



**P21010**  
**INFORME ANEXOS TÉCNICOS**  
**PARQUE EÓLICA ESTRELLA**

**13.08.2021**

Informe Técnico Mínimo Técnico  
21010-00-ES-IT-002 Rev.0  
Preparado para OHL Chile.





**P21010**  
**INFORME ANEXOS TÉCNICOS**  
**PARQUE EÓLICO LA ESTRELLA**  
 Informe Técnico Mínimo Técnico

**I-SEP Ingenieros SpA.**  
 Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia

Padre Mariano 82  
 Oficina 603  
 Providencia, Santiago  
 Chile

+56 2 2604 8761

[www.i-sep.cl](http://www.i-sep.cl)  
[empresa@i-sep.cl](mailto:empresa@i-sep.cl)

REV.	PREPARADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	COMENTARIOS
Rev. A	Carmen Figueredo F.	28.04.2021	I-SEP	30.04.2021	Emitido para Revisión interna
Rev. B	Carmen Figueredo F.	30.04.2021	CEN	13.08.2021	
Rev. 0	Carmen Figueredo F.	13.08.2021			

# CONTENIDOS

<b>1. IDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS Y ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4. REFERENCIAS TÉCNICAS .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. DOCUMENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES .....</b>	<b>6</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE EÓLICO LA ESTRELLA .....</b>	<b>7</b>
5.1.1. TRANSFORMADOR ELEVADOR 33/110 KV .....	7
5.1.2. TRANSFORMADOR SS.AA .....	7
5.1.3. AEROGENERADORES PE LA ESTRELLA.....	8
5.1.4. BANCO DE CONDENSADORES .....	8
5.1.5. ESTADOS DE LOS AEROGENERADORES .....	8
<b>6. REVISIÓN NORMATIVA .....</b>	<b>9</b>
<b>7. DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO .....</b>	<b>10</b>
<b>7.1. Definición de puntos de medición .....</b>	<b>10</b>
<b>7.2. Antecedentes de Operación .....</b>	<b>11</b>
<b>7.3. Cálculo de Mínimo Técnico del Parque .....</b>	<b>15</b>
<b>8. JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PE LA ESTRELLA .....</b>	<b>15</b>
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>17</b>

# 1. IDENTIFICACIÓN

◆ Nombre del Proyecto	:	Parque Eólico La Estrella
◆ Numero Único de Proyecto (NUP)	:	338
◆ Empresa Propietaria del Proyecto	:	Eólica La Estrella SpA.

# 2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente informe tiene como finalidad establecer el mínimo técnico del Parque Eólico La Estrella, según lo establecido en el **Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras**.

# 3. INTRODUCCIÓN

La empresa Eólica La Estrella SpA. se encuentra gestionando la entrada en operación del proyecto Parque Eólico La Estrella, NUP 338 (en adelante denominado PE La Estrella), que considera la puesta en servicio de 11 aerogeneradores de 4,5 MW, con una potencia instalada máxima en conjunto de 49,5 MW. La energía del parque es evacuada a través de un transformador de 33/110 kV 55 MVA ubicado en la S/E La Estrella, la cual está conectada al Sistema Eléctrico Nacional a través de las líneas La Estrella - Quelentaro 110 kV y Portezuelo - La Estrella 110 kV. El proyecto se encuentra ubicado en la comuna de La Estrella, provincia del Cardenal Caro, VI región del Libertador Bernardo O'Higgins.

En este contexto, I-SEP se ha adjudicado el desarrollo del informe de mínimo técnico, requerido por el Coordinador Eléctrico Nacional para la entrada en operación del proyecto PE La Estrella.

La Figura 3-1 muestra la topología antes y después de la incorporación del proyecto, mientras que la Figura 3-2 muestra el diagrama unilineal de la zona de influencia.

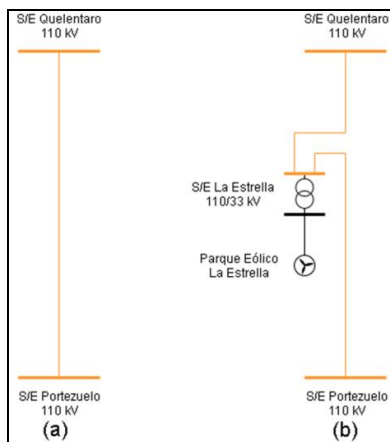


Figura 3-1 Diagrama Unilineal Simplificado (a) antes y (b) después del proyecto.

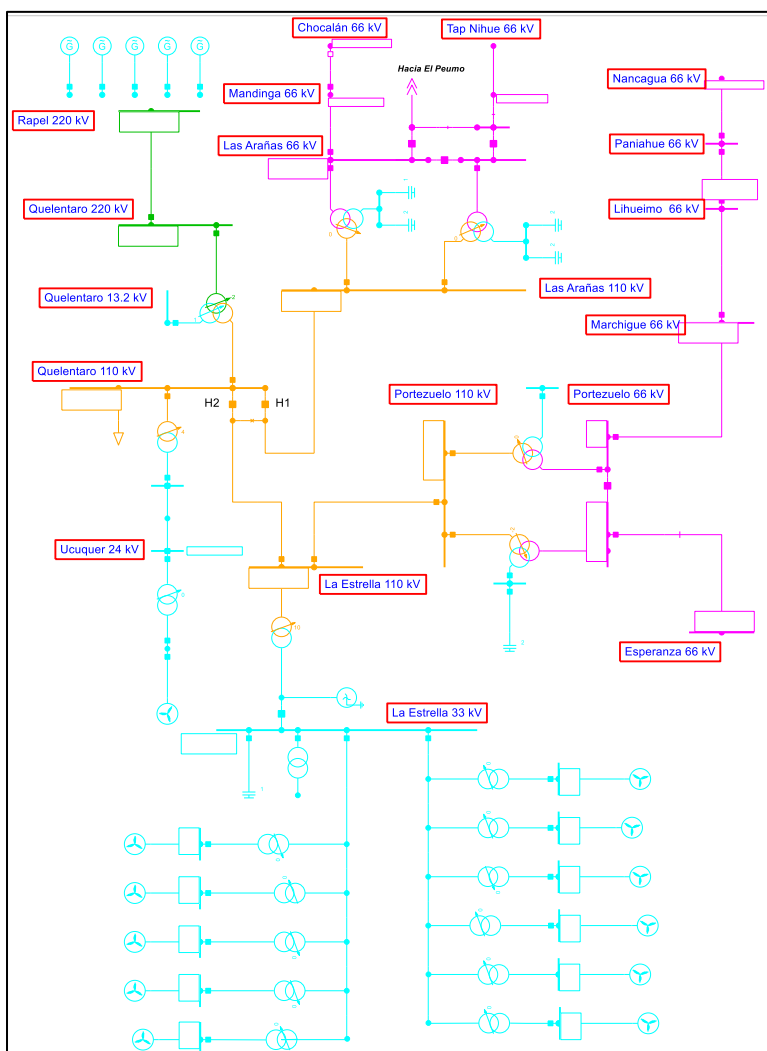


Figura 3-2 Diagrama unilineal de la zona de influencia.

## 4. REFERENCIAS TÉCNICAS

El presente informe ha sido desarrollado con los siguientes antecedentes:

### 4.1. DOCUMENTOS

- a) Documento “21.04.20\_InputsLog\_part13\_DA”, provisto por el cliente, que registra las mediciones obtenidas en las pruebas del día 20/04/2021.
- b) Documento “Regulador Potencia Reactiva RE01”, provisto por el cliente, que registra la operación de los aerogeneradores en las pruebas del día 20/04/2021.
- c) Documento “Registro Consumos SS.AA.xlsx”, provisto por el cliente, que registra las mediciones de los consumos de SS.AA. obtenidas en las pruebas del día 20/04/2021.
- d) Documento 19063-01-EE-ST-007\_RB “Estudios Sistémicos Conexión al SIC PE La Estrella - Estudio de Flujos de Potencia”, desarrollado por Esinel, septiembre de 2020.
- e) Documento “CR45 6P 50Hz C1 TECHNICAL DATASHEET”, elaborado por Siemens Gamesa.

- f) Documento “GD366962-ES R1 ALGORITMOS DE CONTROL DEL SG 4.X”, elaborado por Siemens Gamesa.
- g) Documento “GD447022 R1 SG 4.X SELF CONSUMPTION”, elaborado por Siemens Gamesa.

## 4.2. NORMAS Y ESTÁNDARES

- I. Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, versión septiembre 2020.
- II. Anexo Técnico “Requisitos Técnicos Mínimos de Instalaciones que se Interconectan al SI” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.
- III. Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.

## 5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE

El PE La Estrella se encuentra constituido por 11 aerogeneradores Siemens Gamesa de 4,5 MW, traducido en una potencia total instalada de 49,5 MW.

La energía del parque es evacuada a través de un transformador de 33/110 kV 55 MVA ubicado en la S/E La Estrella, la cual está conectada al Sistema Eléctrico Nacional a través de las líneas La Estrella - Quelentaro 110 kV y Portezuelo - La Estrella 110 kV.

En la Figura 5-1 muestra el diagrama unilineal del sistema colector del PE la Estrella, indicando con un recuadro rojo la ubicación de los 11 aerogeneradores.

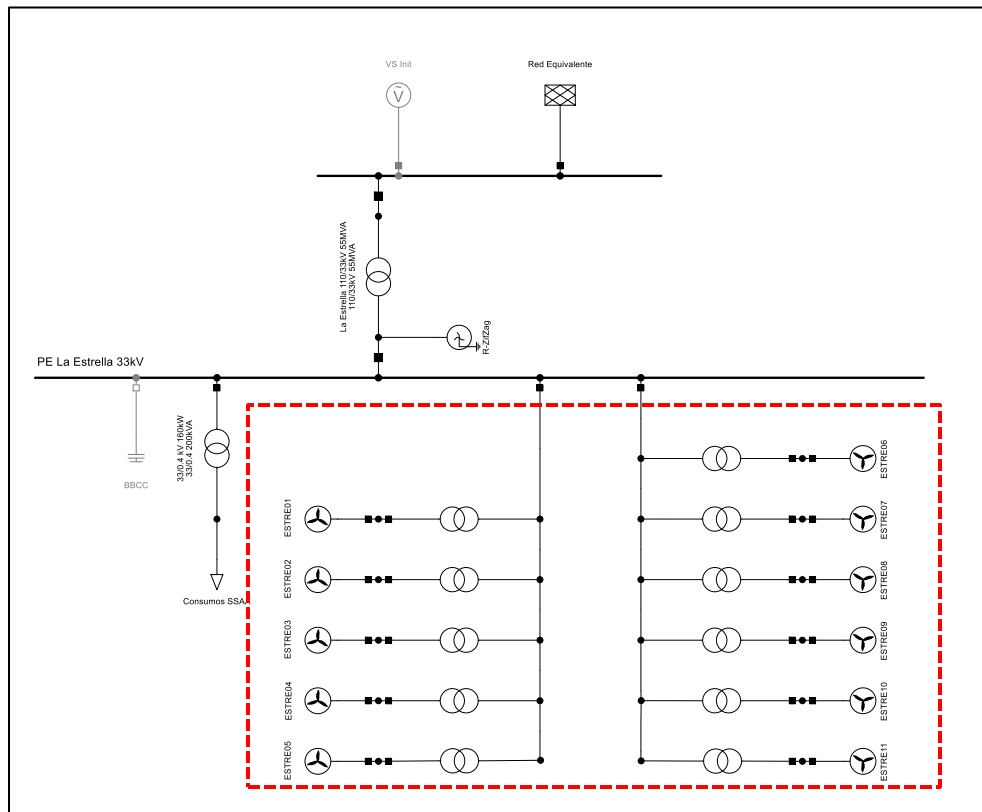


Figura 5-1 Diagrama unilineal PE La Estrella.



## 5.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PARQUE EÓLICO LA ESTRELLA

A continuación, se presentan las principales características de los equipos que conforman el proyecto PE La Estrella.

### 5.1.1. TRANSFORMADOR ELEVADOR 33/110 KV

Los parámetros del transformador elevador del PE La Estrella, son los indicados en la siguiente tabla, conforme a la información contenida en el antecedente (d)

**Tabla 5-1 Parámetros transformador elevador 33/110 kV.**

TRANSFORMADOR ELEVADOR 33/110 kV 55 MVA	
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Capacidad nominal ONAN	38,5 [MVA]
Capacidad nominal ONAF	55 [MVA]
Niveles de tensiones nominales	33/110 [kV]
Impedancia de secuencia positiva tap central (Base 55 MVA)	11,03 [%]
Impedancia de secuencia cero tap central Z (Base 55 MVA)	10,28 [%]
Taps	21
Rango de regulación de tap respecto a la posición central	±10%
Pérdidas en el cobre	210 [kW]
Pérdidas en vacío, secuencia positiva	45 [kW]
Grupo de conexión	YNd11

### 5.1.2. TRANSFORMADOR SS.AA

Los parámetros del transformador de SS.AA de la subestación son los indicados en la siguiente tabla, conforme a la información contenida en la base de datos del antecedente (d)

**Tabla 5-2 Parámetros transformador de servicios auxiliares 33/04 kV.**

TRANSFORMADOR SS.AA. 33/0,4 kV 200 kVA	
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Capacidad nominal ONAN	200 [kVA]
Niveles de tensiones nominales	33/0,4 [kV]
Impedancia de secuencia positiva tap central (Base 55 MVA)	6 [%]
Impedancia de secuencia cero tap central Z (Base 55 MVA)	6 [%]
Pérdidas en el cobre	0,3997779 [kW]
Grupo de conexión	Dyn11

### 5.1.3. AEROGENERADORES PE LA ESTRELLA

El proyecto PE La Estrella cuenta con un total de 11 aerogeneradores marca Siemens-Gamesa, modelo SG 4,5 [MW] de capacidad. Los parámetros de los aerogeneradores considerados para representar el proyecto se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 5-3 Parámetros aerogenerador Siemens Gamesa SG. 4,5 MW.**

PARÁMETROS	VALOR
Fabricante	Siemens - Gamesa
Potencia Nominal	4,5 [MW]
Tensión Nominal	0,690 [kV]
Conexión Estator	Triángulo
Conexión Rotor	Estrella
Número de Polos	6
Corriente Nominal Estator	5,43 p.u.

### 5.1.4. BANCO DE CONDENSADORES

El proyecto PE La Estrella cuenta con un banco de condensadores de 1,81 MVar. Los parámetros considerados se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 5-4 Banco de Condensadores PE La Estrella.**

PARÁMETROS	VALOR
Potencia Nominal	1,81 [MVar]
Tensión Nominal	33 [kV]
Punto de Conexión	Barra 33 kV S/E La Estrella

### 5.1.5. ESTADOS DE LOS AEROGENERADORES

Para propósito de este documento el aerogenerador para su operación puede estar dentro de cualquiera de los siguientes estados de operación (f))

#### **RUN CONNECTED (5)**

Una vez que la velocidad del generador excede la velocidad de referencia del acoplamiento, el generador puede conectarse y comenzar a funcionar. Después de esto, la referencia de velocidad del generador se incrementa de nuevo para obtener el valor de referencia nominal. Al mismo tiempo, la producción máxima permisible de energía total aumenta de 0 al valor nominal si no se aplica ninguna limitación.



#### **RUN (4)**

El control de velocidad del generador está habilitado y su referencia aumenta de 0 a un valor ligeramente superior a la velocidad de referencia del acoplamiento. Al mismo tiempo, el valor de paso mínimo se reduce dinámicamente a medida que aumenta la velocidad del rotor.

#### **PAUSE (3)**

La posición de pitch de todas las cuchillas se incrementa con una tasa fija al valor de referencia de pitch de pausa. De esta forma, el par aerodinámico, la producción de potencia y la velocidad del generador disminuyen lentamente. Al final, el generador se desconecta de la red y la velocidad del rotor disminuye a un valor mínimo.

#### **STOP (2)**

El grupo hidráulico de emergencia incrementa la posición de pitch de todas las cuchillas con una velocidad constante hasta el valor de posición de pitch máximo. Al mismo tiempo, la producción de potencia total máxima permitida se incrementa desde el valor actual a cero a una velocidad constante.

#### **EMERGENCY (1)**

El grupo hidráulico de emergencia incrementa la posición de paso de todas las cuchillas con una velocidad constante hasta el valor de posición de pitch máximo. El generador se desconecta inmediatamente desde el momento en que se solicita el estado operativo de emergencia. La acción del freno hidráulico solo se nota a baja velocidad del generador.

## **6. REVISIÓN NORMATIVA**

A continuación, se exponen los principales estándares normativos (Anexo Técnico: Mínimos Técnicos) que son de relevancia para el presente estudio.

#### **Artículo 9: Informe Técnico.**

El informe Técnico que respalda el valor Mínimo Técnico o informe de Mínimo Técnico consistirá en un documento que describa los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, y conclusiones bajo los cuales se estableció el valor de Mínimo Técnico informado.

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

d) Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor de potencia activa.

e) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

Para el caso de unidades generadoras que puedan operar con combustible alternativo cuyo valor de Mínimo Técnico sea distinto al del combustible principal, deberán entregar los antecedentes requeridos en el presente Anexo para el combustible principal y el alternativo.

Una vez recibido el Informe Técnico, el Coordinador deberá verificar que dicho informe contiene todos los antecedentes especificados en el presente Artículo, para lo cual tendrá un plazo de 15 días hábiles.

Cuando el Coordinador determine que el Informe Técnico entregado por la Empresa Generadora contiene todos los antecedentes necesarios para su análisis, lo publicará en el sitio web del Coordinador y notificará a las empresas Coordinadas sobre el inicio del proceso de aprobación del Mínimo Técnico informado.

## 7. DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO

### 7.1. Definición de puntos de medición

A continuación, se describe un sistema equivalente que presenta un parque eólico conectado al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), con el cual se puede definir lo siguiente:

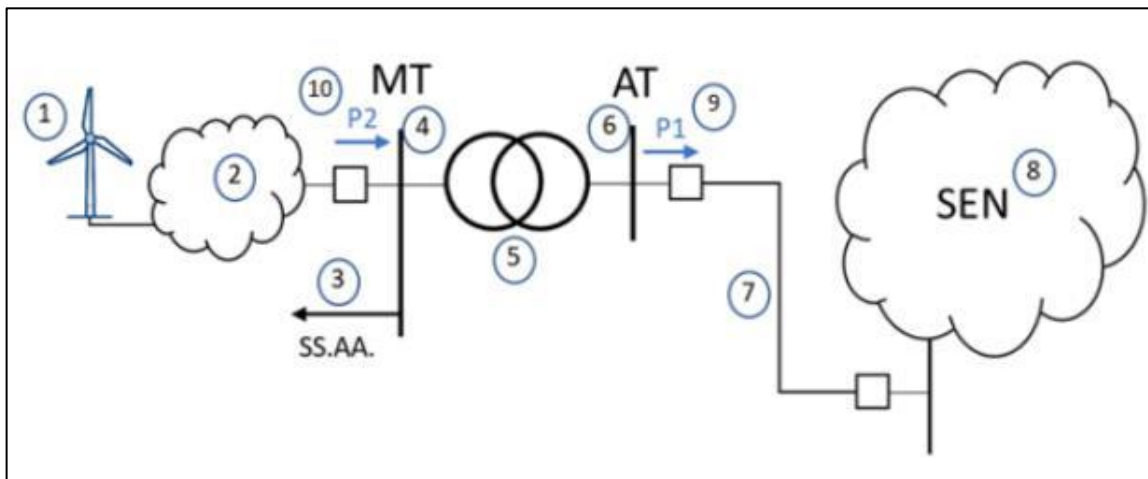


Figura 7-1 Diagrama de sistema equivalente.

Los componentes del parque son los siguientes:

1. **Generador equivalente:** Corresponde a la suma de los aportes distribuidos de potencia activa alterna de cada aerogenerador del PE La Estrella.
2. **Pérdidas en sistema colector del parque:** Corresponde a las pérdidas del sistema colector del PE La Estrella, principalmente en cables de baja y media tensión, y en los transformadores colectores que elevan de baja a media tensión.
3. **Servicios Auxiliares (SS.AA.) de la central.**
4. **Barra de media tensión (MT):** Corresponde a la barra de 33 kV de la S/E la Estrella, en la cual se conecta el lado de baja tensión del transformador de poder del parque.
5. **Transformador de poder:** Equipo elevador presente en la subestación de salida del PE La Estrella.
6. **Barra de alta tensión: (AT):** Corresponde a la barra principal de 220 kV de la S/E La Estrella, en la cual se conecta el lado de alta tensión de los transformadores de poder del parque.
7. **Línea dedicada de la central:** La Central no posee línea dedicada, se conecta directamente a la S/E la Estrella, la cual está conectada al Sistema Eléctrico Nacional a través de las líneas La Estrella - Quelentaro 110 kV y Portezuelo - La Estrella 110 kV.
8. **Sistema Eléctrico Nacional (SEN).**
9. **P1:** Potencia inyectada por el PE La Estrella en la barra de 110 kV de su subestación de salida.
10. **P2:** Potencia inyectada por el PE La Estrella en la barra de 33 kV de su subestación de salida.

## 7.2. Antecedentes de Operación

Para la determinación del mínimo técnico de operación del Parque Eólico La Estrella, se hicieron pruebas en campo, el día 20/04/2021 entre las 19:00:00 y las 19:15:00, de acuerdo con la información técnica descrita en este documento, la NTSyCS, las condiciones ambientales y los aerogeneradores disponibles.

Para la realización de las mediciones se han registrado los valores de potencia generada en el lado AT del transformador (**P1**) directamente desde el PPC, con el objeto de registrar las variables durante las pruebas realizadas, que permitan analizar el comportamiento de los aerogeneradores y del parque eólico en su conjunto.

Tras contar con un recurso eólico constante y suficiente, se programó la consigna a mínimo técnico, sin embargo, para potencias inferiores al 5% de la potencia activa nominal, los aerogeneradores cambian a estado "Pause", tanto por límites operativos como por protección de los componentes de los propios aerogeneradores. Esto se debe a los esfuerzos presentes en la

máquina y a las limitantes de control del torque, lo cual es especialmente notorio cuando se fija una consigna de potencia activa menor a la potencia generable por los aerogeneradores con el recurso eólico disponible en ese momento. Ante un cambio de consigna a una potencia suficiente, las máquinas en estado *Pause* volverán a inyectar energía, pasando a estado *Run*, mientras exista disponibilidad de recurso eólico.

En conformidad con los antecedentes provistos por el fabricante, y considerando un alto recurso eólico y consignas de generación externas al PPC, por medidas de protección de los aerogeneradores, la potencia activa no puede ser controlada para valores de potencia menores al 5% de su potencia nominal, lo que equivale a 225 [kW] por aerogenerador.

Tomando en cuenta lo anterior, durante las pruebas realizadas se registró la operación del parque a potencias inferiores al 5% de la potencia nominal, con el objetivo de observar la influencia de la operación a valores inferiores al mínimo técnico en la cantidad de aerogeneradores que permanecen en estado *Run Connected*, esto es, generando potencia. Una vez que la potencia del PE La estrella disminuye por debajo del umbral señalado previamente, los aerogeneradores automáticamente comenzaron a cambiar su estado a *Pause*.



Figura 7-2 Registro de mediciones de potencia generada PE La Estrella.

Según lo indicado en el antecedente (b) se observa que mientras la consigna de potencia activa se mantuvo sobre el 5% de la potencia nominal, la totalidad de los aerogeneradores se mantuvieron en marcha e inyectando, y no fue hasta que se cambió la consigna a valores inferiores al 5% de la potencia nominal que se aprecia el cambio de 10 de los 11 aerogeneradores a estado *Pause*.

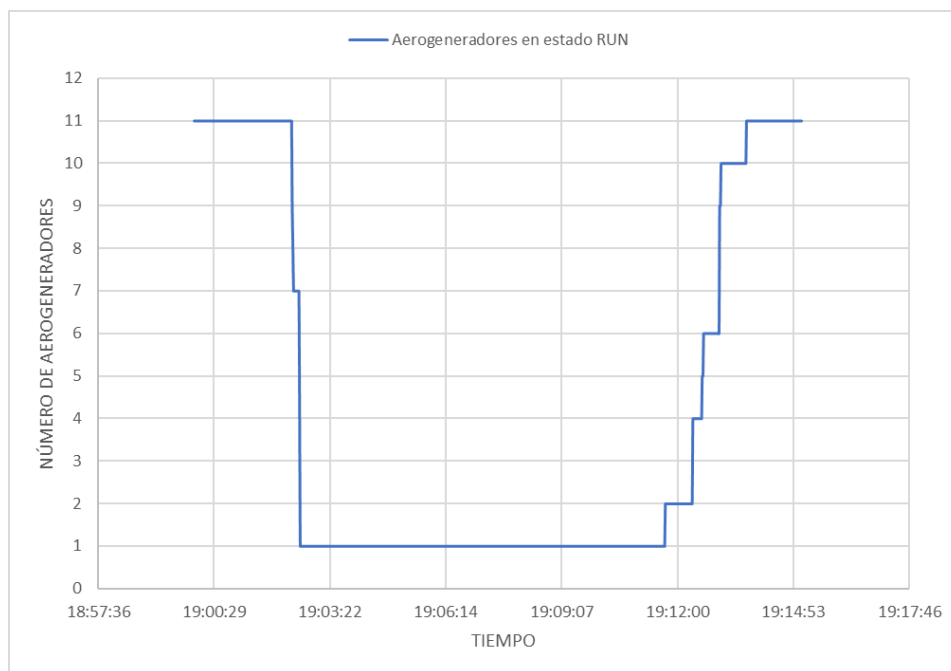


Figura 7-3 Gráfico de aerogeneradores en estado RUN al reducir la potencia.

Debido a lo expuesto, y en conformidad con los antecedentes provistos por el fabricante, a efectos del presente informe se considerará para el cálculo del mínimo técnico que el aerogenerador N°10 se encuentran inyectando una potencia igual o mayor al 5% de su potencia nominal, esto es, 225 [kW].

Tabla 7-1: Potencia mínima Parque Eólico La Estrella.

PARÁMETRO	P <sub>min</sub> 1 UNIDADES [kW]
Potencia activa inyectada por los aerogeneradores	≥ 225

Por otra parte, se registraron los consumos de los SS.AA. de la subestación mediante un analizador de redes durante el período comprendido entre las 16:04:00 y las 18:04:00 del día 20 de abril de 2021, donde se registra que el consumo promedio de la subestación es de **3,323 [kW]**, según antecedente (c).

A continuación, se realizan simulaciones de flujo de potencia, pero reemplazando el SEN por una red equivalente, y tomando en consideración los valores de potencia mínimos posibles a despachar en los aerogeneradores, y el valor promedio de la potencia activa obtenida en el ensayo antes de que se encontraran en estado *Pause* todos los aerogeneradores, específicamente en el lapso comprendido entre las 19:00:00 y las 19:15:00 del día 20 de abril de 2021, obteniéndose el valor de 4,76 [kW]. Así, se ajusta la potencia generada por un aerogenerador de forma tal que se obtenga el dicho valor en el punto de conexión del parque.

Adicionalmente, con el objetivo de representar los resultados según lo observado en terreno y según lo indicado en el antecedente (g) se considera que los generadores en estado *Pause* consumen **20,37 [kW]**

STATES	EMERGENCY State			STOP State			PAUSE State		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Active Power (kW)	8.66	4.22	1.98	20.05	9.61	7.37	20.37	9.93	7.69
Reactive Power (kVar)	0.00	0.54	0.00	3.72	4.26	3.72	3.92	4.46	3.92

Figura 7-4 Consumos de potencia activa y reactiva versión STD.

De esta forma, se obtiene un valor estimado de las pérdidas de la red, que alcanzan un valor de 131,21 [kW] y corresponden a la suma de las pérdidas del sistema colector y las pérdidas de los transformadores (Figura 7-5).

Load Flow Calculation				Grid Summary	
AC Load Flow, balanced, positive sequence				Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No			Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider Reactive Power Limits	Yes			Nodes	0.01 kVA
				Model Equations	0.01 \$
Grid: Grid	System Stage: Grid	Study Case: Escenario base	Annex:	/ 1	
Grid: Grid Summary					
No. of Substations	0	No. of Busbars	24	No. of Terminals	3
No. of 2-w Trfs.	13	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	0
No. of Loads	11	No. of Shunts	1	No. of SVS	0
Generation	= 343.00 kW	-224.91 kvar		410.17 kVA	
External Infeed	= -4.76 kW	0.00 kvar		4.76 kVA	
Inter Grid Flow	= 0.00 kW	0.00 kvar			
Load P(U)	= 207.02 kW	-0.00 kvar		207.02 kVA	
Load P(Un)	= 207.02 kW	0.00 kvar		207.02 kVA	
Load P(Un-U)	= -0.00 kW	0.00 kvar			
Motor Load	= 0.00 kW	0.00 kvar		0.00 kVA	
Grid Losses	= 131.21 kW	-224.91 kvar			
Line Charging	=	-228.20 kvar			
Compensation ind.	=	0.00 kvar			
Compensation cap.	=	0.00 kvar			
Installed Capacity	= 4500.00 kW				
Spinning Reserve	= 0.00 kW				
Total Power Factor:					
Generation	= 0.84 [-]				
Load/Motor	= 1.00 / 0.00 [-]				

Figura 7-5 Resultados de las pérdidas de transformador y el sistema colector obtenidas de PowerFactory para 1 aerogenerador en estado *RUN*.

### 7.3. Cálculo de Mínimo Técnico del Parque

Finalmente, con los resultados obtenidos de las mediciones y cálculos descritos, se puede determinar el mínimo técnico del parque considerando un aerogenerador en estado *Run*, tal y como se especifica en la siguiente ecuación:

$$MinTec = P_1 + P_{trafo} + P_{sist. colector} + P_{SS.AA}$$

En Donde:

$P_1$  es la potencia activa inyectada en la barra de alta tensión (AT) del parque, en este caso 0,00476[MW].

$P_{trafo}$  corresponde a las pérdidas del transformador de poder trabajando a mínimo técnico el PE La estrella, cuyo valor sería 0,04593 [MW]

$P_{sist. colector}$  corresponden a las pérdidas del sistema colector, cuyo valor equivale a 0,08528 [MW].

$P_{SS.AA}$  : Consumo asociado a los Servicios Auxiliares del parque 0,00332 [MW] y a los consumos propios de los aerogeneradores en pausa 0,02037 [MW], cuyo valor sumado equivale a 0,02369 [MW].

Así, se tiene que el valor de potencia correspondiente al Mínimo Técnico del parque es igual a:

Tabla 7-2 Parámetros de mínimo técnico PE La Estrella.

CENTRAL	MÍNIMO TÉCNICO [MW]	CONSUMOS SS.AA. [KW]	PÉRDIDAS EN LA CENTRAL [MW]	POTENCIA MÍNIMA NETA [MW]
PE La Estrella	0,15966	0,02369	0,13121	0,00476
<b>Mínimo Técnico = Potencia mínima neta + Pérdidas en la central (Transformador de poder + Sistema colector) + SS.AA. (comunes + consumos propios aerogeneradores en pausa)</b>				

En consecuencia, considerando la metodología descrita en el presente informe, se determina que considerando que 1 de los 11 aerogeneradores no pasa a estado Pause, el mínimo técnico bruto del Parque Eólico La Estrella es de 0,15966 [MW], mientras que el mínimo neto es de 0,00476 [MW].

## 8. JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PE LA ESTRELLA

Durante la realización de las pruebas no se registró ninguna inestabilidad en la operación del Parque Eólico La Estrella en ninguno de los niveles de generación, de acuerdo con lo descrito en los puntos anteriores las maquinas cambiaron el modo de operación. Basado en lo anterior se confirma que los aerogeneradores SG. 4,5 [MW] son capaces de operar dentro de los rangos descritos en este documento.



## 9. CONCLUSIONES

Se obtuvo el parámetro de mínimo técnico para el Parque Eólico La Estrella, de acuerdo con las indicaciones del fabricante, así como la potencia registrada en el punto de conexión del parque, considerando el consumo de servicios auxiliares, las pérdidas del sistema colector y las pérdidas del transformador de poder.

Dado que los aerogeneradores SG 4,5 [MW] que componen el PE La Estrella son capaces de operar a un mínimo de 5% de su potencia nominal (0,225 MW) y en conformidad con los ensayos realizados, se define el mínimo técnico como 0,15966 MW. Esto considerando que al menos 1 de los 11 aerogeneradores se mantenga inyectando y no cambien su estado de operación a *Pause*, entregando 0,00476 MW en el punto de conexión del parque.

Tabla 9-1: Tabla resumen de Mínimo Técnico PE La Estrella.

PARÁMETROS	VALOR
Potencia mínima bruta (Mínimo Técnico)	0,15966 MW
Potencia mínima neta	0,00476 MW

## 10. ANEXOS