878 A
Rated current	I_{max}	5439 A
Maximum initial symmetrical short-circuit current	$I_{k'' ,max}$	5600 A
Maximum initial periodic short-circuit current	$I_{p,max}$	13300 A
Maximum symmetrical breaking current	$I_{b,max}$	5600 A
Maximum continuous short-circuit current	$I_{k,max}$	5600 A
Number of power cabinets	-	2

Figura 3.10 – Hoja de datos del aerogenerador Enercon modelo E-160 EP5 E3 r0

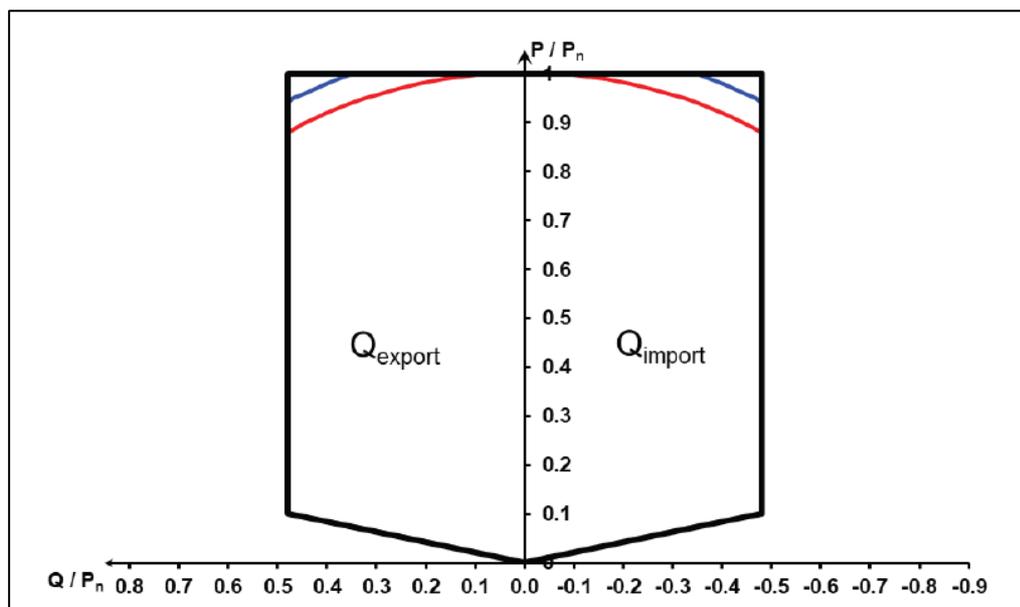


Figura 3.11 – Curva de capacidad del aerogenerador Enercon modelo E-160 EP5 E3 r0



Característica		Valor	Unidad
Potencia nominal (modos de funcionamiento en optimización de potencia) ³	Nivel máximo de potencia acústica (modos de funcionamiento en optimización de potencia)	5560	106,8 kW dB(A)
Potencia nominal (modos de funcionamiento en optimización de ruido)	Nivel máximo de potencia acústica (modos de funcionamiento en optimización de ruido)	2934	94,5
		3578	98,0
		4153	101,1
		4343	102,0
		4532	102,9
		4715	103,7
		4901	104,5
		5091	105,2
5284	106,0		
Velocidad de viento nominal (modo de funcionamiento con optimización de potencia)		13,5	m/s
Velocidad nominal de giro (modo de funcionamiento con optimización de potencia)		9,5	rpm
Consigna de velocidad (modo de funcionamiento en optimización de potencia) ⁴		9,6	rpm
Velocidad de arranque ³		2,5	m/s
Velocidad de corte (promedio de 10 minutos) ³		28	m/s
Velocidad mínima de la alimentación de potencia ⁵		4,4	rpm
Velocidad máxima de giro en vacío		2,4	rpm
Consumo propio mínimo (promedio de 15 minutos)		13	kW
Consumo propio máximo (promedio de 15 minutos)		17	kW
Rango de funcionamiento ⁵ Con equipamiento estándar		-20 hasta +40	°C

Figura 3.12 – Consumos propios del aerogenerador Enercon modelo E-160 EP5 E3 r0

En base a la información presentada, se considera un consumo propio de 13 kW para los efectos de la prueba de mínimo técnico.



3.3 Datos de los transformadores de bloque

El Parque Eólico Horizonte Norte cuenta con setenta (70) transformadores de bloque. Su relación de transformación es de 0.69 / (33 \pm 2x2.5%) kV y de 6.5 MVA de capacidad nominal.

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

Parámetro	Valor
Potencia nominal	6.5 MVA
Refrigeración	KFWF
Tensión nominal lado HV	33 kV
Tensión nominal lado LV	0.69kV
Grupo de conexión	Dy5
Impedancia	8.0 %
Pérdidas en carga	54 kW
Pérdidas en vacío	3.5 kW
Posiciones de TAP	$\pm 2 \times 2.5 \%$

Tabla 3.1 – Datos de los transformadores de bloque de los aerogeneradores



3.4 Datos del transformador principal

El Parque Eólico Horizonte Norte cuenta con dos (2) transformadores elevadores ubicados en la S/E Horizonte Norte. Cada transformador posee una potencia nominal de 220 MVA y cuentan con un devanado de media tensión de 33 kV y un arrollamiento de alta tensión de 220 kV. Los transformadores poseen cambiador de tomas bajo carga.

A continuación, se presentan los parámetros más relevantes para el modelado de los transformadores.

Parámetro	Valor
Potencia nominal	220 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF1/ONAF2
Tensión nominal lado HV	220 kV
Tensión nominal lado LV	33 kV
Grupo de conexión	YNd11
Impedancia	12.21%
Pérdidas en carga	623.4 kW
Pérdidas en vacío	86 kW
Posiciones de TAP	±10 x 1.0 %

Tabla 3.2 – Datos del transformador elevador 1

Parámetro	Valor
Potencia nominal	220 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF1/ONAF2
Tensión nominal lado HV	220 kV
Tensión nominal lado LV	33 kV
Grupo de conexión	YNd11
Impedancia	12.20%
Pérdidas en carga	626.3 kW
Pérdidas en vacío	84.8 kW
Posiciones de TAP	±10 x 1.0 %

Tabla 3.3 – Datos del transformador elevador 2



3.5 Datos de los Consumos de SSAA

El Parque Eólico Horizonte Norte cuenta con un cuenta con dos transformadores de poder de 300 kVA de potencia aparente nominal para alimentar sus servicios auxiliares. Estos transformadores cuentan con un devanado de baja tensión de 0.4 kV y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

En el documento "CEHOR-20009-S38-5-e1-MC-012_1_SCO" (adjunto) se presentan las memorias de cálculo asociadas a los consumos auxiliares en corriente alterna y en corriente continua respectivamente.

En la Figura 3.13 se presentan los resúmenes de cargas asociadas a los servicios auxiliares de corriente alterna. De lo presentado se aprecia que el total de consumos esenciales es de 93.926 kW, valor que será utilizado en el presente informe.

CUADRO DE CARGAS SERVICIOS AUXILIARES C.A. CONSUMO ESENCIALES							
CASA DE SERVICIOS GENERALES							
Item	ITM	Descripción	Cant.	Potencia Unitaria [W]	Factor de utilización ku	Factor de simultaneidad ks	Potencia Total [W]
1	CA02-001	Cargador de baterías N°1 110Vcc	1	24.444	0,5	1,0	12.222
2	CA02-002	Cargador de baterías N°2 110Vcc	1	24.444	0,5	1,0	12.222
3	CA02-003	Calefacción y alumbrado armario Control y Protección - Diagonal 1	4	100	0,9	1,0	360
4	CA02-004	Calefacción y alumbrado regulador de tensión T1	1	100	0,9	1,0	90
5	CA02-005	Alimentación Transformador de poder T1 (*)	1	15.800	0,5	0,9	7.110
6	CA02-006	Calefacción y alumbrado armario Control y Protección - Diagonal 2	4	100	0,9	1,0	360
7	CA02-007	Calefacción y alumbrado regulador de tensión T2	1	100	0,9	1,0	90
8	CA02-008	Alimentación Transformador de poder T2 (*)	1	15.800	0,5	0,9	7.110
9	CA02-009	Calefacción y alumbrado armario Control y Protección - Diagonal 3	4	100	0,9	1,0	360
10	CA02-010	Calefacción y alumbrado armario Protección Diferencial Barra 1	1	100	0,9	1,0	90
11	CA02-011	Calefacción y alumbrado armario Protección Diferencial Barra 2	1	100	0,9	1,0	90
12	CA02-012	Calefacción y alumbrado armario SSAA	1	100	0,9	1,0	90
13	CA02-013	Calefacción y alumbrado armario MUX	1	100	0,9	1,0	90
14	CA02-014	Calefacción armario concentrador de datos	1	200	0,9	1,0	180
15	CA02-015	Calefacción armario SCADA (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
16	CA02-016	Calefacción armario COMM Cabinet (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
17	CA02-017	Calefacción armario Posible Application (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
18	CA02-018	Calefacción armario TI y Sistema de Vigilancia Tecnológica (Colbun)	1	100	0,9	1,0	90
19	CA02-019	Calefacción armario controlador FCU E2 (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
20	CA02-020	Calefacción y alumbrado armario Splice Cabinet (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
21	CA02-021	Calefacción y alumbrado armario Interfaces Ópticas (Enercon)	1	100	0,9	1,0	90
22	CA02-022	Tablero de distribución CA GIS 220 kV - Esencial	1	3.750	0,9	1,0	3.375
23	CA02-023	Sistema de detección y extinción de incendios Sala	1	300	0,9	1,0	270
24	CA02-024	Calefacción y Fuerza grupo electrógeno	1	750	0,9	1,0	675
25	CA02-025	Sistema de Intrusión	1	750	0,9	1,0	675
26	CA02-026	Tablero de distribución Alumbrado y Fuerza Galpón GIS 220kV - Esencial	1	15.480	0,9	0,9	12.539
27	CA02-027	Tablero de distribución CA Alumbrado y Fuerza Casa SS.GG. - Esencial (**)	1	14.492	0,9	0,9	11.739
28	CA02-028	Tablero de distribución CA Alumbrado y Fuerza Patio - Esencial	1	5.033	0,9	0,9	4.077
29	CA02-029	Tablero de distribución CA Alumbrado y Fuerza Sala MT 33kV - Esencial (***)	1	16.194	0,7	0,9	10.202
30	CA02-030	Calefacción y alumbrado armario C&P - Diagonal 4 (FUTURO)	4	100	0,9	1,0	360
31	CA02-031	Calefacción y alumbrado armario C&P - Diagonal 5 (FUTURO)	4	100	0,9	1,0	360
32	CA02-032	Calefacción y alumbrado regulador de tensión T3 (FUTURO)	1	100	1,0	1,0	100
33	CA02-033	Alimentación Transformador de poder T3 (FUTURO)(*)	1	15.800	0,5	0,9	7.110
34	CA02-034	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
35	CA02-035	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
36	CA02-036	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
37	CA02-037	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
38	CA02-038	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
39	CA02-039	Reservas	1	500	0,9	0,5	225
TOTAL CONSUMO ESENCIAL							93.926

Figura 3.13 – Consumo SSAA Parque Eólico Horizonte Norte



4 DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO

El “**Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras**” establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de las unidades.

Para la prueba de Mínimo Técnico realizada, se reportan los valores de potencia según se desglosan en la siguiente tabla de resultados, las definiciones se encuentran a continuación.

Central/Unidad	Mínimo Técnico [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Mínimo Neta [MW]
PE Horizonte Norte	(1)	(2)	(3)	(4)

Tabla 4.1 – Tabla resumen de valores a presentar

- (1) Potencia Bruta:** Corresponde a la sumatoria de potencia bruta medida directamente en bornes de las unidades de generación con sus consumos propios.
- (2) Potencia de SS. AA:** Corresponde a la suma de los consumos propios promedio de cada aerogenerador estimados en MW x Cantidad de aerogeneradores (considerando todos los aerogeneradores en servicio), más los SS.AA. de la central.
- (3) Pérdidas en la central:** Corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central (MW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.
- (4) Potencia Neta del parque:** Potencia inyectada en la S/E Horizonte Norte 220 kV (POI).



4.1 Mínimo Técnico de planta

El día 21 de enero de 2025 se realizó el ensayo de Mínimo Técnico de planta. Durante la ejecución de las pruebas, el Parque Eólico Horizonte Norte contaba con uno de los aerogeneradores fuera de servicio, es decir, con 69 aerogeneradores del parque en servicio.

Se incrementó gradualmente la consigna de potencia hasta alcanzar el punto en que el parque dejó de consumir energía y comenzó a generar. El PPC se encarga de activar automáticamente los aerogeneradores necesarios para mantener dicha condición, asegurando una operación estable del parque. Se aclara que en dicha condición de operación el parque alcanza un punto de inyección estable de 0.34 MW en su POI.

Se presentan a continuación los registros correspondientes. En la Figura 4.1 se muestra la potencia neta medida (P_{NETA}) durante 1 hora de prueba. Se destaca con la línea segmentada roja la media de potencia activa registrada.

En tanto, en la Figura 4.2 se muestra la potencia sumada medida de todos los aerogeneradores (P_{WTG}) y Se destaca con la línea segmentada roja la media de potencia activa registrada, en la sección 6.2 se muestra el registro de cada aerogenerador durante la prueba. Notar que existen turbinas que se encuentran entregando energía y otras que se encuentran marginalmente absorbiendo energía de la red para cubrir sus consumos propios, cabe aclarar que la media presentada en la Figura 4.2 considera a la totalidad de unidades ya que todas se encuentran conectadas y en condición de generar.

El controlador de planta permite reducir de forma controlada la producción del parque hasta la condición presentada sin la necesidad de desconectar unidades.

En la Figura 4.3 se muestra el registro de velocidad de viento promedio registrados durante el período de prueba completa. En la línea roja segmentada se aprecia la media para el período considerado. Finalmente, en la Figura 4.4 se muestra el registro de velocidad de viento del día completo del ensayo de Mínimo Técnico, enmarcando el período de prueba efectiva.

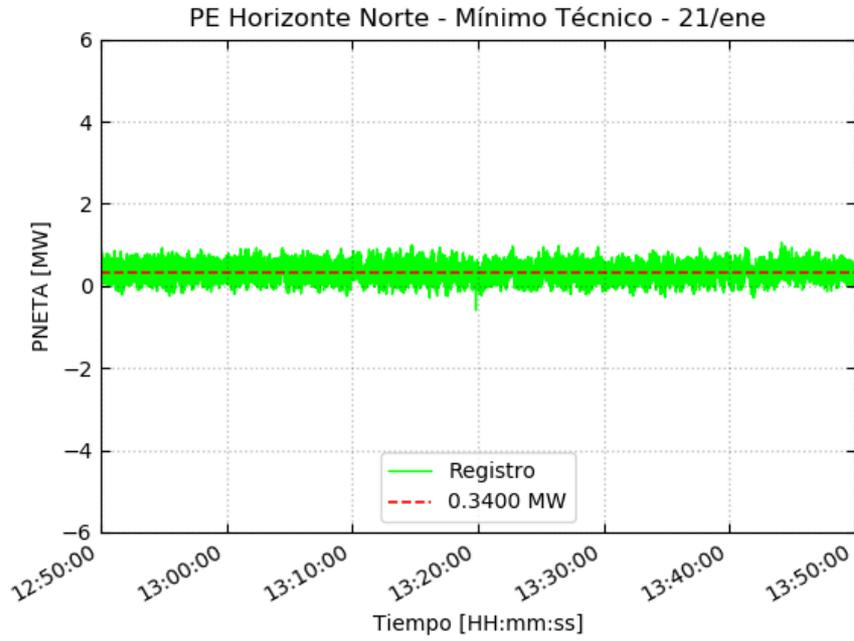


Figura 4.1 – Potencia neta – Planta completa

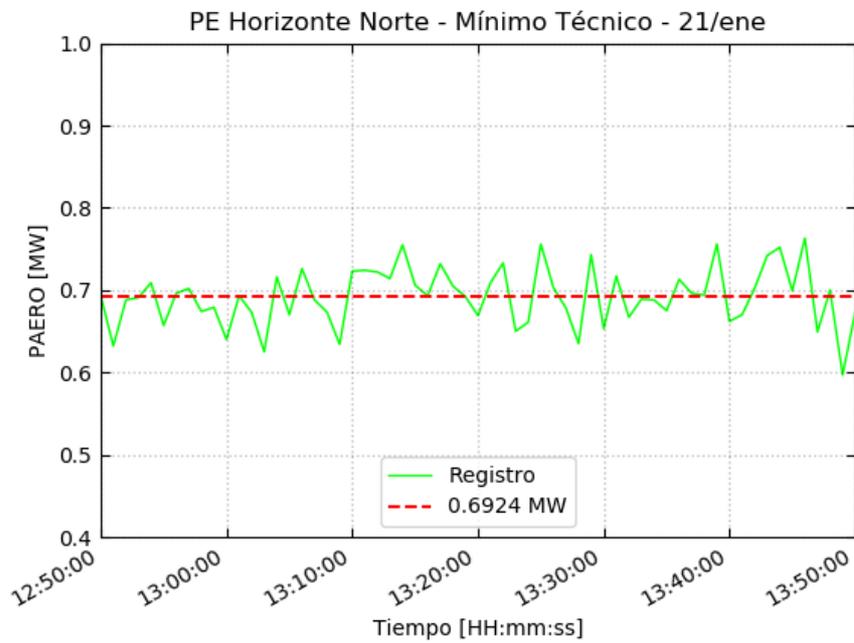


Figura 4.2 - Potencia de aerogeneradores – Planta completa

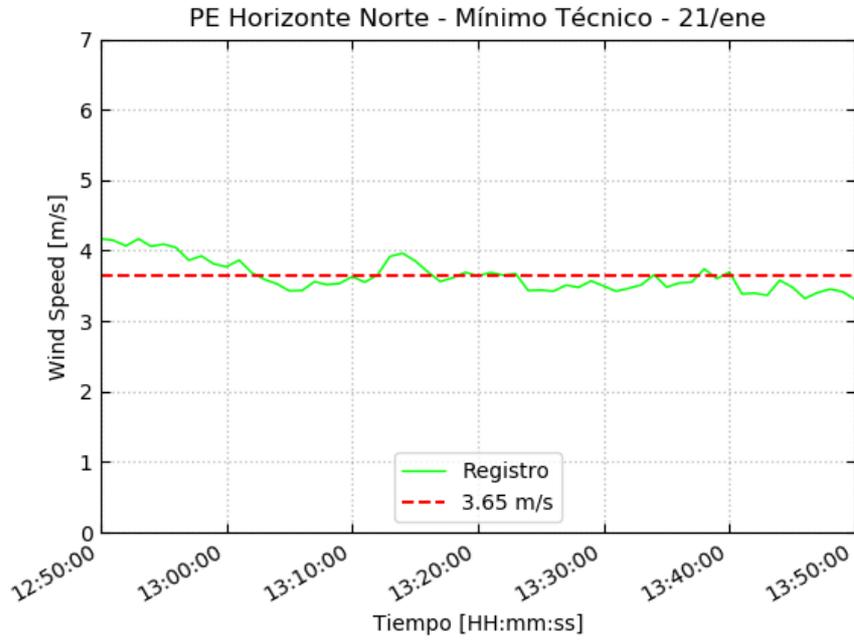


Figura 4.3 – Velocidad de viento durante pruebas de mínimo técnico

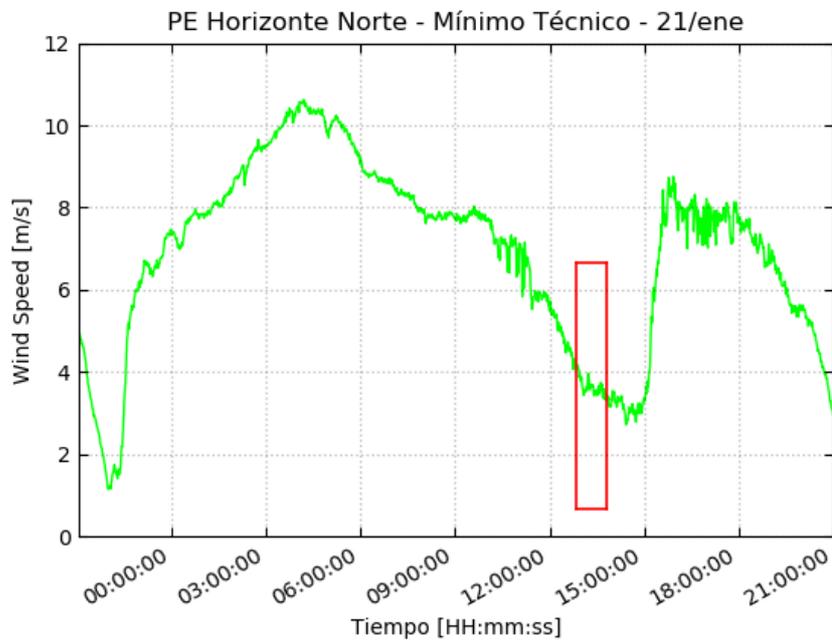


Figura 4.4 – Velocidad de viento día completo



4.1.1 Potencia Bruta

La medición de potencia presentada en la Figura 4.2, se realiza en bornes de los equipos y ya se encuentran descontados los consumos propios del aerogenerador. Estos consumos se estiman en 13 kW (para la condición de mínimo técnico) según se observa en la Figura 3.12. El valor de **Potencia Bruta** se obtiene según la siguiente expresión.

$$P_{bruta} = P_{WTG} + N^{\circ} WTG \times \text{Consumos propios}$$

$$P_{bruta} = 0.6924 \text{ MW} + 69 \times 13 \text{ kW} = 1.5894 \text{ MW}$$

4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La **Potencia de Servicios Auxiliares** (P_{SSAA}) corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador estimados en MW x Cantidad de aerogeneradores (considerando todos los aerogeneradores en servicio al momento de las pruebas) más los Consumos de SSAA dimensionados en la Sección 3.5.

Según se observa en la Figura 3.12, el consumo interno de cada aerogenerador se estima en 13 kW. En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

$$P_{SSAA} = N^{\circ} WTG \times \text{Consumos Propios} + P_{Consumo,SSAA}$$

$$P_{SSAA} = 69 \times 13 \text{ kW} + 93.926 \text{ kW} = 0.9909 \text{ MW}$$

4.1.3 Potencia de Pérdidas en la Central

En base a las mediciones realizadas, el valor de pérdidas de la central queda determinado en base a las mediciones realizadas durante el ensayo de Mínimo Técnico, considerando la diferencia entre la potencia bruta medida, los consumos del transformador de servicios auxiliares ($P_{tr,SSAA}$) y la potencia neta.

$$P_{perd,central} = P_{WTG} - P_{tr,SSAA} - P_{NETA}$$

$$P_{perd,central} = 0.6924 \text{ MW} - 93.926 \text{ kW} - 0.3400 \text{ MW} = 0.2585 \text{ MW}$$

El valor de **Potencia de Pérdidas en la central** debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal ($P_{Perd,tr_{ppal}}$)
- Pérdidas en red colectora de media tensión ($P_{Perd,redMT}$)



En la Tabla 3.2 y Tabla 3.3 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga de los transformadores principales, cabe mencionar que el valor de pérdidas en carga está referido a la condición de potencia nominal del equipo y deben ser determinadas en la condición particular de carga particular del ensayo. La expresión de pérdidas del transformador principal es la siguiente.

$$P_{Perd,tr_{ppal}} = Pérdidas_{carga} + Pérdidas_{vacío}$$

Las pérdidas en carga en este escenario se pueden aproximar a 0.0 kW, ya que el nivel de carga de los transformadores principales es menor al 0.1% y, por lo tanto, las pérdidas en los transformadores principales quedan dadas por la siguiente expresión.

$$P_{Perd,tr_{ppal1}} = 0.0 \text{ kW} + 86.0 \text{ kW} = 86.0 \text{ kW}$$

$$P_{Perd,tr_{ppal2}} = 0.0 \text{ kW} + 84.8 \text{ kW} = 84.8 \text{ kW}$$

$$P_{Perd,tr_{ppal}} = P_{Perd,tr_{ppal1}} + P_{Perd,tr_{ppal2}} = 0.1708 \text{ MW}$$

En tanto, el valor de pérdidas en la red colectora queda determinado por la siguiente ecuación.

$$P_{Perd,redMT} = P_{Perd,central} - P_{Perd,tr_{ppal}}$$

$$P_{Perd,redMT} = 0.2585 \text{ MW} - 0.1708 \text{ MW}$$

$$P_{Perd,redMT} = 0.0877 \text{ MW}$$

4.1.4 Potencia Neta

La **Potencia Neta** del Parque Eólico Horizonte Norte corresponde a la potencia inyectada en la barra de 220 kV de la S/E Horizonte Norte (POI). Se obtiene un mínimo de operación estable de 0.3400 MW.

$$P_{Neta} = 0.3400 \text{ MW}$$



4.1.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados. Se presentan los resultados para la condición de ensayo del Parque Eólico Horizonte Norte considerando el parque en operación, pero con un aerogenerador fuera de servicio.

Central/Unidad	Mínimo Técnico [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Mínimo Neta [MW]
PE Horizonte Norte	1.5894	0.9909	0.2585	0.3400

Tabla 4.2 – Parámetros de Mínimo Técnico Parque Eólico Horizonte Norte



5 CONCLUSIONES

En el presente informe, se ha determinado el valor de **Mínimo Técnico** del Parque Eólico Horizonte Norte. Se ha determinado este valor considerando el parque en operación, pero con un aerogenerador fuera de servicio.

Se incrementó gradualmente la consigna de potencia hasta alcanzar el punto en que el parque dejó de consumir energía y comenzó a generar. El PPC se encarga de activar automáticamente los aerogeneradores necesarios para mantener dicha condición, asegurando una operación estable del parque. Se aclara que en dicha condición de operación el parque alcanza un punto de inyección estable de 0.34 MW en su POI.

Se destaca que para que el parque llegue al punto de operación de mínimo técnico, el operador deberá acceder al SCADA y consignar el mínimo técnico. El controlador conjunto de planta ajusta **automáticamente** el número de aerogeneradores necesarios para mantener esta potencia de forma estable.

Además, se destaca la imposibilidad de alcanzar un valor de 0 MW en el POI por medio del control conjunto de planta utilizado por el operador.

La Tabla 5.1 resume los resultados obtenidos.

Central/Unidad	Mínimo Técnico [MW]	SS.AA. [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Mínimo Neta [MW]
PE Horizonte Norte	1.5894	0.9909	0.2585	0.3400

Tabla 5.1 – Parámetros de Mínimo Técnico Parque Eólico Horizonte Norte

Para la Tabla 5.1 se tiene el siguiente desglose:

- (1) Considera la operación del parque eólico con 69 aerogeneradores en servicio, con capacidad de generar.
- (2) Corresponde a la suma de los SS.AA. comunes a la central y los consumos propios de las unidades.
- (3) Este valor corresponde a las pérdidas en el sistema colector en media tensión (0.0877 MW) y de los transformadores de poder (0.1708 MW).
- (4) Potencia inyectada en el punto de interconexión ubicado en la barra de 220 kV de S/E Horizonte Norte.



6 ANEXOS

6.1 Certificados de calibración de medidor de energía

DATOS GENERALES							
Cliente	ESTUDIOS ELECTRICOS CHILE S.A.			Fecha de certificación	24 de junio de 2024		
Dirección	Manquehue norte #160, Las Condes			Fecha próxima certificación	24 de junio de 2025		
Contacto	Jorge Leiss			Temperatura y Humedad	21 ± 2 °C --- 38 ± 10 %		
Email	jorge.leiss@estudios-electricos.com						
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO							
Tipo	Marca	Modelo	Numero Serie				
Analizador de red	BLACKBOX	G4500	00-60-35-2D-E8-4F				
INSTRUMENTOS UTILIZADOS							
Instrumento	Marca	Modelo	Numero Serie				
Multímetro	RSPRO	RSDM-9061	344B033G2				
SHUNT	Sin Marca	400A/50mV	5558581				
Medida de tensión alterna (V)							
Escala	RSDM-9061	G4500	G4500	G4500	Error	Incertidumbre	Observaciones
VAC	VAC	VAC	VAC	VAC	Absoluto	Expandida K=2	-----
20	20,001	20,000	20,000	20,000	-0,001	0,0007	-----
40	40,003	40,002	40,002	40,002	-0,001	0,0007	-----
60	60,002	60,000	60,000	60,000	-0,002	0,0013	-----
80	80,002	80,000	80,000	80,000	-0,002	0,0013	-----
100	100,003	100,001	100,001	100,001	-0,002	0,0013	-----
Medida de corriente alterna							
Escala	RSDM-9061	G4500	G4500	G4500	Error	Incertidumbre	Observaciones
IAC	IAC	IAC	IAC	IAC	Absoluto	Expandida K=2	-----
20	20,158	20,152	20,153	20,155	-0,006	0,0042	-----
50	50,362	50,357	50,359	50,340	-0,005	0,0035	-----
80	80,145	80,131	80,133	80,137	-0,0014	0,0099	-----

Los resultados entregados solo representan a la unidad ensayada por el Laboratorio de Ensayos D.L.T. No haciéndose responsable por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este Informe
contactodlt@gmail.com

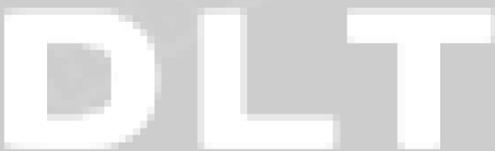
Figura 6.1 – Certificado de calibración Blackbox G4500 (1 de 2)





NOTAS

1. El instrumento muestra estabilidad en todas sus mediciones
2. Los instrumentos utilizados se encuentran calibrados y con trazabilidad bajo norma NCH-ISO 17025
3. Los resultados de la calibración están relacionados con el ítem calibrado, referidos al momento y condiciones en las cuales fueron realizadas las mediciones
4. La Incertidumbre expandida ha sido estimada multiplicando la incertidumbre estándar por un factor de cobertura aproximadamente k=2. El valor del mensurando se encuentra dentro del intervalo indicado de valores con una probabilidad del 95%



Junio de 2024
ESTUDIOS_001_BLACKBOX G4500
(Próxima certificación, junio de 2025)

Claudio Machuca

Firmado digitalmente por Claudio Machuca
DN: cn=Claudio Machuca, gn=Claudio Machuca, co=CL, O=IE, C=CL, Chile
o=DIELECTRIC LAB TESTING
ou=DLT, e=claudio@dl.cl
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2024.06.24 15:30:04.00

Realizado Por
Técnico de Laboratorio de Ensayo

Antonio Ibarra

Firmado digitalmente por Antonio Ibarra
DN: cn=Antonio Ibarra, gn=Antonio Ibarra, co=CL, O=IE, C=CL, Chile
o=DIELECTRIC LAB TESTING
ou=DLT, e=antoni@dl.cl
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2024.06.24 15:30:04.00

Revisado Por:
Ingeniero de Laboratorio de Ensayo



ESTUDIOS ELECTRICOS ESTUDIOS_

Los resultados entregados solo representan a la unidad ensayada por el Laboratorio de Ensayos D.L.T. No haciéndose responsable por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este Informe
contactodlt@gmail.com

Figura 6.2 – Certificado de calibración Blackbox G4500 (2 de 2)



6.2 Registro de aerogeneradores

En la presente sección se muestra el registro de cada aerogenerador para la prueba de Mínimo Técnico con planta completa.

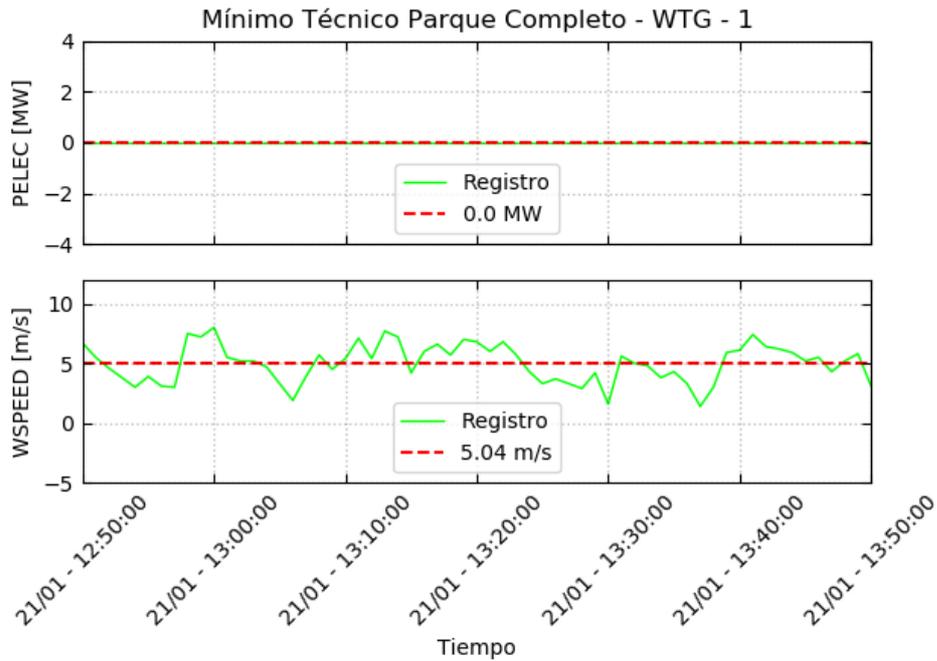


Figura 6.3 – Registro aerogenerador 1 – Mínimo Técnico Planta completa

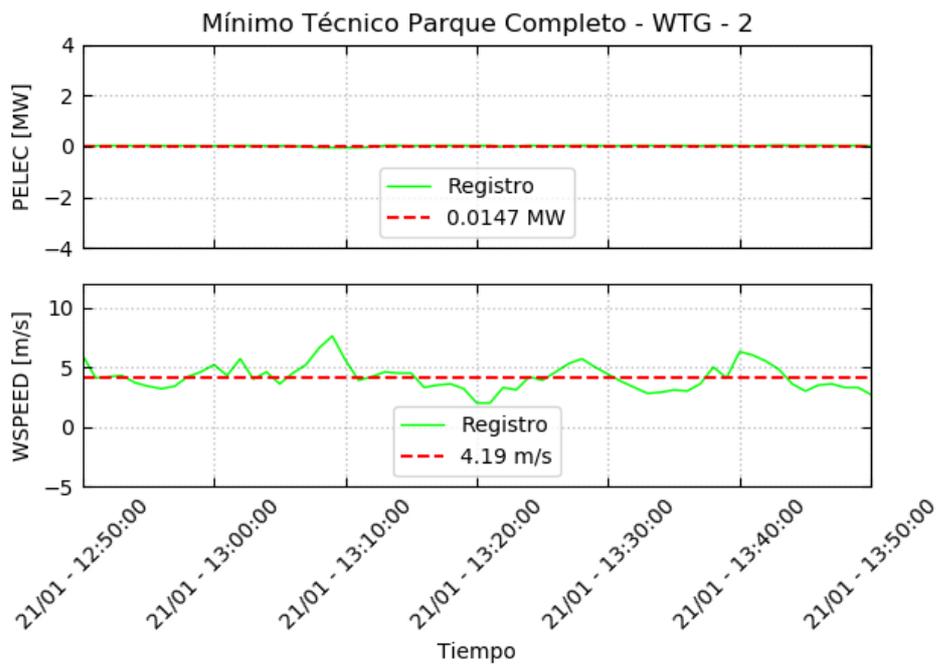


Figura 6.4 – Registro aerogenerador 2 – Mínimo Técnico Planta completa

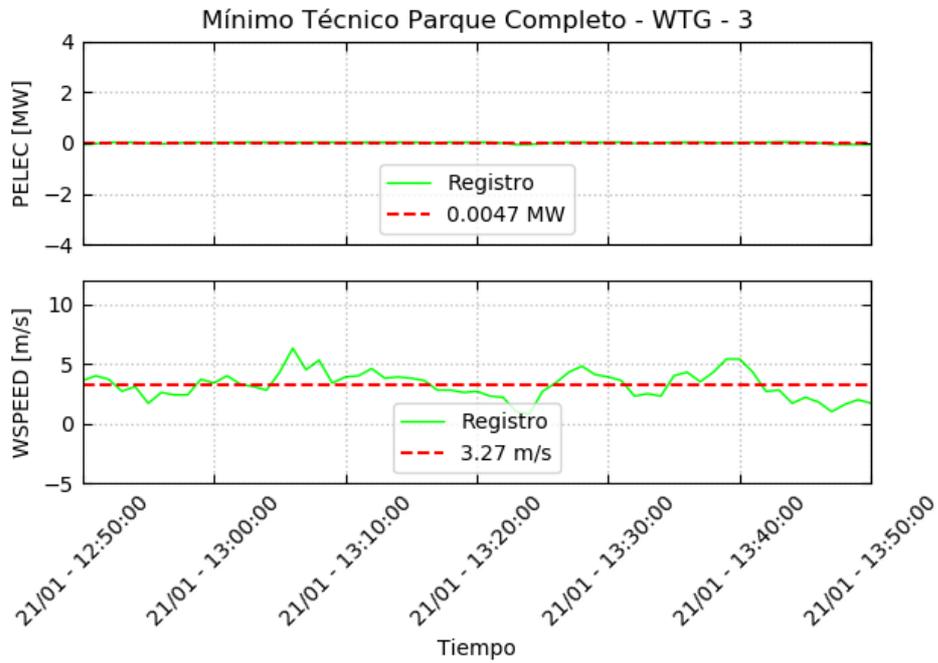


Figura 6.5 – Registro aerogenerador 3 – Mínimo Técnico Planta completa

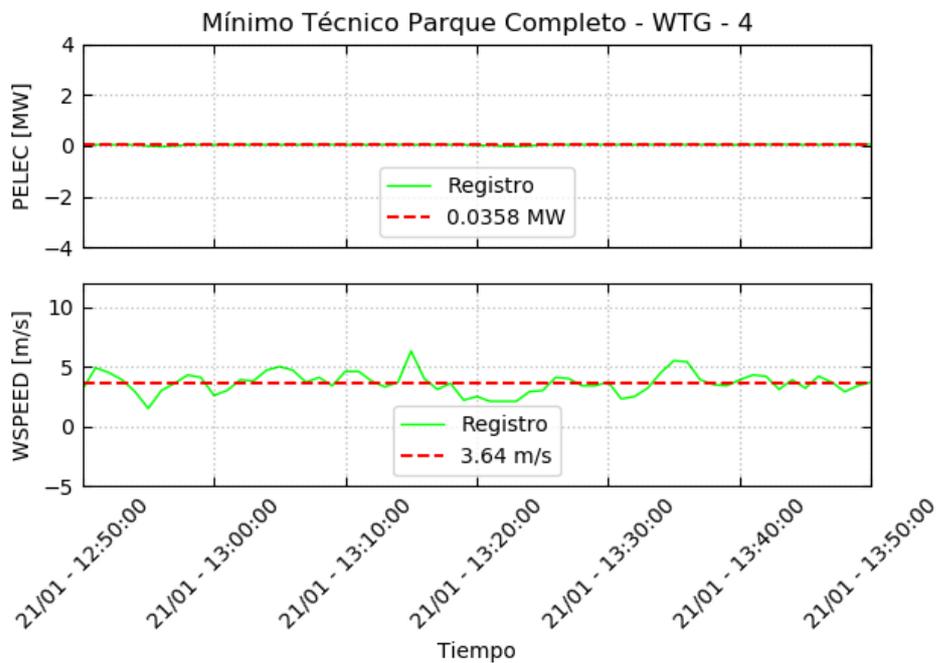


Figura 6.6 – Registro aerogenerador 4 – Mínimo Técnico Planta completa

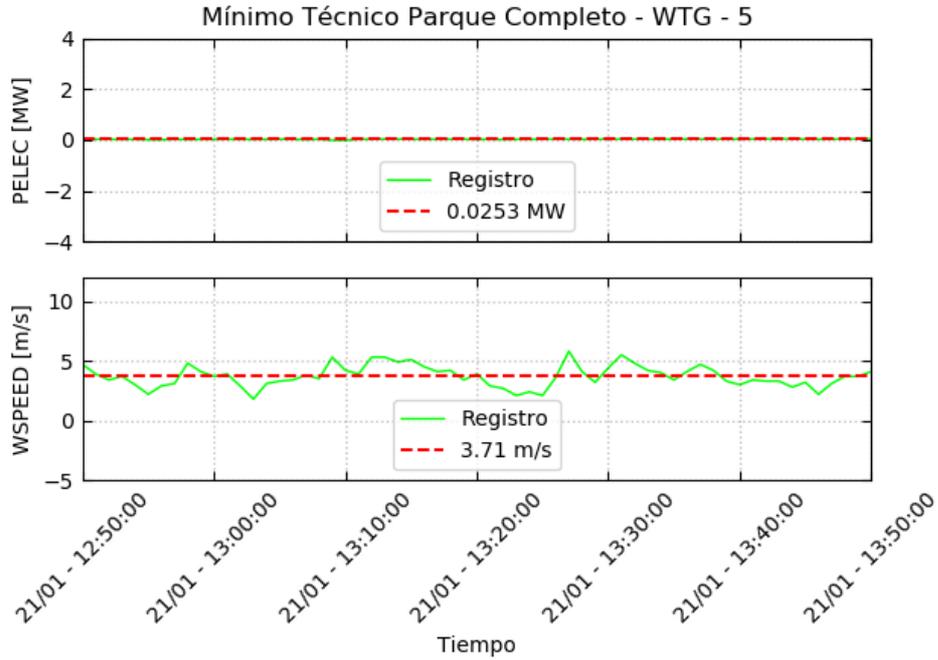


Figura 6.7 – Registro aerogenerador 5 – Mínimo Técnico Planta completa

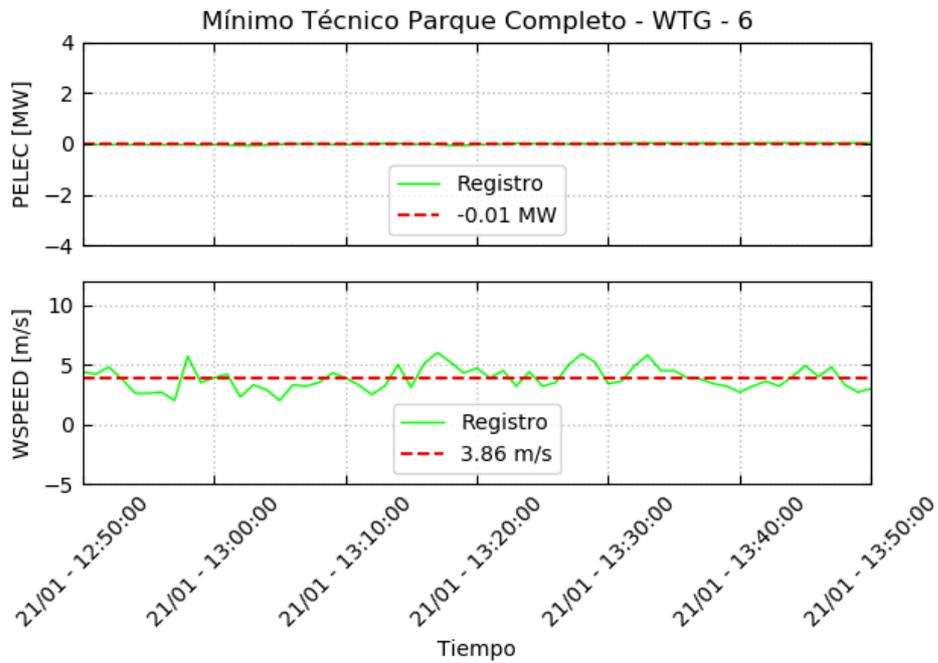


Figura 6.8 – Registro aerogenerador 6 – Mínimo Técnico Planta completa

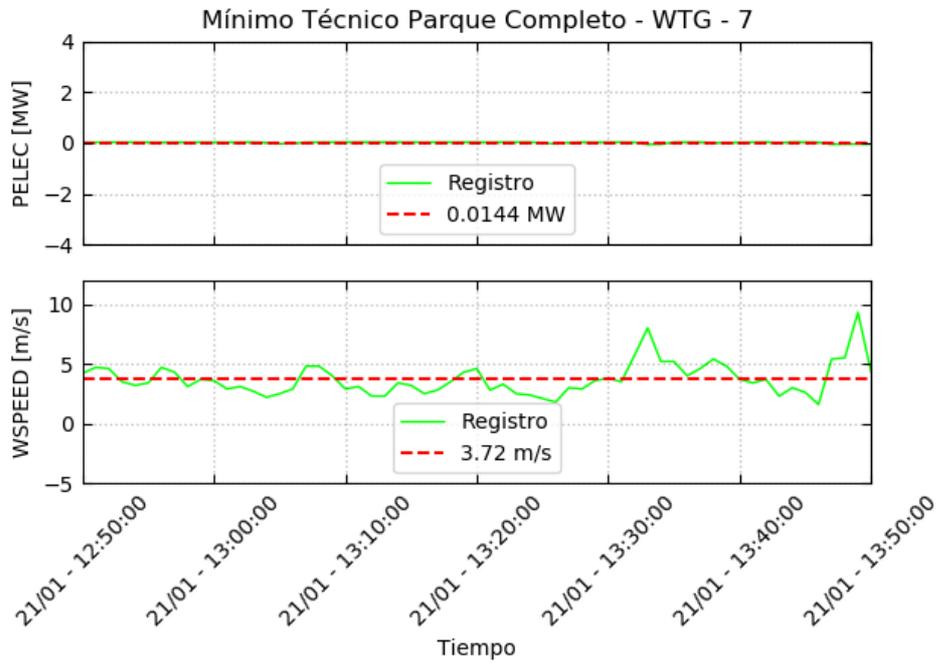


Figura 6.9 – Registro aerogenerador 7 – Mínimo Técnico Planta completa

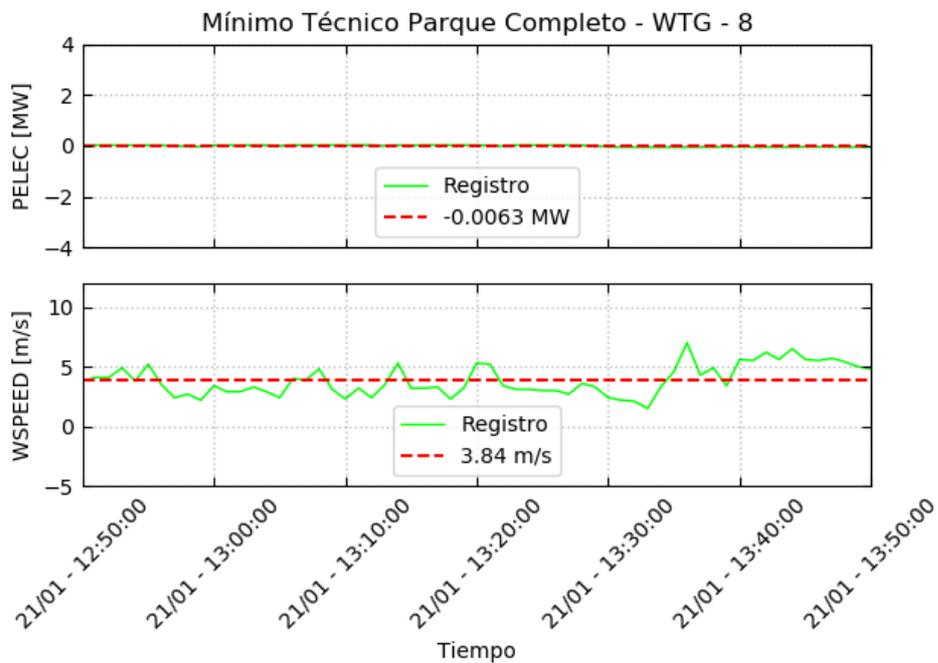


Figura 6.10 – Registro aerogenerador 8 – Mínimo Técnico Planta completa

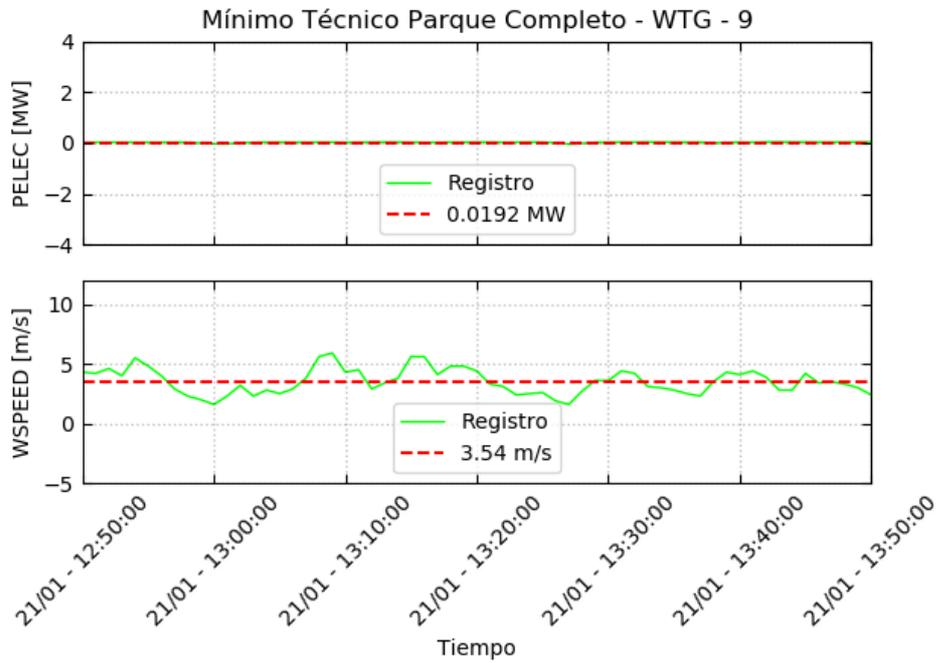


Figura 6.11 – Registro aerogenerador 9 – Mínimo Técnico Planta completa

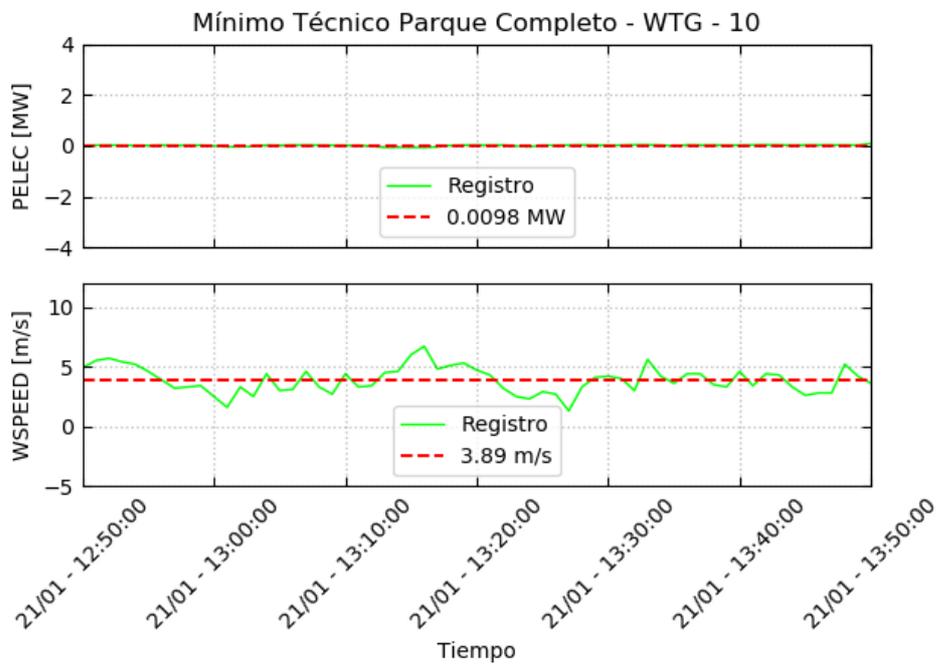


Figura 6.12 – Registro aerogenerador 10 – Mínimo Técnico Planta completa

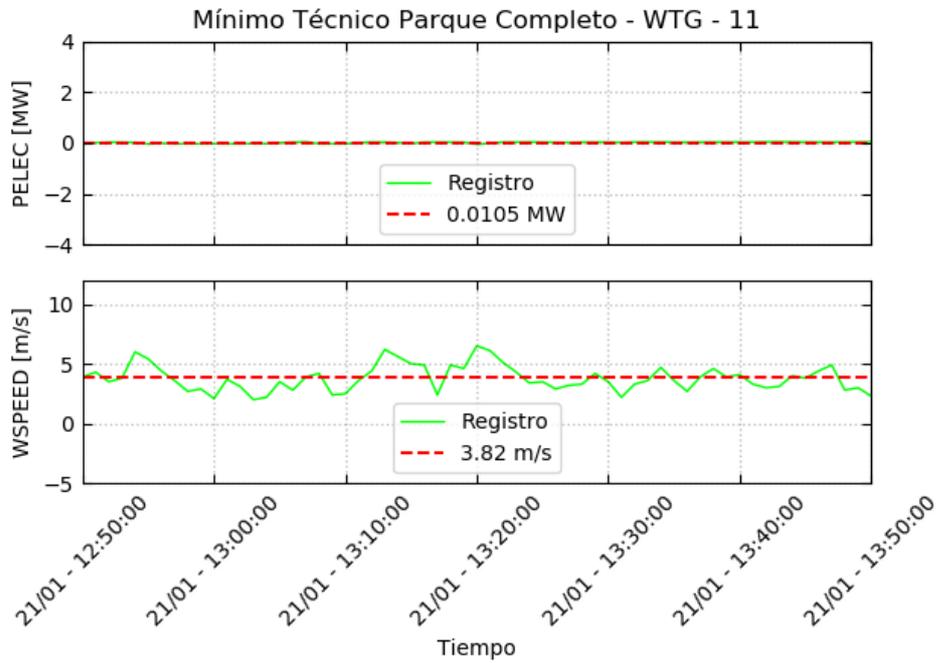


Figura 6.13 – Registro aerogenerador 11 – Mínimo Técnico Planta completa

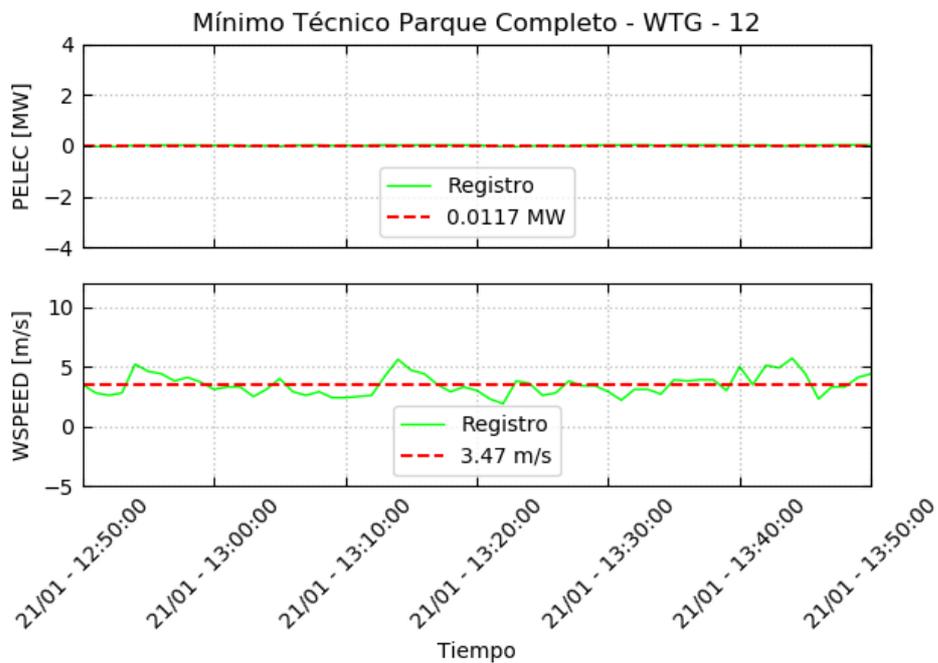


Figura 6.14 – Registro aerogenerador 12 – Mínimo Técnico Planta completa

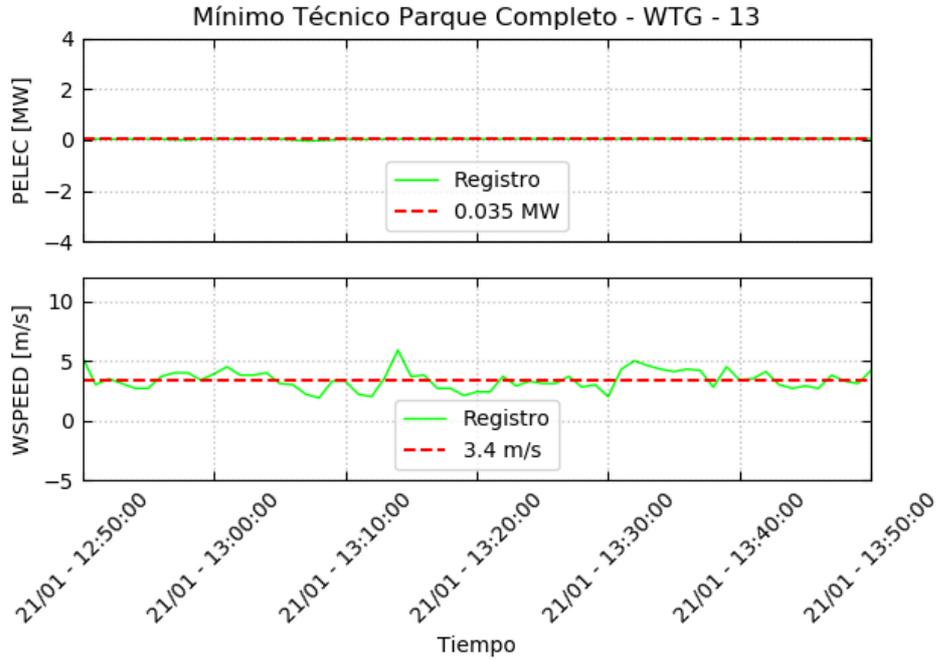


Figura 6.15 – Registro aerogenerador 13 – Mínimo Técnico Planta completa

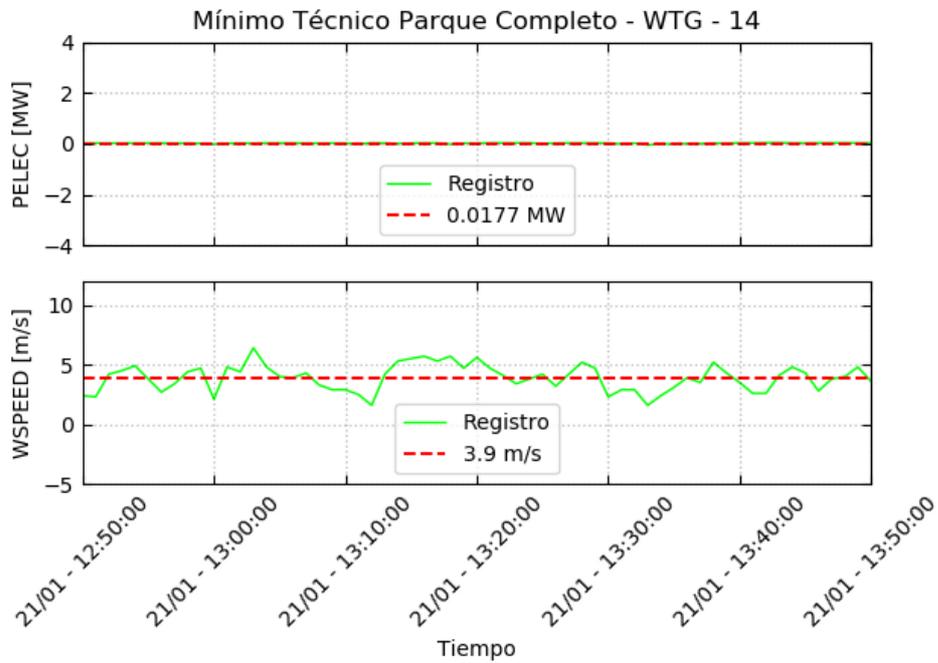


Figura 6.16 – Registro aerogenerador 14 – Mínimo Técnico Planta completa

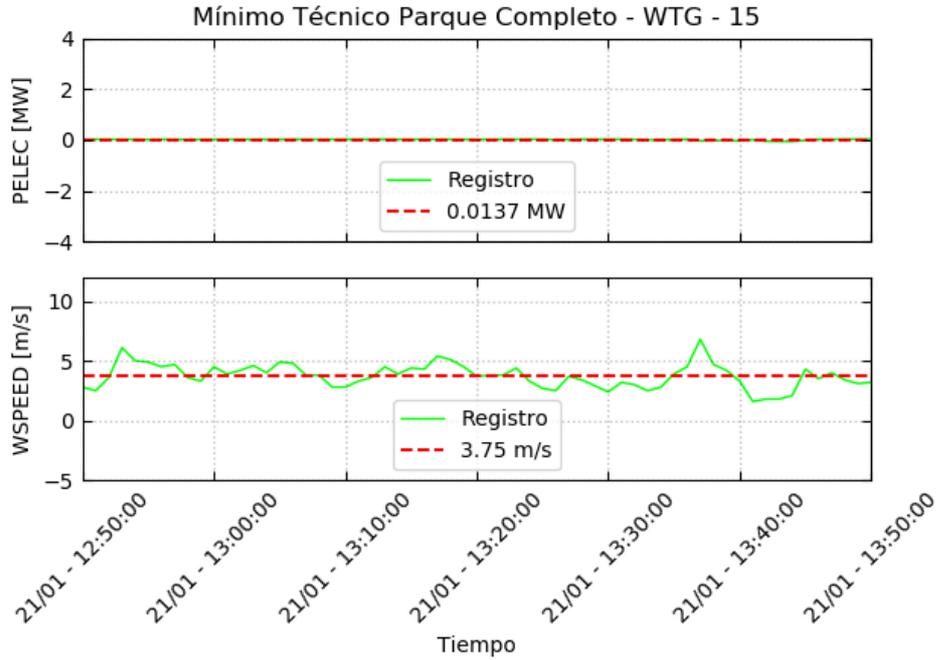


Figura 6.17 – Registro aerogenerador 15 – Mínimo Técnico Planta completa

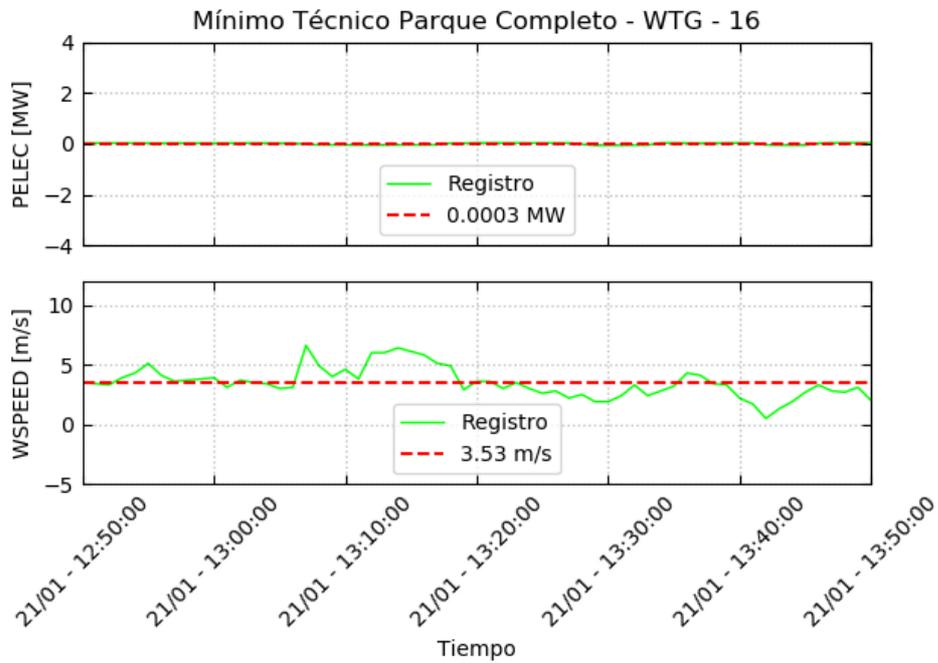


Figura 6.18 – Registro aerogenerador 16 – Mínimo Técnico Planta completa

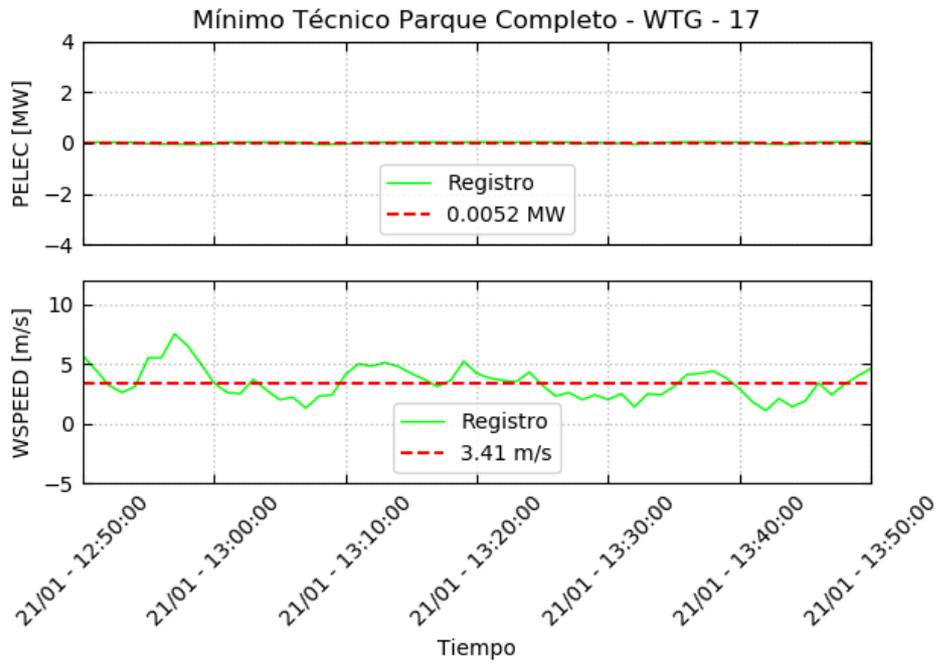


Figura 6.19 – Registro aerogenerador 17 – Mínimo Técnico Planta completa

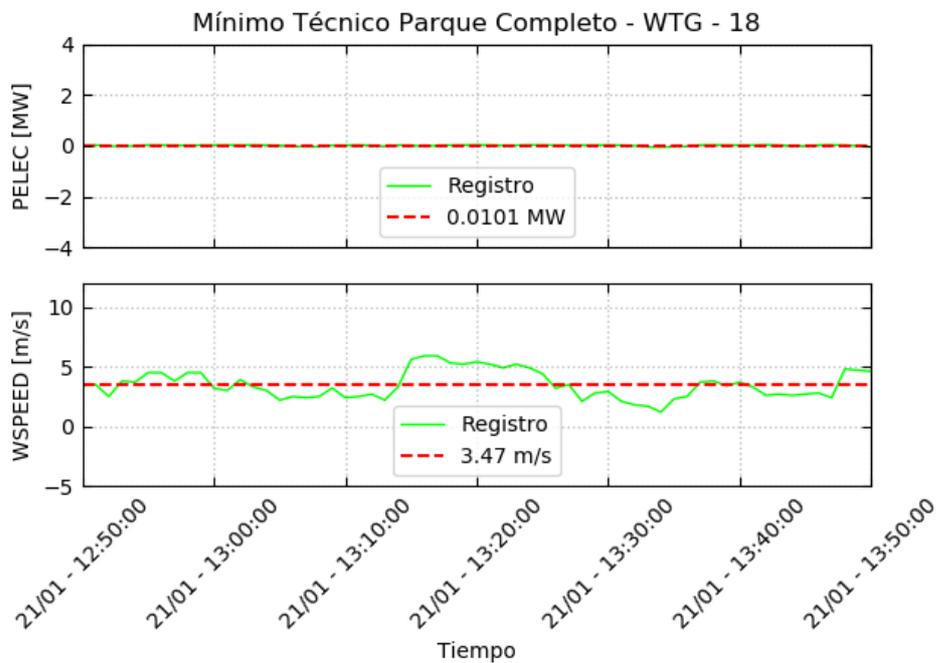


Figura 6.20 – Registro aerogenerador 18 – Mínimo Técnico Planta completa

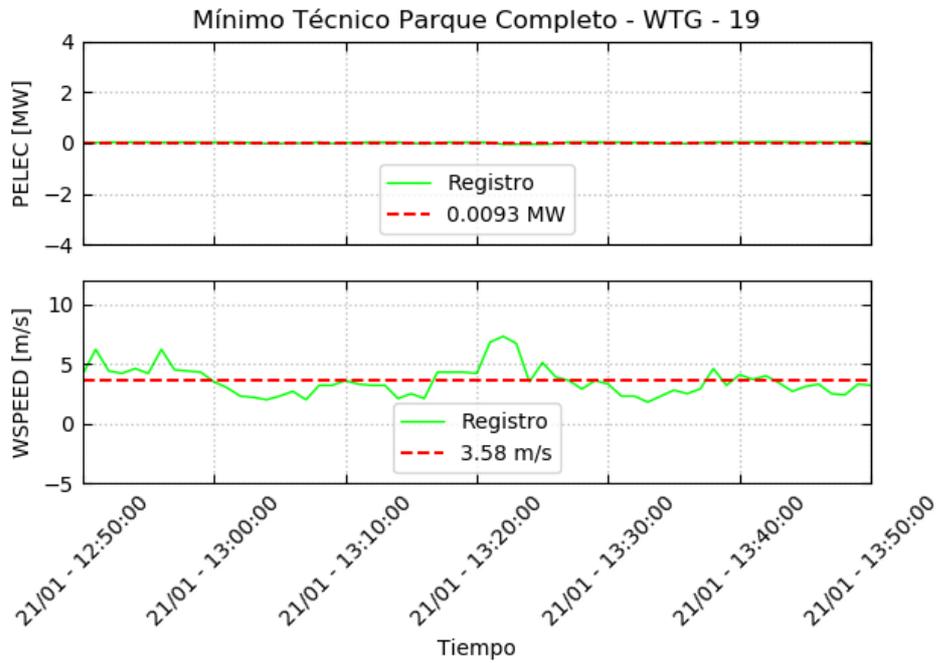


Figura 6.21 – Registro aerogenerador 19 – Mínimo Técnico Planta completa

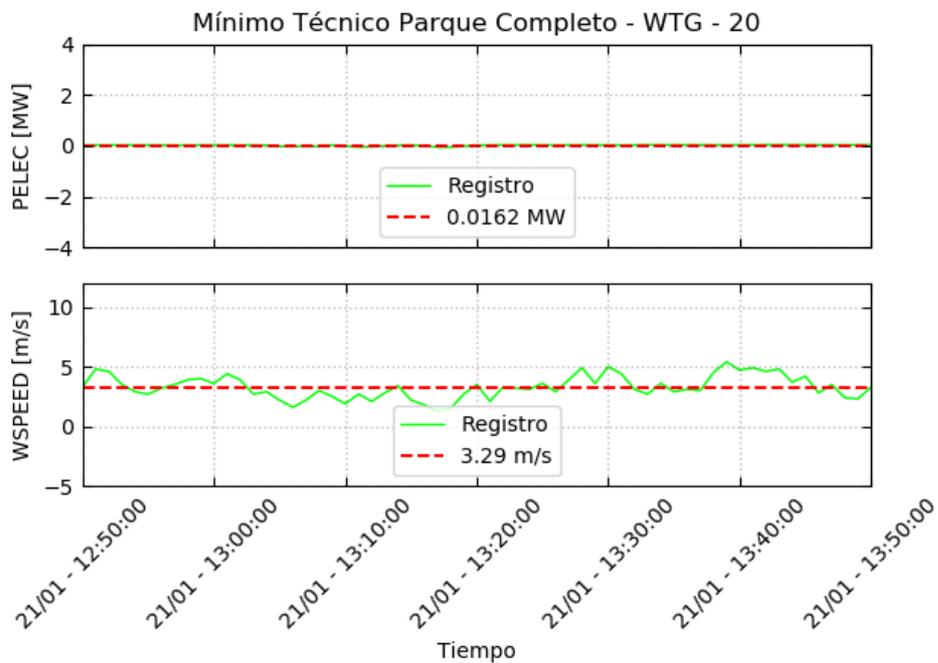


Figura 6.22 – Registro aerogenerador 20 – Mínimo Técnico Planta completa

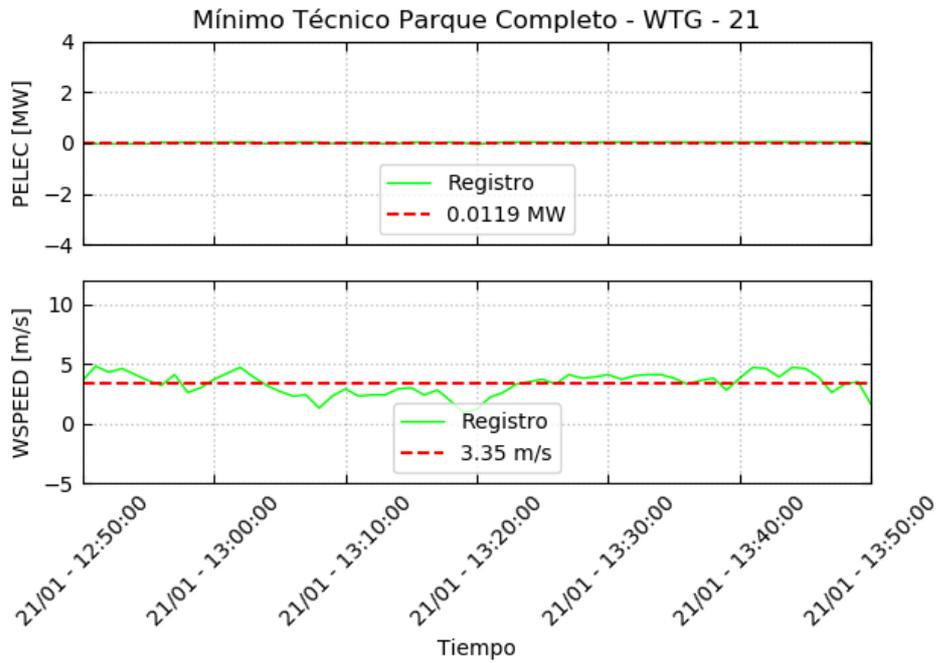


Figura 6.23 – Registro aerogenerador 21 – Mínimo Técnico Planta completa

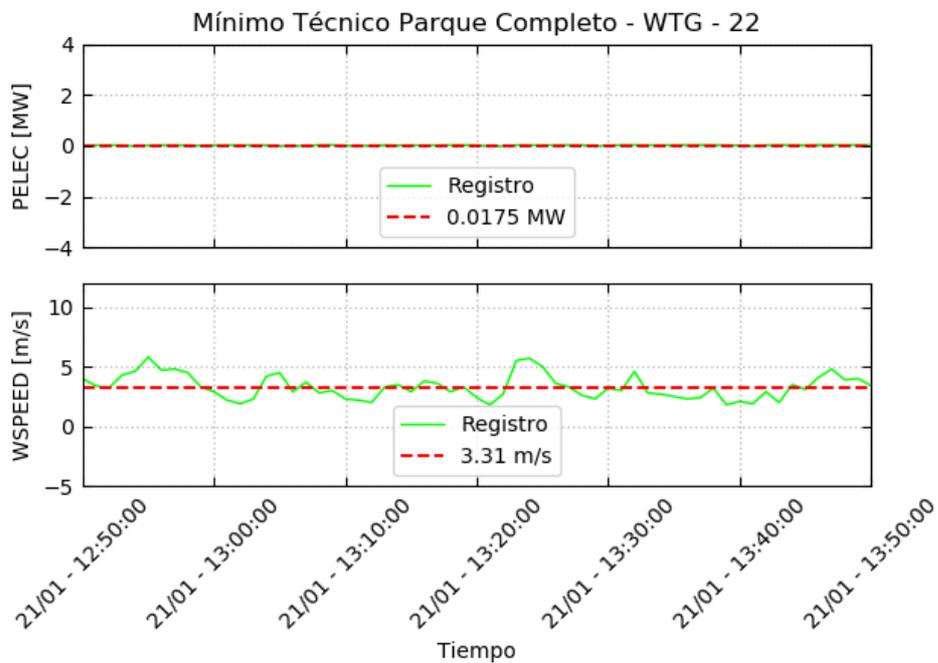


Figura 6.24 – Registro aerogenerador 22 – Mínimo Técnico Planta completa

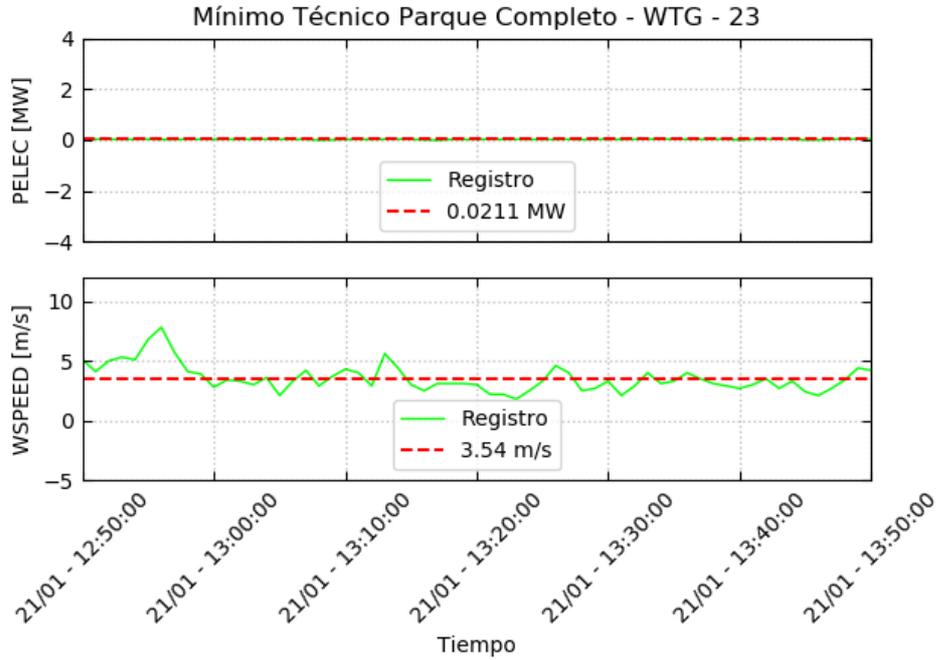


Figura 6.25 – Registro aerogenerador 23 – Mínimo Técnico Planta completa

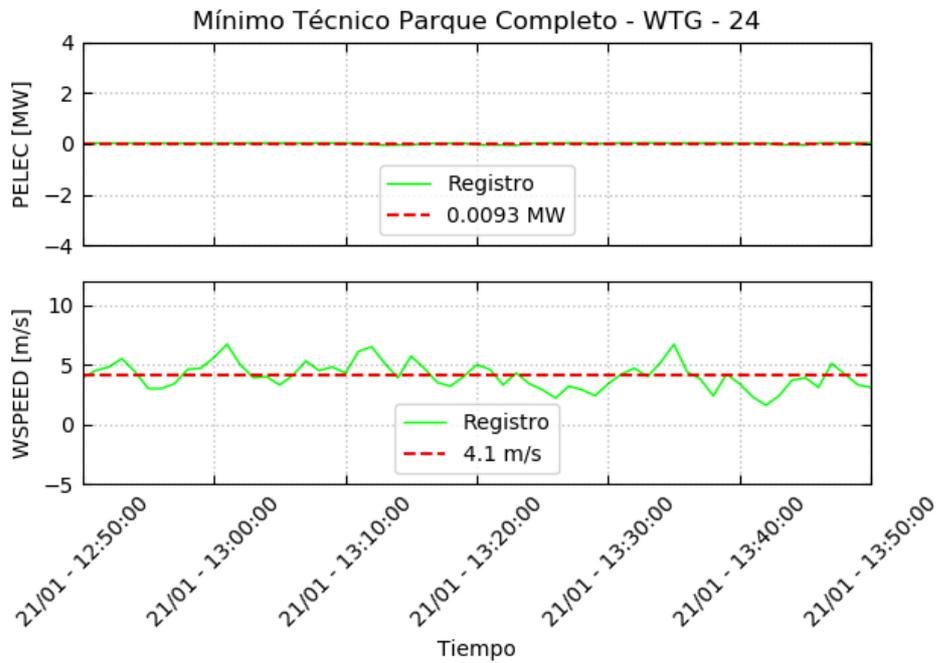


Figura 6.26 – Registro aerogenerador 24 – Mínimo Técnico Planta completa

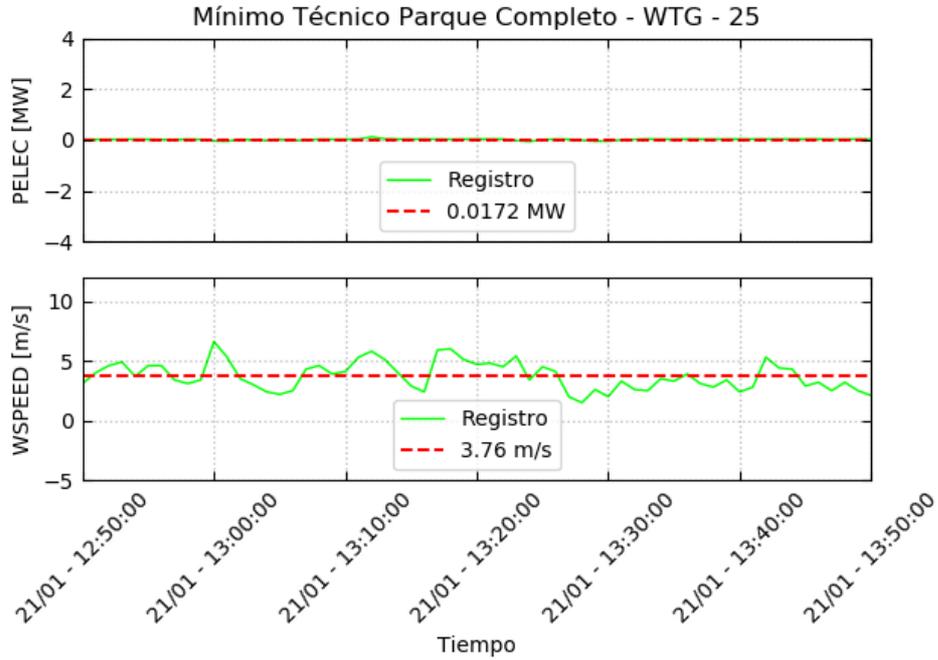


Figura 6.27 – Registro aerogenerador 25 – Mínimo Técnico Planta completa

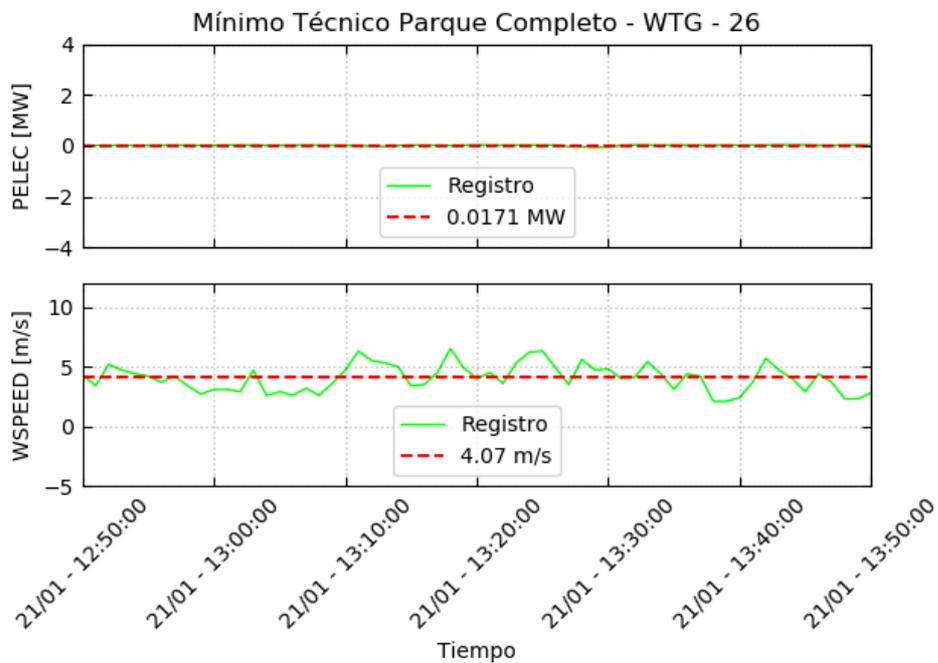


Figura 6.28 – Registro aerogenerador 26 – Mínimo Técnico Planta completa

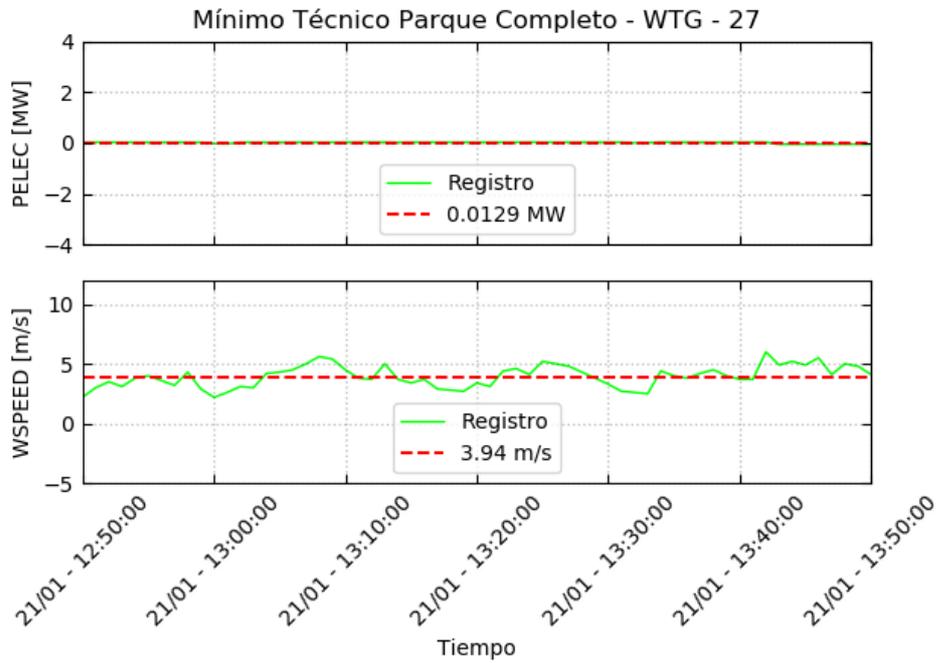


Figura 6.29 – Registro aerogenerador 27 – Mínimo Técnico Planta completa

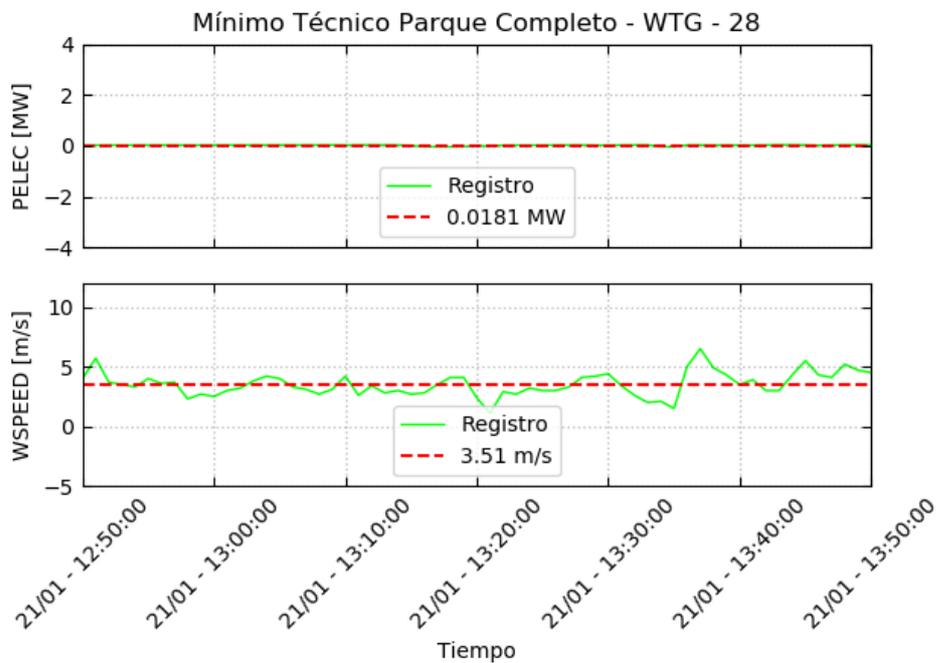


Figura 6.30 – Registro aerogenerador 28 – Mínimo Técnico Planta completa

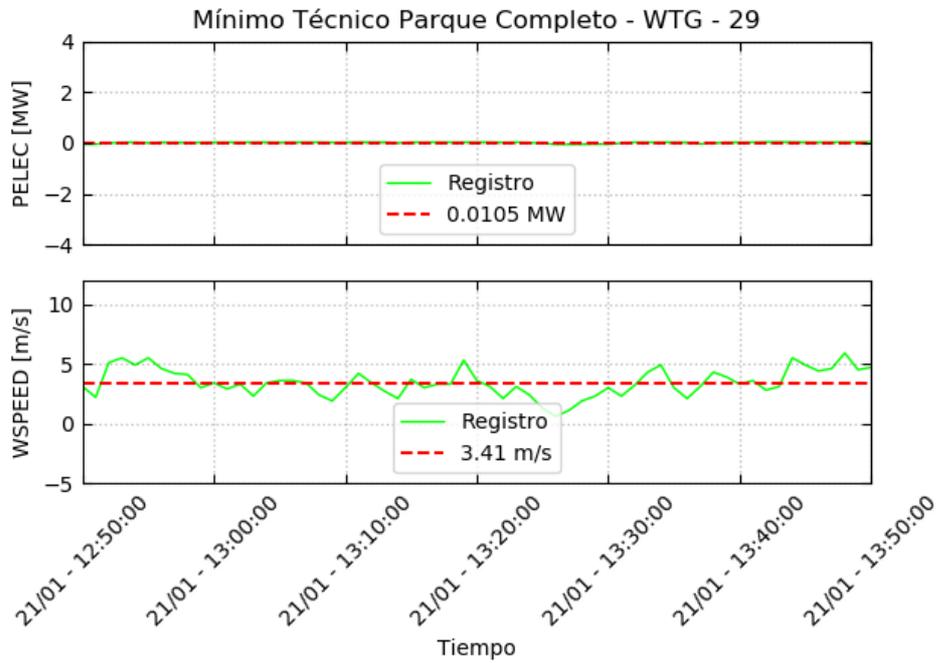


Figura 6.31 – Registro aerogenerador 29 – Mínimo Técnico Planta completa

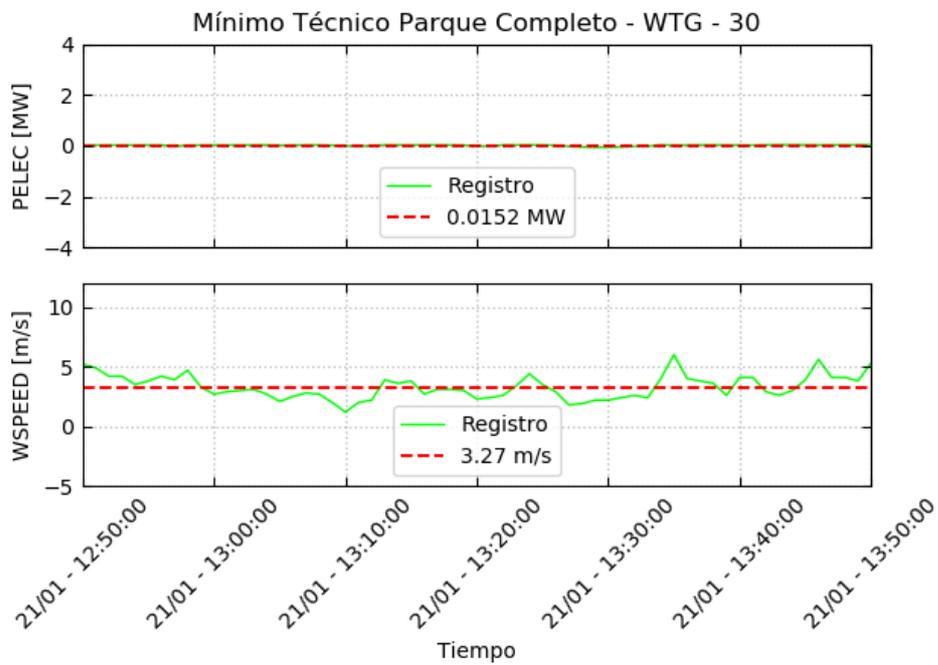


Figura 6.32 – Registro aerogenerador 30 – Mínimo Técnico Planta completa

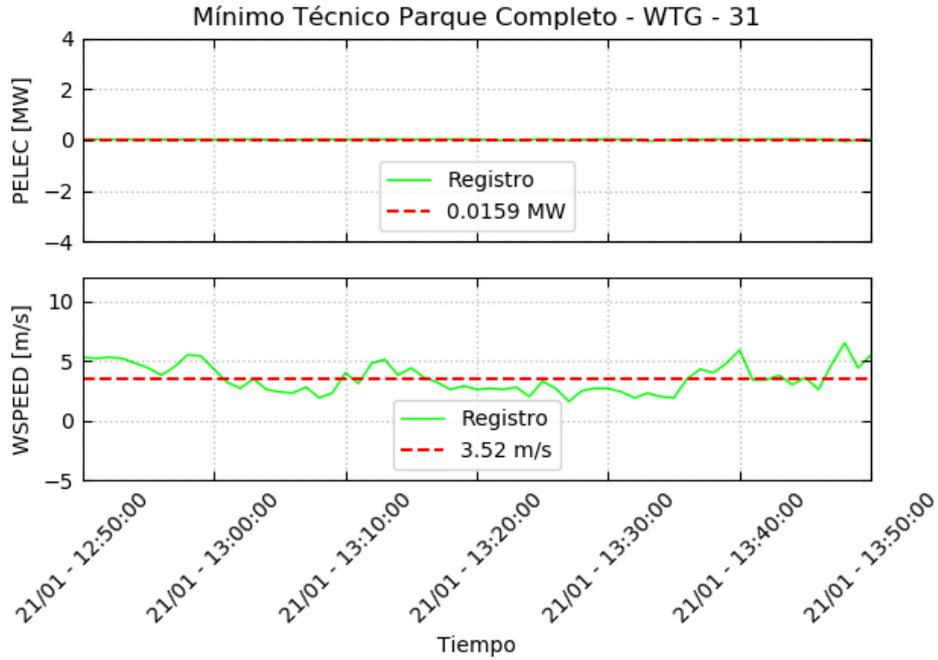


Figura 6.33 – Registro aerogenerador 31 – Mínimo Técnico Planta completa

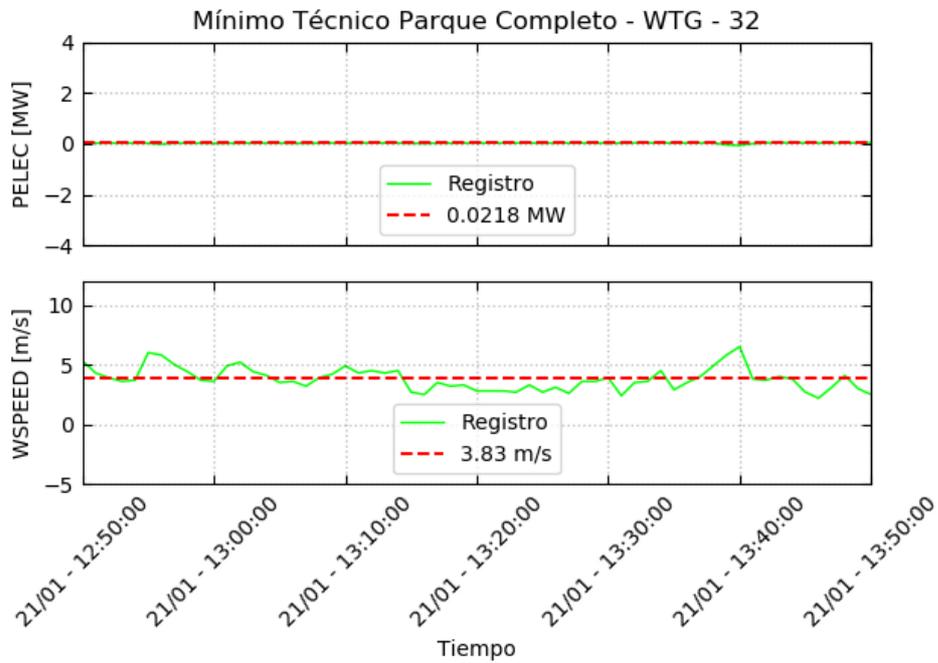


Figura 6.34 – Registro aerogenerador 32 – Mínimo Técnico Planta completa

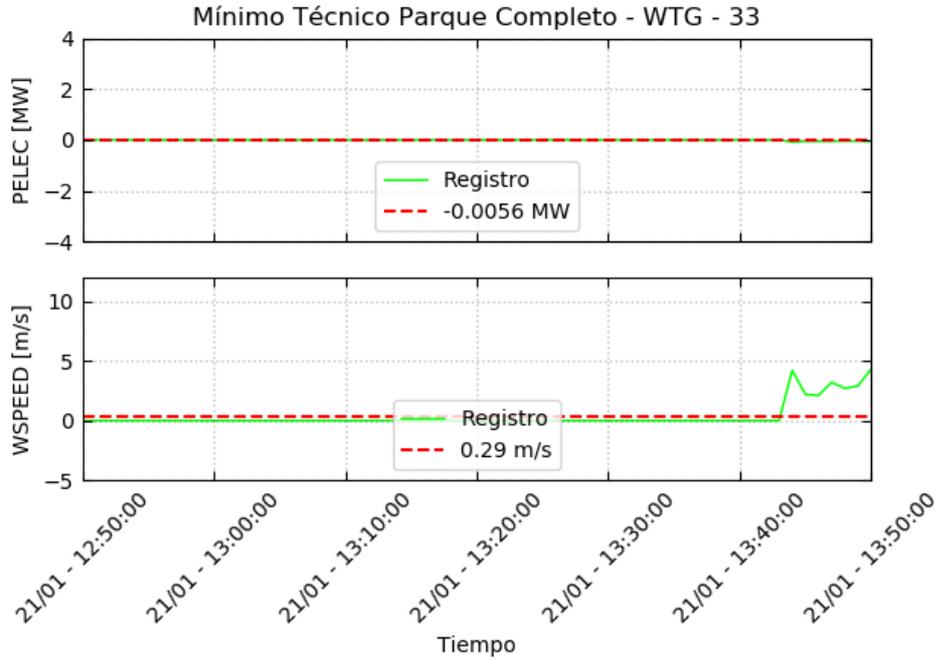


Figura 6.35 – Registro aerogenerador 33 – Mínimo Técnico Planta completa

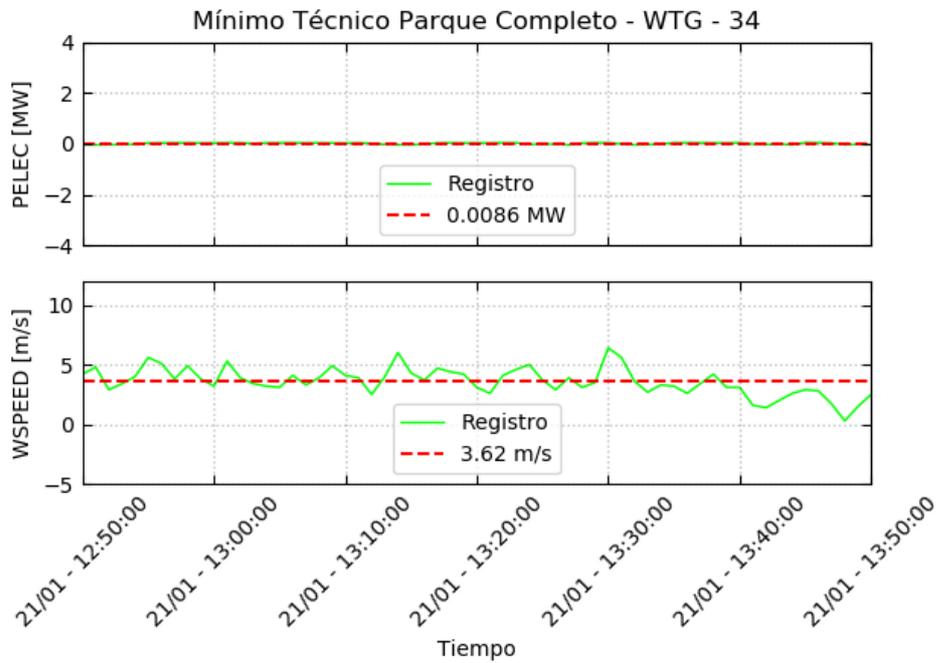


Figura 6.36 – Registro aerogenerador 34 – Mínimo Técnico Planta completa

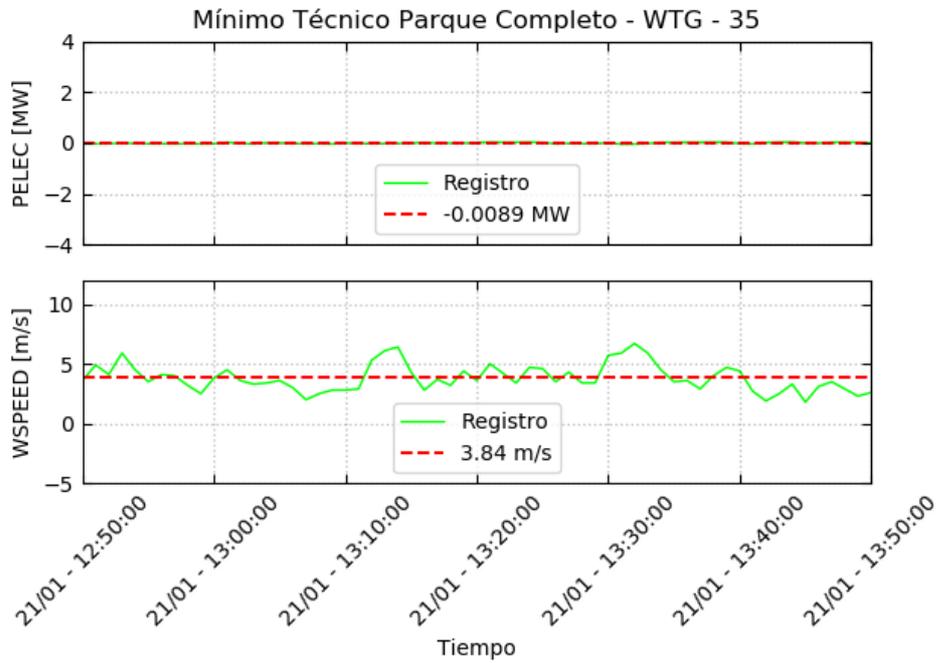


Figura 6.37 – Registro aerogenerador 35 – Mínimo Técnico Planta completa

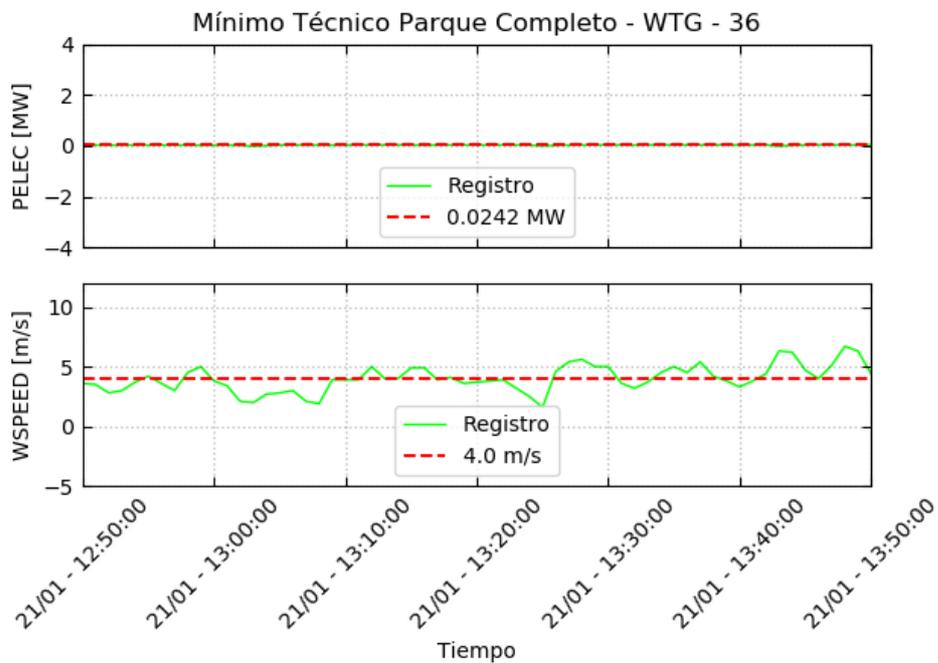


Figura 6.38 – Registro aerogenerador 36 – Mínimo Técnico Planta completa

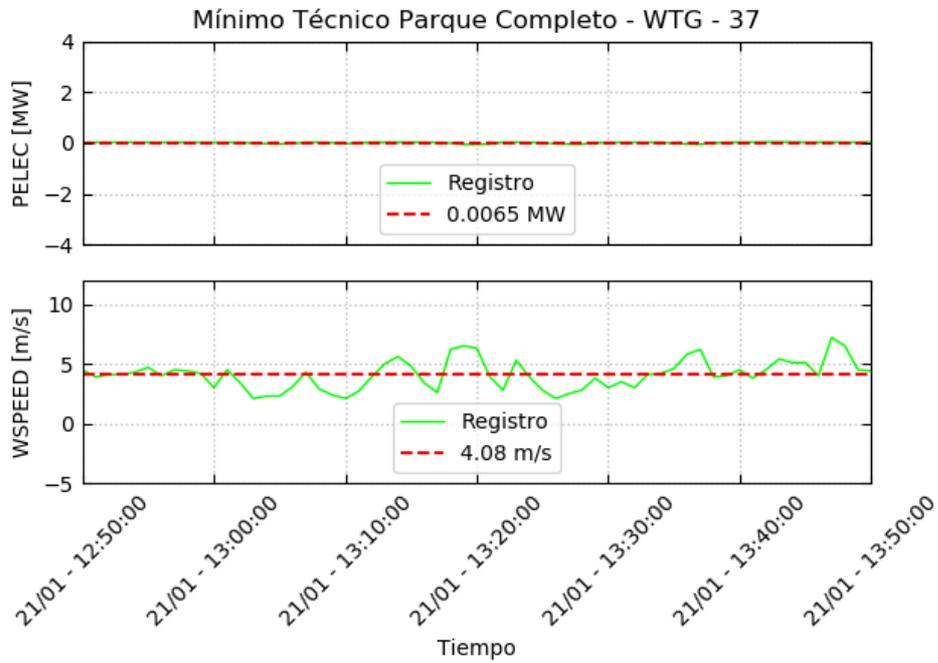


Figura 6.39 – Registro aerogenerador 37 – Mínimo Técnico Planta completa

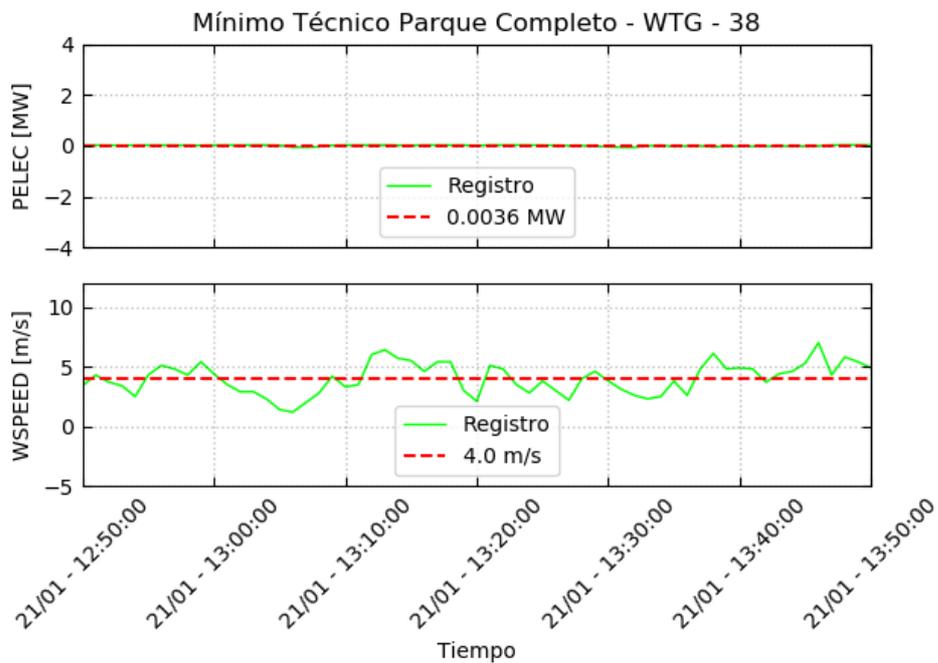


Figura 6.40 – Registro aerogenerador 38 – Mínimo Técnico Planta completa

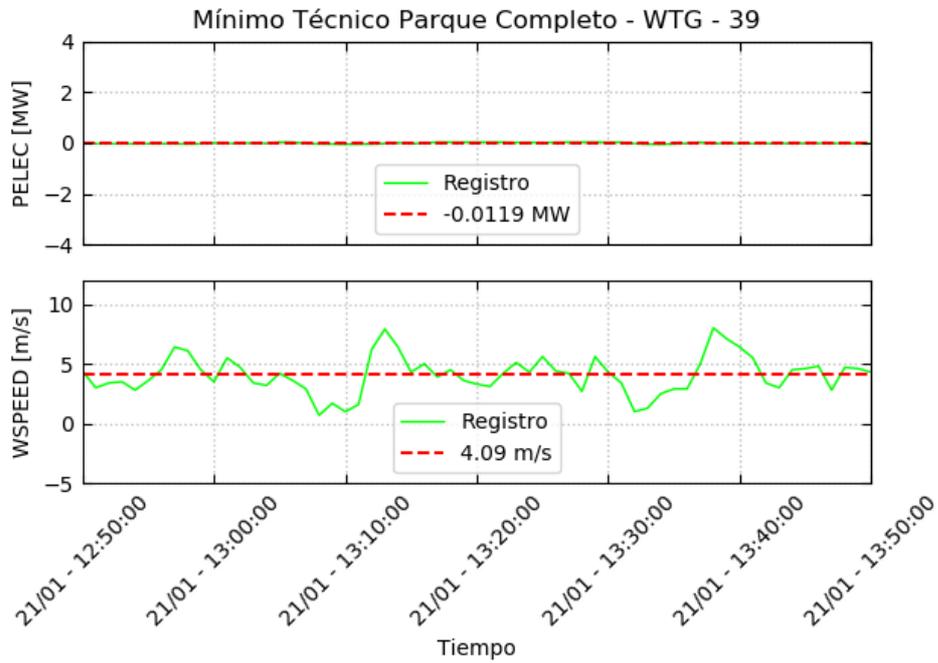


Figura 6.41 – Registro aerogenerador 39 – Mínimo Técnico Planta completa

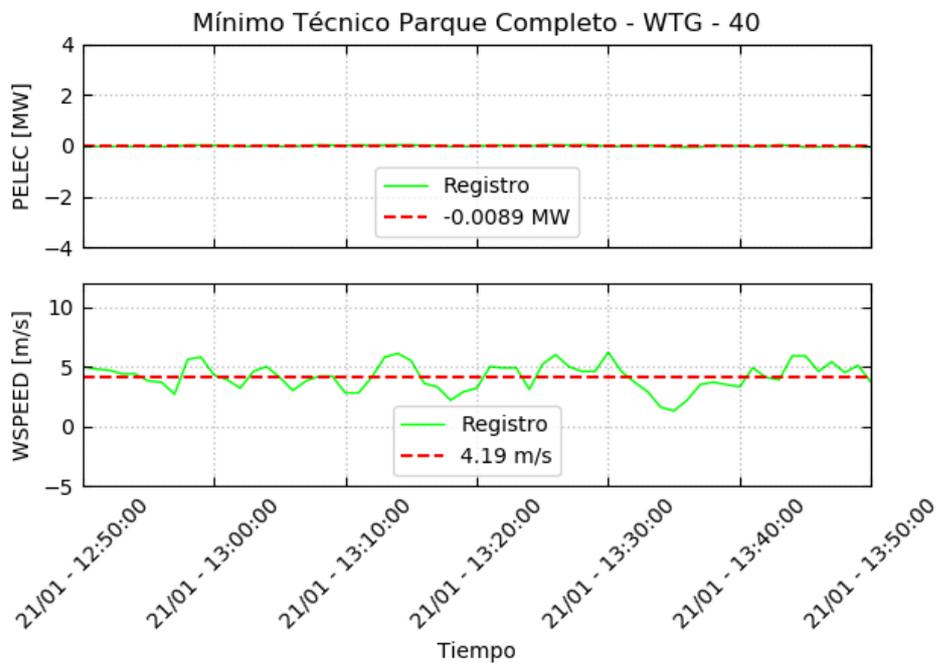


Figura 6.42 – Registro aerogenerador 40 – Mínimo Técnico Planta completa

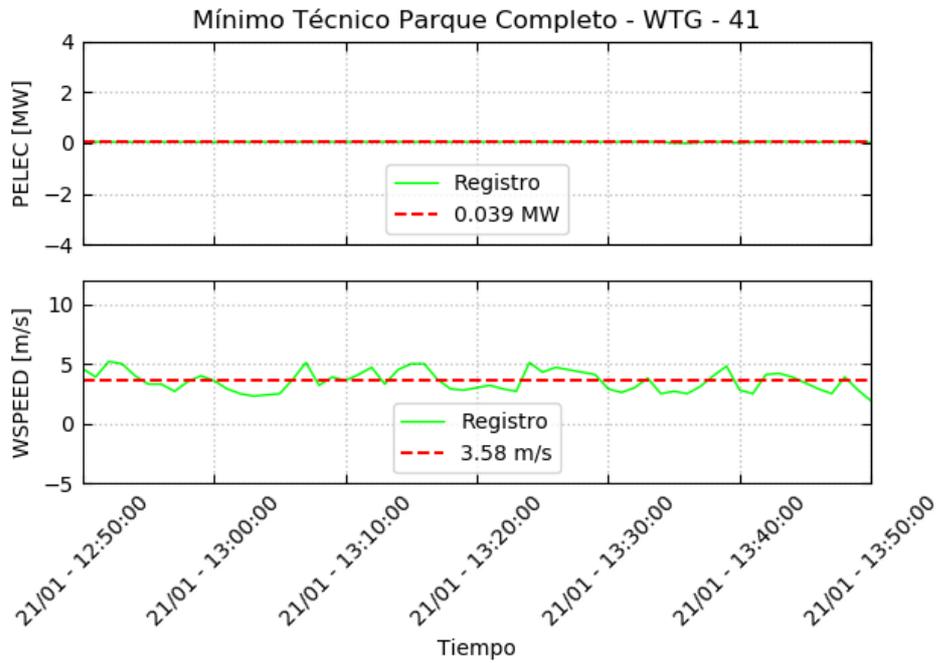


Figura 6.43 – Registro aerogenerador 41 – Mínimo Técnico Planta completa

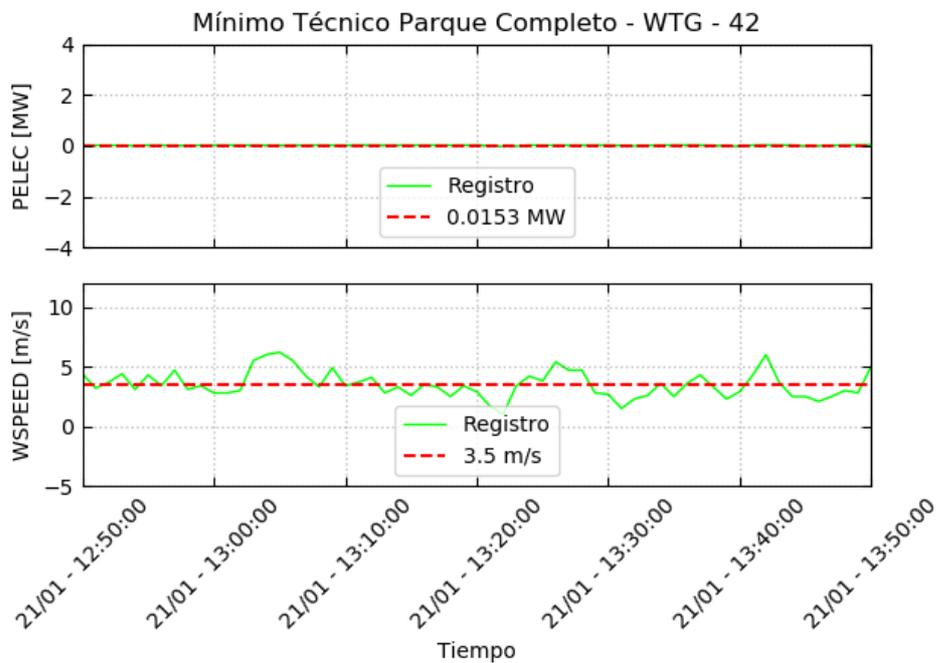


Figura 6.44 – Registro aerogenerador 42 – Mínimo Técnico Planta completa

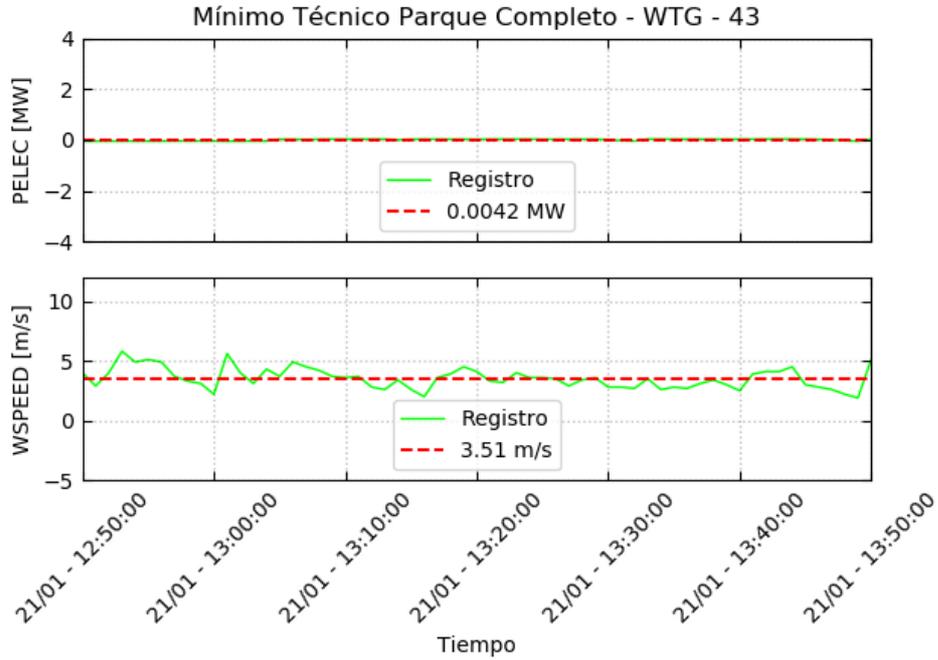


Figura 6.45 – Registro aerogenerador 43 – Mínimo Técnico Planta completa

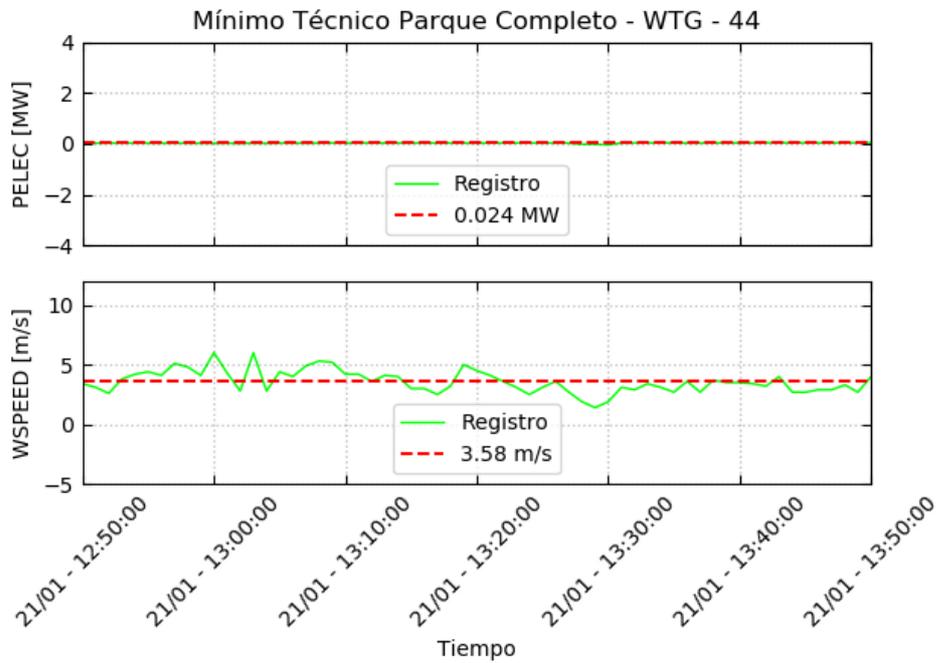


Figura 6.46 – Registro aerogenerador 44 – Mínimo Técnico Planta completa

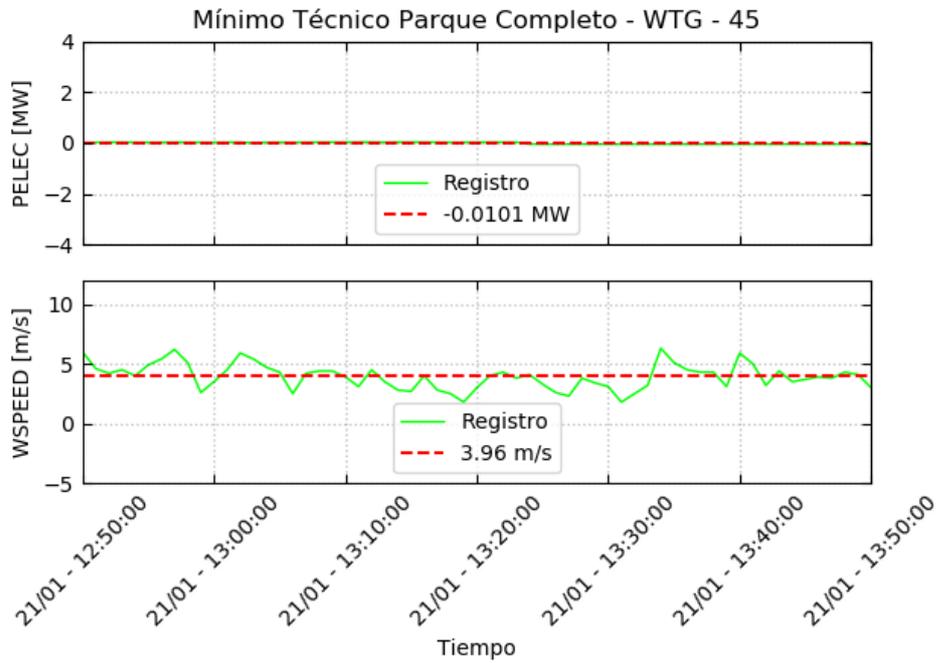


Figura 6.47 – Registro aerogenerador 45 – Mínimo Técnico Planta completa

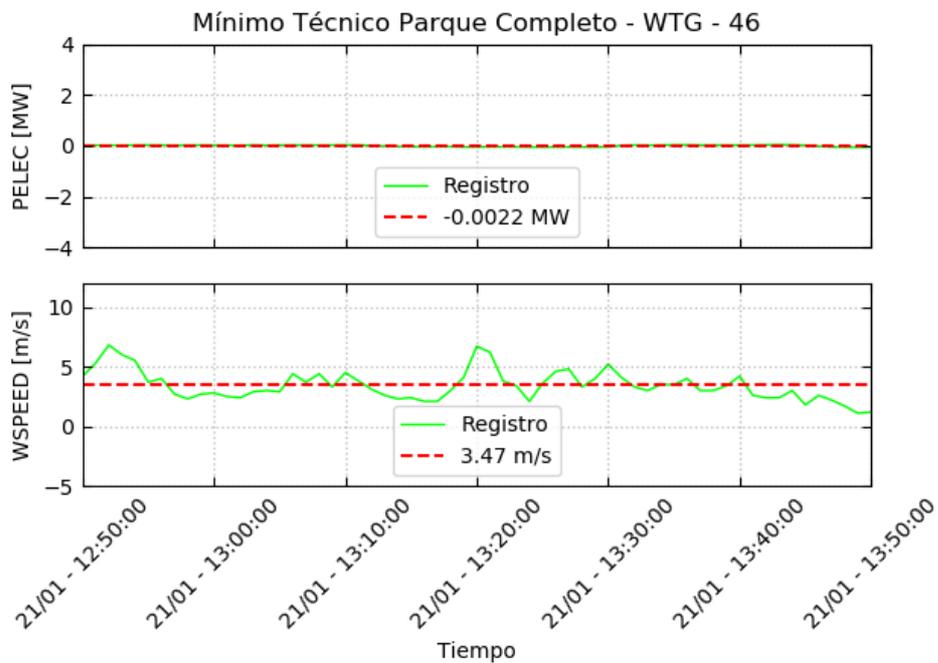


Figura 6.48 – Registro aerogenerador 46 – Mínimo Técnico Planta completa

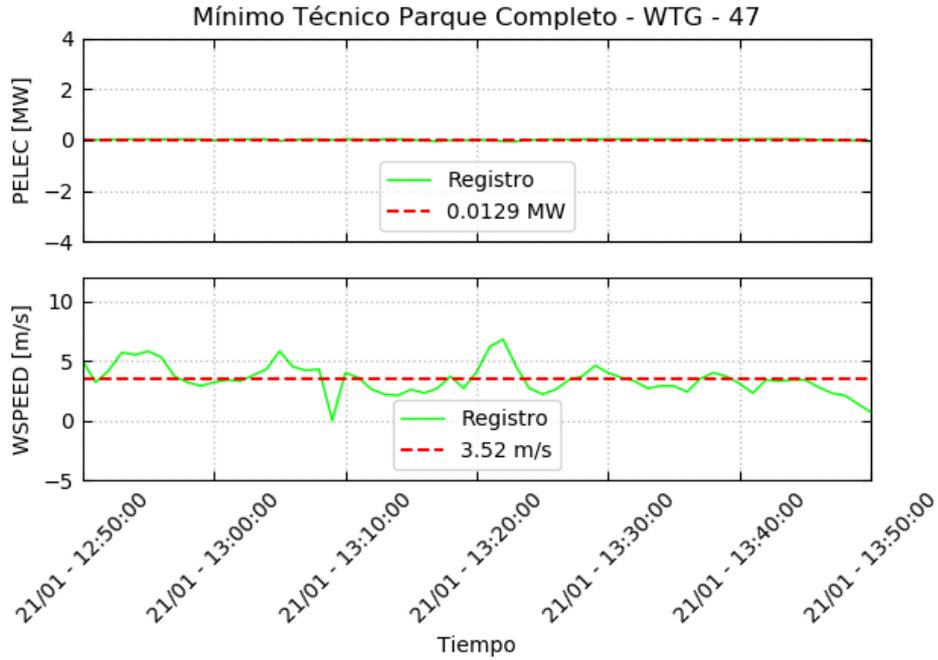


Figura 6.49 – Registro aerogenerador 47 – Mínimo Técnico Planta completa

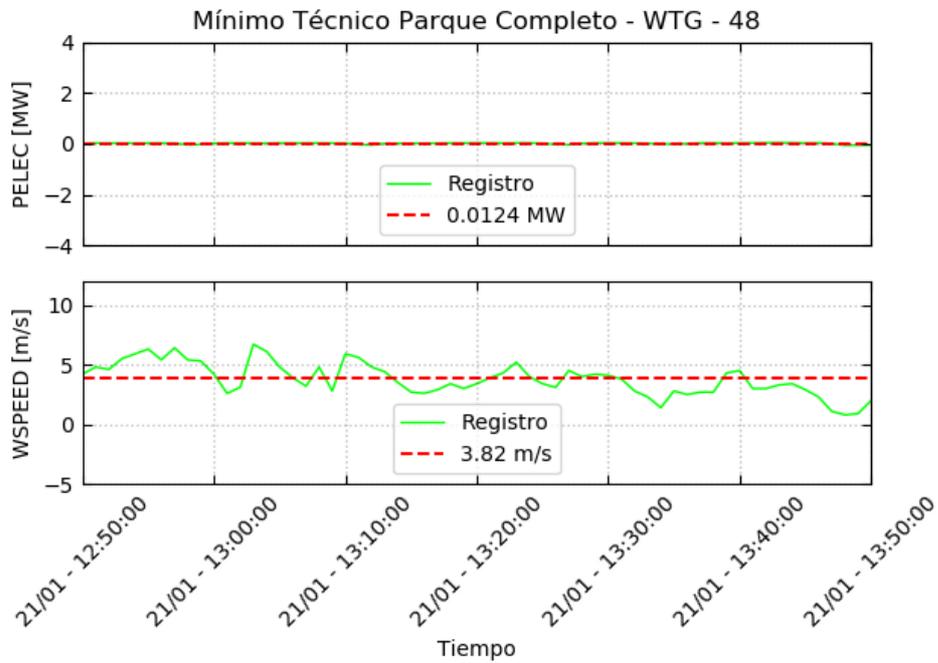


Figura 6.50 – Registro aerogenerador 48 – Mínimo Técnico Planta completa

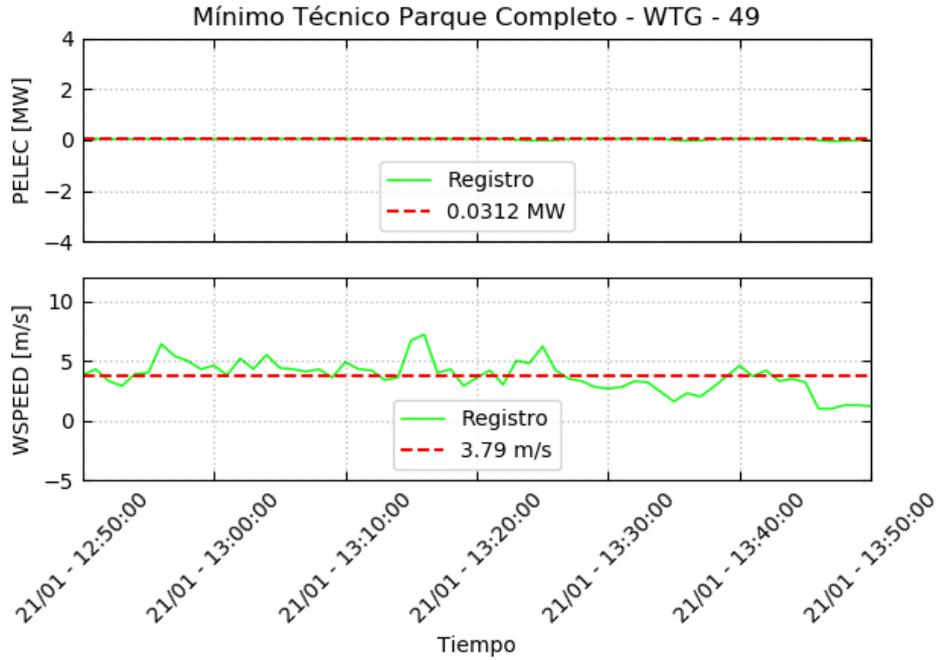


Figura 6.51 – Registro aerogenerador 49 – Mínimo Técnico Planta completa

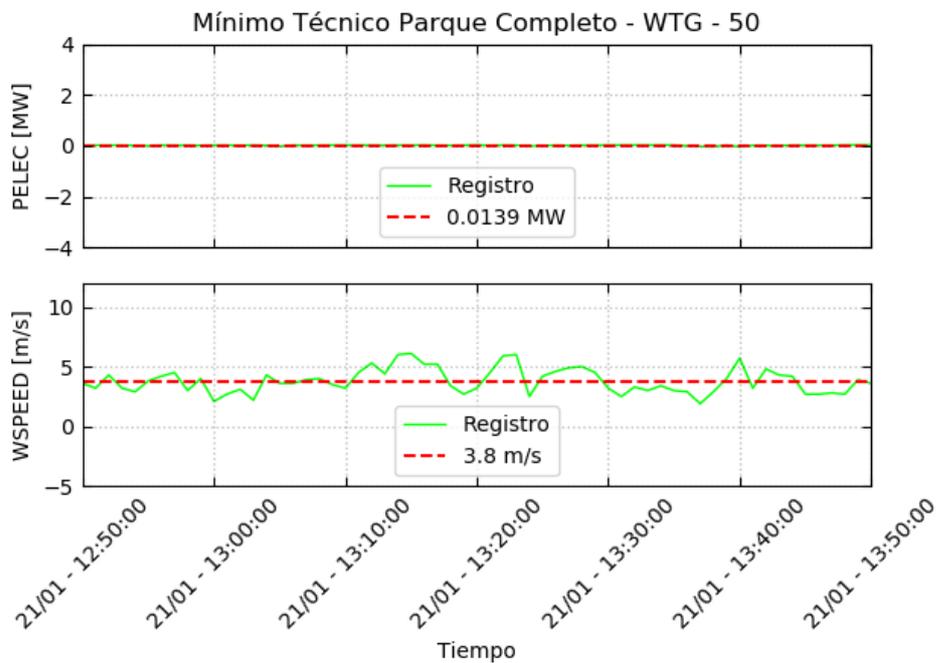


Figura 6.52 – Registro aerogenerador 50 – Mínimo Técnico Planta completa

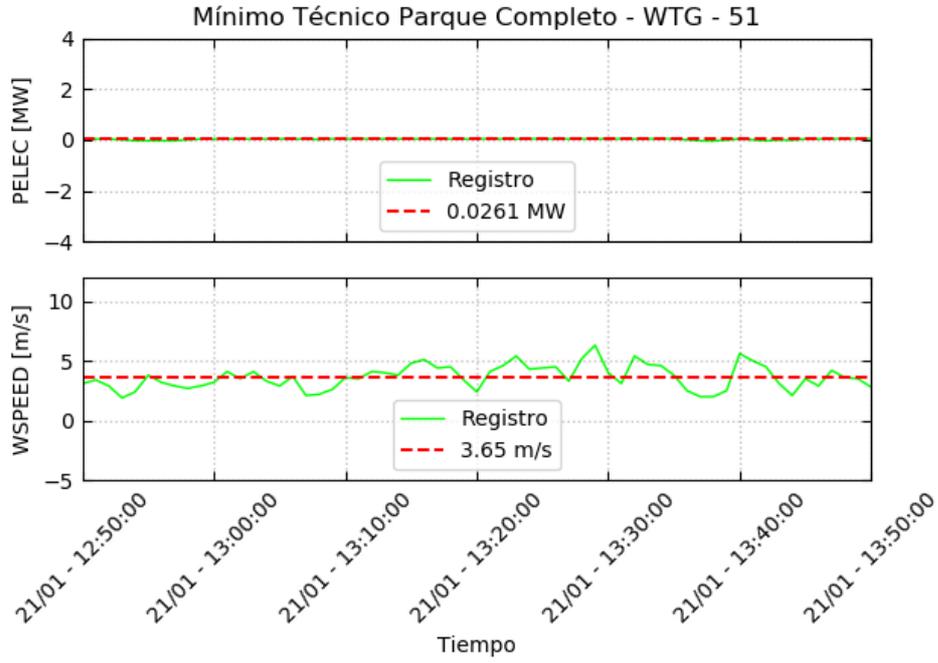


Figura 6.53 – Registro aerogenerador 51 – Mínimo Técnico Planta completa

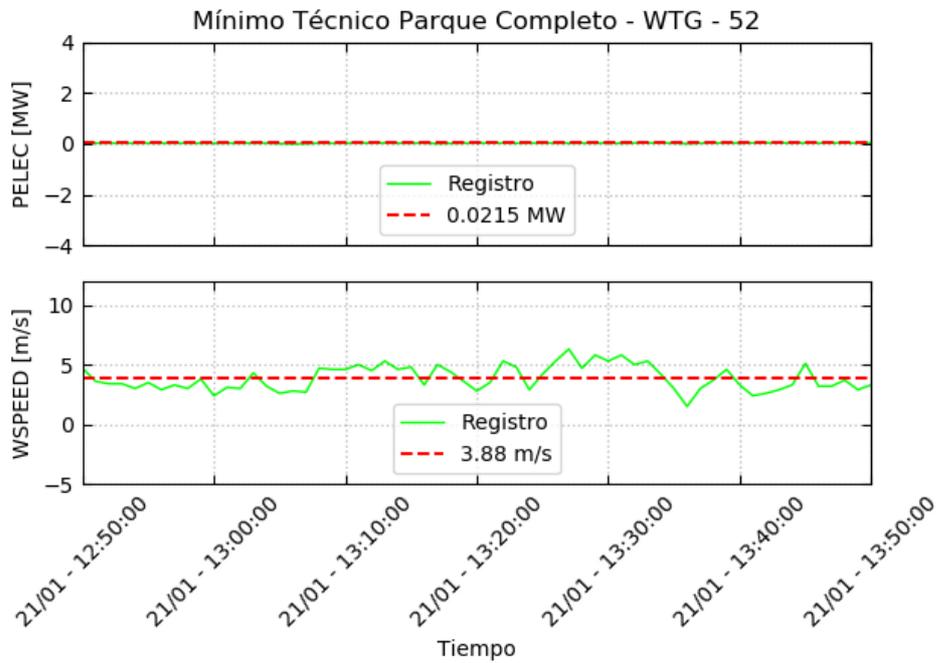


Figura 6.54 – Registro aerogenerador 52 – Mínimo Técnico Planta completa

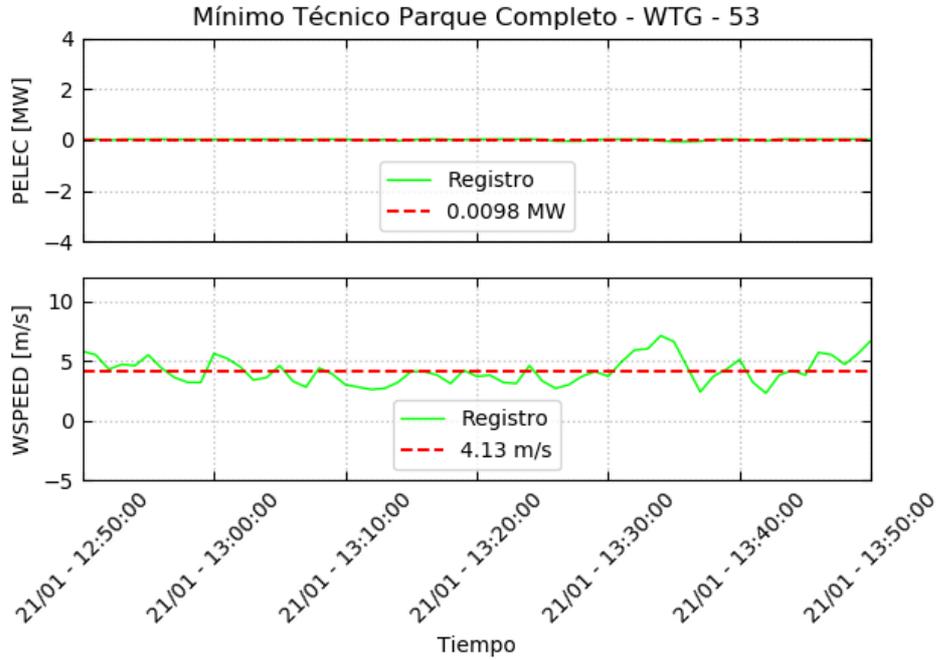


Figura 6.55 – Registro aerogenerador 53 – Mínimo Técnico Planta completa

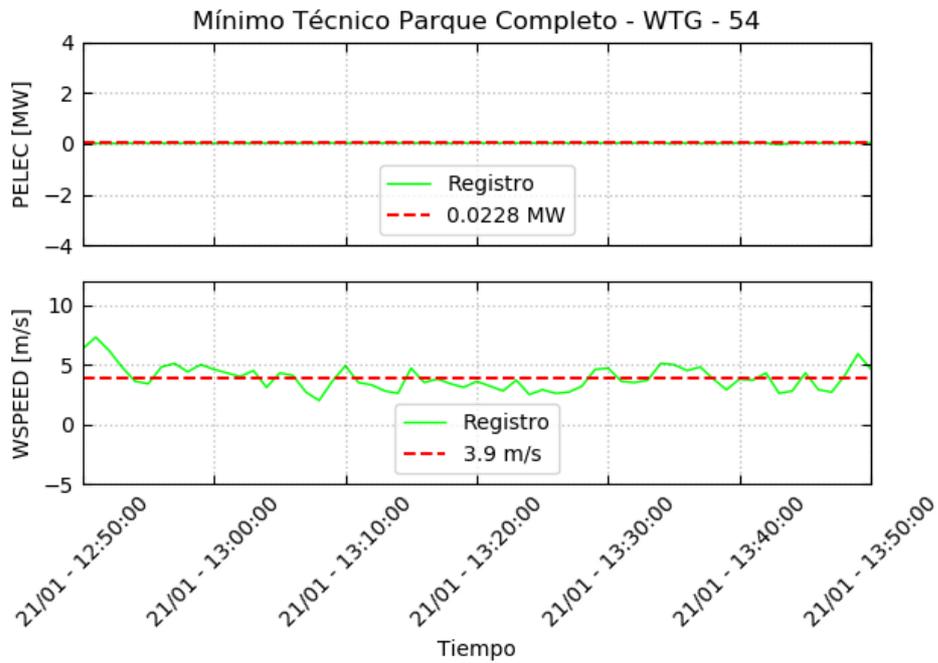


Figura 6.56 – Registro aerogenerador 54 – Mínimo Técnico Planta completa

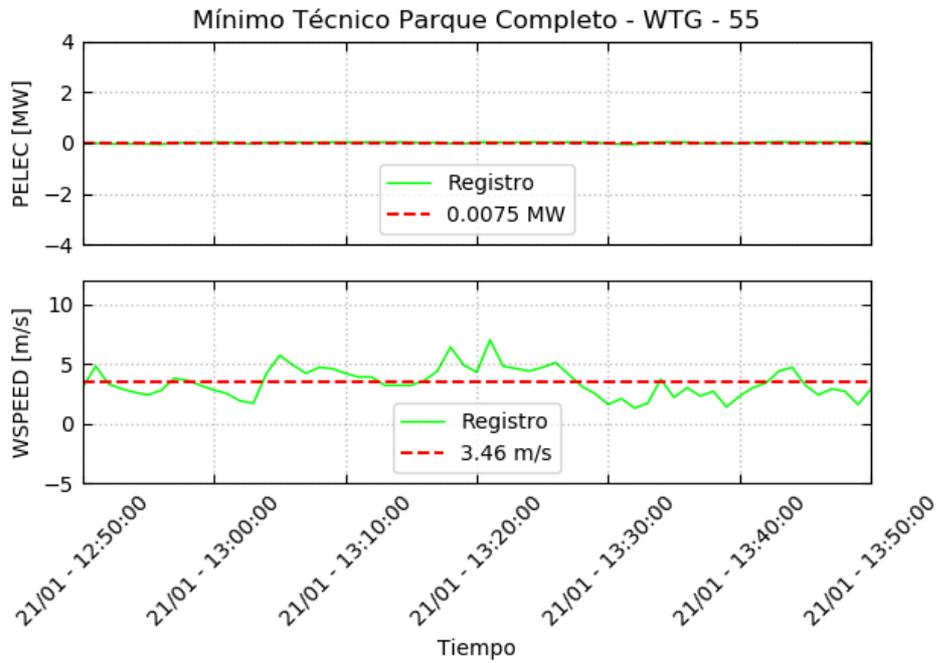


Figura 6.57 – Registro aerogenerador 55 – Mínimo Técnico Planta completa

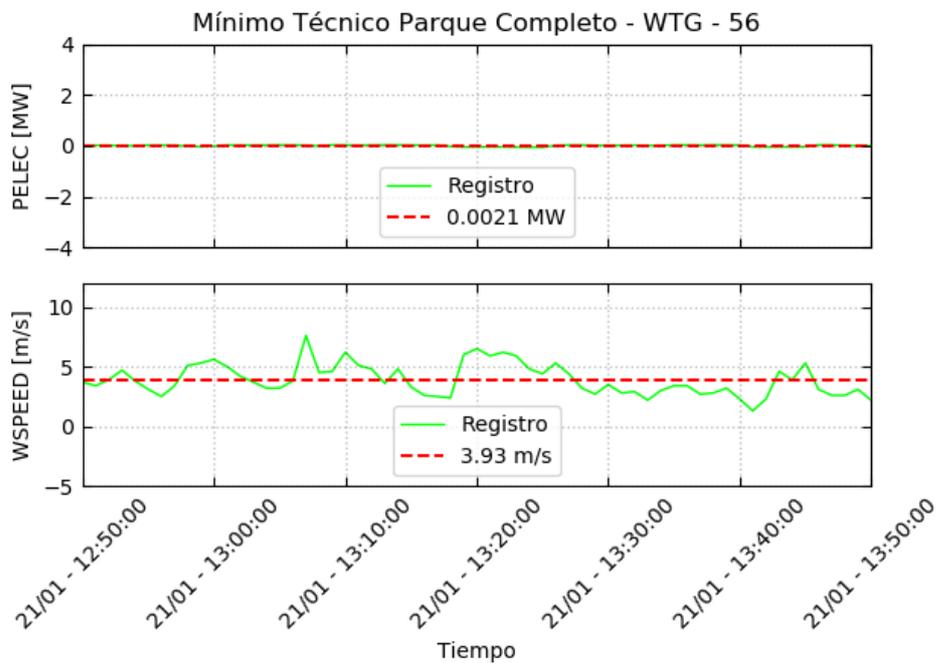


Figura 6.58 – Registro aerogenerador 56 – Mínimo Técnico Planta completa

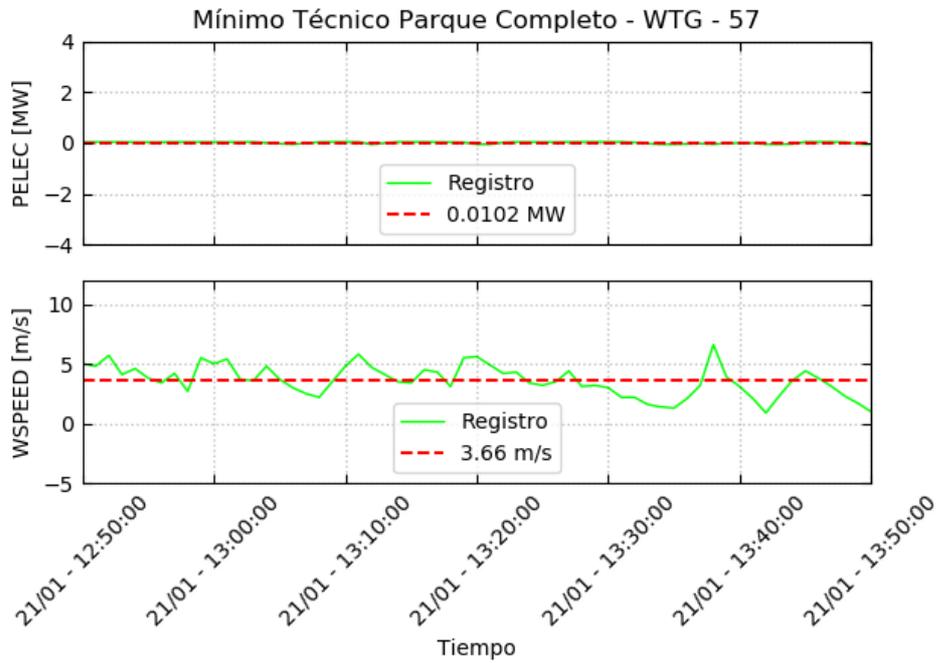


Figura 6.59 – Registro aerogenerador 57 – Mínimo Técnico Planta completa

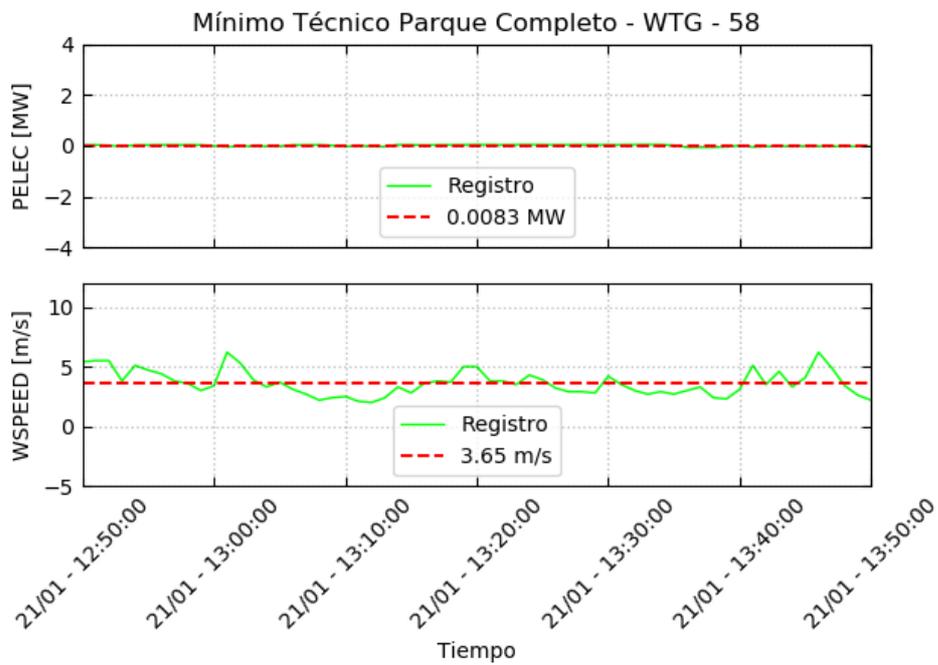


Figura 6.60 – Registro aerogenerador 58 – Mínimo Técnico Planta completa

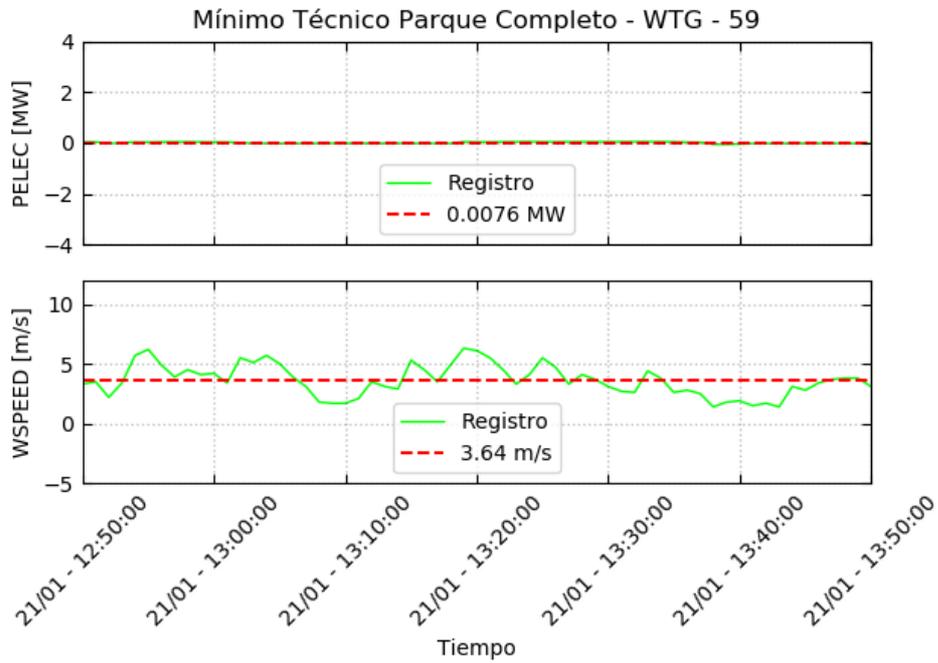


Figura 6.61 – Registro aerogenerador 59 – Mínimo Técnico Planta completa

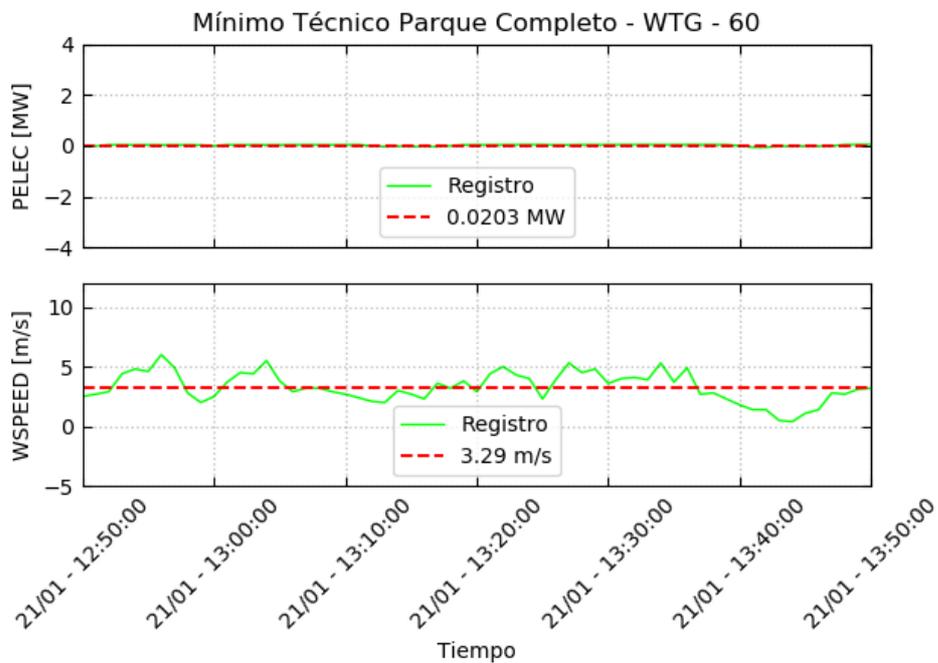


Figura 6.62 – Registro aerogenerador 60 – Mínimo Técnico Planta completa

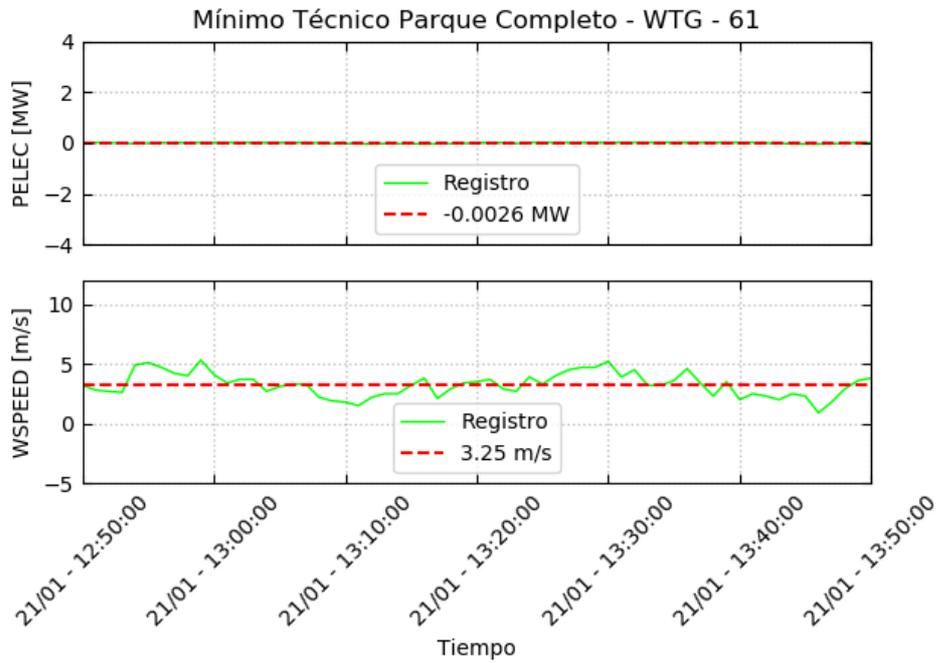


Figura 6.63 – Registro aerogenerador 61 – Mínimo Técnico Planta completa

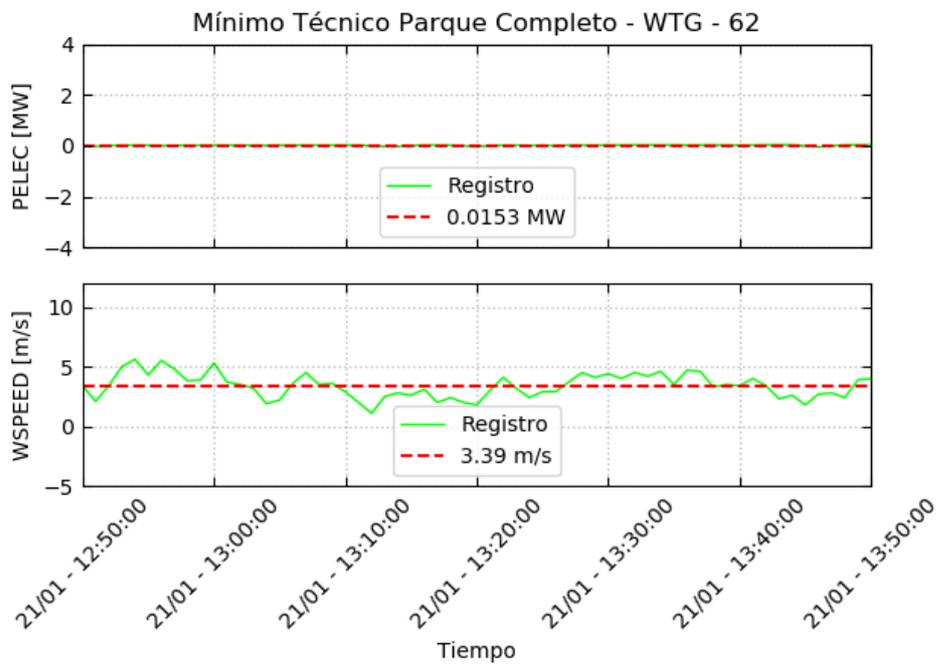


Figura 6.64 – Registro aerogenerador 62 – Mínimo Técnico Planta completa

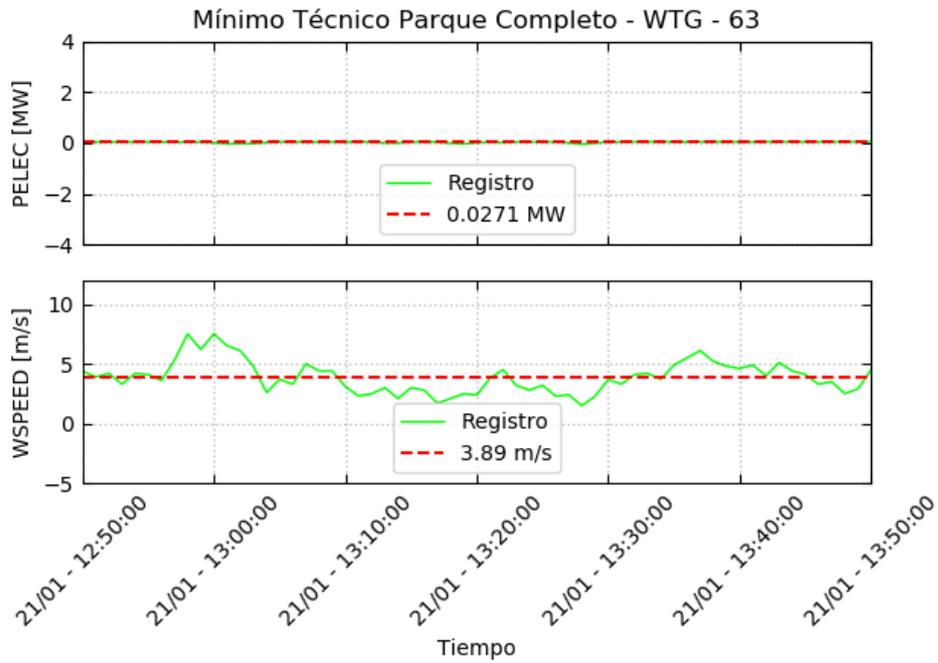


Figura 6.65 – Registro aerogenerador 63 – Mínimo Técnico Planta completa

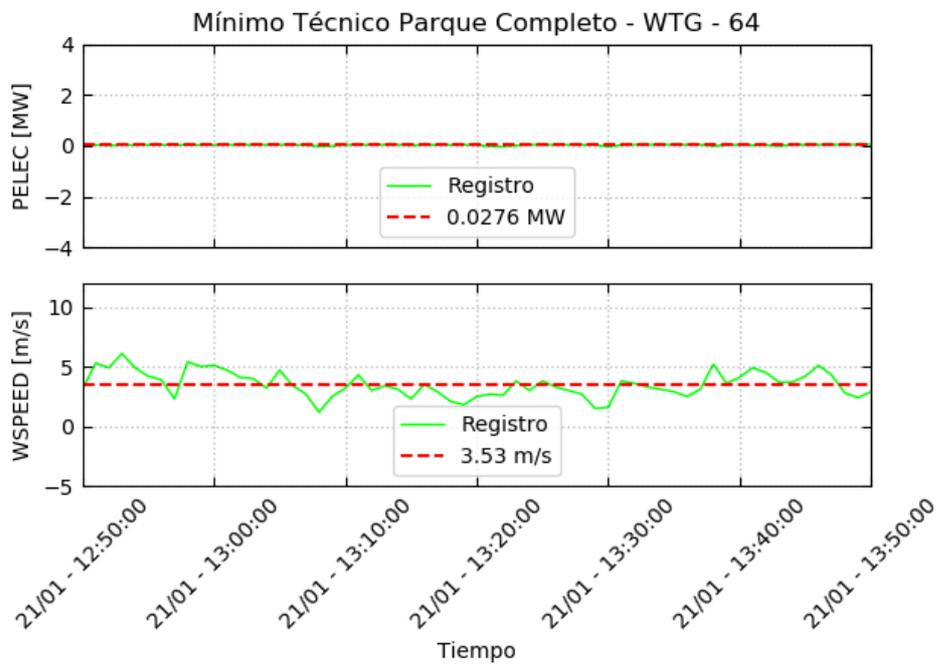


Figura 6.66 – Registro aerogenerador 64 – Mínimo Técnico Planta completa

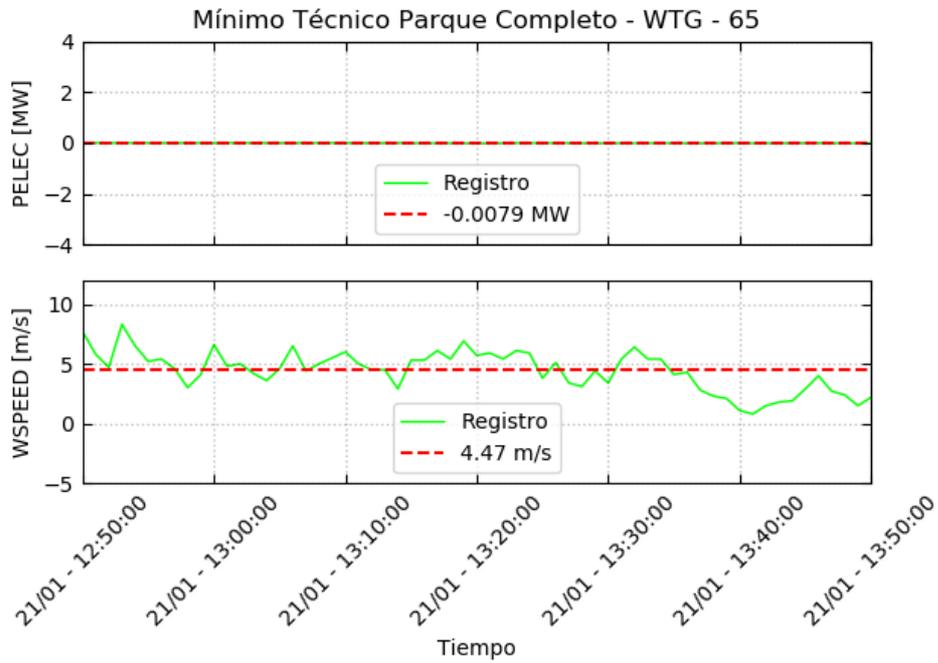


Figura 6.67 – Registro aerogenerador 65 – Mínimo Técnico Planta completa

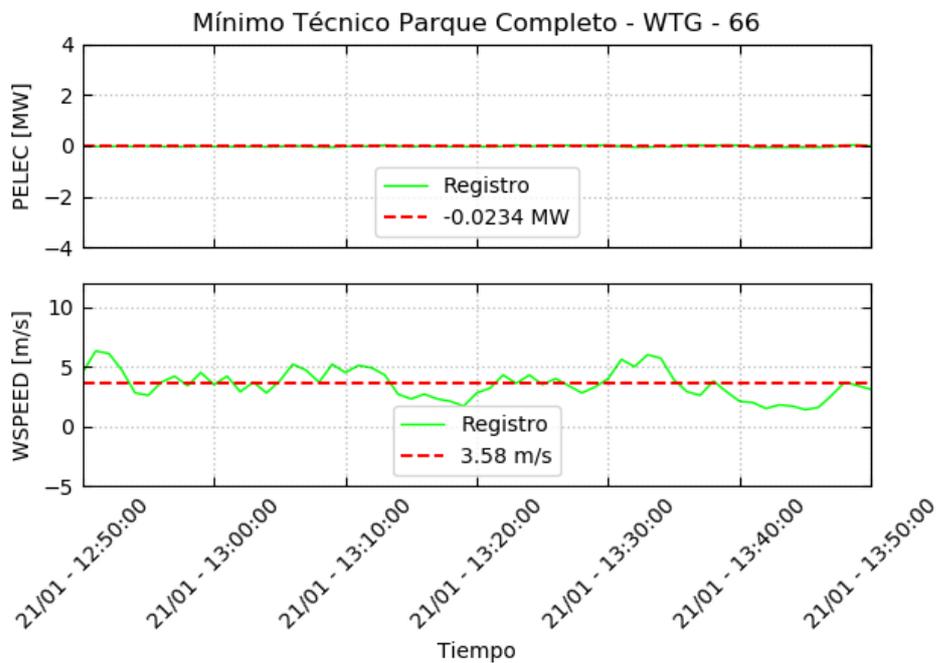


Figura 6.68 – Registro aerogenerador 66 – Mínimo Técnico Planta completa

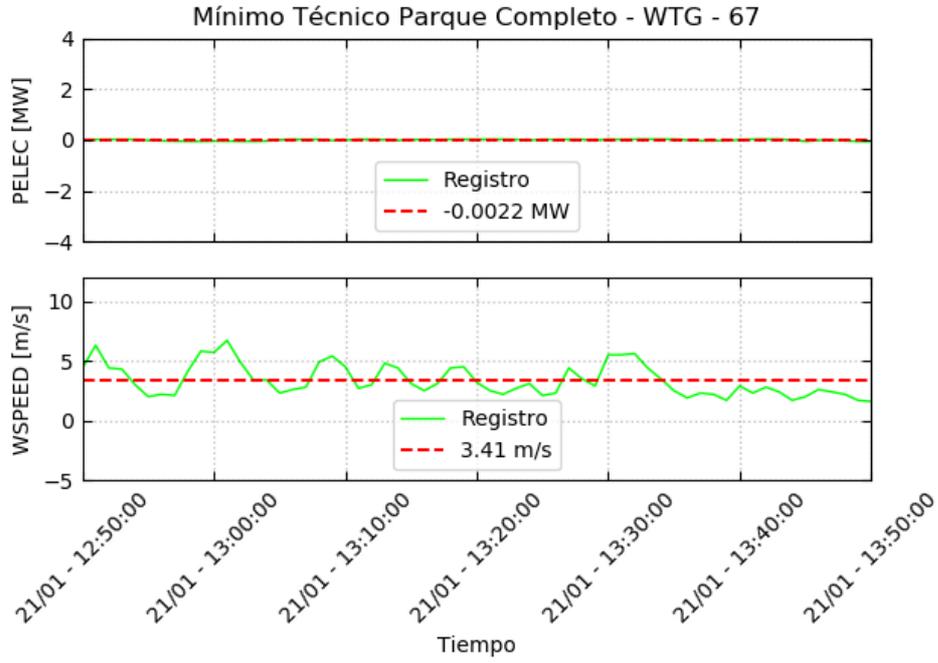


Figura 6.69 – Registro aerogenerador 67 – Mínimo Técnico Planta completa

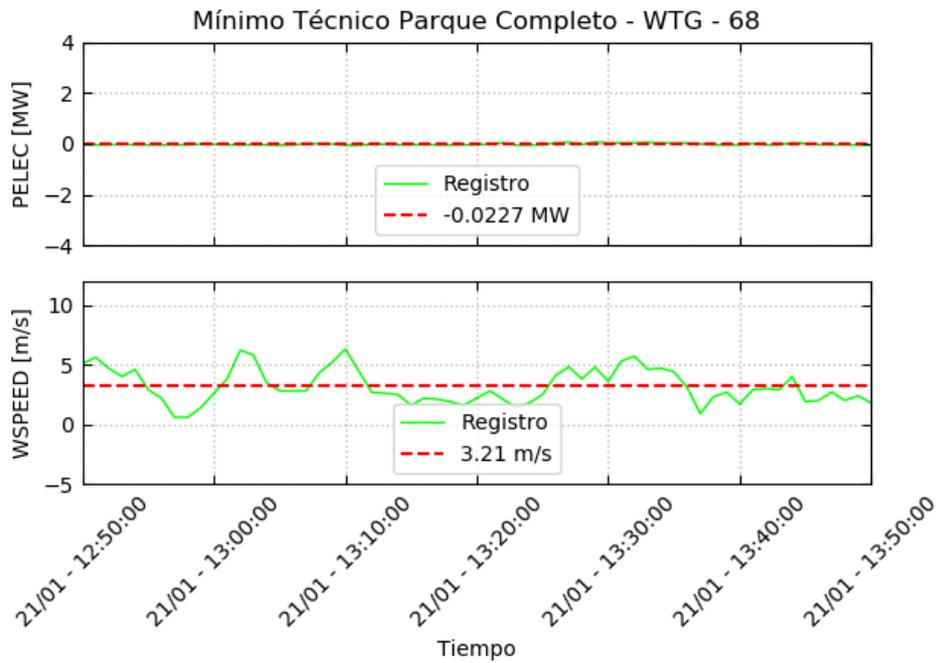


Figura 6.70 – Registro aerogenerador 68 – Mínimo Técnico Planta completa

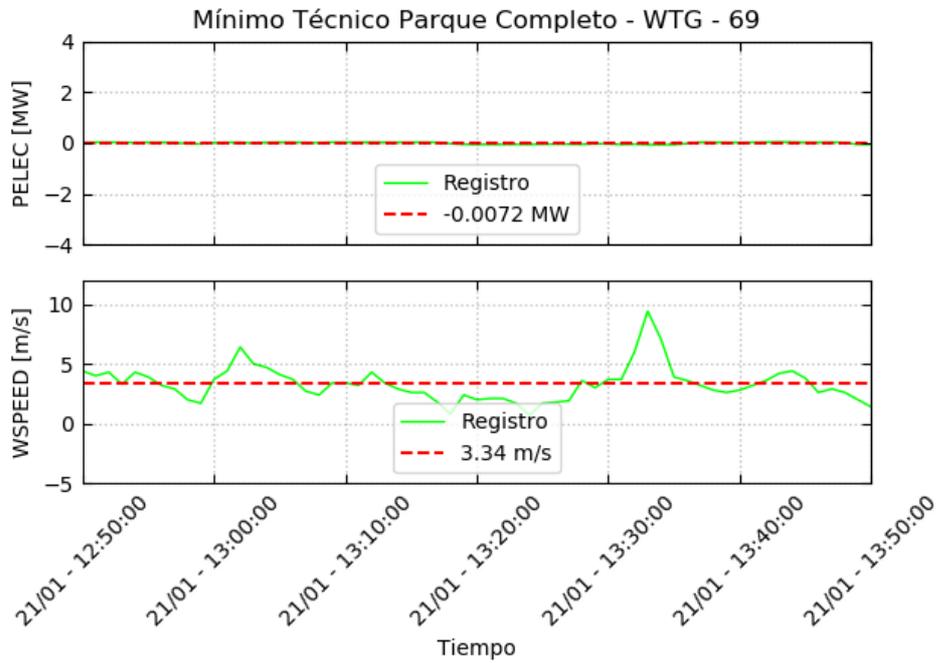


Figura 6.71 – Registro aerogenerador 69 – Mínimo Técnico Planta completa

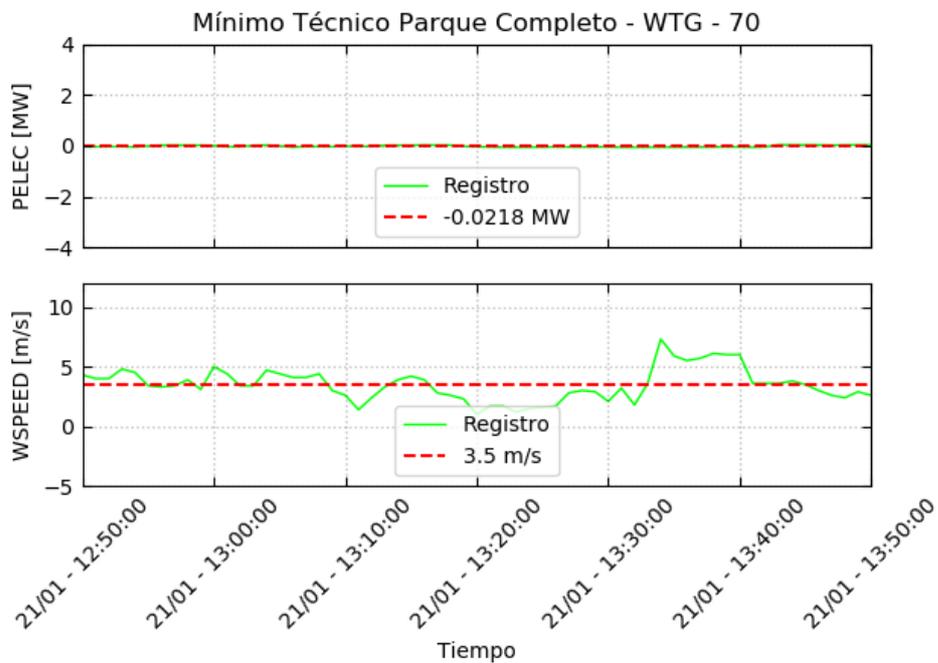


Figura 6.72 – Registro aerogenerador 70 – Mínimo Técnico Planta completa



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.