




INFORME TÉCNICO

PARQUE EÓLICO LOS CURUROS

MÍNIMO TÉCNICO DE UNIDADES GENERADORAS

PROYECTO: EE-2018-005

DOCUMENTO: EE-2018-IT-038-F

				
FECHA	DETALLE	VERSIÓN	EJECUTÓ	REVISÓ
31/082018	Emitido para revisión interna	A	SBA	SLN
31/08/2018	Responde a observaciones del Coordinador	B	SBA	SLN
09/11/2018	Complementa según solicitud del Coordinador	C	SBA	SLN
14/06/2019	Atiende observaciones del documento CEN-GO-DCO-MT- PE Los Cururos-V2	D	SLN	SBA
15/07/2019	Considera observaciones del Coordinador	E	SLN	SBA
02/08/2019	Considera observaciones del Coordinador	F	SLN	SBA

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS Y ALCANCES	4
3. ANTECEDENTES TÉCNICOS	5
3.1. Documentos técnicos Parque Eólico Los Cururos	5
3.2. Especificaciones técnicas de unidades generadoras	5
3.3. Consumo propio de la turbina eólica	6
3.4. Antecedentes nacionales similares	6
4. REGISTROS DE POTENCIA INYECTADA Y VELOCIDAD DEL VIENTO	7
5. DETERMINACIÓN DEL VALORES DE MÍNIMO TÉCNICO	11
6. CONTROL DE POTENCIA REACTIVA	16
7. POTENCIA ACTIVA EN LOS DISTINTOS PUNTOS DEL PARQUE	17
7.1. Potencia activa inyectada por el parque en la barra de alta tensión (AT) del parque eólico	17
7.2. Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque eólico	17
7.3. Pérdidas activas en el transformador de poder de la central	17
7.4. Pérdidas activas en el sistema colector del parque eólico	18
7.5. Consumos propios	19
8. CONCLUSIONES	20
9. REFERENCIAS	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, octubre 2017	7
Figura 4.2: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, noviembre 2017	8
Figura 4.3: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, diciembre 2017	8
Figura 4.4: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, octubre 2017	9
Figura 4.5: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, noviembre 2017	9
Figura 4.6: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, diciembre 2017	10
Figura 5.1: “Curva S” de inyección de potencia de unidades WTG A01 y C01	13
Figura 5.2: Setpoint de potencia en las turbinas Vestas V100-2,0 MW	14
Figura 5.2:	15
Figura 7.1: Pérdidas en el transformador de 120 MVA 220/kV Parque Eólico Los Cururos	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Especificaciones técnicas unidades generadoras	5
Tabla 3.2: Consumo propio de la turbina eólica.....	6
Tabla 3.3: Parámetros eléctricos turbina PE Los Buenos Aires	6
Tabla 5.1: Certificado de fábrica de las turbinas Vestas V100-2.0 MW del Parque Eólico Los Cururos ...	11
Tabla 5.2: Potencia generable por las turbinas Vestas V100-2.0 MW del Parque Eólico Los Cururos	12
Tabla 7.1: Datos de entrada Parque Eólico La Cebada y Parque Eólico El Pacífico	18
Tabla 7.2: Pérdidas en circuitos del Parque Eólico La Cebada	18
Tabla 7.3: Pérdidas en circuitos del Parque Eólico El Pacífico.....	18

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AEROGENERADORES

ANEXO B: REGISTROS DE VELOCIDAD DEL VIENTO Y POTENCIA UNIDADES A01 Y C01

ANEXO C: PÉRDIDAS EN LA RED COLECTORA Y EN EL TRANSFORMADOR ELEVADOR

1. INTRODUCCIÓN

El Parque Eólico Los Cururos está ubicado en la Región de Coquimbo, Provincia de Limarí, comuna de Ovalle; está conformado por 57 aerogeneradores marca Vestas, modelo V100 de 1.8/2.0 MW, con una potencia instalada de 109, 6 MW y nace de la unión del Parque Eólico La Cebada, compuesto de 21 aerogeneradores V100 de 1.8/2.0 MW con una potencia instalada de 41.4 MW y del Parque Eólico El Pacífico, compuesto de 36 aerogeneradores marca Vestas, modelo V100 de 1.8/2.0 MW con una potencia instalada de 68.2 MW.

Los aerogeneradores del Parque Eólico Los Cururos se conectan a la red interna del parque de 33 kV a través de transformadores de 0.69/33 kV instalados en cada aerogenerador. La red interna del parque está compuesto por 8 circuitos colectores en 33 kV, los cuales se conectan en la barra de 33 kV de S/E La Cebada, evacuando finalmente su energía hacia el SEN a través de un transformador elevador de 33/220 kV de 90/120 MVA instalado en la misma subestación.

Conforme al requerimiento del Coordinador Eléctrico Nacional y a solicitud de la empresa EPM, Reliable Energy Studies ha elaborado el presente Informe Técnico de **Información de Mínimo Técnico de sus Unidades Generadora**.

Al respecto, en el Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, de la NTSyCS, se señala lo siguiente:

Artículo 3 Información del Mínimo Técnico

Las empresas generadoras cuyas unidades generadoras hayan entrado en operación en el SI y aquellas que estén realizando pruebas de operatividad previas a su entrada en operación, deberán informar a la Dirección de Operación, en adelante DO, el Mínimo Técnico de sus unidades, conforme a los plazos y formas que se establecen en el presente Anexo Técnico.

Artículo 8 Consideraciones en la determinación del Mínimo Técnico

El valor informado para el Mínimo Técnico de las unidades generadoras del SI deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la misma.

La Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan el valor del Mínimo Técnico informado, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo del presente informe técnico es establecer e informar los valores de potencia mínimo técnico de las unidades generadoras del Parque Eólico Los Cururos, de acuerdo a las directrices de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, establecidas en sus Anexo Técnico *“Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”*

3. ANTECEDENTES TÉCNICOS

3.1. Documentos técnicos Parque Eólico Los Cururos

Para la realización del presente estudio, se considera los siguientes documentos técnicos del Parque Eólico Los Cururos:

- Documento de especificaciones técnicas de turbinas Vestas: *General Specification V100-1.8/2.0 MW 50 Hz VCS*, N°0004-0153 V18.
- Documento con pruebas de fábrica de las turbinas Vestas V100: *Determination of electrical characteristics of power unit. Test report.*
- Registros de velocidad y dirección del viento de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017 en las turbinas A01 y C01.
- Registros de inyección de potencia de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017 en las turbinas A01 y C01.
- Registros de inyección de potencia activa y consumo de la totalidad del Parque los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017.
- Setpoint de potencia de las 57 unidades del Parque Eólico Los Cururos. En específico los de las turbinas A01 y C01 en los valores 1,95 y 1,85 MW.
- Cálculo de pérdidas en sistema colector del Parque Eólico La Cebada: *MV_Cables_Pacífico_v2_07-05-2013.*
- Cálculo de pérdidas en sistema colector del Parque Eólico El Pacífico: *MV_Cables_Cebada_v2_07-05-2013.*
- Documento técnico del transformador de poder del Parque Eólico Los Cururos: *Overload Capability Calculation for Transformer.*

3.2. Especificaciones técnicas de unidades generadoras

Las especificaciones técnicas de las unidades generadoras del Parque Eólico Los Cururos son las siguientes:

Tabla 3.1: Especificaciones técnicas unidades generadoras

Generator	
Type Description	Asynchronous with wound rotor, slip rings and VCS
Rated Power (PN)	1.8 MW-2.0 MW
Rated Apparent Power	2.0 MVA (Cosφ = 0.9)
Frequency	50 Hz
Voltage, Generator	690 Vac
Voltage, Converter	480 Vac
Number of Poles	4
Winding Type (Stator/Rotor)	Random/form
Winding Connection, Stator	Star/delta
Rated Efficiency (Generator Only)	> 97%
Power Factor (cos) 1.8 MW	0.90 ind-0.95 cap
Power Factor (cos) 2.0 MW	0.96 ind-0.98 cap
Overspeed Limit According to IEC (2 minute)	2900 rpm
Vibration Level	≤ 1.8 mm/s
Weight	Approximately 7500 kg
Generator Bearing – Temperature	Two PT100 sensors
Generator Stator Windings – Temperature	Three PT100 sensors placed at hot spots and three as backup

3.3. Consumo propio de la turbina eólica

El consumo de energía eléctrica de la turbina eólica corresponde al consumo cuando ésta no está generando (el generador no está conectado a la red).

Los siguientes componentes tienen mayor influencia en el consumo de energía de la turbina:

Tabla 3.2: Consumo propio de la turbina eólica

Own Consumption	
Hydraulic Motor	20 kW
Yaw Motors 6 x 1.75 kW	10.5 kW
Oil Heating 3 x 0.76 kW	2.3 kW
Air Heaters 2 x 6 kW (Standard) 3 x 6 kW (Low Temperature)	12 kW (standard) 18 kW (low temperature)
Oil Pump for Gearbox Lubrication	3.5 kW
Average of Measured No-Load Loss of the HV Transformer	4.0 kW

3.4. Antecedentes nacionales similares

Se considera el Parque Eólico Los Buenos Aires como un antecedente nacional de similares características al Parque Eólico Los Cururos. El Parque Eólico Los Buenos Aires está conformado por 12 aerogeneradores Vestas modelo V110 de potencia nominal 2 [MW] y tiene una potencia total instalada de 24 [MW].

Tabla 3.3: Parámetros eléctricos turbina PE Los Buenos Aires

Wind turbine general data	
Wind turbine type designation	V110-2.0MW Mk.10 50Hz
Wind turbine manufacturer	Vestas Wind System
Table 1 Test turbine	
Wind turbine type (horizontal/vertical axis)	Horizontal
Number of blades	3
Rotor diameter (m)	110 m
Hub height (m)	--
Blade control (pitch/stall)	Pitch
Speed control (fixed/two-speed/variable)	Variable
Generator type and rating(s) (kW)	Double fed asynchronous with wound rotor, slip rings and VCS. 2000 kW
Frequency converter type and rating (kVA)	Back to back, 214 kW
Transformer ratio and rating (kVA)	10.5/0.69 kV; 2.1 MVA
Identification of wind turbine terminals	High voltage side of transformer

Los parámetros de partida y detención informados para el Parque Eólico Los Buenos Aires son los siguientes [3]:

Potencia máxima : 2,00 [MW]

Potencia mínima : 0,00 [MW]

4. REGISTROS DE POTENCIA INYECTADA Y VELOCIDAD DEL VIENTO

A continuación, se presentan los valores registrados de potencia inyectada y velocidad del viento para las unidades A01 y C01 durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017.

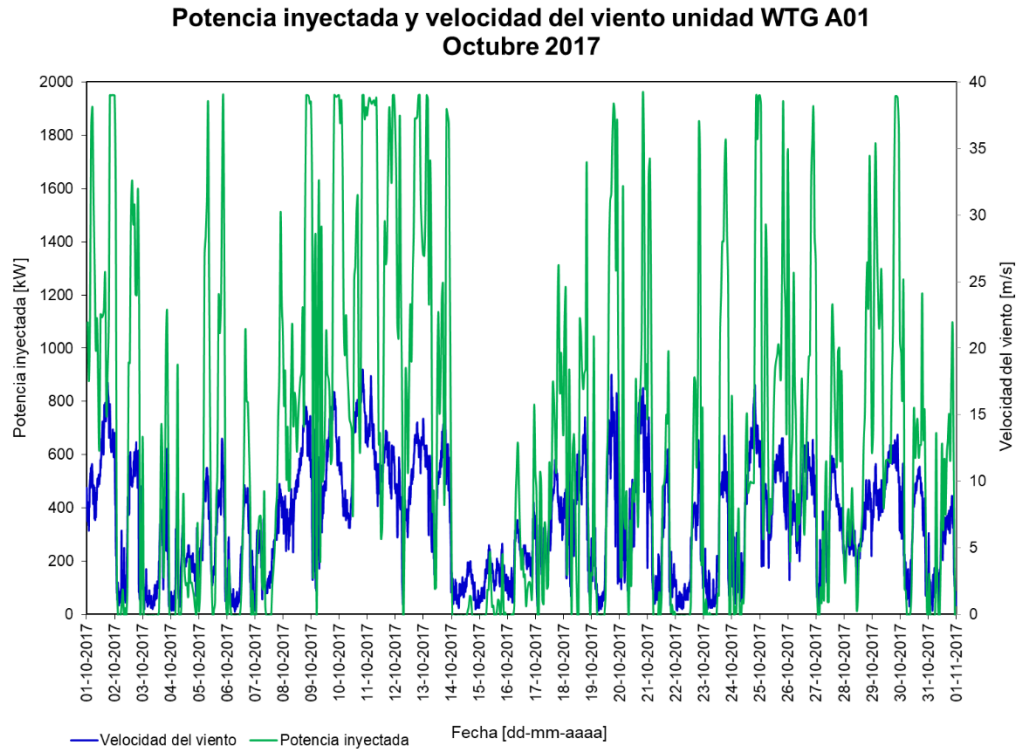


Figura 4.1: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, octubre 2017

**Potencia inyectada y velocidad del viento unidad WTG A01
Noviembre 2017**

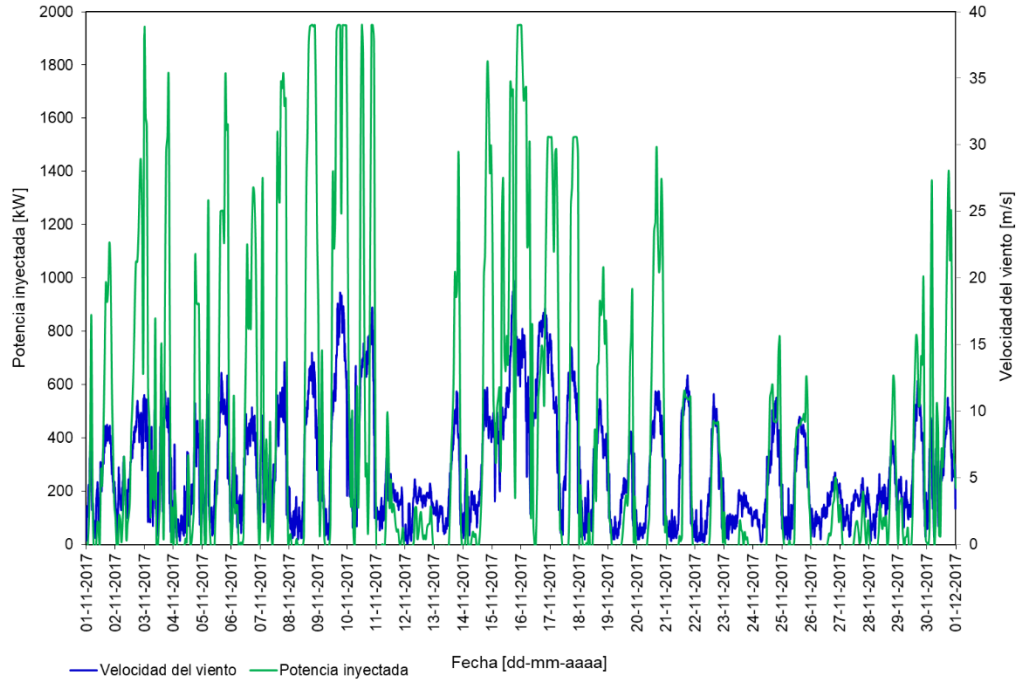


Figura 4.2: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, noviembre 2017

**Potencia inyectada y velocidad del viento unidad WTG A01
Diciembre 2017**

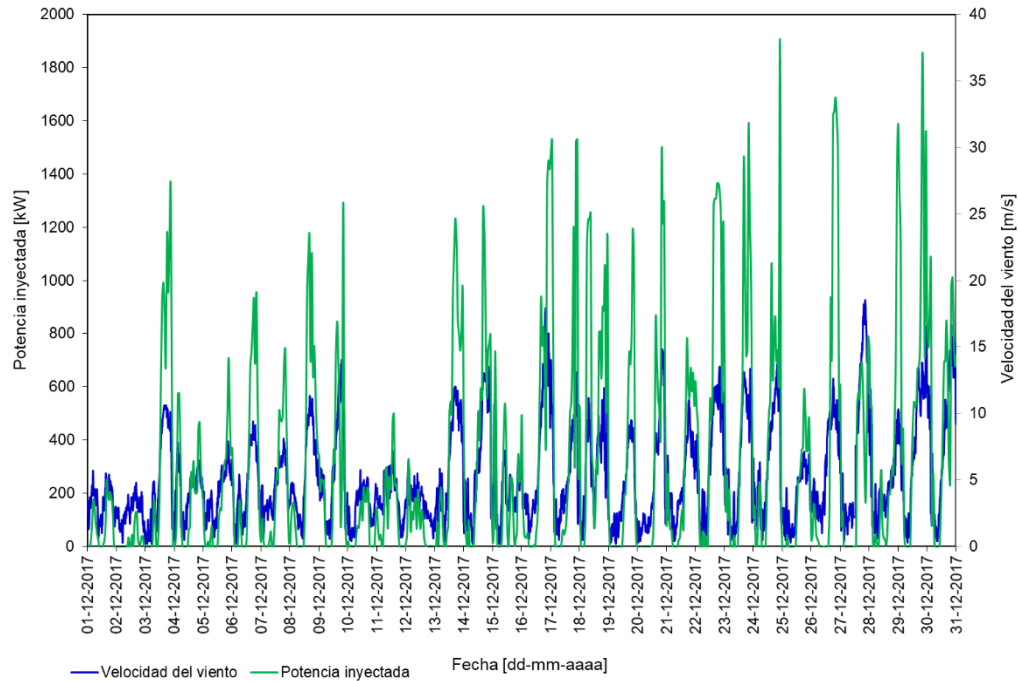


Figura 4.3: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad A01, diciembre 2017

Potencia inyectada y velocidad del viento unidad WTG C01 Octubre 2017

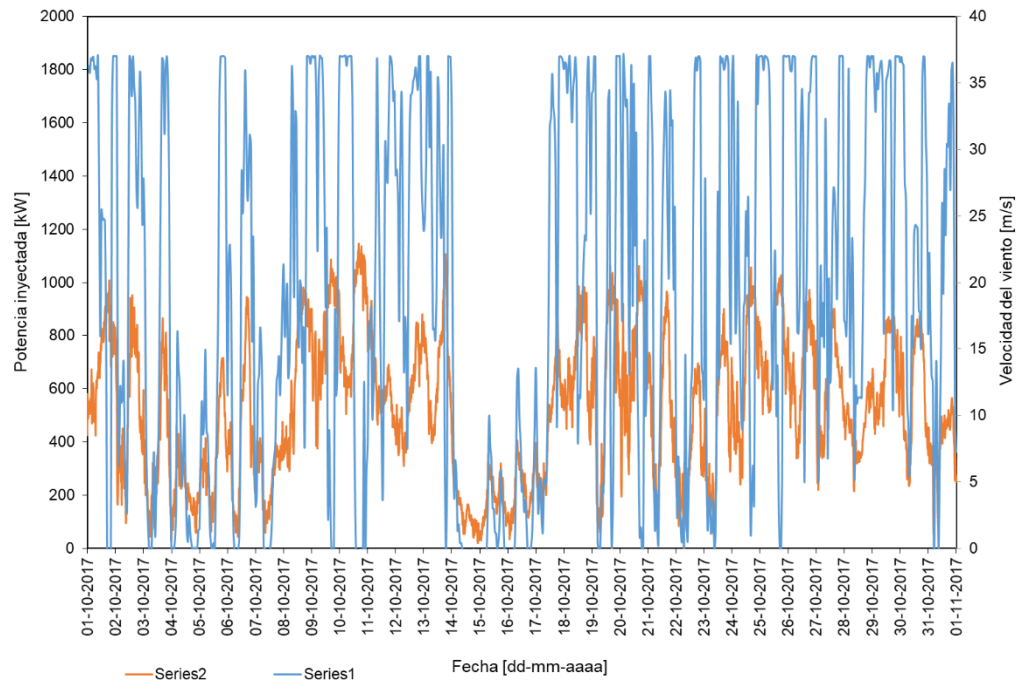


Figura 4.4: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, octubre 2017

Potencia inyectada y velocidad del viento unidad WTG C01 Noviembre 2017

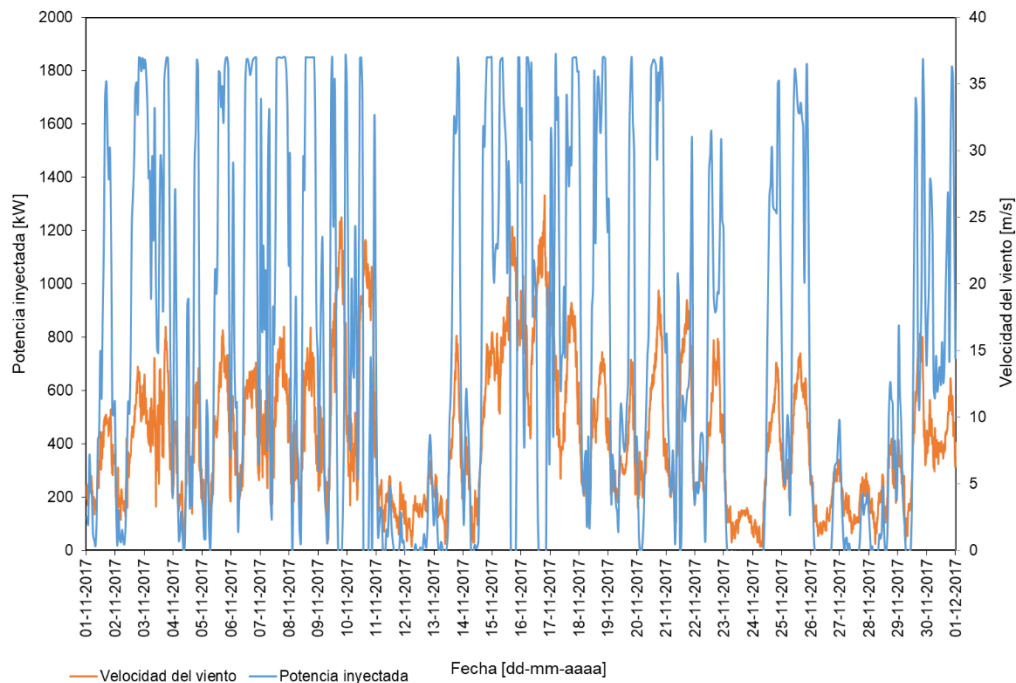


Figura 4.5: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, noviembre 2017

**Potencia inyectada y velocidad del viento unidad WTG C01
Diciembre 2017**

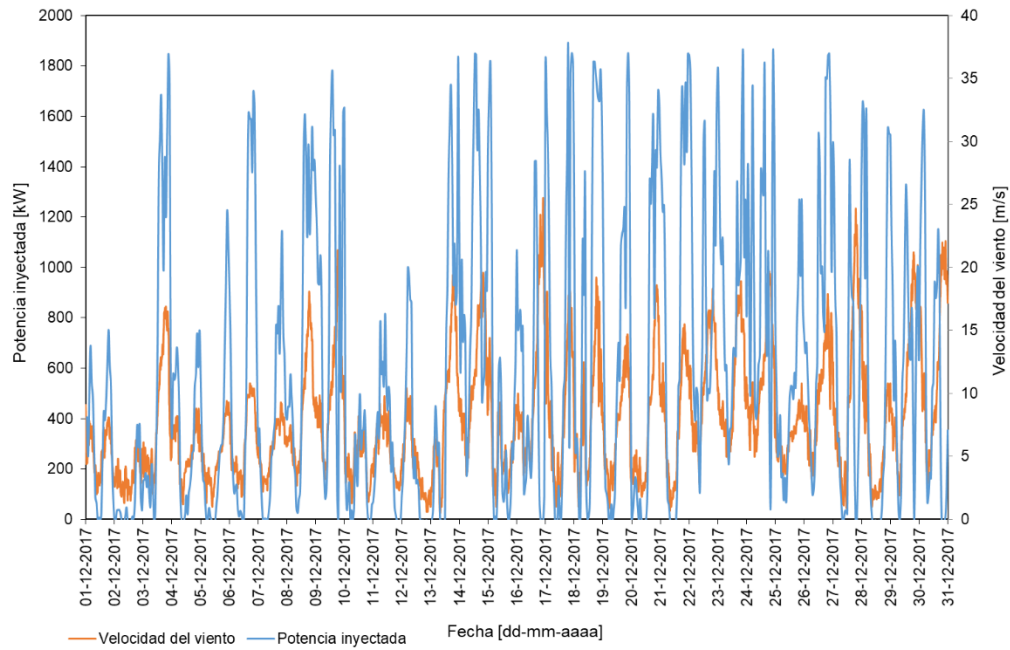


Figura 4.6: Registros de potencia inyectada y velocidad de la unidad C01, diciembre 2017

5. DETERMINACIÓN DEL VALORES DE MÍNIMO TÉCNICO

De los registros de generación y velocidad del viento de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017 es posible concluir que las unidades del Parque Eólico Los Cururos posee un **mínimo técnico de 0,00 kW (0,00 MW)**. Dicho valor de potencia fue registrado como valor promedio horario en el 13% de las horas para las unidades A01 y C01, situación acontecida en momentos en que las condiciones de viento se encontraron por debajo de los 3 m/s o por sobre los 20 m/s, vientos de “cut-in” y “cut-out” respectivamente. Esta situación es respaldada con la información de la fabricante expuesta en las Tabla 5.1 y Tabla 5.2, extractos de los indicado en el ANEXO A.

Tabla 5.1: Certificado de fábrica de las turbinas Vestas V100-2.0 MW del Parque Eólico Los Cururos

Manufacturer's certificate on specific data of the type of installation: V100-2.0 MW (Original 1.8 MW setting is upraised to 2.0MW for Loads and Power performance)

1. General	
manufacturer	Vestas
type name	V100-1.8MW/2.0MW-VCS
type (horizontal / vertical)	Horizontal
rated power	2000kW (upraised from 1800 kW)
power control	OptiSpeed
hub height above foundation	106.35m
hub height above ground	106.35m
rated wind speed	13.2 m/s
cut-in and cut-out wind speed	3 m/s and 20m/s
survival wind speed	44.1 m/s
calculated safe life	20 Jahre/years
contribution to short circuit current	
Special setting for rated power	Turbine power configuration changed from 1.8MW to 2.0MW for loads and power curve reporting
2. Rotor	
diameter	100 m
swept area	7854 m ²
number of blades	3
kind of hub	Star
relative position to tower (lup/lee)	
rated speed	14.9 RPM
design tip speed ratio	8.7
rotor blade pitch setting	OptiTip Mode 0
cone angle (hub cone)	2 °
tilt angle	6 °
Distance between rotor flange centre -	4.481
3. Rotor blade	
manufacturer	Vestas
type	Vestas 49.3 m PP
blade section inside	RISØ P + FFA -W3
blade section outside	RISØ P + FFA -W3
Material	Fibre glass reinforced epoxy and carbon fibres
length	49.3 m
chord length (max/root)	3890/1880
additional components (e.g. stall strips, vortex generators, trip strips)	Vortex Generators
Extender length	none
4. Gear	
manufacturer	Winergy
type	4828500-0020-2
design	1 planetary stage + 2 helical stages
gear ratio	1:113.1
5. Generator	
manufacturer	VND
type	623476 Typ:DVSG 500/4M SP
numbers	1
Design	4-pole, random/form winding star/delta
rated power(s)	1820 kW
rated apparent power	kVA (cosφ = 1)
rated speed(s) / speed range	1000 – 1680 rpm (delta speed = 1250 RPM)
Voltage	690V(Generator)/480(Converter)
frequency	50 Hz
rated slip / speed	1680rpm (12% slip on rated speed of 1500 RPM)
6. Tower	
manufacturer	Vestas

Tabla 5.2: Potencia generable por las turbinas Vestas V100-2.0 MW del Parque Eólico Los Cururos

12.4 V100-2.0 MW Power Mode

12.4.1 Power Curve, Noise Mode 0

V100-2.0 MW, Power Mode 0, Power Curves														
Wind Speed [m/s]	Air density kg/m ³													
	1.225	0.95	0.975	1.0	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	13	9	9	10	10	10	11	11	12	12	12	13	14	14
3.5	51	34	35	37	39	40	42	43	45	46	48	50	53	54
4	107	78	80	83	86	89	91	94	97	99	102	105	110	113
4.5	175	131	135	139	143	147	151	155	159	163	167	171	179	183
5	253	193	198	204	209	215	220	226	231	237	242	248	259	264
5.5	346	265	272	279	287	294	302	309	316	324	331	338	353	360
6	454	349	359	368	378	387	397	406	416	425	435	444	463	472
6.5	584	447	459	472	484	497	509	522	534	547	559	571	596	609
7	738	567	582	598	613	629	645	660	676	691	707	722	753	768
7.5	912	703	722	741	760	779	798	817	836	855	874	893	931	950
8	1109	858	881	904	927	950	972	995	1018	1041	1063	1086	1131	1154
8.5	1321	1029	1056	1083	1110	1137	1164	1190	1216	1243	1269	1295	1347	1372
9	1538	1212	1243	1273	1304	1334	1364	1393	1423	1452	1481	1510	1565	1593
9.5	1734	1398	1432	1465	1498	1531	1562	1593	1623	1654	1680	1707	1756	1779
10	1873	1582	1615	1648	1681	1714	1739	1765	1790	1816	1835	1854	1887	1902
10.5	1951	1746	1772	1798	1824	1850	1867	1884	1901	1918	1929	1940	1959	1966
11	1984	1867	1885	1902	1919	1937	1945	1954	1962	1971	1975	1979	1986	1989
11.5	1995	1942	1951	1959	1968	1976	1980	1983	1987	1990	1992	1993	1996	1997
12	2000	1977	1980	1984	1988	1991	1993	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2000
12.5	2000	1991	1993	1994	1996	1997	1998	1999	1999	2000	2000	2000	2000	2000
13	2000	1997	1998	1999	1999	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
13.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
14	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
14.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
15	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
15.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
16	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
16.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
17	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
17.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
18	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
18.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
19	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
19.5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
20	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Table 12-10: V100-2.0 MW Power Curve, Noise Mode 0

A continuación, se muestran las “curvas S” (valores ordenados de menor a mayor) de la inyección de potencia activa de las unidades A01 y C01 durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2017.

**"Curva S" de potencia inyectada por unidades WTG A01 y C01
Octubre-Noviembre-Diciembre 2017**

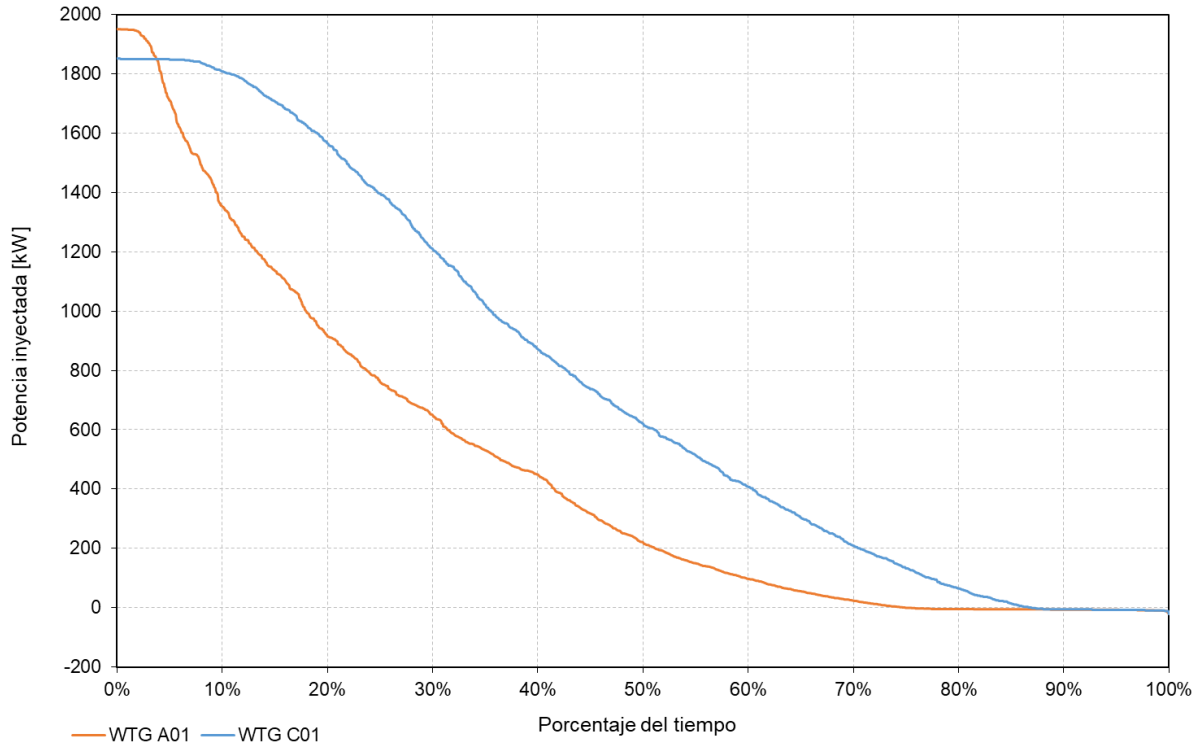


Figura 5.1: “Curva S” de inyección de potencia de unidades WTG A01 y C01

Las turbinas A01 y C01 alcanzan un valor máximo de 1,95 y 1,85 MW según lo exhibido en la Figura 5.1 **en concordancia con sus valores setpoint**, valores que fueron determinados en los estudios “wind and site” preparados por el fabricante para los sitios específicos donde se instalan las turbinas. Ahora bien, la turbina Vestas V100-2,0 MW admite como potencia potencias variables entre 1,8/2,0 MW. En la Figura 5.2 se muestra los ajustes y registros de setpoint del SCADA Vestas con las 57 turbinas del Parque.

VestasOnline™ Business - WTG Control Summary

WTG Control Summary

Turbine	State	Power kW	Setpoint kW	Possible kW	Power KVAR	Setpoint KVAR	Cos phi	Responsible	Turbine	State	Power kW	Setpoint kW	Possible kW	Power KVAR	Setpoint KVAR	Cos phi	Responsible
A01	■	1951	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A29	■	1808	1950	1816	0	0	1.00	Utility
A02	■	1950	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A30	■	1743	1900	1744	0	0	1.00	Utility
A03	■	1941	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A31	■	1899	1900	1900	0	0	1.00	Utility
A04	■	1940	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A32	■	1654	1900	1663	0	0	1.00	Utility
A05	■	2005	2000	2000	0	0	1.00	Utility	A33	■	1734	1900	1741	0	0	1.00	Utility
A06	■	1995	2000	2000	0	0	1.00	Utility	A34	■	1907	1900	1900	0	0	1.00	Utility
A07	■	1949	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A35	■	1499	1900	1482	0	0	1.00	Utility
A08	■	1944	1950	1950	0	0	1.00	Utility	A36	■	1374	1900	1353	0	0	1.00	Utility
A09	■	1948	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C01	■	1847	1850	1850	0	0	1.00	Utility
A10	■	1948	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C02	■	1853	1850	1850	0	0	1.00	Utility
A11	■	1949	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C03	■	1849	1850	1850	0	0	1.00	Utility
A12	■	1953	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C04	■	1844	1850	1850	0	0	1.00	Utility
A13	■	1947	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C05	■	1372	1850	1367	0	0	1.00	Utility
A14	■	1942	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C06	■	1418	1850	1409	0	0	1.00	Utility
A15	■	1817	1950	1808	0	0	1.00	Utility	C07	■	1895	1900	1900	0	0	1.00	Utility
A16	■	1959	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C08	■	1752	1900	1754	0	0	1.00	Utility
A17	■	1948	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C09	■	1401	1900	1406	-1	0	1.00	Utility
A18	■	1898	1900	1900	0	0	1.00	Utility	C10	■	1711	1900	1730	0	0	1.00	Utility
A19	■	1943	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C11	■	1898	1900	1900	0	0	1.00	Utility
A20	■	1681	1950	1718	0	0	1.00	Utility	C12	■	1474	1850	1481	0	0	1.00	Utility
A21	■	1956	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C13	■	1842	1850	1850	0	0	1.00	Utility
A22	■	1522	1950	1521	0	0	1.00	Utility	C14	■	1361	1900	1349	0	0	1.00	Utility
A23	■	1950	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C15	■	1904	1900	1900	0	0	1.00	Utility
A24	■	1948	1950	1950	0	0	1.00	Utility	C16	■	1959	1950	1950	0	0	1.00	Utility
A25	■	1904	1900	1900	0	0	1.00	Utility	C17	■	1550	1900	1569	0	0	1.00	Utility
A26	■	1843	1900	1837	0	0	1.00	Utility	C18	■	1765	1950	1736	0	0	1.00	Utility
A27	■	1895	1900	1900	0	0	1.00	Utility	C19	■	1941	1950	1950	0	0	1.00	Utility
A28	■	1770	1950	1753	0	0	1.00	Utility	C20	■	1707	2000	2000	0	0	1.00	No Constraint
									C21	■	1800	1800	1800	0	0	1.00	Utility

Figura 5.2: Setpoint de potencia en las turbinas Vestas V100-2,0 MW

De esta forma se establece que la máxima inyección posible total del Parque es de 109,4 MW.

Por otro lado, y tal como lo muestra Figura 5.2, el Parque Eólico Los Cururos posee un único PCC (power plant controller) y que controla en forma conjunta los aerogeneradores de La Cebada y Pacífico. Se aclara que ambos parques fueron fusionados en el Parque Eólico Los Cururos y que todos los sistemas de control son comunes.

En relación a la mínima potencia generable por cada aerogenerador bajo condiciones de disponibilidad del recurso primario, el documento *General Specification V100-1.8/2.0 MW 50 Hz VCS*, N°0004-0153 V18 del fabricante, indica en su Figura 9-5, la mínima potencia activa de salida en función de la velocidad del viento.

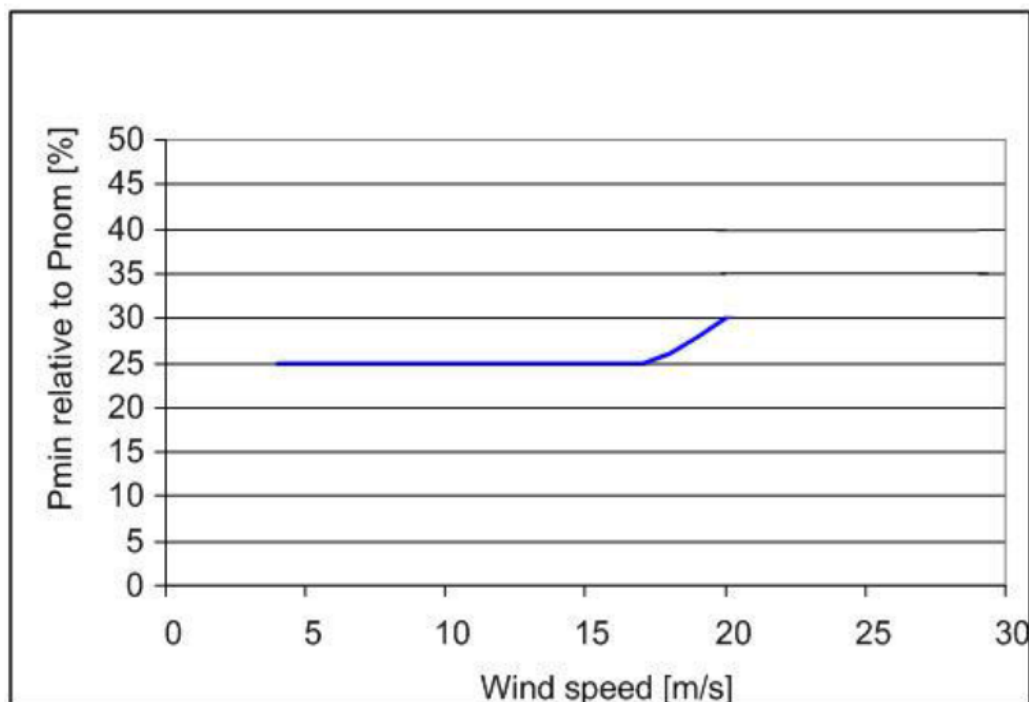


Figure 9-5: Minimum active power output dependent on wind speed.

Figura 5.3: Mínima potencia activa de salida en función de la velocidad del viento

Es así como se establece que el mínimo técnico de cada turbina Vestas, modelo V100 de 1.8/2.0 MW, del Parque Eólico Los Cururos es de 0,50 MW. Se deja constancia que los aerogeneradores entran en pausa si se les solicita una consigna de potencia activa menor a la mínima salida posible.

6. CONTROL DE POTENCIA REACTIVA

El control de potencia reactiva de las turbinas del parque tiene una limitación de inyección/absorción establecida por el 0,2 del mínimo factor de potencia. Esta información fue obtenida del documento “IN2011-015 FGW TG3 PQ report V100 - 1.8. Determination of Electrical Characteristics of Power Generating Unit. Test Report”, ver ANEXO A.

9.4 Reactive power

9.4.1 Reactive power capability

Data acquired: 33 files per power bin

Wind turbine operational mode: *Reactive power set-point control mode*

P (% of P _n)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Q inductive max. (kVAr)	-349	-860	-980	-1043	-1053	-1083	-1104	-1118	-1077	-1182	-1210
Wind speed (m/s)	3.90	5.34	5.99	6.87	7.36	8.00	8.39	8.87	11.49	10.15	10.50
Power factor	0.18	0.25	0.33	0.47	0.55	0.64	0.69	0.75	0.81	0.81	0.82

P (% of P _n)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Q capacitive max. (kVAr)	108	675	924	920	909	898	881	858	790	620	466
Wind speed (m/s)	3.37	5.14	6.10	6.80	7.47	8.00	8.43	8.95	9.48	9.83	10.68
Power factor	0.17	0.28	0.37	0.52	0.63	0.70	0.77	0.82	0.88	0.93	0.97

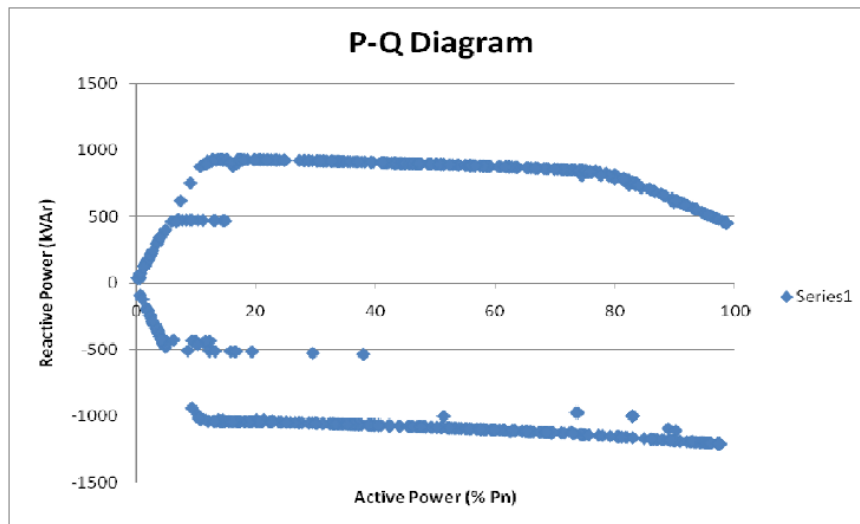


Figure 13.- Active and reactive power values during test

De esta forma se establece para la condición de mínimo técnico, con una velocidad de viento cercana a la de cut-in, los aerogeneradores son capaces de absorber/inyectar la potencia reactiva de 349/108 kVAr.

7. POTENCIA ACTIVA EN LOS DISTINTOS PUNTOS DEL PARQUE

7.1. Potencia activa inyectada por el parque en la barra de alta tensión (AT) del parque eólico

Considerando la potencia máxima generada por cada una de las unidades del parque, las distintas pérdidas en el transformador elevador y en la red colectora de MT, además del consumo de SSAA, se establece que la **potencia activa inyectada por el parque en la barra de alta tensión es 107,92 MW.**

7.2. Potencia activa inyectada en la barra de media tensión (MT) del parque eólico

Considerando la potencia máxima generada por cada una de las unidades del parque, las pérdidas en la red colectora de MT y el consumo de SSAA, se establece que la **potencia activa inyectada por el parque en la barra de media tensión es 108,41 MW.**

7.3. Pérdidas activas en el transformador de poder de la central

Para determinar las pérdidas de potencia activa en el transformador de poder de la central de 120 MVA y 220/33 kV, se consideran las pérdidas totales en este equipo; valores indicados en el documento *Overload Capability Calculation for Transformer.*

Rated Data	
Reference	PH042
Rating power (MVA) :	120
No load loss (kW) :	60
Load loss (kW)	421
Top oil temperature rise (K) :	34.5
Mean oil temperature rise (K) :	22.5
Hot spot gradient (K) :	30.29
Mean winding gradient (K) :	23.3
Cooling Mode	ONAF
Reduced radial oil ducts <= 3mm	<input type="checkbox"/>
Use thermal upgraded paper	<input checked="" type="checkbox"/>
Use IEC 60076-7	<input type="radio"/>
Use IEEE C57-91	<input checked="" type="radio"/>

Figura 7.1: Pérdidas en el transformador de 120 MVA 220/kV Parque Eólico Los Cururos

De esta forma, las pérdidas en el transformador del parque son 481 kW en condición de máxima inyección, y 60 kW en condición de mínima inyección.

7.4. Pérdidas activas en el sistema colector del parque eólico

Las pérdidas de potencia activa en el sistema colector del parque de nivel 33 kV, se obtienen de las planillas de cálculo *MV_Cables_Pacífico_v2_07-05-2013* y *MV_Cables_Cebada_v2_07-05-2013*, y se indican a continuación.

Los datos de entrada utilizados para determinar las pérdidas en el sistema colector son los siguientes:

Tabla 7.1: Datos de entrada Parque Eólico La Cebada y Parque Eólico El Pacífico

Parámetro	Valor
WTG Power A (kW)	2000
WTG Power B (kW)	1800
Voltage (kV)	33
cosφ	0,95
senφ	0,3122499

Las pérdidas en el sistema colector del Parque Eólico La Cebada son las siguientes:

Tabla 7.2: Pérdidas en circuitos del Parque Eólico La Cebada

Circuito	Pérdidas [kW]
Circuito 1	112,699
Circuito 2	110,646
Circuito 3	39,957

Considerando las pérdidas en cada uno de los circuitos, se obtiene una **pérdida total de la red colectora del Parque Eólico La Cebada es de 263,30 kW.**

Las pérdidas en el sistema colector del Parque Eólico El Pacífico son las siguientes:

Tabla 7.3: Pérdidas en circuitos del Parque Eólico El Pacífico

Circuito	Pérdidas [kW]
Circuito 1	28,742
Circuito 2	33,048
Circuito 3	86,967
Circuito 4	102,523
Circuito 5	109,409

Considerando las pérdidas en cada uno de los circuitos, se obtiene una **pérdida total de la red colectora del Parque Eólico El Pacífico es de 360,69 kW.**

Finalmente, la pérdida total en el sistema colector del Parque Eólico Los Cururos es de 624 kW en condición de máxima inyección, mientras que las pérdidas son despreciables en el caso de mínima inyección (pérdidas I²R).

7.5. Consumos propios

De los registros de inyección de potencia activa y consumo de la totalidad del Parque los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017 se han seleccionado aquellas horas con nula inyección del Parque, sólo consumo, contabilizando un total de 138 horas. Se concluye que el consumo promedio horario asciende 570,7 kW, siendo asignados **9,73 kW a cada aerogenerador (57 en total) y 15,6 kW a los SS.AA. de la Central**, situación consecuente con los registros indicados en el documento EE-2018-IT-001-0: "Parque Eólico Los Cururos. Determinación de parámetros de partida y detención de unidades generadoras".

Los consumos de los SS.AA. de la Central fueron determinados en base a mediciones de corriente de fase realizadas, obteniendo un valor de 15,6 kW considerando factor de potencial unitario.



Figura 7.2: Corrientes por fase en el lado BT del transformador de SS.AA.

8. CONCLUSIONES

En base a la información y registros disponible se concluye que las turbinas del Parque Eólico Los Cururos, unidades Vestas V100-2,00 MW, poseen los siguientes parámetros:

- Mínimo técnico de una (1) unidad: 500 kW (0,50 MW)
- Servicios auxiliares de una (1) unidad: 9,73 kW (0,00973 MW)
- Servicios auxiliares de todas las unidades (57 unidades): 554,6 kW
- Consumos propios de SS.AA.: 15,6 kW
- Pérdidas en el sistema de transmisión propio: 60 kW⁽¹⁾
- Potencia mínima inyectada por la central en la barra de 220kV de S/E La Cebada: 0,00 MW⁽²⁾

Notas:

- (1) Pérdidas en condición de mínima inyección del Parque.
- (2) Una unidad operando en 630 kW (>500kV mínimos permitidos) y la otras 56 en condición de pausa, consumiendo 9,73 kW cada una.

9. REFERENCIAS

- [1] Norma Técnica de Calidad y Seguridad de Servicio (NTSyCS) para el Sistema Interconectado del Norte Grande y Sistema Interconectado Central. Enero de 2016.
- [2] Anexo Técnico: Determinación de parámetros para los procesos de partida y detención de unidades generadoras.
- [3] Informe Técnico Parámetros para los procesos de partida, detención y determinación de mínimo técnico Parque Eólico Los Buenos Aires. Revisión 0A.

ANEXO A

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AEROGENERADORES

ANEXO B

REGISTROS DE VELOCIDAD DEL VIENTO Y POTENCIA UNIDADES A01 Y C01

ANEXO C

PÉRDIDAS EN LA RED COLECTORA Y EN EL TRANSFORMADOR ELEVADOR