

**Empresa**  
**País**  
**Proyecto**  
**Descripción**

AES Andes  
Chile  
Parque Eólico San Matías - Etapa 1  
Informe de Potencia Máxima



**aes** Andes

CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-164  
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0569  
REVISIÓN B

**17 may. 24**



Este documento **EE-EN-2024-0569-RB** fue preparado para AES Andes 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](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Claudio Celman**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**  
Gerente Dpto. Ensayos  
[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto: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 44 páginas y ha sido guardado por última vez el 17/05/2024 por César Colignon; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Comentarios</b>	<b>Realizó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>
<b>A</b>	17.05.2024	Para presentar	RP	CiC	AC
<b>B</b>	17.05.2024	Correcciones según comentarios 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

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
	1.1 Fecha ensayo y personal auditor .....	5
	1.2 Medidores utilizados .....	5
	1.3 Nomenclatura utilizada .....	5
<b>2</b>	<b>ASPECTOS NORMATIVOS.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PARQUE.....</b>	<b>8</b>
	3.1 Diagrama unilineal .....	8
	3.2 Datos de los aerogeneradores.....	12
	3.3 Datos de los transformadores de bloque.....	15
	3.4 Datos del transformador principal .....	16
	3.5 Datos de los Consumos de SSAA.....	17
<b>4</b>	<b>DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA.....</b>	<b>18</b>
	4.1 Ensayo de Potencia Máxima – Valor medio horario .....	19
	4.1.1 Potencia Bruta .....	21
	4.1.2 Potencia de Servicios Auxiliares .....	21
	4.1.3 Potencia de Perdidas en la Central.....	21
	4.1.4 Potencia Neta .....	24
	4.1.5 Resultados .....	24
	4.2 Ensayo de Potencia Máxima – Valor máximo .....	25
	4.2.1 Potencia Bruta .....	27
	4.2.2 Potencia de Servicios Auxiliares .....	27
	4.2.3 Potencia de Perdidas en la Central.....	27
	4.2.4 Potencia Neta .....	30
	4.2.5 Resultados .....	30
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>32</b>
	6.1 Registros complementarios.....	32
	6.2 Velocidad viento históricos.....	42



# 1 Introducción

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar la Potencia Máxima del Parque Eólico San Matías - Etapa 1 de acuerdo con lo establecido en el “Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima 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 3 de mayo de 2024.

El Parque Eólico San Matías, se encuentra ubicado en la comuna de Los Ángeles, región del Biobío. Esta primera etapa está constituida por dieciocho (18) aerogeneradores marca Vestas modelo V150 de 4.3 MW de capacidad nominal y 720 V de tensión nominal.

En lo que respecta a los transformadores de bloque, son un total de dieciocho (18) de 5.15 MVA de capacidad nominal y de relación 0.72 kV / 33 kV ( $\pm 2 \times 2.5\%$ ). Por otro lado, la red colectora del Parque Eólico San Matías se compone de cuatro (4) alimentadores de 33 kV que colectan la totalidad de potencia generada por los aerogeneradores del parque.

Los alimentadores se conectan a la barra de 33 kV de la S/E Campo Lindo y luego, se realiza la conexión a uno de los devanados del transformador de poder de relación 33 kV / 33 kV / 220 kV ( $\pm 10 \times 1.25\%$ ) de 240/300 MVA (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal.

En lo que se refiere a la operación conjunta, el Parque Eólico San Matías cuenta con un sistema que permite el control de variables eléctricas en la barra principal de 33 kV del parque. Cabe mencionar que el transformador principal del parque cuenta con 2 devanadas de 33 kV y permite la interconexión del Parque Eólico San Matías (NUP3182) y el Parque Eólico Campo Lindo (NUP962).

Tal como se presenta en la descripción del proyecto (NUP3182) en la Plataforma de Gestión de Proyectos (PGP) la entrada en operación del parque se llevará a cabo en dos etapas. El presente informe aborda la primera y considera la instalación de 18 aerogeneradores. La segunda etapa, y definitiva, considera la instalación de un aerogenerador adicional para lograr la configuración final de 19 aerogeneradores.



## 1.1 Fecha ensayo y personal auditor

Personal	Fecha de ensayo
Ing. Matías Parra	3 de mayo de 2024

Tabla 1-1 – Personal participante

## 1.2 Medidores utilizados

Denominación	Marca	Modelo	Precisión
Analizador de energía	Janitza	UMG 510	±0.2%

Tabla 1-2. Equipos utilizados

Además del medidor mostrado en la tabla que se utilizó para las mediciones en el POI, se utilizaron datos complementarios entregados por el cliente, adquiridos desde el equipo de planta, los cuales fueron grabados con una tasa de muestreo de 10 minutos.

## 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:

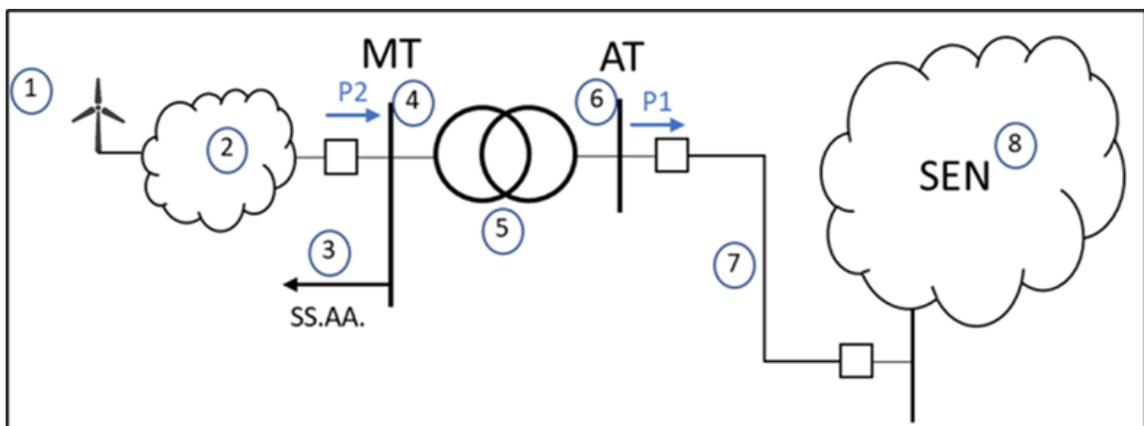


Figura 1.1 – Sistema equivalente parque eólico

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



## 2 ASPECTOS NORMATIVOS

El “**Anexo Técnico**: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” establece las metodologías y procesos para efectuar los ensayos de verificación del máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener un sistema de generación.

El **Artículo 39** es el que corresponde considerar para el caso en cuestión debido a que se trata de una central cuya fuente es renovable no convencional sin capacidad de regulación (no hay almacenamiento de energía). Éste establece que el valor de Potencia Máxima deberá ser obtenido a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías, especificándose las metodologías, cálculos y todos los antecedentes y aspectos técnicos usados para la obtención de dicho valor.



## 3 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

El Parque Eólico San Matías, se encuentra ubicado en la comuna de Los Ángeles, región del Biobío. Está constituido en su primera etapa por dieciocho (18) aerogeneradores marca Vestas modelo V150 de 4.3 MW de capacidad nominal y 720 V de tensión nominal.

La distribución de los aerogeneradores dentro de la red de media tensión es la siguiente:

- **Circuito 1:** SMA-01 (Etapa 2), SMA-08, SMA-12, SMA-13 y SMA-07.
- **Circuito 2:** SMA-05, SMA-06, SMA-02, SMA-03 y SMA-04.
- **Circuito 3:** SMA-09, SMA-14, SMA-15, SMA-19 y SMA-18.
- **Circuito 4:** SMA-11, SMA-20, SMA-21 y SMA-16

Los alimentadores se conectan a la barra de 33 kV de la S/E Campo Lindo y luego, se realiza la conexión a uno de los devanados del transformador de poder de relación 33 kV / 33 kV / 220 kV ( $\pm 10$  x 1.25%) de 240/300 MVA (ONAN/ONAF) de potencia aparente nominal.

En lo que se refiere a la operación conjunta, el Parque Eólico San Matías cuenta con un sistema que permite el control de variables eléctricas en la barra principal de 33 kV del parque. Cabe mencionar que el transformador principal del parque cuenta con 2 devanadas de 33 kV y permite la interconexión del Parque Eólico San Matías (NUP3182) y el Parque Eólico Campo Lindo (NUP962).

Tal como se presenta en la descripción del proyecto (NUP3182) en la Plataforma de Gestión de Proyectos (PGP) la entrada en operación del parque se llevará a cabo en dos etapas. El presente informe aborda la primera y considera la instalación de 18 aerogeneradores. La segunda etapa, y definitiva, considera la instalación de un aerogenerador adicional para lograr la configuración final de 19 aerogeneradores.

### 3.1 Diagrama unilíneal

En la Figura 3.1 se presenta el diagrama unilíneal de la S/E Campo Lindo. El recuadro azul muestra el paño FT1, donde se conecta el parque. Mientras que en el recuadro rojo se muestra el transformador elevador 220/23 kV, por el cual se conecta mediante el paño JT1 a la barra de 220 kV de la S/E Campo Lindo

En la Figura 3.2 y en la Figura 3.3 muestran la barra principal de 33 kV del Parque Eólico San Matías, se observa la acometida de los cuatro alimentadores del parque y el detalle de cada uno de los circuitos colectores.



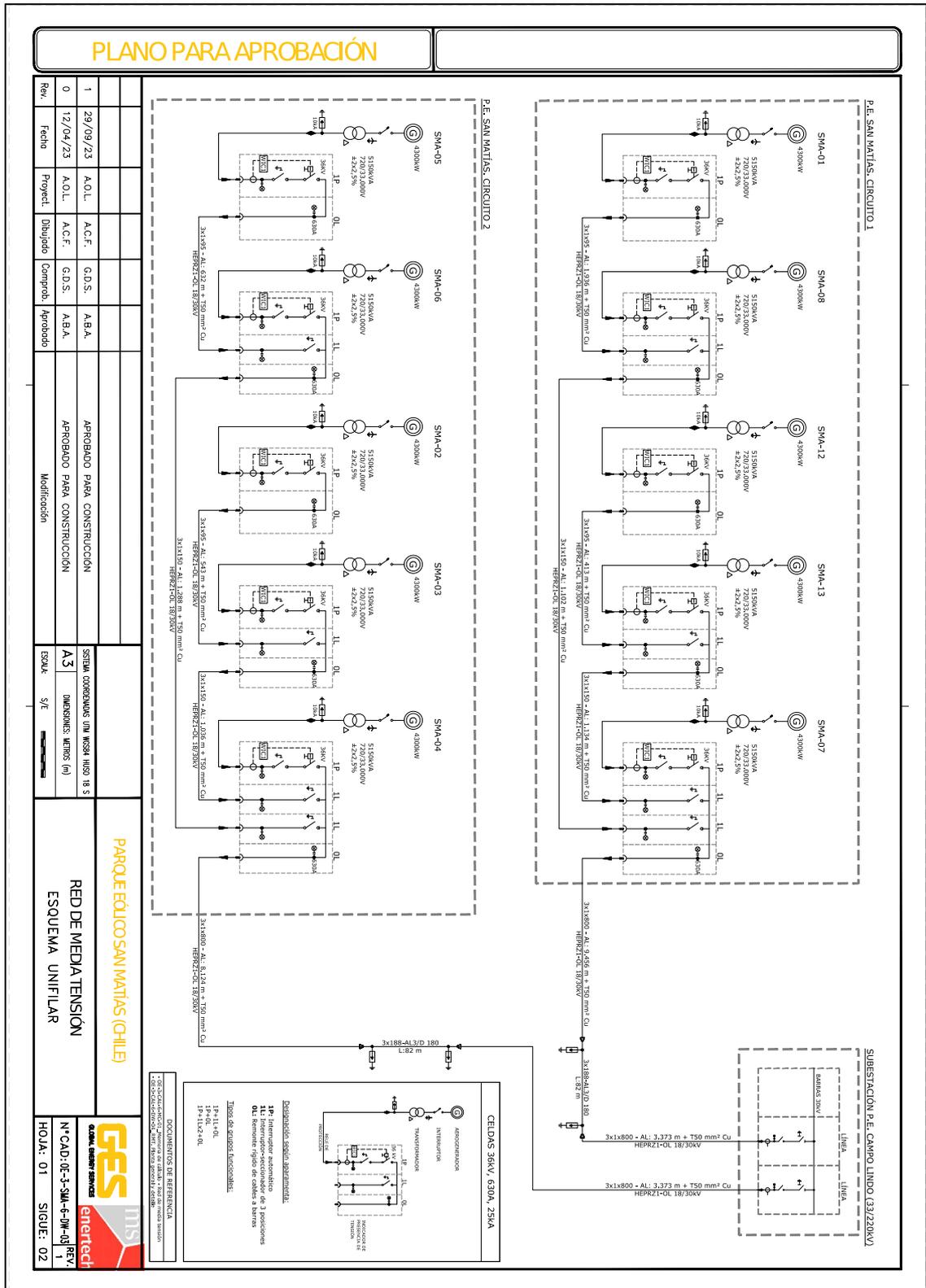


Figura 3.2 – Diagrama unilineal barra principal de 33 kV Parque Eólico San Matías (1 de 2)





### 3.2 Datos de los aerogeneradores

El Parque Eólico San Matías está constituido en su primera etapa por dieciocho (18) aerogeneradores marca Vestas modelo V150 de 4.3 MVA de capacidad nominal y 720 V de tensión nominal. Los parámetros nominales de los aerogeneradores se presentan en la Figura 3.4 y Figura 3.5.

Los aerogeneradores son del tipo 4, es decir, son generadores controlados por dos convertidores en configuración back-to-back de potencia 5.1 MVA cada uno. Este se conecta directamente al generador eléctrico de tipo inducción de jaula de ardilla.

Generator	
Type	Asynchronous with cage rotor
Rated Power [P <sub>N</sub> ]	4250 / 4450 kW
Frequency [f <sub>N</sub> ]	0-100 Hz
Voltage, Stator [U <sub>NS</sub> ]	3 x 800 V (at rated speed)
Number of Poles	6
Winding Type	Form with VPI (Vacuum Pressurized Impregnation)
Winding Connection	Delta
Rated rpm	1450-1550 rpm
Overspeed Limit Acc. to IEC (2 minutes)	2400 rpm
Generator Bearing	Hybrid/ceramic
Temperature Sensors, Stator	3 PT100 sensors placed at hot spots and 3 as back-up
Temperature Sensors, Bearings	1 per bearing
Insulation Class	H
Enclosure	IP54

Figura 3.4 – Datos nominales del aerogenerador

Converter	
Rated Apparent Power [S <sub>N</sub> ]	5100 kVA
Rated Grid Voltage	3 x 720 V
Rated Generator Voltage	3 x 800 V
Rated Grid Current	4100 A (≤30°C ambient) / 4150 (≤20°C ambient)
Rated Generator Current	3600 A (≤30°C ambient) / 3650 (≤20°C ambient)
Enclosure	IP54

Figura 3.5 – Datos nominales del convertidor de potencia



La curva de capacidad de los aerogeneradores se presenta en la Figura 3.6.

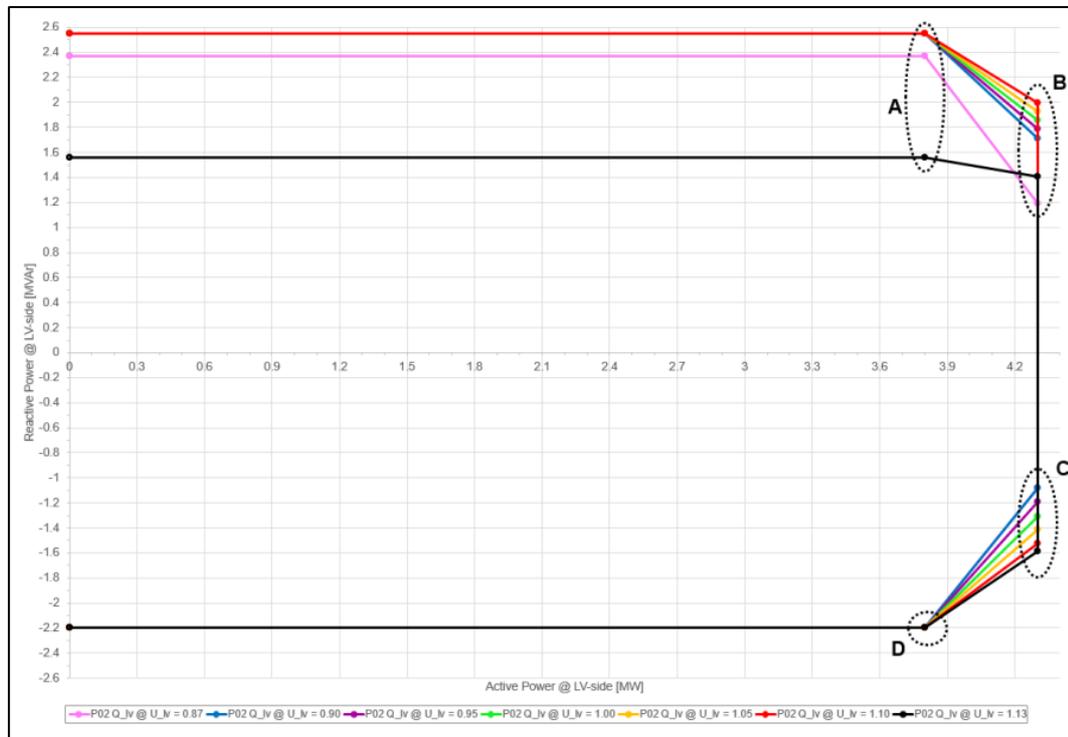


Figura 3.6 – Curva de capacidad del aerogenerador

Se presenta en la Figura 3.7 la curva de potencia según velocidad del viento del aerogenerador.

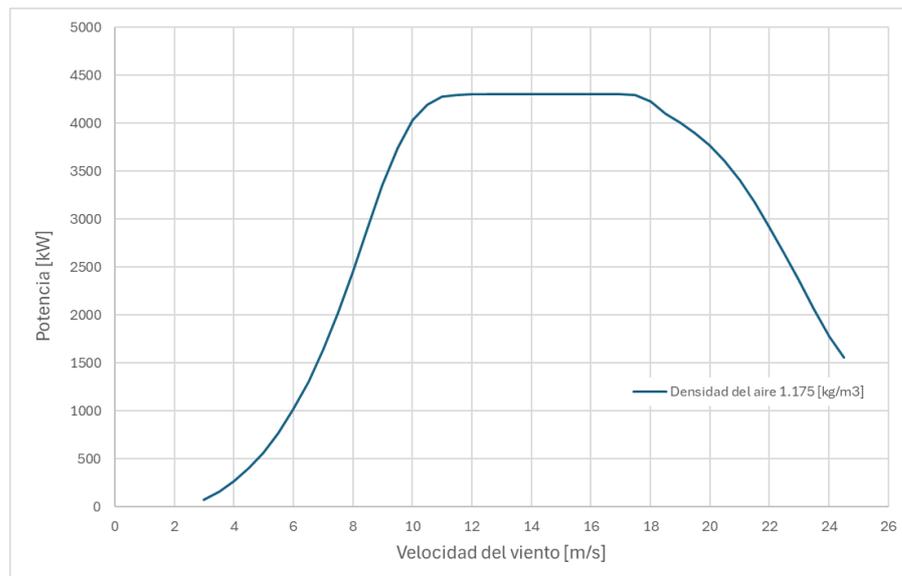


Figura 3.7 – Curva Viento/potencia para los aerogeneradores



En la Figura 3.8 se muestra la información asociada a los consumos propios de los aerogeneradores provista por el fabricante. Se aclara que la media de consumo es de aproximadamente 80.6 kW.

<b>Main contributors to Own Consumption</b>	
<b>Hydraulic Motor</b>	2 x 15 (V117) / 18.5 kW (V136 + V150) (master-slave)
<b>Yaw Motors</b>	Maximum 21 kW in total
<b>Water Heating</b>	10 kW
<b>Water Pumps</b>	2.2 + 5.5 kW
<b>Oil Heating</b>	7.9 kW
<b>Oil Pump for Gearbox Lubrication</b>	12.5 kW
<b>Controller Including Heating Elements for the Hydraulics and all Controllers</b>	Approximately 3 kW

Figura 3.8 – Consumos propios de aerogeneradores



### 3.3 Datos de los transformadores de bloque

El Parque Eólico San Matías en su primera etapa cuenta con dieciocho (18) transformadores de bloque de 5.15 MVA de potencia aparente nominal cada uno. El devanado de baja tensión permite la interconexión de los aerogeneradores en 720 V y los devanados de media tensión permiten la inyección de potencia en la red de 33 kV. Los transformadores cuentan con cambiador de tomas que no puede ser operado bajo carga.

Los datos característicos de los mismos se muestran en la Tabla 3-1.

Parámetro	Valor
Potencia nominal	5.15 MVA
Refrigeración	AF
Tensión nominal lado HV	33 kV
Tensión nominal lado LV	0.72 kV
Grupo de conexión	Dyn5
Impedancia	10.01 %
Pérdidas en carga	33.6 kW
Pérdidas en vacío	7.3 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 San Matías cuenta con un transformador principal de potencia nominal 240/300 MVA (ONAN/ONAF). Cuenta con dos devanados de media tensión de 33 kV y un devanado de alta tensión de 220 kV y posee un cambiador de tomas bajo carga.

Los datos característicos para el modelo del transformador se muestran en la Tabla 3-2.

Parámetro	Valor
Potencia nominal	240/300 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensión nominal lado HV	220 kV
Tensión nominal lado LV	33 kV
Grupo de conexión	YNd11d11
Impedancia	17.6% @300 MVA
Pérdidas en carga	742.9 kW
Pérdidas en vacío	138.0 kW
Posiciones de TAP	± 10 x 1.25%

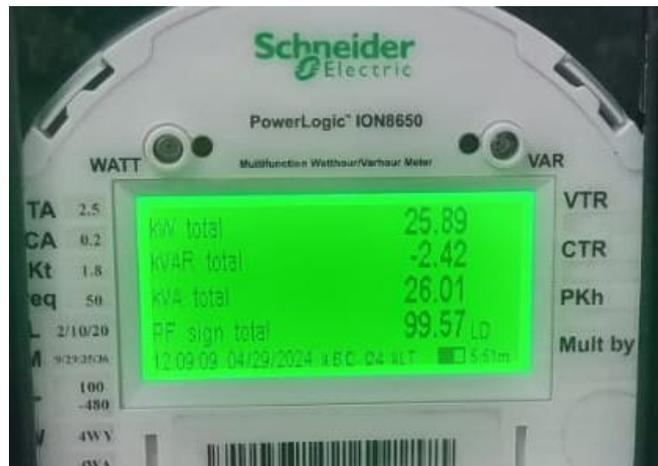
Tabla 3-2 – Datos del transformador principal



### 3.5 Datos de los Consumos de SSAA

El Parque Eólico San Matías cuenta con un transformador de servicios auxiliares / reactor de puesta a tierra con conexión Zig-Zag de 100 kVA de potencia aparente nominal para alimentar sus servicios auxiliares. Este transformador cuenta con un devanado de baja tensión de 0.4/0.231 kV y un arrollamiento de alta tensión de 33 kV.

En la siguiente fotografía se presentan los consumos de los servicios auxiliares tomados directamente de los medidores de planta.



De lo presentado se aprecia que el total de consumos esenciales es de 25.89 kW.



## 4 DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA

El “**Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras**” establece las metodologías y procesos para efectuar los ensayos de verificación del máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener un sistema de generación.

Para el Parque Eólico San Matías corresponde al máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener el sistema de generación y deberá ser obtenido a partir de registros de operación y mediciones de los recursos naturales que inciden en la operación de estas tecnologías.

En la sección 4.1 se presenta el ensayo de potencia máxima considerando la operación simultánea y estable de todas las unidades, se presenta el registro de una hora de operación continua de la instalación en la mejor condición de viento.

En tanto, en la sección 4.2 se presenta el mayor valor de potencia registrado, considerando una media de 10 minutos dentro la prueba completa de 1 hora, que permite verificar el desempeño de las unidades a potencia nominal.

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

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
San Matías	(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 la unidad 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 kW x Cantidad de aerogeneradores (considerando 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 (kW) y de las pérdidas en el sistema colector de media tensión.
- (4) **Potencia Neta del parque:** Potencia inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal.



## 4.1 Ensayo de Potencia Máxima – Valor medio horario

El día 3 de mayo de 2024 se realizó el ensayo de Potencia Máxima de planta completa durante su etapa 1, es decir, con 18 turbinas en servicio.

Se realiza una prueba de operación completa del parque sin restricción en la generación con una duración de 1 hora en la mejor condición de viento disponible.

En la Figura 4.1 se muestra el registro de potencia neta inyectada en 33 kV ( $P_{33\text{ kV}}$ ) de la prueba completa, en la línea roja segmentada se aprecia un valor medio de 75.6043 MW inyectado en el lado de 33 kV del transformador principal del parque.

En tanto, en la Figura 4.2 se muestra el registro de potencia de los aerogeneradores ( $P_{WTG}$ ) de la prueba completa, en la línea roja segmentada se aprecia un valor medio de 76.7210 MW considerando la inyección en bornes de las 18 unidades en servicio.

Finalmente, se presenta en al Figura 4.3 el registro de velocidad de viento media del parque para la prueba completa. En la línea roja segmentada se aprecia una media de 12.21 m/s para el período considerado, de forma referencial se traza en la línea negra segmentada el valor de velocidad de viento nominal de 12 m/s.

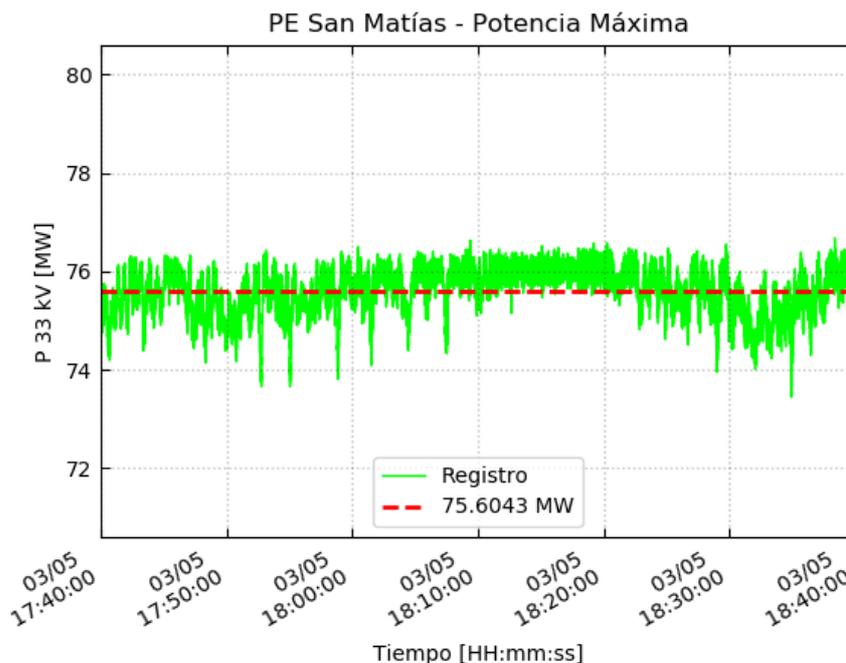


Figura 4.1 – Potencia neta – Valor medio horario

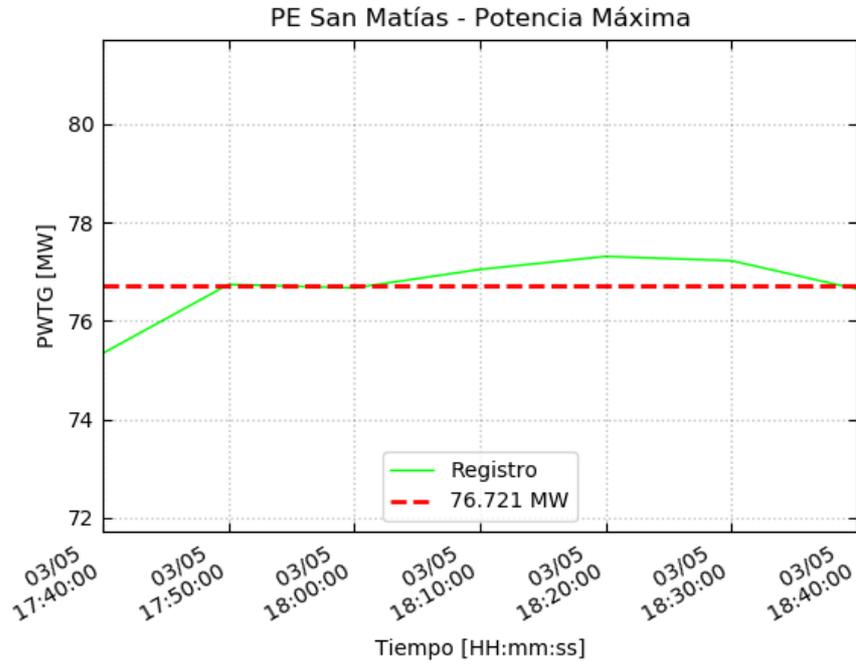


Figura 4.2 – Potencia de aerogeneradores – Valor medio horario

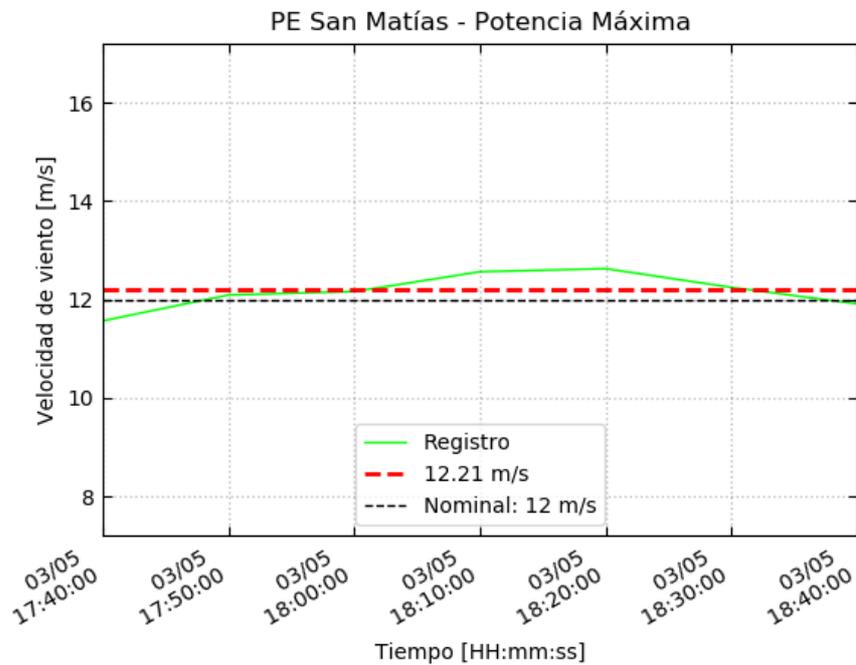


Figura 4.3 – Velocidad de viento – Valor medio horario



### 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 de los aerogeneradores. Estos consumos se estiman en 80.6 kW según se observa en la Figura 3.8. El valor de **Potencia Bruta** ( $P_{Bruta}$ ) se obtiene según la siguiente expresión.

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

$$P_{Bruta} = 76.7210 \text{ MW} + 18 \times 80.6 \text{ kW} = 78.1718 \text{ MW}$$

### 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 kW x Cantidad de aerogeneradores (considerando la totalidad de unidades en servicio) más los consumos del transformador de SSAA ( $P_{TR,SSAA}$ ) estimados en la sección 3.5.

Según se observa en la Figura 3.8, el consumo interno de cada aerogenerador se estima en 80.6 kW.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

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

$$P_{SSAA} = 18 \times 80.6 \text{ kW} + 25.89 \text{ kW} = 1476.69 \text{ kW}$$

$$P_{SSAA} = 1.4767 \text{ MW}$$

### 4.1.3 Potencia de Pérdidas en la Central

La **Potencia de Pérdidas en la Central** ( $P_{perd,central}$ ) corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central y en la red de media tensión que considera los transformadores de bloque y circuitos colectores de la planta.



En este caso, se cuenta con el registro de potencia inyectado en el devanado de 33 kV del transformador principal. Entonces, la potencia de pérdidas de la central puede ser obtenida a partir de la diferencia entre la potencia en 33 kV (ver Figura 4.1) y la potencia generada por los aerogeneradores (ver Figura 4.2) y agregar las pérdidas del transformador principal.

Además, se deben considerar los consumos de potencia del transformador de servicios auxiliares, estimados en 25.89 kW según se presenta en la sección 3.5.

La expresión para el cálculo de potencia de pérdidas de la central, sin tener en cuenta las pérdidas del transformador principal (que serán adicionadas posteriormente) se presenta a continuación:

$$P_{perd,central_{33kV}} = P_{WTG} - P_{TR,SSAA} - P_{33\ kV}$$

$$P_{perd,central_{33kV}} = 76.7210\ MW - 0.0259\ MW - 75.6043\ MW = 1.0908\ MW$$

Cabe destacar que como no se tiene en cuenta las pérdidas del transformador principal, este valor corresponde a las pérdidas de la red de media tensión  $P_{perd,MT}$ .

$$P_{perd,MT} = 1.0908\ MW$$

El valor de potencia de pérdidas de la central debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal}}$ )
- Pérdidas en red colectora de media tensión ( $P_{perd,redMT}$ )

La potencia de pérdidas del transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal}}$ ) considera las pérdidas en vacío ( $P_{perd,TR_{ppal},vacío}$ ) y en carga ( $P_{perd,TR_{ppal},carga}$ ) del equipo. Las pérdidas en carga se determinan a partir del valor de potencia inyectada en el lado de 33 kV del equipo.



Las pérdidas en carga del transformador principal se calculan según la siguiente expresión.

$$P_{perd,TR_{ppal},carga} = P_{perd,TR_{ppal},carga,nominal} \times \left( \frac{P_{33\text{ kV}}}{S_{nom,TR_{ppal}}} \right)^2$$
$$P_{perd,TR_{ppal},carga} = 742.9\text{ kW} \times \left( \frac{75.6043\text{ MW}}{300.0\text{ MVA}} \right)^2 = 47.1825\text{ kW}$$

Las pérdidas en vacío del transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal},vacío}$ ) se presentan directamente en la Tabla 3-2.

$$P_{perd,TR_{ppal},vacío} = 138\text{ kW}$$

Por tanto, las pérdidas del transformador principal quedan determinadas según la siguiente expresión.

$$P_{perd,TR_{ppal}} = P_{perd,TR_{ppal},vacío} + P_{perd,TR_{ppal},carga}$$
$$P_{perd,TR_{ppal}} = 138\text{ kW} + 47.1825\text{ kW} = 185.18\text{ kW}$$
$$P_{perd,TR_{ppal}} = 0.1852\text{ MW}$$

Por lo tanto, el valor de potencia de pérdidas de la central queda determinada como la sumatoria de las pérdidas del transformador principal más las pérdidas en la red de media tensión:

$$P_{perd,central} = P_{perd,MT} + P_{perd,TR_{ppal}}$$
$$P_{perd,central} = 1.0908 + 0.1852\text{ MW} = 1.2760\text{ MW}$$



#### 4.1.4 Potencia Neta

La **Potencia Neta** del Parque Eólico San Matías corresponde a la potencia inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal del parque (POI) y queda determinada como la potencia neta inyectada en 33 kV menos las pérdidas del transformador principal.

$$P_{neta} = P_{33\text{ kV}} - P_{perd,TR_{ppai}} = 75.6043\text{ MW} - 0.1852\text{ MW} = 75.4191\text{ MW}$$

$$P_{Neta} = 75.4191\text{ MW}$$

#### 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.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
San Matías	78.1718	1.4767	1.2760	75.4191

Tabla 4.2 – Potencia Máxima – Parque Eólico San Matías – Valor medio horario



## 4.2 Ensayo de Potencia Máxima – Valor máximo

A partir del ensayo presentado en la sección anterior, se determina el valor máximo que el parque sostiene de forma estable en un período de 10 minutos. Tal como se menciona en la sección anterior, se considera la operación de las 18 unidades del parque.

En la Figura 4.4 se muestra el registro de potencia neta inyectada del lado de 33 kV ( $P_{33\text{ kV}}$ ) para el período de máxima generación, en la línea roja segmentada se aprecia un valor medio de 75.9848 MW inyectado en el lado de 33 kV del transformador principal del parque.

En tanto, en la Figura 4.5 se muestra el registro de potencia de los aerogeneradores ( $P_{WTG}$ ) para el período de máxima generación, en la línea roja segmentada se aprecia un valor medio de 77.0449 MW considerando la inyección en bornes de todas las unidades. El valor medido implica un despacho aproximado de 4.28 MW por cada unidad en servicio, en la sección 6.1 se muestra el registro de potencia y velocidad de viento de cada aerogenerador durante la prueba.

Finalmente, se presenta en la Figura 4.6 el registro de velocidad de viento media del parque para el período de máxima generación. En la línea roja segmentada se aprecia una media de 12.6 m/s para el período considerado, de forma referencial se traza en la línea negra segmentada el valor de velocidad de viento nominal de 12 m/s. En la sección 6.1 se muestra el registro de velocidad de viento durante un período de 2 horas.

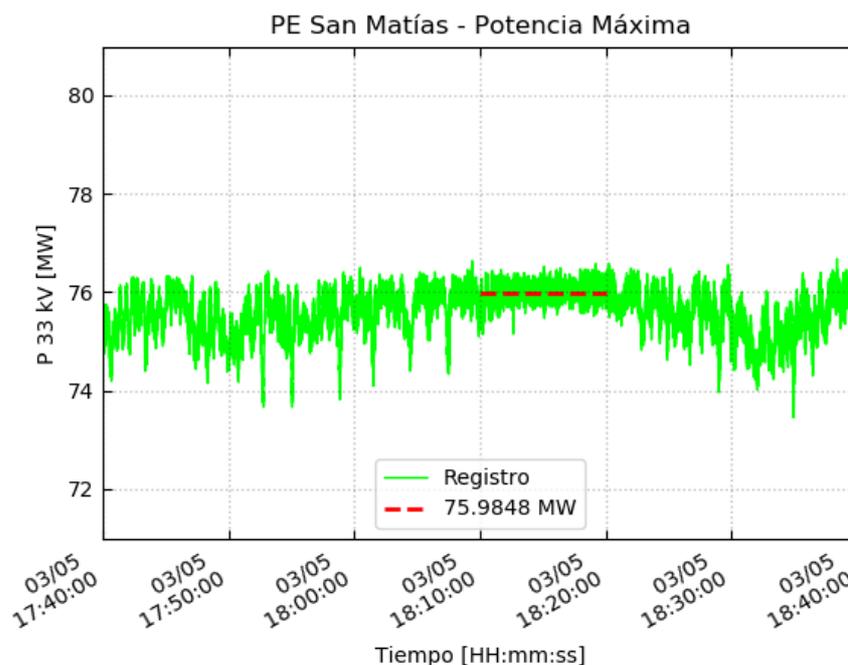


Figura 4.4 – Potencia neta – Valor máximo

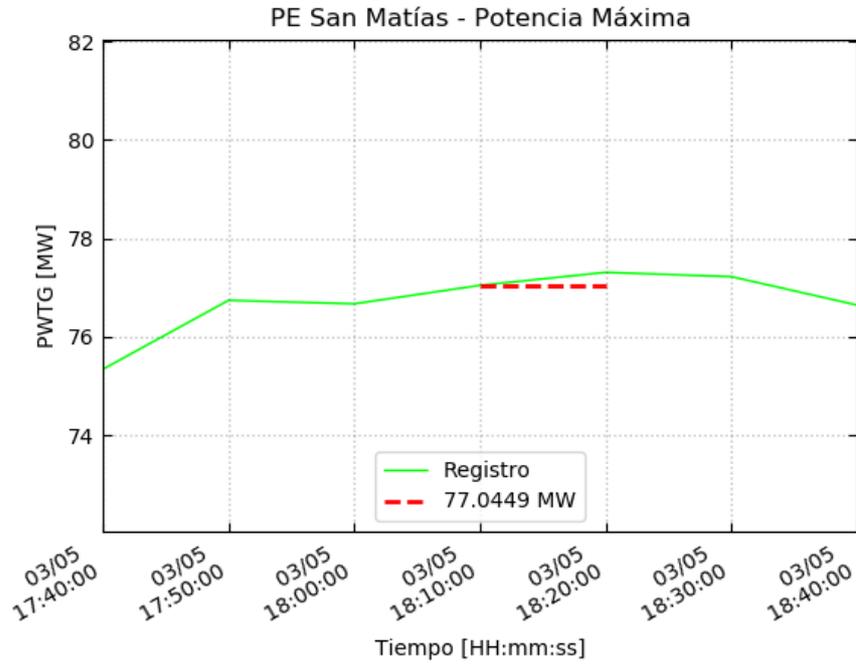


Figura 4.5 – Potencia de aerogeneradores – Valor máximo

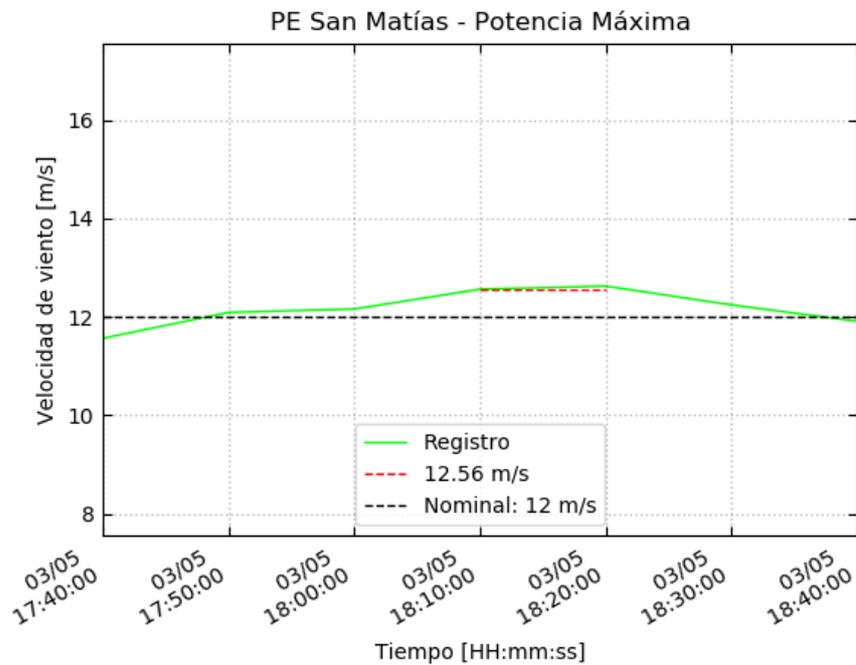


Figura 4.6 – Velocidad de viento – Valor máximo



### 4.2.1 Potencia Bruta

La medición de potencia presentada en la Figura 4.5, se realiza en bornes de los equipos y ya se encuentran descontados los consumos propios de los aerogeneradores. Estos consumos se estiman en 80.6 kW según se observa en la Figura 3.8. El valor de **Potencia Bruta** ( $P_{Bruta}$ ) se obtiene según la siguiente expresión.

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

$$P_{Bruta} = 77.0449 \text{ MW} + 18 \times 80.6 \text{ kW} = 78.4957 \text{ MW}$$

### 4.2.2 Potencia de Servicios Auxiliares

La **Potencia de Servicios Auxiliares** ( $P_{SSAA}$ ) corresponde a la suma de los consumos propios de cada aerogenerador estimados en kW x Cantidad de aerogeneradores (considerando la totalidad de unidades en servicio) más los consumos del transformador de SSAA ( $P_{TR,SSAA}$ ) estimados en la sección 3.5.

Según se observa en la Figura 3.8, el consumo interno de cada aerogenerador se estima en 80.6 kW.

En base a estos datos se procede a calcular la **Potencia de Servicios Auxiliares**.

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

$$P_{SSAA} = 18 \times 80.6 \text{ kW} + 25.89 \text{ kW} = 1476.69 \text{ kW}$$

$$P_{SSAA} = 1.4767 \text{ MW}$$

### 4.2.3 Potencia de Pérdidas en la Central

La **Potencia de Pérdidas en la Central** ( $P_{perd,central}$ ) corresponde a la suma de las pérdidas en el transformador de poder de la central y en la red de media tensión que considera los transformadores de bloque y circuitos colectores de la planta.



En este caso, se cuenta con el registro de potencia inyectado en el devanado de 33 kV del transformador principal. Entonces, la potencia de pérdidas de la central puede ser obtenida a partir de la diferencia entre la potencia en 33 kV (ver Figura 4.4) y la potencia generada por los aerogeneradores (ver Figura 4.5) y sumarle las pérdidas del transformador principal.

Además, se deben considerar los consumos de potencia del transformador de servicios auxiliares, estimados en 25.89 kW según se presenta en la sección 3.5.

La expresión para el cálculo de potencia de pérdidas de la central, sin tener en cuenta las pérdidas del transformador principal (que serán calculadas posteriormente) se presenta a continuación:

$$P_{perd,central_{33kV}} = P_{WTG} - P_{TR,SSAA} - P_{33\text{ kV}}$$

$$P_{perd,central_{33kV}} = 77.0449\text{ MW} - 0.0259\text{ MW} - 75.9848\text{ MW} = 1.0342\text{ MW}$$

Cabe destacar que como no se tiene en cuenta las pérdidas del transformador principal, este valor corresponde a las pérdidas de la red de media tensión  $P_{perd,MT}$ .

$$P_{perd,MT} = 1.0342\text{ MW}$$

El valor de potencia de pérdidas de la central debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal}}$ )
- Pérdidas en red colectora de media tensión ( $P_{perd,redMT}$ )

La potencia de pérdidas del transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal}}$ ) considera las pérdidas en vacío ( $P_{perd,TR_{ppal},vacío}$ ) y en carga ( $P_{perd,TR_{ppal},carga}$ ) del equipo. Las pérdidas en carga se determinan a partir del valor de potencia inyectada en el lado de 33 kV del equipo.



Las pérdidas en carga del transformador principal se calculan según la siguiente expresión.

$$P_{perd,TR_{ppal},carga} = P_{perd,TR_{ppal},carga,nominal} \times \left( \frac{P_{33\text{ kV}}}{S_{nom,TR_{ppal}}} \right)^2$$
$$P_{perd,TR_{ppal},carga} = 742.9\text{ kW} \times \left( \frac{75.9848\text{ MW}}{300.0\text{ MVA}} \right)^2 = 47.6586\text{ kW}$$

Las pérdidas en vacío del transformador principal ( $P_{perd,TR_{ppal},vacío}$ ) se presentan directamente en la Tabla 3-2.

$$P_{perd,TR_{ppal},vacío} = 138\text{ kW}$$

Por tanto, las pérdidas del transformador principal quedan determinadas según la siguiente expresión.

$$P_{perd,TR_{ppal}} = P_{perd,TR_{ppal},vacío} + P_{perd,TR_{ppal},carga}$$
$$P_{perd,TR_{ppal}} = 138\text{ kW} + 47.6586\text{ kW} = 185.6586\text{ kW}$$
$$P_{perd,TR_{ppal}} = 0.1857\text{ MW}$$

Por lo tanto, el valor de potencia de pérdidas de la central queda determinada como la sumatoria de las pérdidas del transformador principal más las pérdidas en la red de media tensión:

$$P_{perd,central} = P_{perd,MT} + P_{perd,TR_{ppal}}$$
$$P_{perd,central} = 1.0342 + 0.1857\text{ MW} = 1.2199\text{ MW}$$



#### 4.2.4 Potencia Neta

La **Potencia Neta** del Parque Eólico San Matías corresponde a la potencia inyectada en el lado de 220 kV del transformador principal del parque (POI) y queda determinada como la potencia neta inyectada en 33 kV menos las pérdidas del transformador principal.

$$P_{neta} = P_{33\text{ kV}} - P_{perd,TR_{ppal}} = 75.9848\text{ MW} - 0.18566\text{ MW} = 75.7991\text{ MW}$$

$$P_{Neta} = 75.7991\text{ MW}$$

#### 4.2.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
San Matías	78.4957	1.4767	1.2199	75.7991

Tabla 4.3 – Potencia Máxima – Parque Eólico San Matías – Valor máximo



## 5 CONCLUSIONES

En el presente informe, se ha determinado el valor de **Potencia Máxima** del Parque Eólico San Matías. Se ha demostrado la capacidad del parque de operar de forma estable con las 18 unidades en servicio y se obtiene el valor de potencia máxima considerando la mejor condición de velocidad de viento.

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
San Matías	78.1718	1.4767	1.2760	75.4191

Tabla 5.1 – Potencia Máxima – Parque Eólico San Matías – Valor medio horario

Parque Eólico	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
San Matías	78.4957	1.4767	1.2199	75.7991

Tabla 5.2 – Potencia Máxima – Parque Eólico San Matías – Valor máximo

De forma complementaria se presenta el desglose de pérdidas entre el transformador principal del parque y los elementos de la red colectora (transformadores de bloque y circuitos colectores) en la condición de potencia máxima.

Pérdidas en transformador principal [MW]	Pérdidas en sistema colector [MW]
0.18566	1.0342

Tabla 5.3 – Desglose de pérdidas de planta



## 6 ANEXOS

### 6.1 Registros complementarios

En la presente sección se muestra el registro de potencia y velocidad de viento de cada aerogenerador para la prueba de Potencia Máxima. Además, se presenta un registro de velocidad de viento de mayor duración.

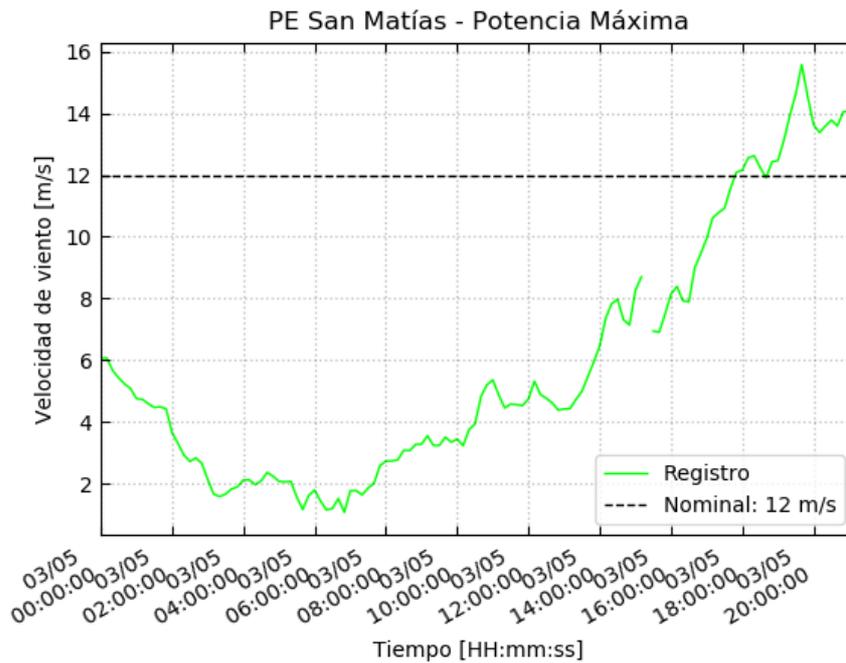


Figura 6.1 – Velocidad de viento parque – Día completo de pruebas

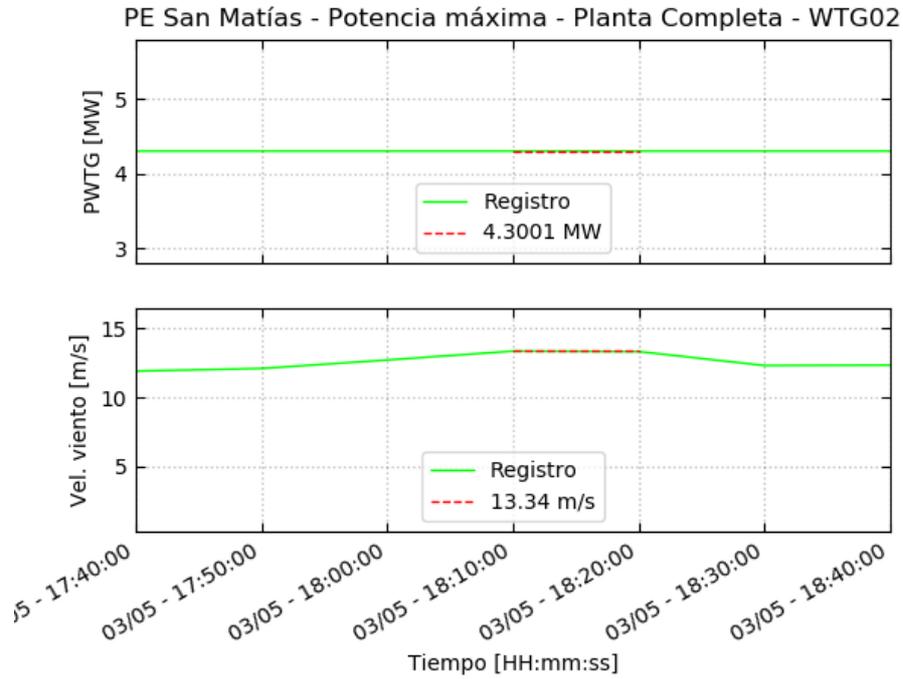


Figura 6.2 – Registro WTG02 – Planta completa

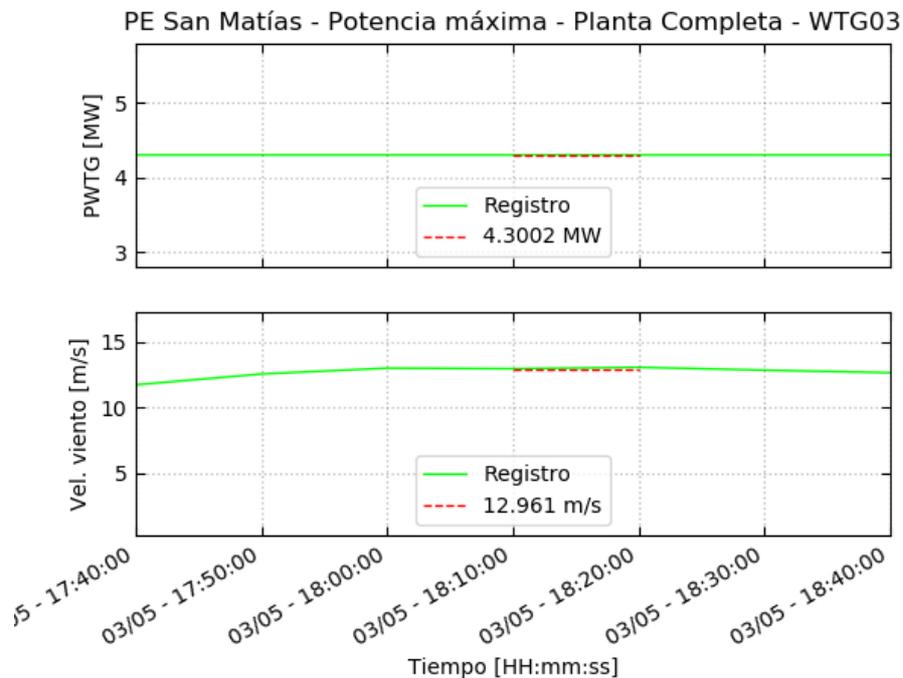
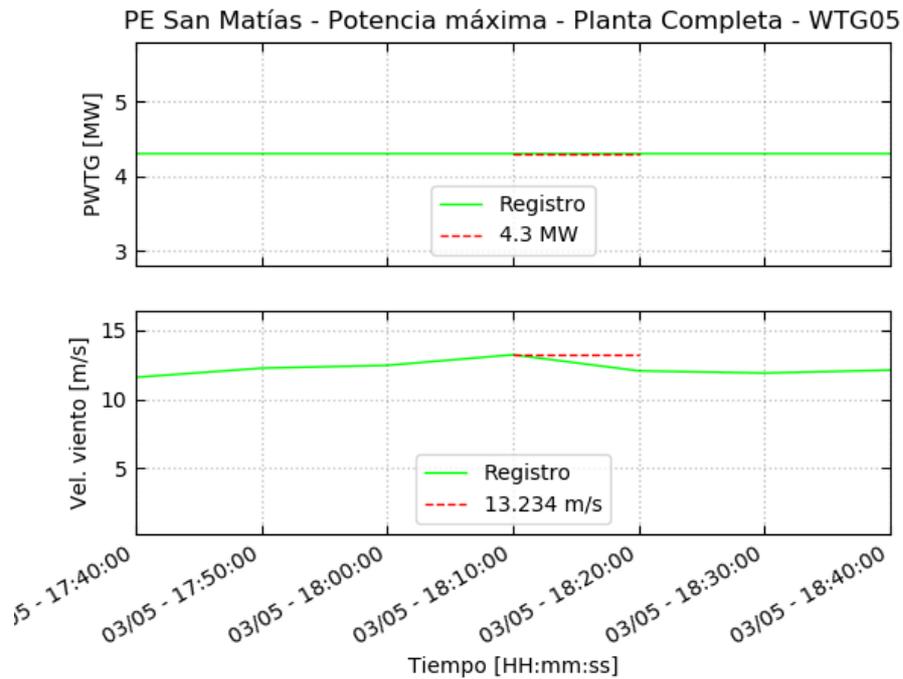
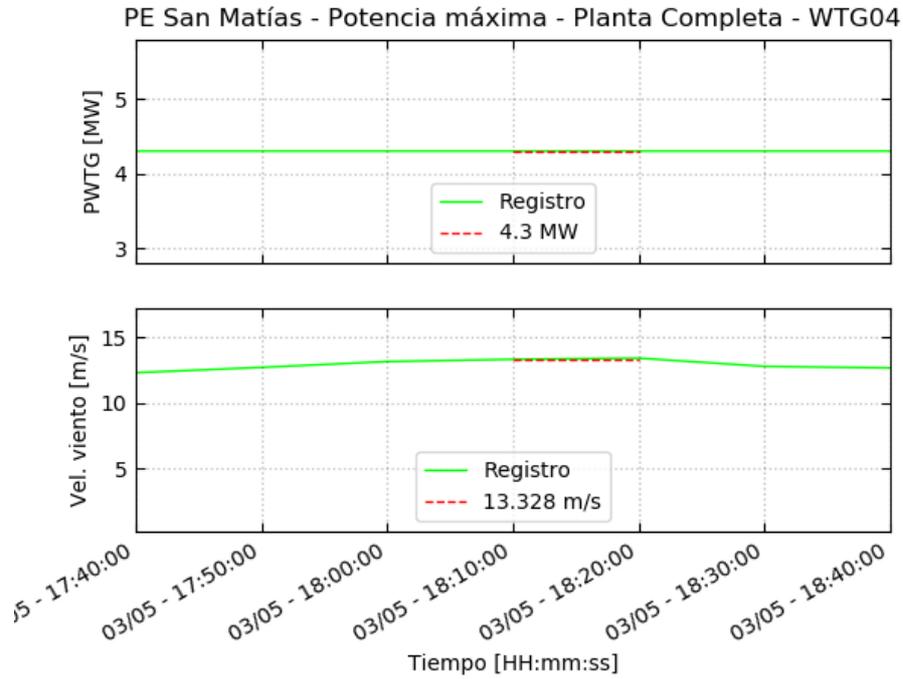


Figura 6.3 – Registro WTG03 – Planta completa



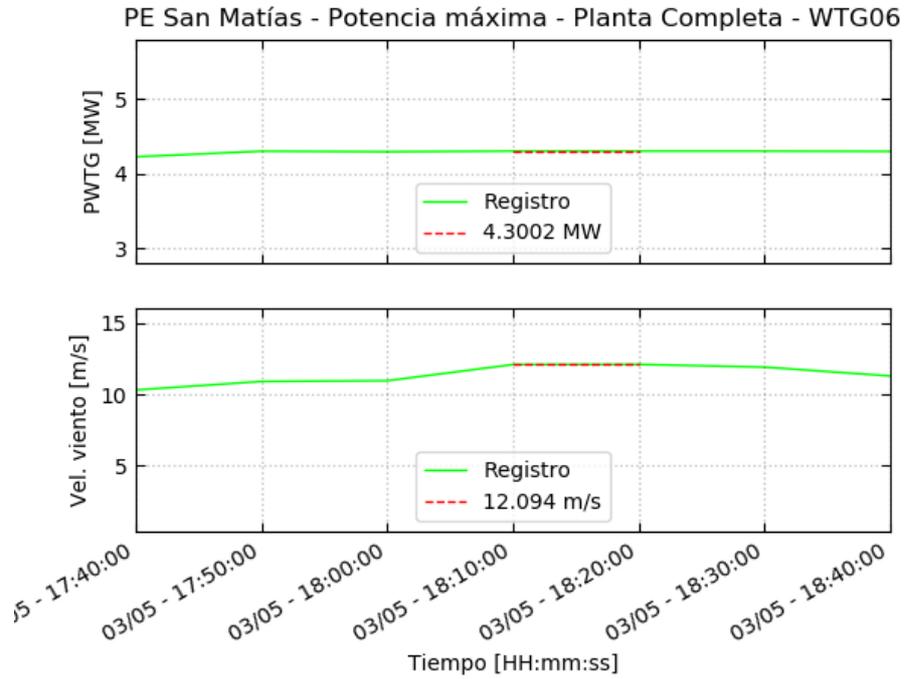


Figura 6.6 – Registro WTG06 – Planta completa

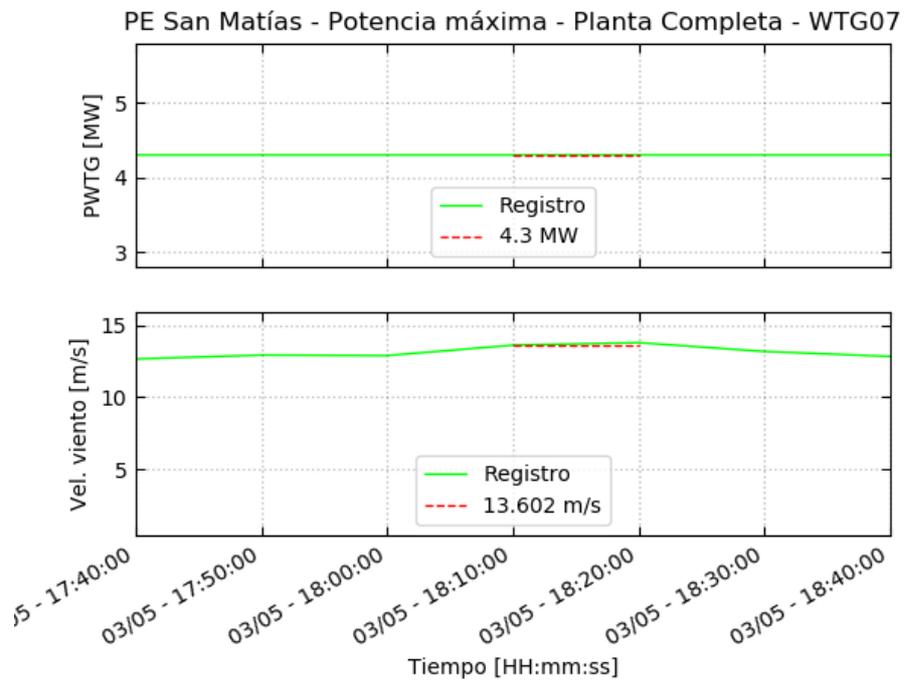


Figura 6.7 – Registro WTG07 – Planta completa

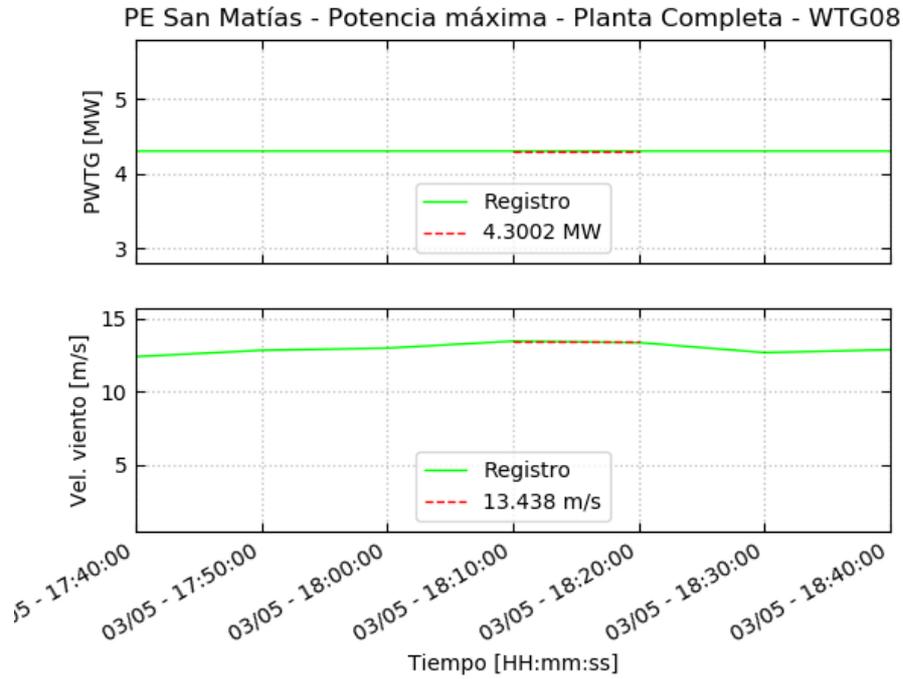


Figura 6.8 – Registro WTG08 – Planta completa

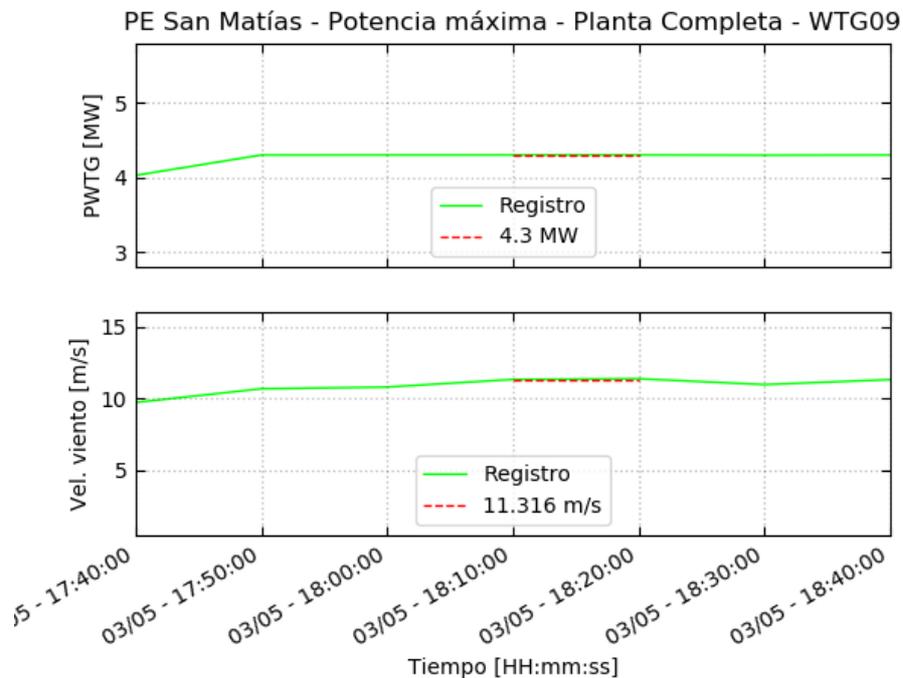


Figura 6.9 – Registro WTG09 – Planta completa

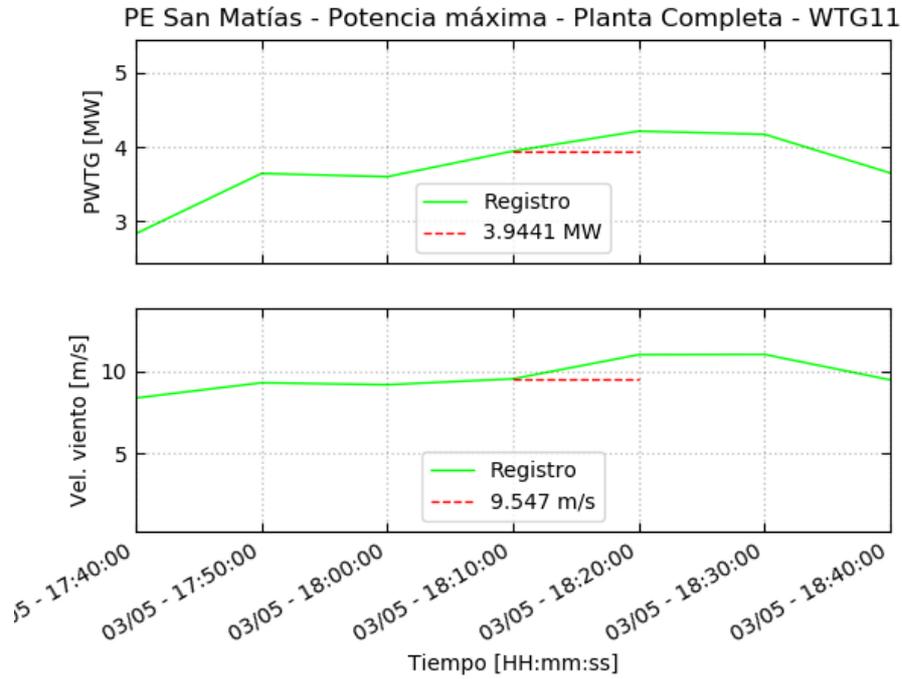


Figura 6.10 – Registro WTG11 – Planta completa

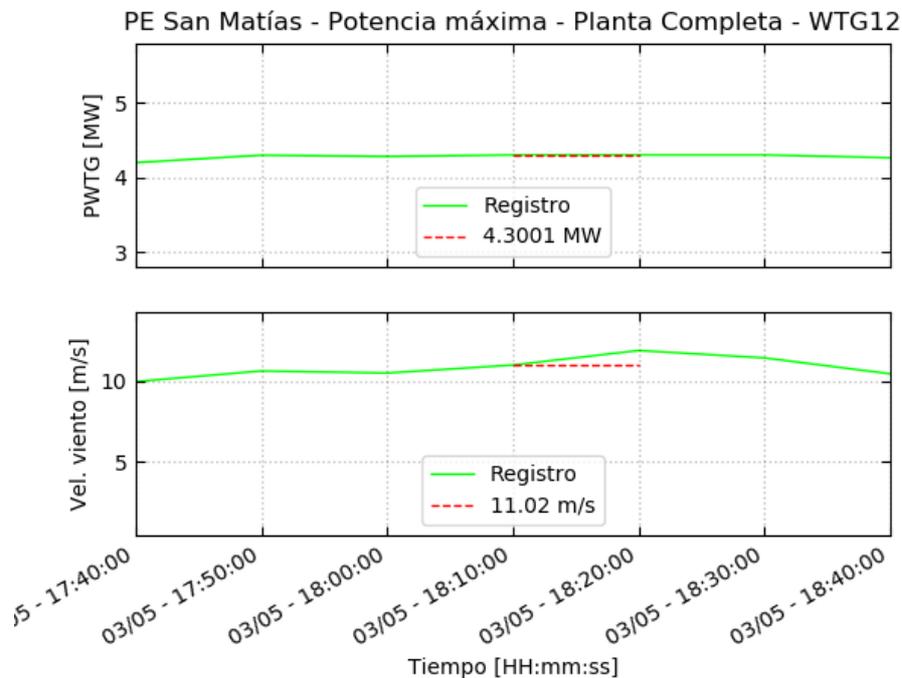


Figura 6.11 – Registro WTG12 – Planta completa

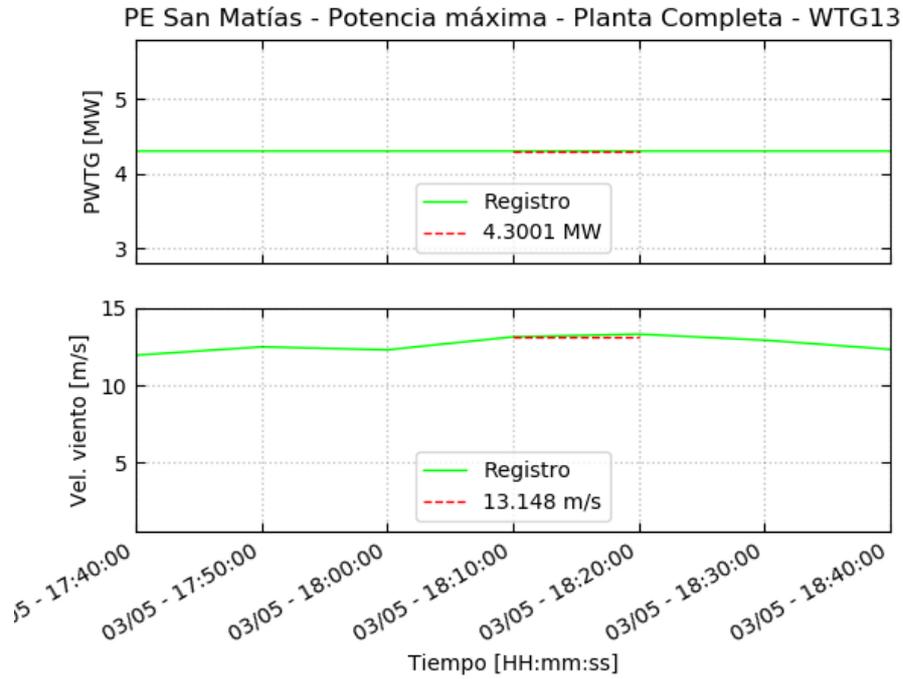


Figura 6.12 – Registro WTG13 – Planta completa

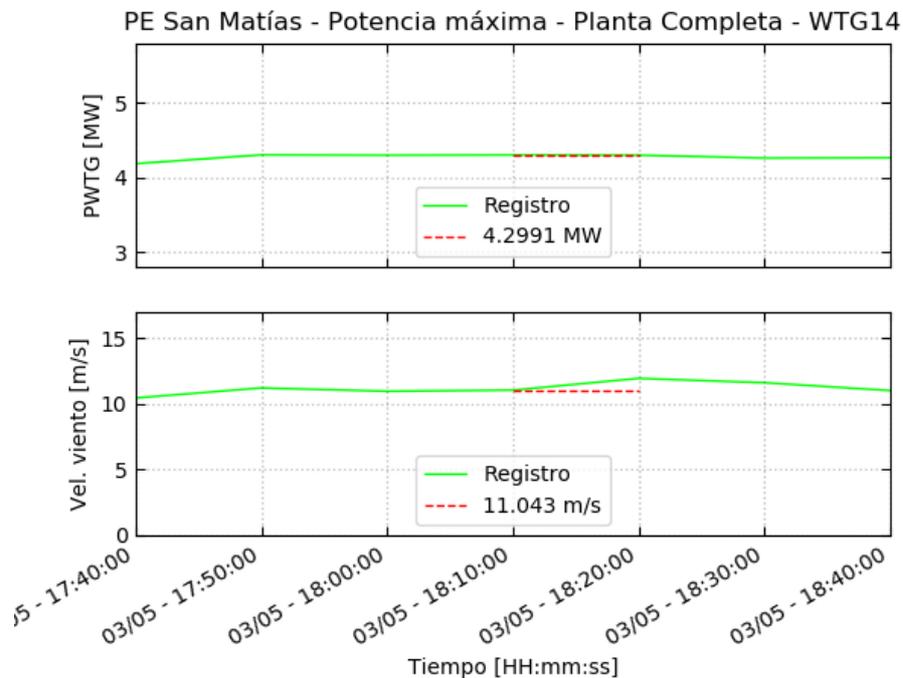


Figura 6.13 – Registro WTG14 – Planta completa

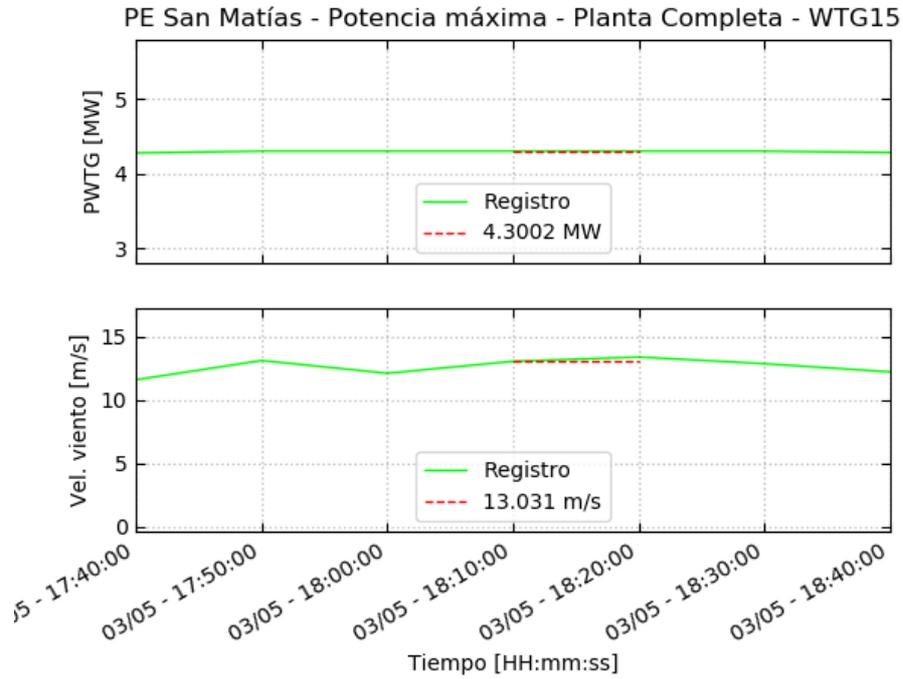


Figura 6.14 – Registro WTG15 – Planta completa

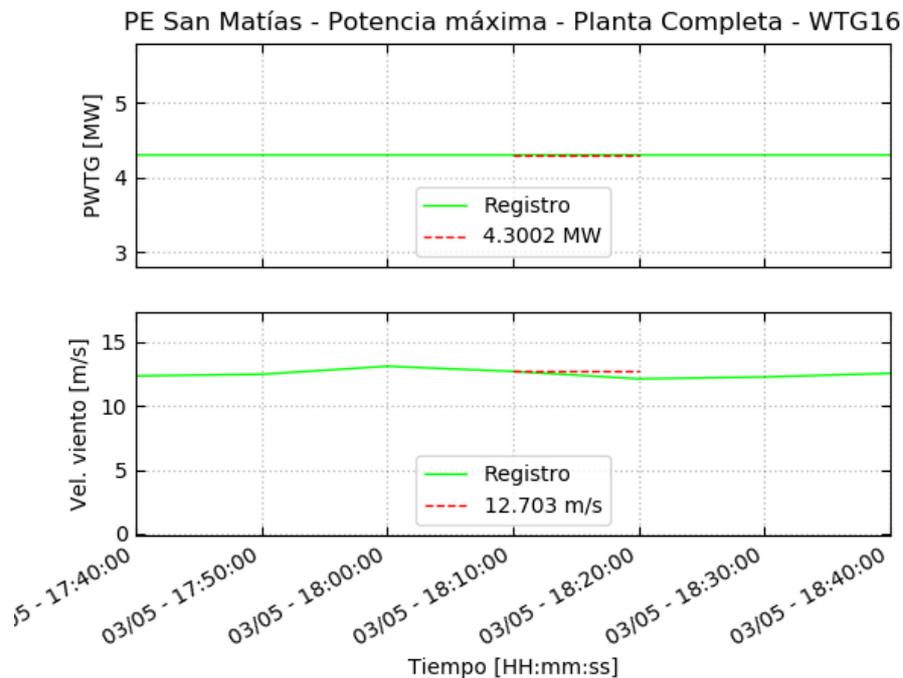


Figura 6.15 – Registro WTG16 – Planta completa

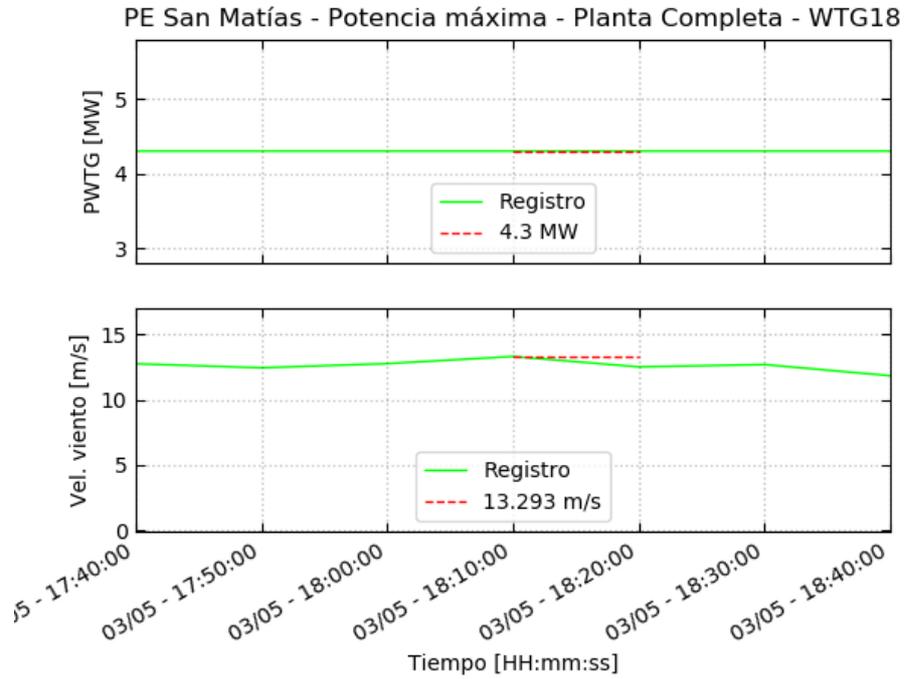


Figura 6.16 – Registro WTG18 – Planta completa

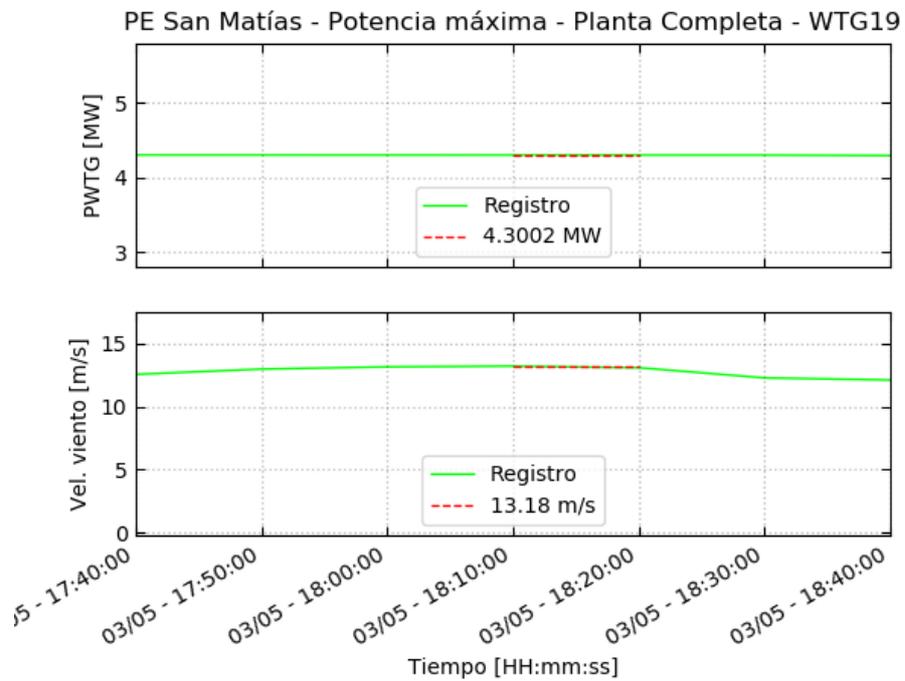


Figura 6.17 – Registro WTG19 – Planta completa

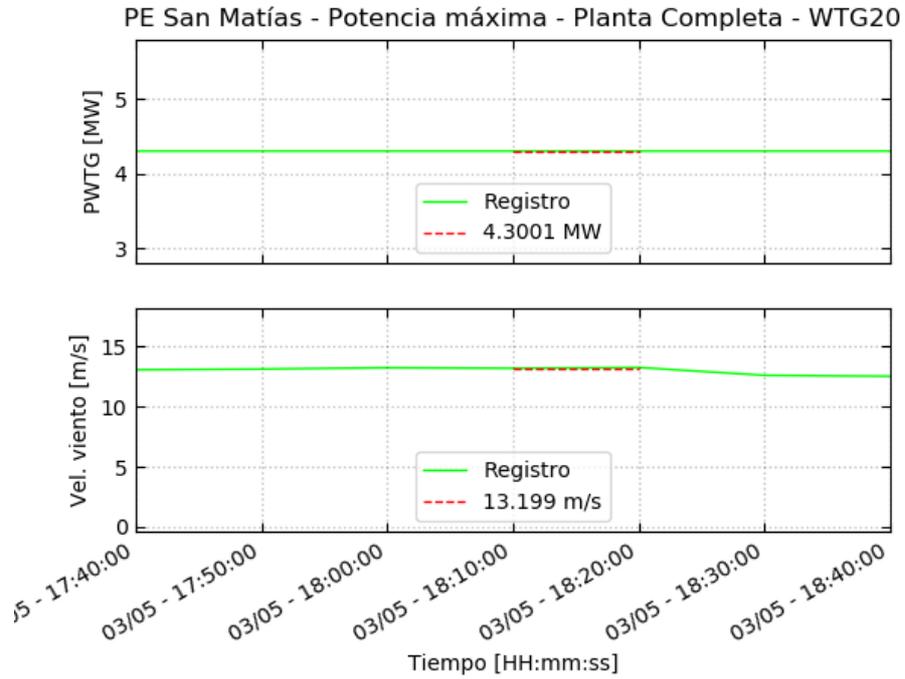


Figura 6.18 – Registro WTG20 – Planta completa

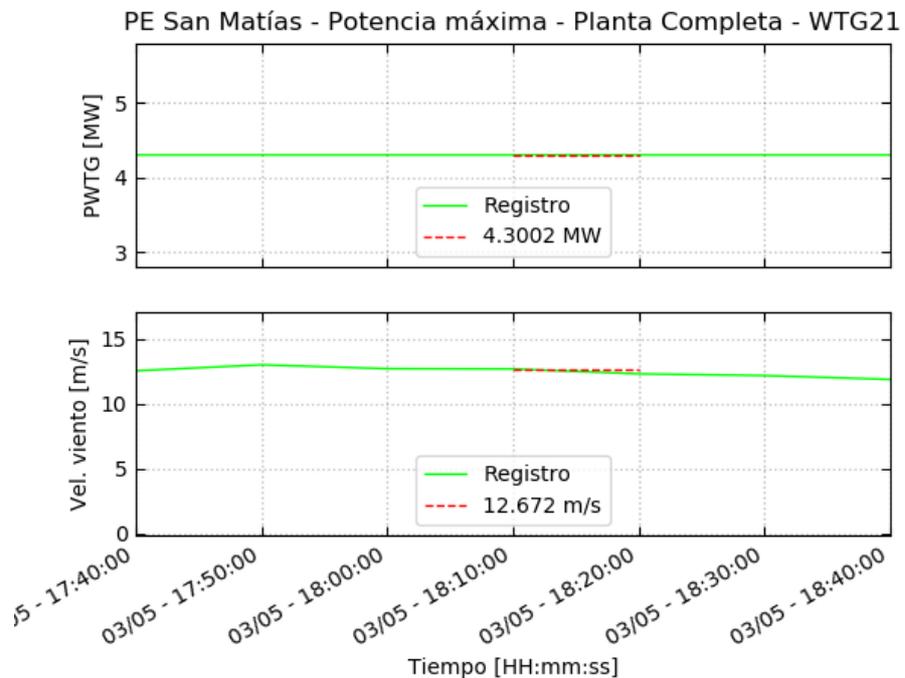


Figura 6.19 – Registro WTG21 – Planta completa



## 6.2 Velocidad viento históricos

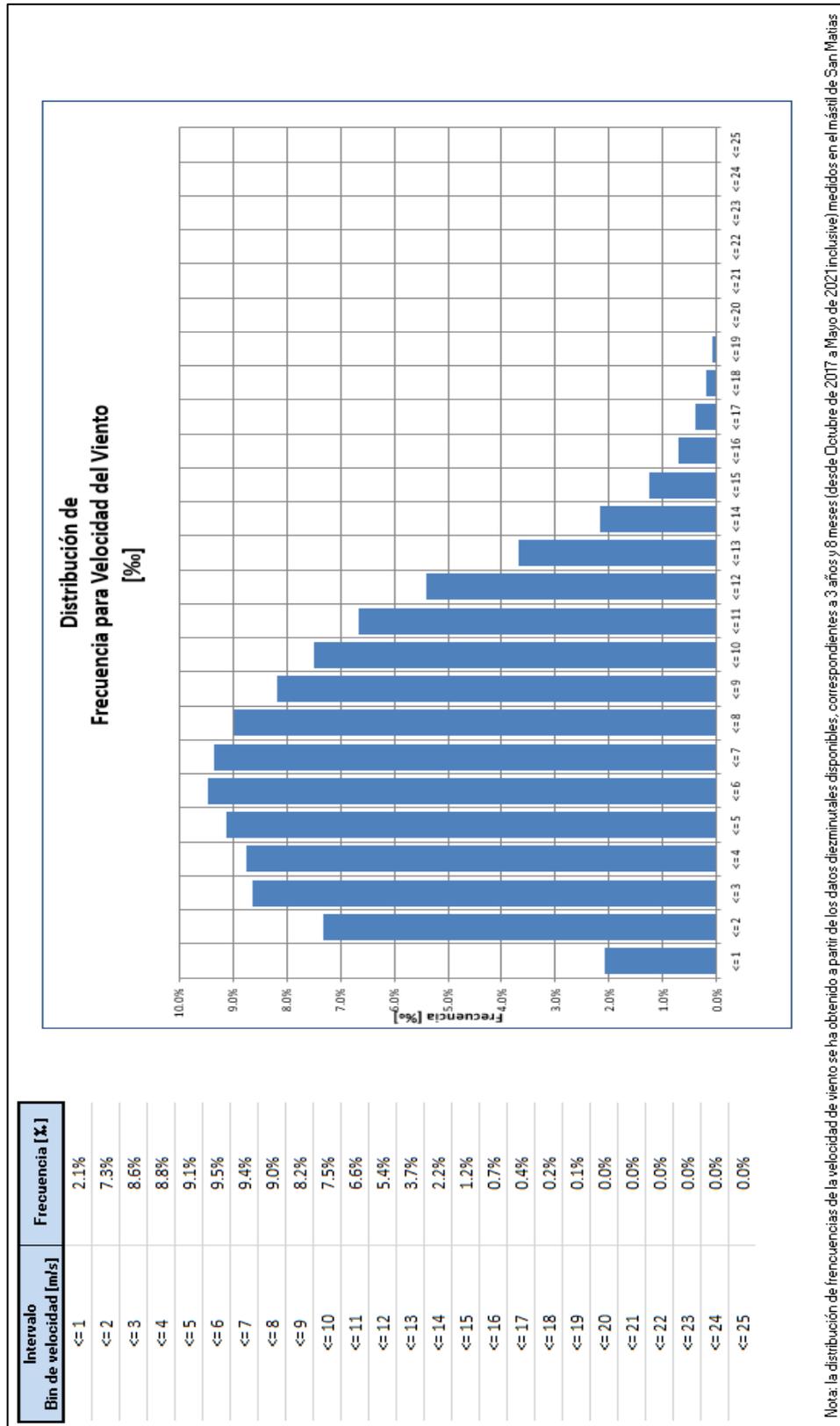


Figura 6.20 – Distribución del viento – PE San Matías

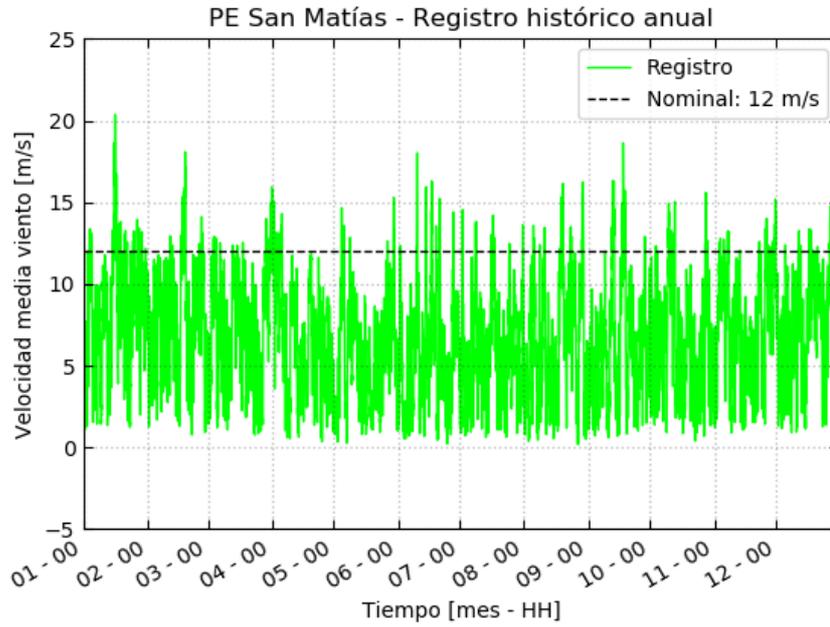


Figura 6.21 – Registro año medio – PE San Matías



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.