



I-O&M-COG.

Informe Técnico Determinación de Parámetros de Partida y Detención del Parque Eólico San Juan

Versión 3	Periodo de medición	Elaborado por: H. Acosta	Aprueba: J. Angarita
Área O&M-COG	Noviembre 2019	Fecha: 15-05-2020	Fecha: 02-07-2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO.	5
2.1. Parque Eólico San Juan.....	5
2.2. Torres.	5
2.3. Rotor.....	5
2.4. Góndola.....	6
2.5. Distribución del Parque Eólico.	6
2.6. Subestación San Juan 220/33 kV.....	7
2.6.1 Servicios auxiliares parque eólico San Juan.....	8
2.6.2 Transformador de poder S/E San Juan 220/33[kV].	8
2.6.3 Unilínea Parque Eólico San Juan.....	11
3. ALCANCES.....	13
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	13
4.1. Especificaciones de las unidades generadoras.	13
4.2. Generador eléctrico.	15
4.3. Convertidor.	16
4.4. Transformador elevador HV del generador.	16
4.5. Cables de potencia HV.....	17
4.6. Interruptor de potencia HV (Switchgear).....	18
4.7. Sistemas auxiliares.	18
4.8. Fuente de poder ininterrumpible UPS	18
4.9. Sistema de supervisión y control.	19
5. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN.....	19
5.1. Tiempos de Partida.	19
5.1.1 Proceso de partida hasta la sincronización.....	19

5.1.2 Proceso desde la sincronización hasta alcanzar la operación del mínimo técnico.....	20
5.1.3 Proceso desde el Mínimo Técnico hasta alcanzar la Potencia Nominal	21
5.2. Tiempo de Detención.....	22
5.2.1 Proceso desde Potencia Nominal hasta alcanzar el Mínimo Técnico	22
5.2.2 Proceso desde el Mínimo Técnico hasta la Desconexión.....	23
5.3 Proceso de partida en un Aerogenerador (WTG01).	24
5.3.1 Proceso de partida en un Aerogenerador Desconectado hasta Mínimo Técnico.	24
5.3.2 Proceso de partida en un Aerogenerador desde Mínimo Técnico hasta llegar a operación de potencia Nominal.....	25
6. CONSUMO DE ENERGÍA EN SERVICIOS AUXILIARES DURANTE CADA ETAPA.....	26
7. CONCLUSIÓN.....	28

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico tiene como objetivo determinar los parámetros de partida y detención de parque eólico San Juan, para lo cual nos fundamentaremos en el documento “PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DE UNIDADES GENERADORAS.” el cual establece Los parámetros y antecedentes requeridos según el presente Anexo, deberán ser informados adjuntando los antecedentes técnicos y respaldos que describan las metodologías utilizadas, las estimaciones y supuestos considerados para el cálculo de dichos parámetros.

El Parque Eólico San Juan, es propiedad de la empresa de generación eléctrica Latin América Power (LAP) y está ubicado en la III Región de Atacama, en la zona costera al sur de la comuna de Freirina, provincia de Vallenar, aproximadamente a 60 [KM] al sur del Puerto Huasco, el mismo cuenta con una capacidad instalada de 193,2 [MW], los cuales son inyectados al SEN (Sistema Eléctrico Nacional) mediante la S/E San Juan 33/220 [kV], la cual es una subestación en tecnología GIS con arreglo del tipo de barra principal con barra de transferencia y que está compuesta a su vez por tres circuitos: dos transformadores elevadores de 33/220 [kV] con una capacidad cada uno de 80/110 [MVA] y una línea de transmisión aérea de 220 kV y 83,6 [KM] de largo, con una capacidad de 210 [MVA], la cual se conecta a la S/E Punta Colorada de 220 [kV].

La operación del parque se realiza remotamente desde el centro de despacho COG LAP a través del SCADA Vestas Online Bussines (VOB) donde se pueden supervisar todos los parámetros de operación del parque y ejecutar comandos de control sobre cada aerogenerador, adicionalmente se cuenta con la supervisión y control de la S/E San Juan 33/220 [kV] a través de un Scada eléctrico marca ABB, por lo que la operación de la línea y transformadores se realiza también remotamente desde el despacho COG LAP.

2. ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO.

2.1. Parque Eólico San Juan.

Latin América Power en pro de contribuir a mejorar la matriz energética de Chile a través de fuentes renovables, de mantener una estrecha relación con las comunidades y con la finalidad de proteger el medio ambiente da inició al desarrollo del parque eólico San Juan en 2012, luego de más de 5 años de mediciones de viento. Inició su construcción el primer semestre de 2015 y concluye la construcción y puesta en marcha en diciembre de 2016, para finalmente en marzo de 2017 alcanzar la entrada en operación con el coordinador eléctrico nacional (CEN).

Actualmente el parque cuenta con la operación de 56 aerogeneradores marca Vestas modelo V117 MK2 de 3,3 [MW] de alta tecnología, cada uno compuesto por una torre de 91,5 [mts] de altura que sirve de soporte a la góndola (Nacelle) que a su vez está unida a un rotor con 3 aspas de 117 [mts] de diámetro. Cada aerogenerador tiene una capacidad nominal de 3,45 [MW], para una capacidad de generación total del parque de 193,2 [MW].

2.2. Torres.

Las torres son de acero tubular con conexiones de brida y con la mayoría de las conexiones internas soldadas. El diseño liso de la torre reduce el espesor de acero requerido, haciendo que la torre sea más ligera en comparación con todas las piezas internas soldadas a las cubiertas de la torre. Las alturas de cubo enumeradas incluyen una distancia desde la sección de cimentación hasta el nivel del suelo de aproximadamente 0,2 [mts], dependiendo del grosor de la brida inferior y una distancia desde la brida superior de la torre hasta el centro del cubo de 2,2 [mts]. Adicionalmente en la parte inferior de la torre se encuentra el interruptor de alta tensión (HV Switchgear) que se conecta al transformador elevador (HV Transformer) del generador por medio de un cable de potencia HV (Cables HV), así como el control de este interruptor. Además de las plataformas y escaleras dentro de la torre se encuentra también el ascensor o elevador de mantenimiento que permite a los operarios subir sin dificultad a la góndola (Nacelle).

2.3. Rotor.

El rotor consiste en un buje o cubo de hierro fundido al cual se encuentran unidas las tres palas de Fibra de epoxy y carbono reforzadas con fibra de vidrio, las cuales tienen una longitud de 57.15 [mts] de largo y que giran cada una en su eje longitudinal. El rotor tiene un diámetro total de 117 [mts]. El cubo aparte de servir para unir y soportar las tres palas transfiere las fuerzas de reacción al rodamiento principal y de torsión a la caja de cambios. El sistema hidráulico para el ajuste de las palas se encuentra dentro del cubo o buje del rotor.

2.4. Góndola.

La góndola (Nacelle) de la turbina Vestas V117 MK2 3,3 [MW] consiste en una placa base y una cubierta de fibra de vidrio que encapsula a todos los equipos. La placa base de la góndola tiene dos partes: una parte delantera de hierro fundido y una parte trasera de viga de acero estructural. La parte frontal o delantera de la base de la góndola es la base del tren de transmisión y transmite fuerzas desde el rotor a la torre a través del sistema al generador. La superficie inferior está mecanizada y conectada a la corona de orientación y los engranajes de orientación están atornillados al bastidor de la góndola. En ese lugar se encuentran la mayor parte de los componentes del aerogenerador como son: el tren con fuerza de rodamiento, eje y caja multiplicadora, el generador, el convertidor, el transformador HV, el transformador de servicios auxiliares, el sistema de enfriamiento, el sistema hidráulico, las unidades motrices del sistema del mecanismo de orientación de la góndola (Yaw System) y el gabinete de control. Finalmente, en la parte trasera externa de la góndola, específicamente sobre el techo, se encuentran los sensores de viento ultrasónicos. La góndola puede girar en la cabeza de la torre con la finalidad de alinear el rotor en contra de la dirección del viento más favorable que produzca el movimiento de las palas.

2.5. Distribución del Parque Eólico.

Nuestro Parque está ubicado en la III Región de Atacama, en la zona costera al sur de la comuna de Freirina, provincia de Vallenar y está dispuesto según como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 2.5.1. Vista general de la distribución del Parque Eólico San Juan.

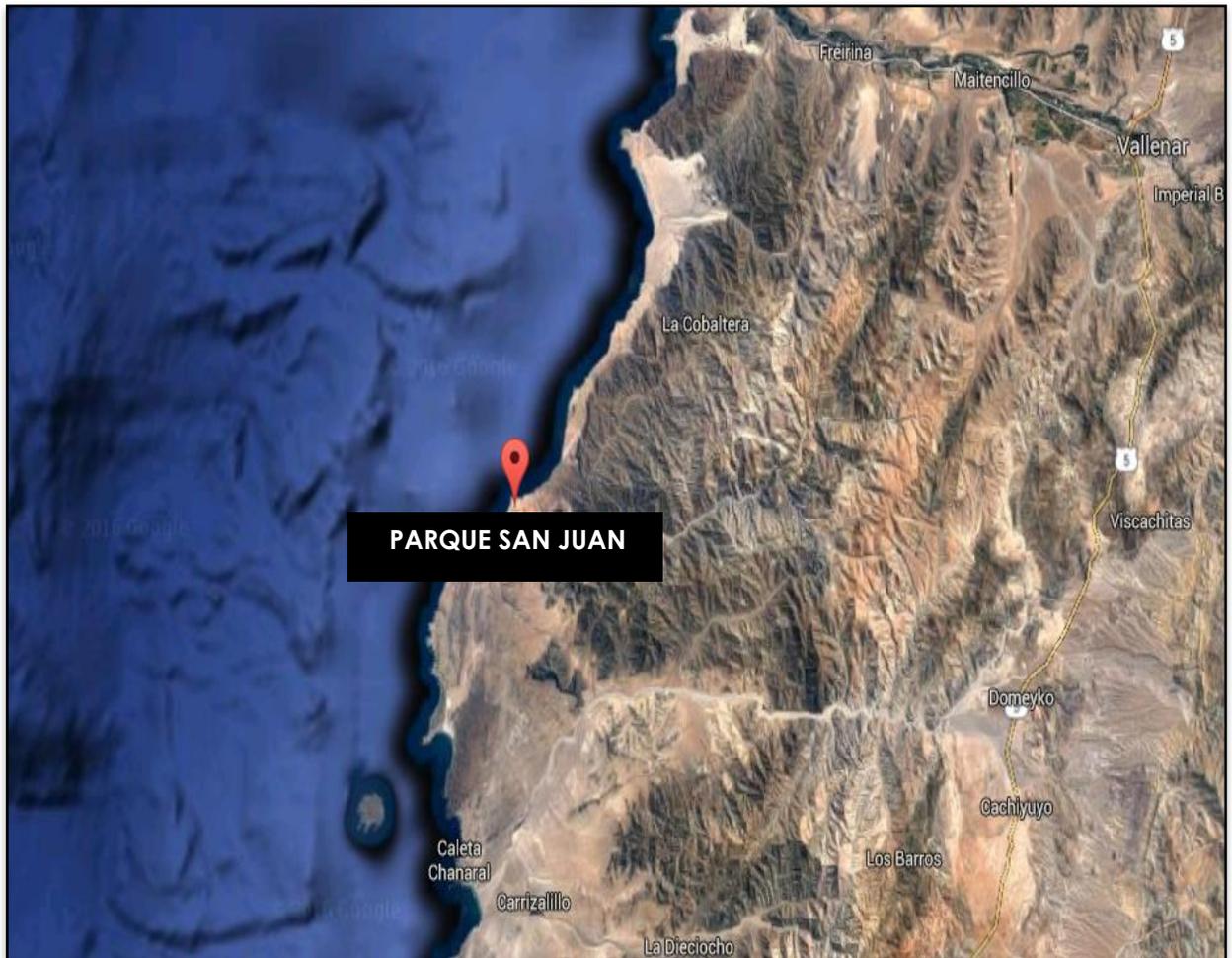


Figura 2.5.2. Vista satelital del Parque Eólico San Juan.

2.6. Subestación San Juan 220/33 kV.

Es una subestación en tecnología GIS con arreglo del tipo de barra principal con barra de transferencia y que está compuesta a su vez por tres circuitos: dos transformadores elevadores de 33/220 [kV] cada uno con una capacidad ONAN/ONAF de 80/110 [MVA] y el paño J1 donde parte la línea de 84 km hasta la Subestación Punta Colorada.

Los 56 Aerogeneradores del parque eólico San Juan se conectan por medio de dos barras en 33 kV. De los cuales 27 Aerogeneradores llegan a la Barra A y 29 a la Barra B. Las secciones de barra cuentan con diez celdas distribuidas de la siguiente manera:

- Seis celdas para circuitos de Aerogeneradores
- Una celda de cabecera hacia el transformador de Poder
- Una celda para acoplamiento de barras (Sección Barra A).
- Una Celda para Servicios Auxiliares
- Una celda de reserva

UniGear ZS2	
Tensión nominal	36 [kV]
Tensión de aislamiento nominal	36 [kV]
Corriente nominal barra principal	3150 [A]
Corriente de CC	31,5 [kA]

Especificaciones de Celda.

2.6.1 Servicios auxiliares parque eólico San Juan.

Los servicios auxiliares del parque eólico son tomados desde la S/E San Juan en media tensión a través del transformador de servicios auxiliares 33/0,38-0,22 [kV] conexión delta en alto voltaje y estrella aterrizada en baja tensión, con una potencia nominal de 250 [kVA]. Existen dos equipos en subestación, uno asociado a la sección de barra A que se conecta a media tensión a través de la celda A10 y el otro equipo en la sección de barra B que se conecta a media tensión a través de la celda B10. Cuando los consumos son tomados de la red se cuenta con un transformador de SS.AA en funcionamiento quedando el segundo siempre de respaldo.

2.6.2 Transformador de poder S/E San Juan 220/33[kV].

La subestación elevadora San Juan contempla dos transformadores de poder 220/33 [kV], que tienen las siguientes características técnicas:

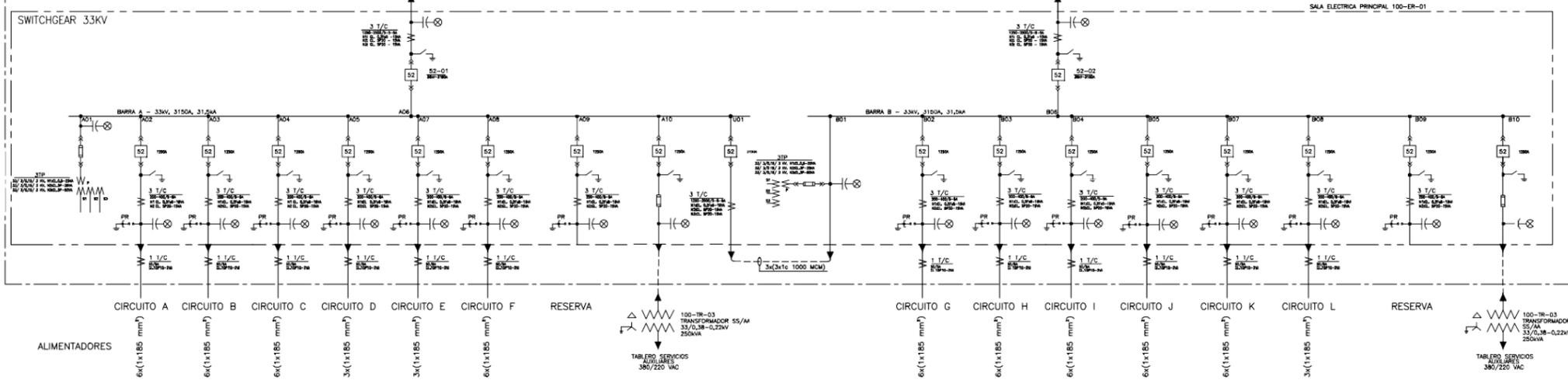
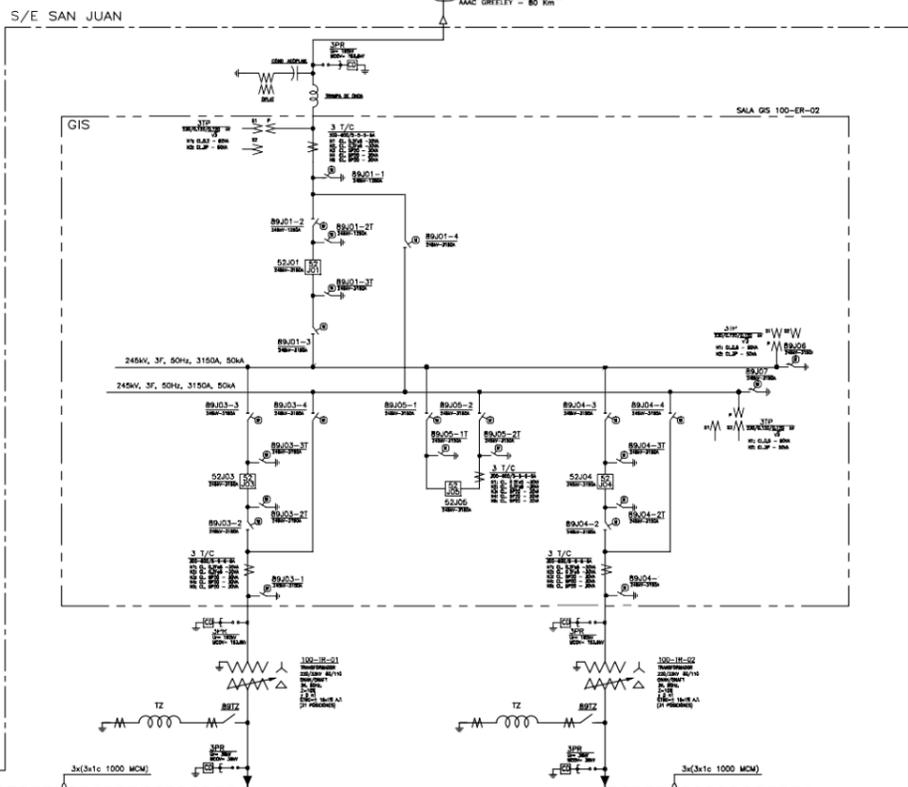
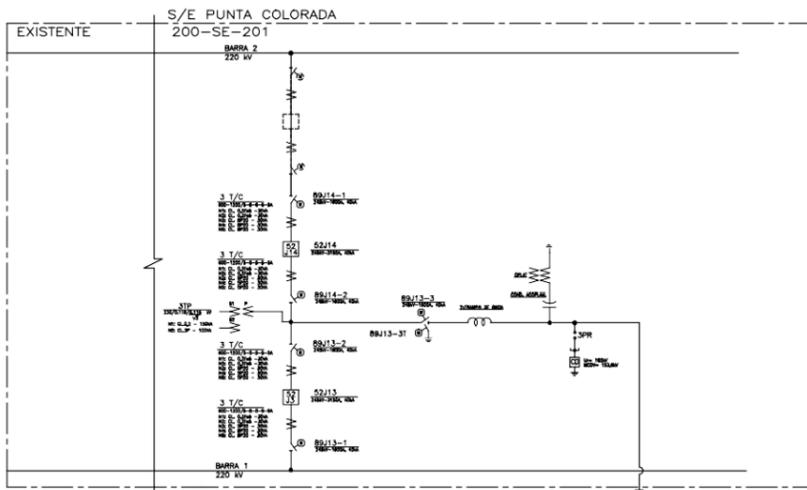
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
1.0	IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE			
1.1	Razón Social de la Empresa		Por Proponente	ABB Limited
2.0	IDENTIFICACIÓN DEL PROPONENTE			
2.1	Razón Social de la Empresa		Por Proponente	ABB S.A.
3.0	CONDICIONES AMBIENTALES			
3.1	Altitud Máxima de Operación	m.s.n.m.	<1000	<1000
3.2	Temperatura Mínima	°C	-2	-2
3.3	Temperatura Máxima	°C	35	35
3.4	Temperatura Ambiente Promedio	°C	25	25
3.5	Nivel de Humedad Máxima	%	100	100
3.6	Nivel de Humedad Mínima	%	15	15
3.7	Nivel de contaminación (IEC 60815)		Alto Nivel IV	Alto Nivel IV
3.8	Clima		Marítimo/Árido	Marítimo/Árido
3.9	Sismicidad		ETG-1.020 (1997), Nch 2369 (2003), IEEE Std 693 (2005)	ETG-1.020 (1997), Nch 2369 (2003), IEEE Std 693 (2005)
4.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
4.1	Potencia nominal (ONAN/ONAF1/ONAF2)	MVA	80/110	80/110
4.2	Pérdidas de excitación en vacío			
4.2.1	90% de la tensión nominal	kW	Por fabricante	41(220kV/33kV)
4.2.2	100% de la tensión nominal	kW	Por fabricante	56(220kV/33kV)
4.2.3	110% de la tensión nominal	kW	Por fabricante	86(220kV/33kV)
4.3	Pérdidas totales a potencia nominal máx. y tensión	kW	Por fabricante	500(@110MVA,
4.4	Corriente de excitación, en términos de los KVAR de entrada			
4.4.1	90% de la tensión nominal	kVAR	Por fabricante	Will be informed
4.4.2	100% de la tensión nominal	kVAR	Por fabricante	Will be informed
4.4.3	110% de la tensión nominal	kVAR	Por fabricante	Will be informed
4.5	Impedancias en base a la potencia nominal ONAN			@ 80MVA base
4.5.1	En conexión tensión nominal del CTBT (220/33 kV)	%	Máximo 10	10%(220kV/33kV)
4.5.2	En conexión mínima tensión del CTBT (220/33 kV-15%)	%	Máximo 10	11.2%(220kV/28.05k
4.5.3	En conexión máxima tensión del CTBT (220/33 kV+15%)	%	Máximo 10	9.0%(220kV/37.95kV)
4.6	Grupo de Conexión		Yd1	Yd1
5	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
5.1	Núcleo			
5.1.2	Tipo de núcleo		Por fabricante	Core Type
5.1.3	Tipo de acero silicoso		Por fabricante	Grano Orientado
5.1.3	Densidad de flujo magnético, a tensión nominal	tesla	Por fabricante	1.77
5.2	Parte más grande y más pesada para el transporte del			TOLERANCIA +/- 10%
5.2.1	Longitud	mm	Por fabricante	8000 mm
5.2.2	Ancho	mm	Por fabricante	3500 mm
5.2.3	Alto	mm	Por fabricante	4100 mm
5.2.4	Peso	daN	Por fabricante	105,000 Kg
5.3	Parte extraíble del transformador, incluyendo estrobos			TOLERANCIA +/-
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
5.3.1	Altura del gancho a tierra para extraer la parte activa	mm	Por fabricante	Will be informed
5.3.2	Peso	daN	Por fabricante	Will be informed
5.4	Peso total y cantidad de aceite en el transformador			TOLERANCIA +/-
5.4.1	Peso sin aceite	daN	Por fabricante	119,000 Kg
5.4.2	Peso con aceite	daN	Por fabricante	161,000 Kg
5.4.3	Cantidad de aceite, a 20 °C	litros	Por fabricante	42,000 Kg
6	ACCESORIOS			
6.1	Cambiador de tomas bajo carga (CTBT) 31/±15 x 1 %			
6.1.1	Nombre del fabricante		Por fabricante	ABB
6.1.2	País		Por fabricante	Sweden
6.1.3	Designación según catálogo		Por fabricante	UZERN 250/600
6.2	Aisladores pasatapa			
6.2.1	Fabricante			
6.2.1.1	b) Alta tensión (Aceite/SF6)		Por fabricante	ABB (Aceite/Aire)
6.2.1.2	c) Baja tensión		Por fabricante	ABB (Aceite/Aire)

6.2.1.3	d) Neutro		Por fabricante	ABB (Aceite/Aire)
6.2.2	Designación según catálogo			
6.2.2.1	a) Alta tensión		Por fabricante	ABB or NGK
6.2.2.2	b) Baja tensión		Por fabricante	ABB or Comem
6.2.2.3	c) Neutro		Por fabricante	ABB or Comem
6.2.3	Corriente nominal			
6.2.3.	a) Alta tensión	A	390	289
6.2.3.	b) Baja tensión	A	2.624	1925
6.2.3.3	c) Neutro	A		
6.2.4	Nivel básico de Aislamiento (BIL)			
6.2.4.1	a) Alta tensión	kVcr	1.050	1050
6.2.4.	b) Media tensión	kVcr	200	200
6.2.4.3	c) Neutro	kVcr	200	200
6.2.5	Distancia de fuga			
6.2.5.1	a) Alta tensión	mm	Por fabricante	7600
6.2.5.2	b) Media tensión	mm	Por fabricante	1200
6.2.5.3	c) Neutro	mm	Por fabricante	1200
6.2.6	Peso Total de cada bushing			
6.2.6.1	a) Alta tensión	daN	Por fabricante	500
6.2.6.2	b) Baja tensión	daN	Por fabricante	90
6.2.6.3	c) Neutro	daN	Por fabricante	90
6.2.7	Fuerza de cantilever			
6.2.7.1	a) Alta tensión	daN	200	200
6.2.7.2	b) Media tensión	daN	200	NA
6.2.7.3	c) Neutro	daN	200	NA
6.3	Aceite			
6.3.1	Nombre del fabricante		Por fabricante	Nynas
6.3.2	País		Por fabricante	S
6.3.3	Designación comercial del aceite ofrecido		Por fabricante	Nynas
6.3.4	Uso de inhibidores		No	No
6.4	Resistencia de Neutro		200 A - 10 seg	200 A - 10 seg
6.5	Pararrayos 33 kV			
6.5.1	Nombre del fabricante		Por fabricante	ABB
6.5.2	País		Por fabricante	Switzerland
6.5.3	Designación según catálogo		Por fabricante	To be advised later
6.5.4	Ubicación		Por fabricante	--
7	INSTRUMENTOS			
7.1	Relé Buchholz			
7.1.1	Fabricante		Por fabricante	ABB/COMEM
7.1.2	Designación de catálogo		Por fabricante	BR080
7.2	Termómetro para aceite superior			
7.2.1	Fabricante		Por fabricante	Messko
7.2.2	Designación de catálogo		Por fabricante	
7.3	Termómetro para enrollado (local)			
7.3.1	Fabricante		Por fabricante	Messko
7.3.2	Designación de catálogo		Por fabricante	
7.4	Termómetro para enrollado (tipo resistencia)			
7.4.1	Fabricante		Por fabricante	Messko
7.4.2	Designación de catálogo		Por fabricante	
7.5	Indicador de nivel de aceite			
7.5.1	Fabricante		Por fabricante	ABB/Comem
7.5.2	Designación de catálogo		Por fabricante	LB22
7.6	Válvula de sobrepresión			
7.6.1	Fabricante		Por fabricante	Qualitrol
7.6.2	Designación de catálogo		Por fabricante	200T
7.6.3	Presión de operación	kg/cm2	Por fabricante	0.7
7.7	Instrumento de monitoreo electrónico de temperatura			
7.7.1	Fabricante		Por fabricante	Ashridge
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
7.7.2	Designación de catálogo		Por fabricante	Ashridge852
8	VIDA UTIL			
8.1	Vida útil garantizada del transformador	años	Por fabricante	>20 años
9	CONDICIONES DE INSTALACION			
9.1	Condiciones de servicio			
9.1.1	Altitud máx. a la cual puede operar el transformador	m.s.n.m.	Por fabricante	<1000
9.1.2	Nivel de contaminación, según IEC-815		IV	IV
9.1.3	Nivel de calificación sísmica, según IEEE Std 693-1997		High	High
9.2	Características del sistema eléctrico			
9.2.1	Frecuencia del sistema	Hz	50	50
9.2.2	Voltajes nominales (Primario/Secundario)	kV	220/33	220/33
9.2.3	Niveles de impulso atmosférico (A.T./M.T.)	kVcr	1.050/200	1.050/200
9.2.4	Tensiones de alimentación de equipos auxiliares			

9.2.5	a) Tensión alterna	Vca	380/220 ± 10%	380/220 ± 10%
9.2.6	b) Tensión continua	Vcc	125 ± 10%	125 ±
10.0	PRUEBAS			
10.1	Protocolo pruebas tipo realizadas a equipos similares		Por Proveedor	See Attached
10.2	Lista de pruebas de rutina y normas		Por Proveedor	According to IEC
1	Pruebas sísmicas: Garantía que el equipo cumple		Por Proveedor	Seismic Testing is not included. The
1	Protocolo pruebas tipo realizadas a equipos similares		Por Proveedor	See Attached
11.0	REPUESTOS RECOMENDADOS (Anexar documento)		Inf. Fabricante	See Our Offer
12.0	INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL (Anexar)		Inf.	See Attached
13.0	DIFERENCIAS CON LA ESPECIFICACIÓN (Anexar)		Inf. Fabricante	See Our Offer
1	GARANTÍAS			
14.1	Garantía desde la fecha de entrega	Meses	24	36
14.2	Garantía desde puesta en servicio	Meses	36	24

2.6.3 Unilínea Parque Eólico San Juan

Se muestra diagrama unilínea de parque Eólico, la subestación San Juan y llegada a la subestación Punta Colorada. Donde se muestran todos los elementos asociados descritos anteriormente.



SIMBOLOGIA

	: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL INDUCTIVO DE DOS SECUNDARIOS
	: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO DE DOS SECUNDARIOS
	: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	: DESCONECTOR MOTORIZADO CON PUESTA A TIERRA SIN CARGA
	: DESCONECTOR MOTORIZADO SIN PUESTA A TIERRA
	: SECCIONADOR DE PUERTA A TIERRA DE ALTA VELOCIDAD
	: SECCIONADOR DE PUERTA A TIERRA NORMAL
	: INTERRUPTOR DE PODER
	: CONEXION ESTRELLA
	: CONEXION DELTA
	: PARARRAYOS CON CONTADOR DE DESCARGA
	: TRANSFORMADOR DE PODER CTBC LADO AT
	: CONEXION CON CABLE
	: CONDENSADOR DE ACOPLAMIENTO
	: TRAMPA DE ONDA
	: DETECTOR CAPACITIVO DE PRESENCIA DE TENSION
	: REACTANCIA DE PUERTA A TIERRA
	: CONEXION AEREA

NOMENCLATURA:
LTE : LINEA DE TRANSMISION ELECTRICA.

C	25.06.15	M.V.C.	M.V.C.	M.U.M.	REVISADO SEGUN COMENTARIOS CLIENTE	C.M.R.
B	04.01.15	M.V.C.	M.V.C.	M.U.M.	EMITIDO PARA REVISION CLIENTE	C.M.R.
A	04.01.15	M.V.C.	M.V.C.	M.U.M.	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.R.
REVISION	FECHA	DEBILADO	PROYECT.	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO
				INSTALACION PARQUE EOLICO SAN JUAN SUBSTACION 220/33 KV		
DEBILADO	04.01.15	M.V.C.	TITULO DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL S/E PUNTA COLORADA - S/E SAN JUAN			FORMATO: HOJA A1 ESCALA: INDICADAS
PROYECTADO	04.01.15	M.V.C.				N°
COMPROBADO	05.01.15	M.U.M.				C
APROBADO	05.01.15	C.M.R.				HOJA SIGUE

3. ALCANCES.

De acuerdo con lo señalado en el documento “ANEXO TÉCNICO: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, cada coordinador propietario de unidades generadoras debe enviar un informe técnico donde se justifiquen los valores de tiempos de partida, tiempos detención y consumos de energía asociados durante estas etapas.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

4.1. Especificaciones de las unidades generadoras.

Las unidades generadoras del Parque Eólico San Juan son unidades marca Vesta modelo V117 MK2 de 3,45 [MW] (Potencia Nominal alcanzada por actualización de software en los aerogeneradores después de la entrada en operación). Está equipado con un rotor de 117 [mts] que consta de tres palas unidas al centro de un buje o cubo centro. Las palas están controladas por un sistema de control de inclinación a través de un microprocesador. En función de las condiciones del viento predominantes, las palas se posicionan continuamente para optimizar el ángulo de inclinación. La turbina eólica puede hacer funcionar el rotor a velocidad variable y por lo tanto mantener la potencia de salida a la potencia nominal o cerca de ella, incluso a alta velocidad del viento. A baja velocidad del viento, el sistema optimizador y el sistema de control de potencia trabajan en conjunto para maximizar la potencia de salida, manteniendo la operación del rotor a la velocidad y ángulo de inclinación óptimos. La turbina está equipada con dos sensores ultrasónicos de viento o uno ultrasónico sensor de viento y una veleta mecánica y anemómetro. Los sensores tienen calentadores incorporados para minimizar la interferencia del hielo y la nieve. Los sensores de viento son redundantes y la turbina puede operar con un solo sensor. Cada aerogenerador posee un mecanismo de orientación (Yaw System) que es utilizado para girar la góndola y posicionar el rotor de la turbina en contra del viento. El sistema de orientación es un sistema activo basado en un robusto concepto de rodamientos simples con PETP como material de fricción. Los engranajes del sistema de orientación tienen un torque limitador. A continuación, se muestran las especificaciones más importantes de las unidades generadoras:

- Capacidad Nominal: 3.45 MW.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Área de barrido del rotor: 10751 mts².
- Diámetro del rotor: 117 mts.
- Altura de la torre: 91,5 mts.
- Largo de la pala: 57.15 mts.
- Rango de velocidad de giro del rotor: 6,2 - 17,7 RPM.
- Velocidad de giro nominal del rotor: 15 RPM.
- Dirección rotacional del rotor: En sentido horario (vista frontal).
- Orientación del rotor: Contra el viento.
- Inclinación del rotor: 6°.

- Numero de palas: 3
- Inclinción cónica de las palas del rotor: 4°.
- Rango del sistema de inclinación de las palas: DE -9° a 90°.
- Frenos aerodinámicos: Desvanecimiento completo.
- Velocidad de giro del sistema de orientación del rotor: 0.46°/s.
- Velocidad nominal de viento: 8.5 m/s.
- Velocidad de corte inferior: 3m/s.
- Velocidad de corte superior: 25 m/s.

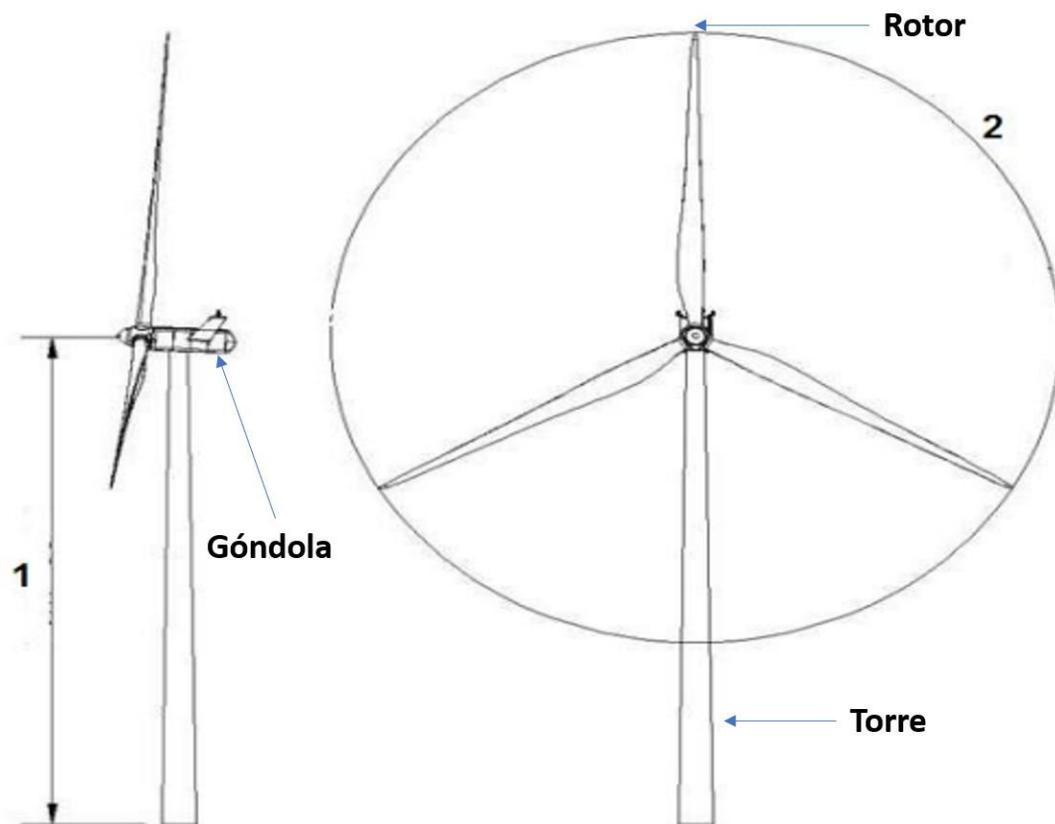


Figura 4.1.1. Vista general del aerogenerador Vestas V117 MK2 3.3 MW.



Figura 4.1.2. Vista lateral del aerogenerador Vestas V117 MK2 3.3 MW.

4.2. Generador eléctrico.

Es un generador asíncrono trifásico con un rotor jaula de ardilla que está conectado a la red a través de un convertidor de escala completa. La carcasa del generador está construida con una camisa cilíndrica y canales. Por lo canales circula el líquido refrigerante alrededor de la carcasa interna del estator del generador, estableciendo así el sistema de refrigeración del generador. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del generador:

Generador Eléctrico V117 MK2 3.3 [MW]	
Descripción	Asíncrono con rotor de jaula de ardilla
Potencia nominal	3.5 [MW]
Frecuencia	50/60 [Hz]
Voltaje estator	3 x 750 V (a velocidad nominal)
Número de polos	4/6
Tipo de bobinado	Formulario con VPI (impregnación presurizada al vacío)
Conexión de bobina estator	Estrella / Delta
Velocidad nominal	1450 – 1550 rpm.
Sobrecarga de límite de velocidad a IEC (2 minutos)	2400 rpm.
Rodamiento del generador	Híbrido / cerámica
Sensores de temperatura, estator	3 sensores PT100 colocados en puntos calientes y 3 como respaldo
Sensores de temperatura, rodamiento	1 por rodamiento

4.3. Convertidor.

El sistema convertidor es de escala completa que controla tanto el generador, como la calidad de potencia entregada a la red, se compone de unidades convertoras múltiples que funcionan en paralelo con un controlador común. La función del convertidor es controlar la conversión de potencia de C.A. de frecuencia oscilante que genera el alternador a una potencia de C.A. pero de frecuencia fija, con los niveles de potencia activa y reactiva deseados (y otros parámetros de conexión de red) adecuados para la red. El convertidor está ubicado en la góndola y se conecta eléctricamente entre el generador y transformador elevador HV del mismo. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del convertidor:

CONVERTIDOR ELÉCTRICO	
TENSIÓN NOMINAL DE LA RED	650 V
TENSIÓN LADO DEL GENERADOR	Hasta 710 V
FRECUENCIA DE LA RED	50 Hz
VOLTAJE PICO MÁXIMO EN ESTADO ESTABLE	± 2% (del lado generador) ± 4% (del lado de la red)
GRADIENTE DE FRECUENCIA MÁXIMA	±4 Hz/s
VOLTAJE MÁXIMO DE SECUENCIA NEGATIVA	3% (conexión) 2% (operación)

4.4. Transformador elevador HV del generador.

El transformador elevador está ubicado en un compartimiento cerrado y separada en la parte posterior de la góndola, el mismo es trifásico, de dos devanados, de tipo seco, y es auto extingible. Los devanados están conectados en triángulo en el lado de alta tensión a menos que se especifique lo contrario. En la siguiente tabla se muestran sus especificaciones:

TRANSFORMADOR ELEVADOR HV DEL GENERADOR	
TIPO	De resina de yeso y de tipo seco.
DISEÑO BÁSICO	Trifásico y de dos devanados
MÉTODO DE ENFRIAMIENTO	AF
POTENCIA NOMINAL	3750 kVA
TENSIÓN NOMINAL LADO DE LA TURBINA	650 V
TENSIÓN NOMINAL LADO DE LA RED:	
Um 36.0kV	22.1-33.0 kV
Um 41.5kV	33.1-35.0 kV
NIVEL DE AISLAMIENTO:	
Um 36.0kV	701 / 170 / 170 kV
Um 41.5kV	801 / 170 / 170 kV

CAMBIADOR DE TOMAS SIN CARGA	±2 x 2.5 %
FRECUENCIA	50 Hz
GROPO DE CONEXIÓN VECTORIAL	Dyn5 / YNyn0
PERDIDAS SIN CARGA	5.3 kW
PERDIDAS CON CARGA A POTENCIA NOMINAL (A 120°C)	31.5 kW
POTENCIA REACTIVA SIN CARGA	16kVAr
POTENCIA REACTIVA A PLENA CARAGA	330kVAr
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO DE SECUENCIA POSITIVA A POTENCIA NOMINAL (A 120°C)	8.7 %
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO DE SECUENCIA POSITIVA A POTENCIA NOMINAL (A 120°C)	0.7 %
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO DE SECUENCIA CERO A POTENCIA NOMINAL (A 120°C)	8.7 %
RESISTENCIA DE CORTOCIRCUITO DE SECUENCIA CERO A POTENCIA NOMINAL (A 120°C)	0.7 %
CORRIENTE INRUSH:	
Dyn5	5 6-9 x \hat{I}_n
YNyn0	8-12 x \hat{I}_n
TIEMPO DE ONDA DE MEDIA CRESTA	~ 0.7 s
AUMENTO DE TEMPERATURA PROMEDIO A 1000 mts	≤80 K
CLASE DE AISLAMIENTO	155 (F)
PESO	≤8500 kg
MONITOREO DE TEMPERATURA	Sensores PT100 en devanados y núcleo LV
PROTECCIÓN DE SOBREVOLTAJE	Descargador de sobretensiones en terminales HV

4.5. Cables de potencia HV.

El cable de alta tensión que se conecta a la salida del Transformador Elevador HV del Generador sale desde dicho transformador, ubicado en la góndola, recorriendo el trayecto vertical de la torre hasta llegar al interruptor (HV Switchgear) ubicado en la parte inferior de la misma. El cable de alta tensión es un cable de alto voltaje de cuatro núcleos, aislado de caucho y libre de halógenos. En la siguiente tabla se muestran sus especificaciones:

CABLES DE POTENCIA HV	
AISLAMIENTO DEL CABLE	Material basado en etileno-propileno (PE) mejorado-EPR o caucho de etileno-propileno de alto grado o grado duro-HEPR
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR	3 x 70 / 70 mm ²
VOLTAJE MÁXIMO DE OPERACIÓN	24 kV para tensión nominal de 10-22 kV 42 kV para voltaje nominal de 22.1-35 kV

4.6. Interruptor de potencia HV (Switchgear)

El interruptor de alta tensión se encuentra en la parte inferior de la torre. En la tabla siguiente se muestran sus especificaciones:

INTERRUPTOR DE POTENCIA HV (Switchgear)		
TIPO	SF6	
FRECUENCIA NOMINAL	50/60 Hz	
RANGO DE VOLTAJE NOMINAL	22.1–33 kV	33.1–35 kV
VOLTAJE MÁXIMO DE OPERACIÓN	36 kV	40.5 kV
CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO	25 kA	25 kA

4.7. Sistemas auxiliares.

Los sistemas auxiliares se alimentan desde un transformador separado de 650/400 [V] ubicado en la góndola. Todos los motores, bombas, ventiladores y calentadores se alimentan desde este sistema. Todos los servicios auxiliares de 230 [V] se alimentan desde un transformador de 400/230 [V] ubicado en la base de la torre.

TOMAS DE CORRIENTE	
MONOFASICAS (PLATAFORMA DE LA TORRE Y GONDOLA)	230 V (16 A) /110 V (16 A) / 2 x 55 V (16 A)
TRIFASICAS (BASE DE LA TORRE Y GONDOLA)	3 x 400 V (16 A)

4.8. Fuente de poder ininterrumpible UPS

La UPS está equipado con un convertidor AC / DC, DC / AC (doble conversión) y celdas de baterías colocadas en el mismo gabinete que el convertidor. Durante la interrupción de la red, la UPS alimentará componentes específicos con 230 [V AC]. El tiempo de respaldo para el sistema UPS es proporcional al consumo de energía. El tiempo de copia de seguridad real puede variar.

UPS	
TIPO DE BATERÍAS	Ácido de plomo regulado por válvula (VRLA)
VOLTAJE NOMINAL DE LAS BATERÍAS	2 x 8 x 12 V (192 V)
TIPO DE CONVERTIDOR	Doble conversión (AC / DC, DC / AC)
TENSIÓN DE ENTRADA DEL CONVERTIDOR	230 V +/-20%
TENSIÓN DE SALIDA DEL CONVERTIDOR	230 Vac
TIEMPO DE RESPALDO	Entre 3 y 8 Horas
TIEMPO DE CARGA	8 Horas

4.9. Sistema de supervisión y control.

La supervisión y control del Parque Eólico se realiza desde el COG LAP a través del SCADA VESTAS. Cada aerogenerador opera de manera independiente y puede arrancarse y detenerse de forma automática si existe disponibilidad de recurso eólico, igualmente los mismos pueden detenerse automáticamente si el sistema de supervisión y control detecta alguna anomalía que ponga en riesgo la operación de la unidad. Adicionalmente cada aerogenerador puede arrancarse o detenerse por comandos manual a través del SCADA.

5. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN.

Para determinar el tiempo de partida considerando las definiciones del anexo técnico, donde se menciona que es el tiempo que va desde que la unidad está en estado apagado hasta que alcanza su valor de mínimo técnico y para el proceso de detención se considera desde el punto de operación pasando por el punto de mínimo técnico hasta el estado de apagado. Vale destacar que el valor de mínimo técnico para el parque eólico San Juan está establecido en 19,5 [MW]. Por lo que las pruebas se realizaron en forma general involucrando las 56 unidades del parque y en función al valor mencionado. Durante las pruebas también se mantuvo en observación con apoyo del equipo de mantenimiento del Fabricante el WTG01 del parque para efectos de medición de tiempos y consumos requeridos de forma individual.

5.1. Tiempos de Partida.

5.1.1 Proceso de partida hasta la sincronización.

El parque en estado detenido sin entregar potencia activa a la red presenta un consumo de 2200 [kW] aproximadamente. Para la prueba de partida se procedió primero a ingresar en el Scada (Vestas Online Business) una consigna de 19,5 [MW] y luego se dio orden de arranque a todas las unidades, esto con la finalidad de sincronizar el parque y que este posteriormente alcance el mínimo técnico. Al ejecutar el comando de arranque todas las unidades comienzan el proceso de sincronización a la red, este proceso tiene una duración de 1 [min], en el cual el consumo de energía es de 37 [kWh]. Este tiempo y consumo contando desde que se envió el comando hasta que todas las unidades quedan en run y se sincroniza la primera a la red. Cabe resaltar que la sincronización de las unidades es progresiva.

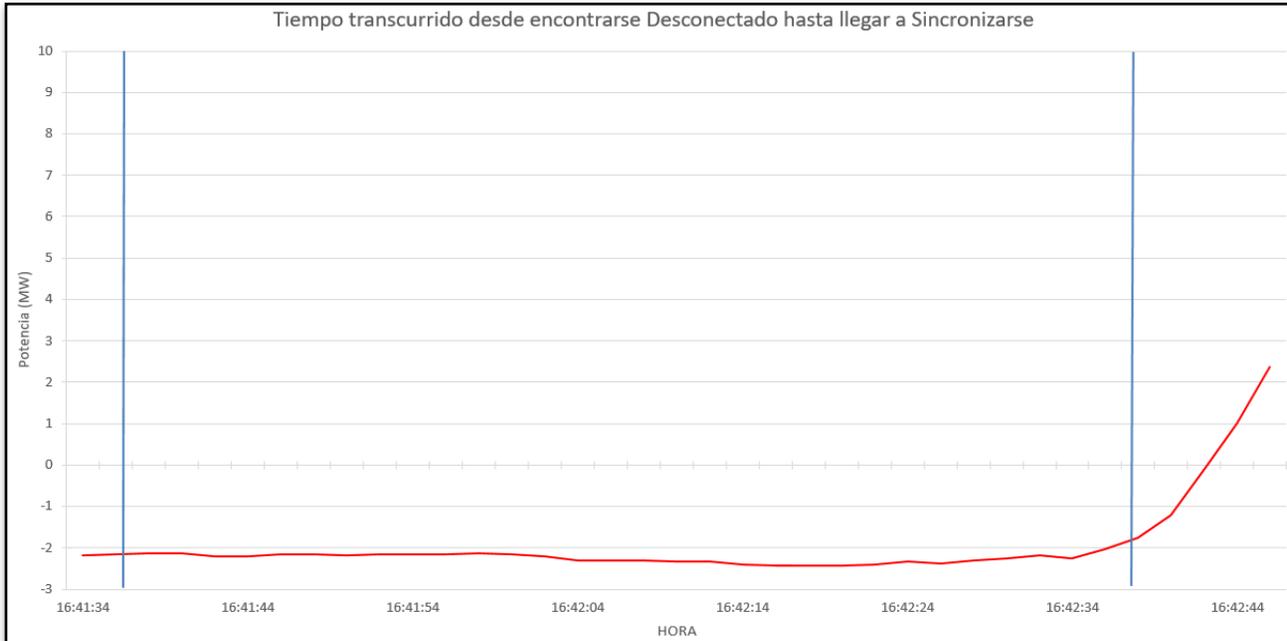


Figura 5.1.1.1 Tiempo partida estado Desconectado hasta Sincronización.

5.1.2 Proceso desde la sincronización hasta alcanzar la operación del mínimo técnico.

Al sincronizarse el parque a la red y después de transcurrido aproximadamente 7 [seg], este deja de consumir energía de la misma, durante dicho proceso se establece un consumo de 1,9 [kWh]. Una vez que el parque comienza a inyectar potencia a la red, continua con la rampa de ascenso hasta llegar al mínimo técnico, cabe destacar que antes de estabilizarse al valor de mínimo técnico, el parque tiene un incremento potencia que alcanza un máximo de 33 [MW] en los primeros 30 [seg], contando desde que se sincronizan las unidades a la red, luego la potencia comienza a descender hasta que se estabiliza en el valor de mínimo técnico. El proceso desde que el parque se sincroniza hasta que llega a su valor de mínimo técnico tiene una duración de 2 [min].

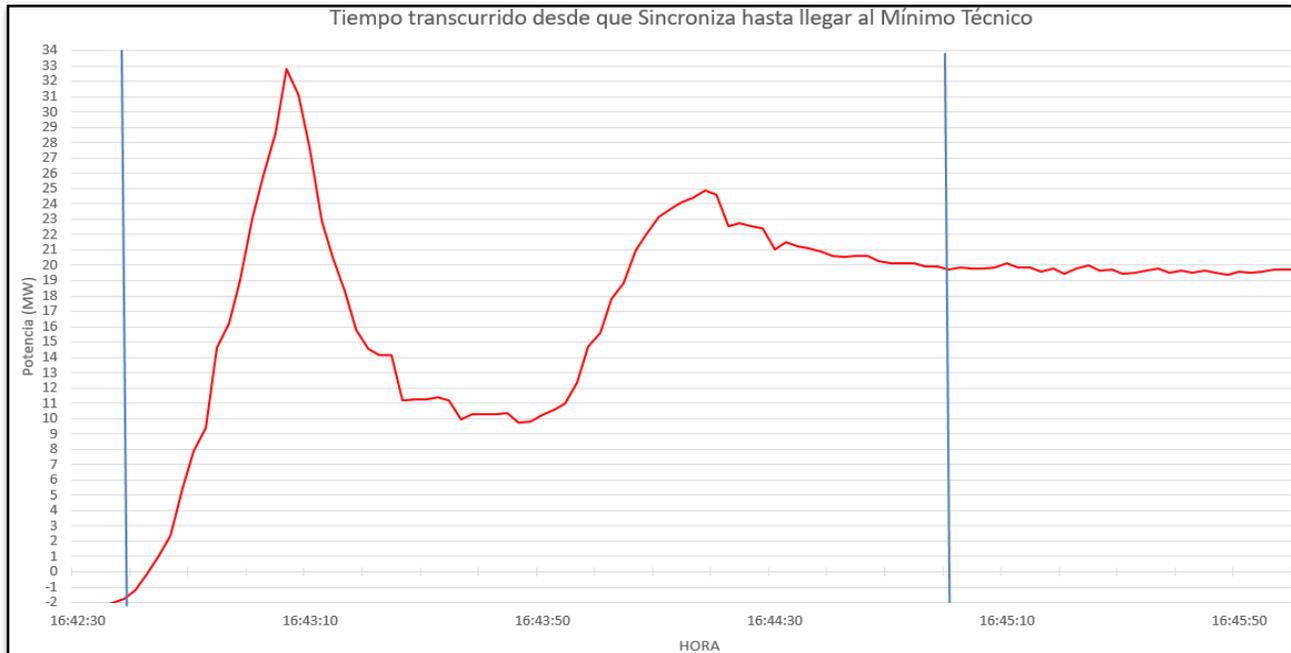


Figura 5.1.2.1 Tiempo partida desde Sincronización hasta operación Mínimo Técnico.

5.1.3 Proceso desde el Mínimo Técnico hasta alcanzar la Potencia Nominal

Proceso desde el mínimo técnico hasta alcanzar la potencia nominal

Una vez finalizada la etapa de llevar el parque hasta su valor de mínimo técnico, se ingresó consigna de 193,2 [MW]. por lo que el parque inicio el ascenso desde los 19.5 [MW] hasta el máximo posible disponible, que para el momento era de 193 [MW], teniendo este proceso un tiempo de duración de 5 [min]. El consumo del parque durante este periodo fue cero.

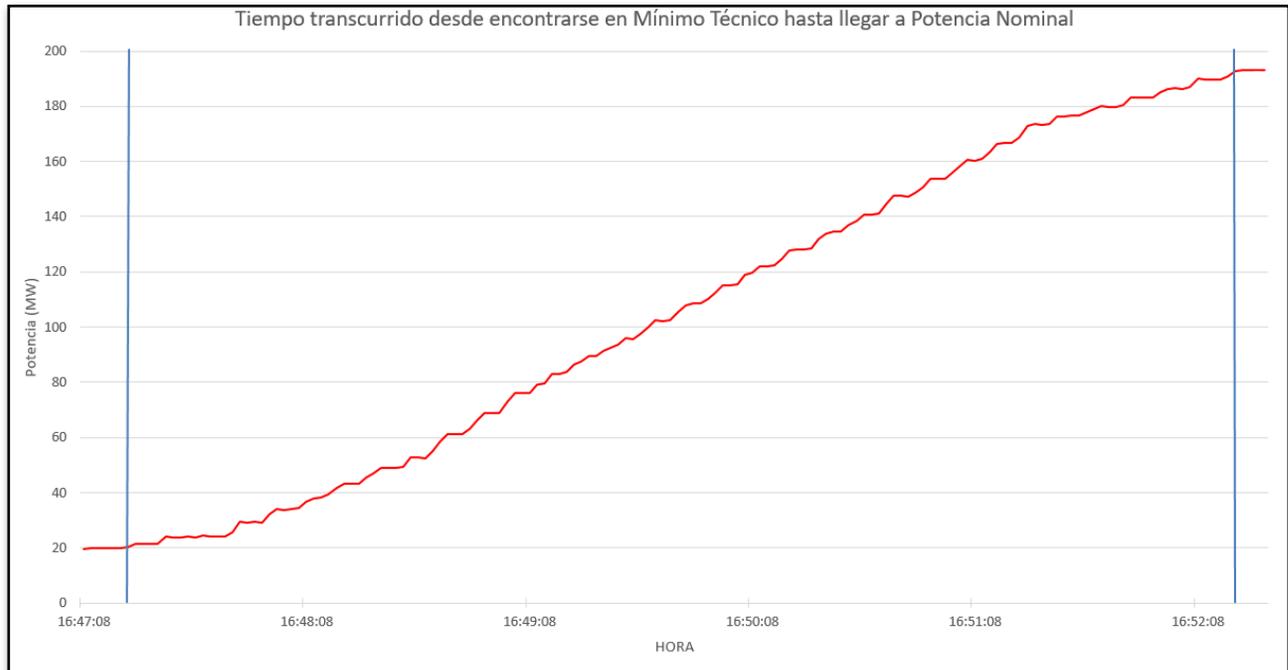


Figura 5.1.3.1 Tiempo partida desde Mínimo Técnico hasta operación de Potencia Nominal.

5.2. Tiempo de Detención.

5.2.1 Proceso desde Potencia Nominal hasta alcanzar el Mínimo Técnico

Para la prueba de detención se procedió primero a ingresar en el Scada (Vestas Online Business) una consigna de 19,5 [MW], esto con la finalidad de que el parque alcance el mínimo técnico. Es importante resaltar que para el momento de esta prueba en el parque eólico se encontraba generando 191,5 [MW]. Al aplicar la consigna mencionada, el parque inició la reducción de potencia de forma equitativa en todos los aerogeneradores llegando a la consigna solicitada en 6 [min].

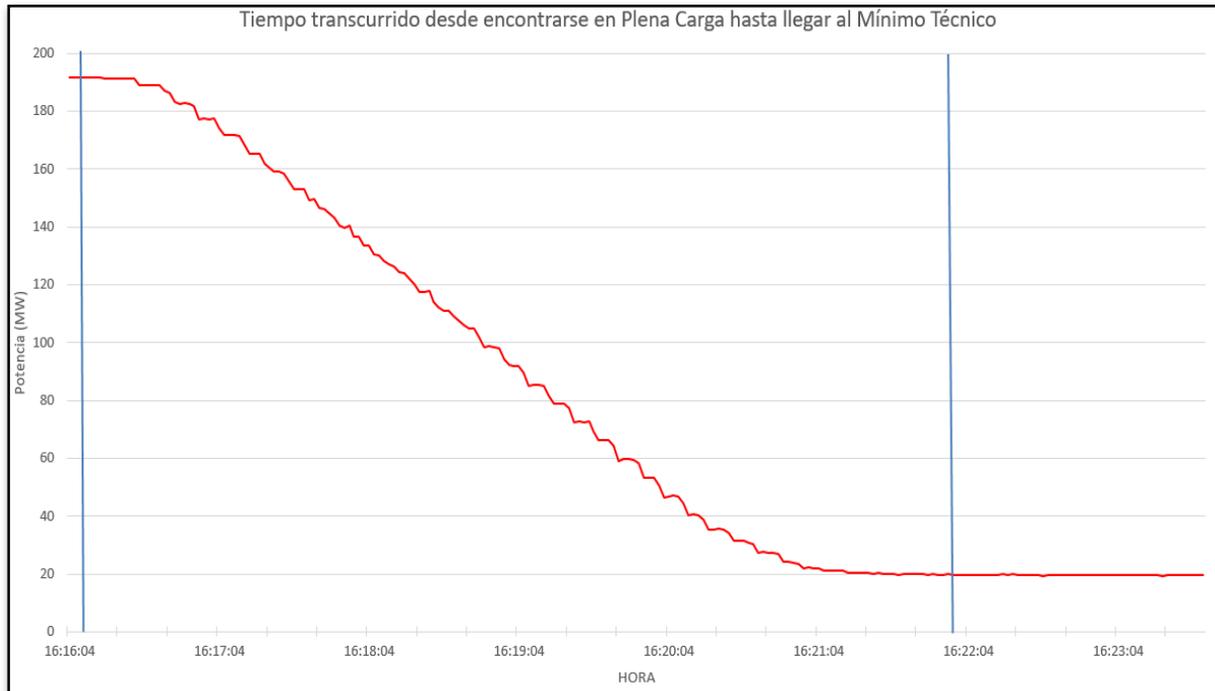


Figura 5.2.1.1 Tiempo detención desde Potencia Nominal hasta operación de Mínimo Técnico.

5.2.2 Proceso desde el Mínimo Técnico hasta la Desconexión.

Para la prueba de mínimo técnico al estado desconectado. Se envió comando de detención sobre todas las unidades, esto para dejar de aportar potencia activa a la red de forma efectiva, todo este proceso tuvo una duración 2,5 [min] y el consumo durante este periodo fue de 4,5 [kWh].

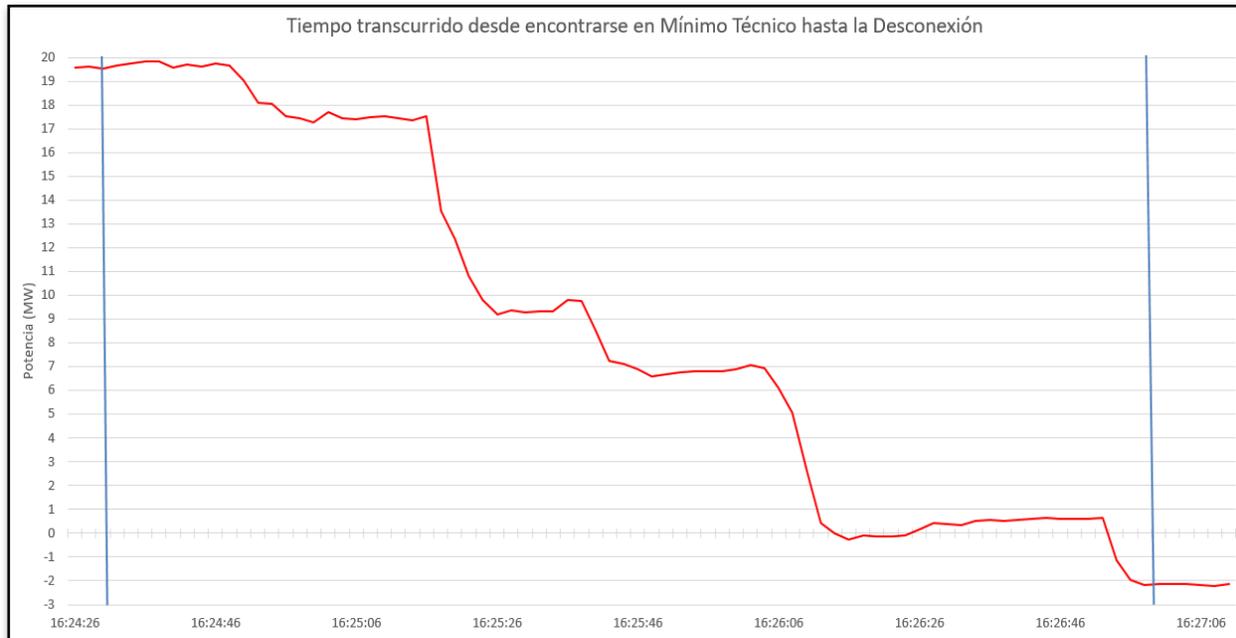


Figura 5.2.2.1 Tiempo detención desde Mínimo Técnico hasta operación estado Detenido.

5.3 Proceso de partida en un Aerogenerador (WTG01).

5.3.1 Proceso de partida en un Aerogenerador Desconectado hasta Mínimo Técnico.

Adicional a las pruebas anteriores se procedió a realizar una prueba a un solo aerogenerador para ver el comportamiento individual de los mismos, para ello se seleccionó la unidad WTG 01 la cual mostro un tiempo de partida hasta llegar al mínimo técnico de 2 [min] como muestra la siguiente imagen:

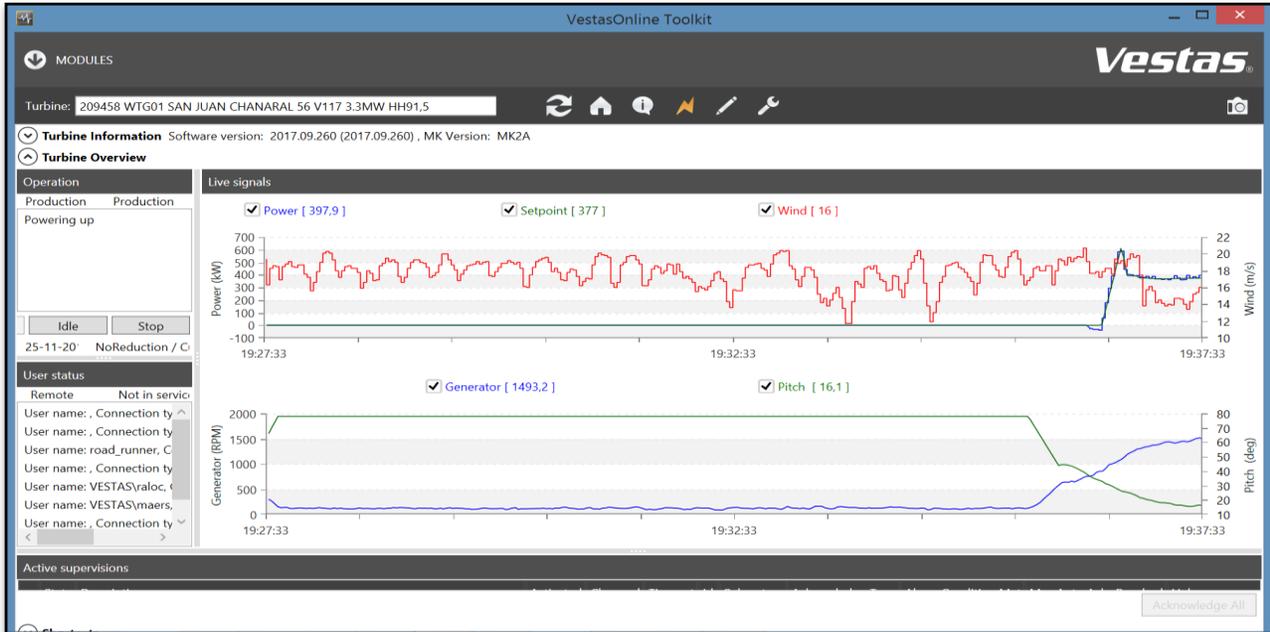


Figura 5.3.1.1 Tiempo partida estado Desconectado hasta Sincronización.

5.3.2 Proceso de partida en un Aerogenerador desde Mínimo Técnico hasta Llegar a operación de potencia Nominal.

Después de alcanzar el mínimo técnico se procedió a llevar la unidad WTG 01 a operación de potencia nominal mostrando este proceso un tiempo de duración de 5 [min], tal como muestra la siguiente imagen:



Figura 5.3.2.1 Tiempo partida estado Sincronizado hasta Potencia Nominal.

6. CONSUMO DE ENERGÍA EN SERVICIOS AUXILIARES DURANTE CADA ETAPA.

La siguiente imagen muestra el punto de medición de la potencia activa en el lado de 220 kV, utilizado por el control del parque (PRM). Por lo que los consumos detallados a continuación, representan el comportamiento completo del parque con todas las unidades

2.1 Substation Single-Line Diagram Overview

The single line diagram of the plant.

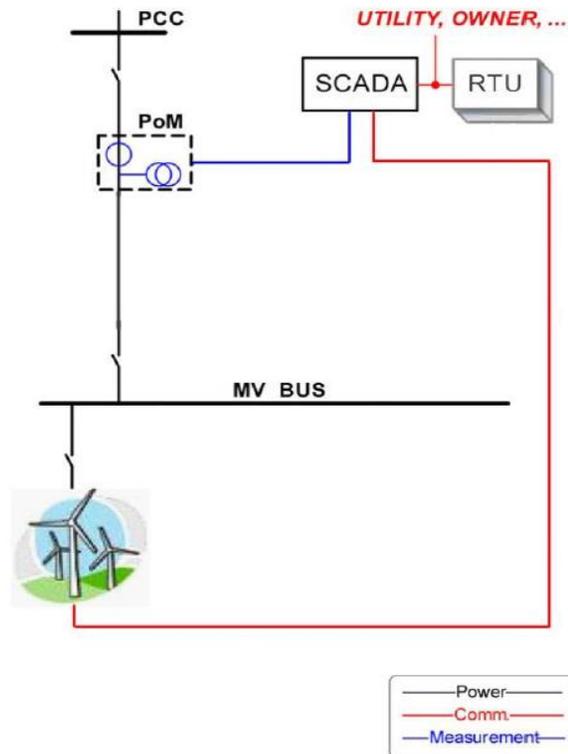


Figure 2-1: single-line diagram.

Figura 6.2.1. Diagrama simplificado punto de medición, donde PCC es el punto de acoplamiento común, POM es el punto de medida en 220 [kV] y MV BUS barra de media tensión.

A continuación se indican los datos de consumo de las unidades del parque Eólico San Juan, acorde a lo especificado en el artículo 6 del anexo técnico de determinación de parámetros para los procesos de partida y detención de las unidades generadoras.

- a) Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.
En función a los datos obtenidos en la prueba del 29-11-2019. La central presentó un consumo en el proceso de partida hasta llegar al mínimo técnico de 38,9 [kWh]
- b) Tiempo requerido para el proceso de partida.
Las unidades requieren de 3 [min] para alcanzar el valor estable de mínimo técnico.

- c) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención.
El parque eólico no utiliza combustible para su procesos de detención.
- d) Energía eléctrica consumida durante el proceso de detención.
Los Aerogeneradores para su proceso de detención consumen 4,5 [kWh].
- e) Tiempo requerido para el proceso de detención.
Las unidades requieren de 8,5 [min] para el proceso de detención.
- f) Tiempo minimo de detencion antes de poder detenerse, una vez concluido un proceso de partida.
Los Aerogeneradores una vez que parten, necesitan 0 [minutos] de tiempo de operacion, para volver al estado detenido.
- g) Tiempo mínimo de detención, que corresponde al tiempo que la unidad debe encontrarse detenida antes de volver a arrancar.
Los aerogeneradores una vez que se encuentran detenidos o en estado de pausa, necesitan 0 [minutos] para volver a partir.

7. CONCLUSIÓN.

Según lo definido como Tiempo de Partida y Tiempo de Detención dentro del documento “ANEXO TÉCNICO: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” y de acuerdo a lo mostrado en el desarrollado de este informe se define como Tiempo de Partida de las unidades hasta que alcanzan el valor de mínimo técnico en 3 [Minutos], mientras que el Tiempo de Detención partiendo desde el valor de mínimo técnico es de 2,5 [Minutos] , esto después de enviar el comando de control desde el Scada Vestas Online Bussines.

A continuación, se presentan los valores resumidos en tabla acorde al anexo técnico de determinación de parámetros para los procesos de partida y detención en las unidades generadoras.

Por Aerogenerador WTG01		Proceso de Partida		Operación Normal		Proceso de Detención		
Parámetros Técnicos	Unidad	I) Desde el inicio del proceso de partida hasta la sincronización.	II) Desde la sincronización hasta alcanzar la operación de mínimo técnico.	III) Desde la operación de mínimo técnico hasta la operación de potencia nominal.	IV) Desde la operación de potencia nominal hasta la operación a mínimo técnico.	V) Desde la operación a mínimo técnico hasta la desconexión.	VI) Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención (estado apagado).	VII) Desde finalizado el proceso de partida hasta antes de poder detenerse.
a) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida (m/s)	[Nm3] D_FO [ton] C [ton] O[ton]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
b) Energía eléctrica consumida (kWh)	[kWh]	0,7	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A
c) Tiempo requerido para el proceso. (min)	[min]	1	0,5	5	N/A	N/A	N/A	N/A
d) Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de detención. (m/s)	[Nm3] D_FO [ton] C [ton] O[ton]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
e) Energía eléctrica consumida. (kWh).	[kWh]	N/A	N/A	N/A	0	0	0,1	N/A
f) Tiempo requerido para el proceso. (min).	[min]	N/A	N/A	N/A	6	1	0	N/A
g) Tiempo mínimo de operación antes de poder detenerse, una vez concluido el proceso de partida. (min).	[min]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0