

Restringido
N.º de documento: 0053-3707 V03
06.05.2016

Descripción general

Plataforma de 3 MW



Índice

1	Introducción	6
2	Descripción general	7
3	Diseño mecánico	8
3.1	Rotor	8
3.2	Palas	9
3.3	Rodamientos de las palas	9
3.4	Sistema de giro de las palas	9
3.5	Buje	10
3.6	Eje principal	10
3.7	Alojamiento del rodamiento principal	10
3.8	Rodamiento principal	11
3.9	Multiplicadora	11
3.10	Rodamientos del generador	11
3.11	Acoplamiento del eje de alta velocidad	11
3.12	Sistema de orientación	12
3.13	Grúa	12
3.14	Torres	12
3.15	Bancada y cubierta de la góndola	13
3.16	Sistema de acondicionamiento térmico	13
3.16.1	Refrigeración del generador y del convertidor	14
3.16.2	Refrigeración de la multiplicadora y la unidad hidráulica	14
3.16.3	Refrigeración del transformador	14
3.16.4	Refrigeración de la góndola	14
3.16.5	Trampillas de entrada de aire opcionales	14
4	Diseño eléctrico	14
4.1	Generador	14
4.2	Convertidor	15
4.3	Transformador de AT	16
4.3.1	Versión IEC de 50/60 Hz	16
4.3.2	Diseño ecológico: versión IEC de 50/60 Hz	18
4.3.3	Versión IEEE de 60 Hz	20
4.4	Cables de AT	21
4.5	Celda de alta tensión	22
4.5.1	Versión IEC de 50/60 Hz	24
4.5.2	Versión IEEE de 60 Hz	24
4.6	Sistema AUX	25
4.7	Sensores de viento	25
4.8	Controlador del multiprocesador Vestas (VMP)	26
4.9	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	26
5	Sistemas de protección del aerogenerador	27
5.1	Concepto de frenado	27
5.2	Protección contra cortocircuitos	28
5.3	Protección contra sobrevelocidad	28
5.4	Detección de arcos	28
5.5	Detección de humo	28
5.6	Protección contra rayos de las palas, la góndola, el buje y la torre	29
5.7	EMC	29
5.8	Puesta a tierra	29
5.9	Protección contra la corrosión	30
6	Seguridad	30
6.1	Acceso	30

6.2	Salida de emergencia	31
6.3	Salas / zonas de trabajo	31
6.4	Pisos, plataformas, descansos y lugares de trabajo.....	31
6.5	Ascensor de servicio.....	31
6.6	Instalaciones de escalada.....	31
6.7	Piezas móviles y dispositivos de bloqueo y seguridad	32
6.8	Luces.....	32
6.9	Parada de emergencia.....	32
6.10	Desconexión de la energía	32
6.11	Protección contra incendios / Primeros auxilios	32
6.12	Señales de advertencia	32
6.13	Manuales y advertencias	33
7	Medio ambiente.....	33
7.1	Productos químicos	33
8	Códigos de diseño.....	33
8.1	Códigos de diseño – Diseño estructural.....	33
9	Colores	34
9.1	Color de la góndola.....	34
9.2	Color de la torre	34
9.3	Color de las palas	34
10	Entorno operativo y directrices de rendimiento	35
10.1	Condiciones climáticas y de emplazamiento	35
10.2	Entorno operativo: temperatura y altitud	35
10.3	Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo 0 de 3,45 MW	36
10.4	Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW	36
10.5	Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW	37
10.6	Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW	38
10.7	Entorno operativo: conexión a la red.....	38
10.8	Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo 0 de 3,45 MW.....	40
10.9	Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW	41
10.10	Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW	42
10.11	Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW	43
10.12	Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW	44
10.13	Rendimiento: huecos de tensión	45
10.14	Rendimiento: contribución de la corriente reactiva	46
10.14.1	Contribución de la corriente reactiva simétrica.....	46
10.14.2	Contribución de la corriente reactiva asimétrica.....	47
10.15	Rendimiento: caídas de tensión múltiples	47
10.16	Rendimiento: control de la potencia activa y reactiva.....	47
10.17	Rendimiento: control de tensión.....	48
10.18	Rendimiento: control de frecuencia.....	48
10.19	Distorsión: inmunidad	48
10.20	Principales autoconsumidores	48
11	Planos.....	50
11.1	Diseño estructural: ilustración de las dimensiones exteriores	50

11.2	Diseño estructural: plano de perfil.....	50
12	Observaciones generales, notas y descargos de responsabilidad.....	51

El destinatario acepta (i) que esta Descripción general únicamente se proporciona para informar al destinatario y que no crea ni constituye ningún tipo de garantía, promesa, compromiso o cualquier otra declaración (en adelante, «los Compromisos») por parte de Vestas Wind Systems o de cualquiera de sus empresas filiales o subsidiarias (en adelante, «Vestas»), que por el presente Vestas rechaza expresamente; y (ii) que cualesquiera Compromisos asumidos por Vestas para con el destinatario con respecto a esta Descripción general (o alguno de sus contenidos) deberán incluirse exclusivamente en contratos firmados por escrito entre el destinatario y Vestas, y nunca en el presente documento.

Consulte las observaciones generales, las notas y los descargos de responsabilidad (incluido el apartado 12 de la página 51) relativos a esta Descripción general.

1 Introducción

Las configuraciones de los aerogeneradores para plataformas de 3 MW que se abordan en esta Descripción general se enumeran a continuación con las designaciones conformes con la norma IEC 61400-22.

El tipo de viento DIBt 2012 máximo se indica allí donde resulte aplicable.

Consulte las Especificaciones de rendimiento para conocer la variante de aerogenerador aplicable a la definición del tipo de viento máximo.

Esta Descripción general contiene información y descripciones comunes a todas las variantes de plataformas.

El rendimiento específico de cada variante puede encontrarse en las Especificaciones de rendimiento de la variante de aerogenerador y el modo de funcionamiento requerido.

Clase del tipo de aerogenerador	Tipo de aerogenerador Modo de funcionamiento
V105-3,45 MW	V105-3,45 MW IEC IA 50/60 Hz Modo 0
	V105-3,45 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
	V105-3,6 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia (PO1)
	V105-3,3 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO1)
	V105-3,0 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO2)
V112-3,45 MW	V112-3,45 MW IEC IA 50/60 Hz Modo 0
	V112-3,45 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
	V112-3,6 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia (PO1)
	V112-3,3 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO1)
	V112-3,0 MW IEC IA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO2)
V117-3,45 MW	V117-3,45 MW IEC IB + IIA 50/60 Hz Modo 0
	V117-3,45 MW IEC IB + IIA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
	V117-3,6 MW IEC S + IIA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia (PO1)
	V117-3,3 MW IEC IB + IIA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO1)
	V117-3,0 MW IEC IB + IIA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO2)
V126-3,45 MW Par bajo (LTq)	V126-3,45 MW IEC IIB + IIIA 50/60 Hz LTq Modo 0
	V126-3,45 MW IEC IIB + IIIA 50/60 Hz LTq Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
	V126-3,3 MW IEC IIB + IIIA 50/60 Hz LTq Modo optimizado de carga (LO1)
	V126-3,0 MW IEC IIB + IIIA 50/60 Hz LTq Modo optimizado de carga (LO2)
V126-3,45 MW Par alto (HTq)	V126-3,45 MW IEC IIA + IIIA 50/60 Hz HTq Modo 0
	V126-3,45 MW IEC IIA + IIIA 50/60 Hz HTq Modo optimizado de potencia reactiva

Clase del tipo de aerogenerador	Tipo de aerogenerador Modo de funcionamiento
	(QO1)
	V126-3,6 MW IEC IIA + IIIA 50/60 Hz HTq Modo optimizado de potencia (PO1)
	V126-3,3 MW IEC IIA + IIIA 50/60 Hz HTq Modo optimizado de carga (LO1)
	V126-3,0 MW IEC IIA + IIIA 50/60 Hz HTq Modo optimizado de carga (LO2)
	V126-3,45 MW WZ 3 GK II TK A 50 Hz HTq Modo 0
	V126-3,45 MW WZ 3 GK II TK A 50 Hz HTq Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
V136-3,45 MW	V136-3,45 MW IEC IIIA 50/60 Hz Modo 0
	V136-3,45 MW IEC IIIA 50/60 Hz Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)
	V136-3,3 MW IEC IIIA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO1)
	V136-3,0 MW IEC IIIA 50/60 Hz Modo optimizado de carga (LO2)
	V136-3,45 MW WZ 2 GK II TK A 50 Hz Modo 0
	V136-3,45 MW WZ 2 GK II TK A 50 Hz Modo optimizado de potencia reactiva (QO1)

Tabla 1-1: Configuraciones posibles de los aerogeneradores para plataformas de 3 MW

2 Descripción general

La plataforma de 3 MW de Vestas abarca una familia de aerogeneradores que comparten una base de diseño común.

La familia de aerogeneradores para plataformas de 3 MW está formada por las variantes V105-3,45 MW, V112-3,45 MW, V117-3,45 MW, V126-3,45 MW y V136-3,45 MW.

Se trata de aerogeneradores con regulación de giro de palas a barlovento, orientación activa y rotor de tres palas.

Esta familia de aerogeneradores ofrece rotores con un diámetro comprendido entre 105 m y 136 m, así como una potencia nominal de salida de 3,45 MW.

Todas las variantes están disponibles con un modo optimizado de potencia reactiva de 3,45 MW (QO1).

Todas las variantes, excepto la V136-3,45 MW y la V126-3,45 MW de par bajo (LTq), están disponibles con un modo optimizado de potencia de 3,6 MW (PO1).

Además, todas las variantes están disponibles con un modo optimizado de carga de 3,3 MW (LO1) y un modo optimizado de carga de 3,0 MW (LO2).

La familia de aerogeneradores utiliza el concepto OptiTip® y un sistema de potencia basado en un generador de inducción y un convertidor de escala completa. Estas prestaciones permiten al aerogenerador accionar el rotor a velocidades variables para, de esta forma, mantener la potencia de salida en valores próximos o idénticos a los nominales, incluso con velocidades de viento elevadas. Con una velocidad del viento baja, el concepto OptiTip® y el sistema de alimentación trabajan conjuntamente para maximizar la potencia de salida al funcionar a una velocidad del rotor y un ángulo de giro óptimos.

El funcionamiento del aerogenerador en el modo optimizado de potencia reactiva de 3,45 MW (QO1) se consigue al aplicar una estrategia ampliada de reducción de la potencia en función de la temperatura ambiente con respecto al funcionamiento en el modo 0 de 3,45 MW.

El funcionamiento del aerogenerador en el modo optimizado de potencia de 3,6 MW (PO1) se consigue al aplicar una estrategia ampliada de reducción de la potencia en función de la temperatura ambiente y una capacidad de potencia reactiva reducida con respecto al funcionamiento en el modo 0 de 3,45 MW.

3 Diseño mecánico

3.1 Rotor

El aerogenerador está equipado con un rotor compuesto por tres palas y un buje. Las palas se controlan con ayuda del sistema de control de giro por microprocesador OptiTip®. En función de las condiciones del viento predominantes, la posición de las palas se adapta constantemente para optimizar el ángulo de giro.

Rotor	V105	V112	V117	V126	V136
Diámetro	105 m	112 m	117 m	126 m	136 m
Área de barrido	8659 m ²	9852 m ²	10 751 m ²	12 469 m ²	14 527 m ²
Velocidad, rango de funcionamiento dinámico	8,3-17,6	8,1-17,6	6,7-17,5	5,9-16,3 (6,2-16,3)	5,6-15,3
Dirección de giro	Sentido de las agujas del reloj (vista frontal)				
Orientación	A barlovento				
Inclinación	6°				
Conicidad del buje	4°				
Número de palas	3				
Frenos aerodinámicos	Giro completo de las palas				

Tabla 3-1: Datos del rotor

3.2 Palas

Las palas, fabricadas en fibra de vidrio y carbono, se componen de dos valvas aerodinámicas unidas a un travesaño de soporte.

Palas	V105	V112	V117	V126	V136
Descripción de tipo	Valvas aerodinámicas unidas a un travesaño de soporte			Valva aerodinámica estructural infusionada	
Longitud de la pala	51,15 m	54,65 m	57,15 m	61,66 m	66,66 m
Material	Epoxi reforzado de fibra de vidrio, fibras de carbono y punta de metal sólido (SMT)				
Unión de las palas	Vástagos de acero insertados				
Planos aerodinámicos	Perfil de alta sustentación				
Cuerda máxima	4,0 m				4,1 m

Tabla 3-2: Datos de las palas

3.3 Rodamientos de las palas

Los rodamientos de las palas son rodamientos de bolas de doble hilera y cuatro puntos de contacto.

Rodamientos de las palas	
Lubricación	Grasa

Tabla 3-3: Datos del rodamiento de las palas

3.4 Sistema de giro de las palas

El aerogenerador está equipado con un sistema de giro para cada pala y un bloque distribuidor, ambos situados en el buje. Cada sistema de giro de las palas está conectado al bloque distribuidor mediante manguitos flexibles. El bloque distribuidor está conectado a las tuberías de la unidad de transferencia rotatoria hidráulica del buje mediante tres manguitos (línea de presión, línea de retorno y línea de drenaje).

Cada sistema de giro de las palas está compuesto por un cilindro hidráulico montado en el buje y un vástago del pistón montado en el rodamiento de la pala mediante un eje del brazo de reacción. Las válvulas que facilitan el funcionamiento del cilindro de giro están instaladas en un bloque de giro atornillado directamente al cilindro.

Sistema de giro de las palas	
Tipo	Hidráulico

Sistema de giro de las palas	
Número	Uno por pala
Alcance	De -10° a 90°

Tabla 3-4: Datos del sistema de giro de las palas

Sistema hidráulico	
Bomba principal	Dos bombas de aceite de engranaje interno redundantes
Presión	260 bar
Filtración	3 µm (absoluto)

Tabla 3-5: Datos del sistema hidráulico

3.5 Buje

El buje soporta las tres palas y transfiere las cargas de reacción al rodamiento principal y el par a la multiplicadora. La estructura del buje también soporta los rodamientos de las palas y los cilindros de giro.

Buje	
Tipo	Buje de carcasa de bola fundida
Material	Hierro fundido

Tabla 3-6: Datos del buje

3.6 Eje principal

El eje principal transfiere las fuerzas de reacción al rodamiento principal y el par a la multiplicadora.

Eje principal	
Descripción de tipo	Eje hueco
Material	Hierro fundido

Tabla 3-7: Datos del eje principal

3.7 Alojamiento del rodamiento principal

El alojamiento del rodamiento principal cubre el rodamiento principal y es el primer punto de conexión del sistema del tren de transmisión a la bancada.

Alojamiento del rodamiento principal	
Material	Hierro fundido

Tabla 3-8: Datos del alojamiento del rodamiento principal

3.8 Rodamiento principal

El rodamiento principal soporta todas las cargas de empuje.

Rodamiento principal	
Tipo	Rodamiento de rodillo esférico de doble hilera
Lubricación	Lubricación de grasa automática

Tabla 3-9: Datos del rodamiento principal

3.9 Multiplicadora

La multiplicadora principal convierte la rotación de baja velocidad del rotor en rotación de alta velocidad para el generador.

El freno de disco se monta directamente sobre el eje de alta velocidad. El sistema de lubricación de la multiplicadora es un sistema alimentado por presión.

Multiplicadora	
Tipo	Fases planetarias + una fase helicoidal
Material de la carcasa de la multiplicadora	Metal fundido
Sistema de lubricación	Lubricación por aceite a presión
Sistema de lubricación de seguridad	Cárter de aceite llenado desde el tanque de gravedad externo
Volumen total de aceite para multiplicadora	1000-1200
Códigos de limpieza del aceite	ISO 4406-/15/12
Sellos del eje	Laberinto

Tabla 3-10: Datos de la multiplicadora

3.10 Rodamientos del generador

Los rodamientos se lubrican con grasa, que se suministra de forma continua desde una unidad de lubricación automática.

3.11 Acoplamiento del eje de alta velocidad

El acoplamiento transmite el par desde el eje de salida de alta velocidad de la multiplicadora hasta el eje de entrada del generador.

El acoplamiento está formado por dos paquetes laminados de cuatro enlaces y un tubo intermedio de fibra de vidrio con dos bridas metálicas.

El acoplamiento está instalado en dos bujes de dos brazos en el disco de freno y en el buje del generador.

3.12 Sistema de orientación

El sistema de orientación es un sistema activo configurado a partir de un robusto concepto de rodamiento de orientación plano preapretado y dotado de PETP como material de fricción.

Sistema de orientación	
Tipo	Sistema de rodamiento plano
Material	Anillo de orientación forjado tratado térmicamente. Rodamientos planos PETP
Velocidad de orientación (50 Hz)	0,45°/s
Velocidad de orientación (60 Hz)	0,55°/s

Tabla 3-11: Datos del sistema de orientación

Motorreductor	
Tipo	Engranaje multietapa
Relación total	944:1
Velocidad de giro con carga máxima	1,4 rpm en el eje de salida

Tabla 3-12: Datos del motorreductor

3.13 Grúa

La góndola aloja el polipasto interno de carga de trabajo límite (SWL). La grúa es un sistema simple de elevación.

Grúa	
Capacidad de elevación	800 kg máximo

Tabla 3-13: Datos de la grúa

3.14 Torres

Las torres tubulares con conexiones de brida, certificadas de acuerdo con las homologaciones de tipo relevantes, están disponibles en diferentes alturas estándares. Las torres están diseñadas con la mayoría de las conexiones internas soldadas sustituidas por soportes magnéticos para crear una torre de muros predominantemente uniformes.

Los imanes proporcionan apoyo a la carga en el plano horizontal, mientras que los componentes internos (como plataformas, escaleras, etc.) se sostienen verticalmente (es decir, en la dirección gravitacional) mediante una conexión mecánica. El diseño uniforme de la torre reduce la necesidad de usar acero de mayor grosor, una característica que hace que la torre sea más liviana que una con todos los componentes internos soldados a sus valvas.

Las alturas disponibles de los bujes se enumeran en las Especificaciones de rendimiento de cada variante de aerogenerador. Las alturas indicadas de los

bujes incluyen una distancia desde la virola hasta el suelo de, aproximadamente, 0,2 m en función del grosor de la brida inferior, y una distancia de 2,2 m desde la brida superior de la torre al centro del buje.

Torres	
Tipo	Cilíndrica / tubular cónica

Tabla 3-14: Datos de la estructura de la torre

3.15 Bancada y cubierta de la góndola

La cubierta de la góndola está fabricada con fibra de vidrio. Las trampillas están situadas en el suelo y sirven para bajar o subir equipos a la góndola, así como para la evacuación del personal. La sección del techo está equipada con sensores de viento y claraboyas. Las claraboyas pueden abrirse desde el interior de la góndola para acceder al techo, así como desde el exterior para acceder a la góndola. El acceso a la góndola desde la torre se realiza a través del sistema de orientación.

La bancada de la góndola consta de dos partes: una delantera de hierro fundido y una estructura de vigas trasera. El frontal de la góndola es una bancada para el tren de transmisión que transmite las fuerzas del rotor a la torre a través del sistema de orientación. La superficie inferior está mecanizada y conectada al rodamiento de orientación, mientras que los motorreductores están fijados con pernos a la bancada frontal de la góndola.

Las vigas portagrúa están ancladas a la estructura superior, mientras que los travesaños inferiores de la estructura de vigas están conectados al extremo trasero. La parte trasera sirve de bancada a los paneles del controlador, al sistema de refrigeración y al transformador. La cubierta de la góndola está instalada sobre la bancada de la góndola.

Descripción de tipo	Material
Cubierta de la góndola	GRP
Bancada frontal	Hierro fundido
Bancada trasera	Estructura de vigas

Tabla 3-15: Datos de la cubierta y la bancada de la góndola

3.16 Sistema de acondicionamiento térmico

El sistema de acondicionamiento térmico consta de varios componentes robustos:

- El Vestas CoolerTop® se sitúa en la parte superior del extremo trasero de la góndola. El CoolerTop® es un refrigerador de flujo libre que garantiza la ausencia de componentes eléctricos del sistema de acondicionamiento térmico situados fuera de la góndola.
- El sistema de refrigeración por líquido, que da servicio a la multiplicadora, los sistemas hidráulicos, el generador y el convertidor, se acciona mediante un sistema de bombeo eléctrico.

- El sistema de refrigeración por aire forzado del transformador consta de un ventilador eléctrico.

3.16.1 Refrigeración del generador y del convertidor

Los sistemas de refrigeración del generador y el convertidor funcionan en paralelo. Una válvula de regulación dinámica instalada en el circuito de refrigeración del generador divide el flujo de líquido refrigerante. El líquido refrigerante elimina el calor del generador y la unidad del convertidor por medio de un radiador de flujo de aire libre situado en la parte superior de la góndola. Además del generador, la unidad del convertidor y el radiador, el sistema de circulación incluye una bomba eléctrica y una válvula termostática de triple vía.

3.16.2 Refrigeración de la multiplicadora y la unidad hidráulica

Los sistemas de refrigeración de la multiplicadora y la unidad hidráulica están acoplados en paralelo. Una válvula de regulación dinámica instalada en el circuito de refrigeración de la multiplicadora divide el flujo de refrigerante. El líquido refrigerante elimina el calor de la multiplicadora y la unidad hidráulica por medio de intercambiadores de calor y un radiador de flujo de aire libre situados en la parte superior de la góndola. Además de los intercambiadores de calor y el radiador, el sistema de circulación incluye una bomba eléctrica y una válvula termostática de triple vía.

3.16.3 Refrigeración del transformador

El transformador está equipado con una refrigeración por aire forzado. El sistema de ventilación consta de un ventilador central, instalado bajo el convertidor, y un conducto de aire que conduce este último a ubicaciones situadas por debajo y en medio de los devanados de alta y baja tensión del transformador.

3.16.4 Refrigeración de la góndola

El aire caliente generado por los equipos mecánicos y eléctricos se elimina de la góndola mediante un sistema de ventilación ubicado en la propia góndola.

3.16.5 Trampillas de entrada de aire opcionales

La góndola permite la instalación opcional de entradas de aire específicas por medio de trampillas que se pueden incluir dentro de la estrategia de control térmico. En caso de que se produzca una caída de red del aerogenerador, las trampillas se cerrarán automáticamente.

4 Diseño eléctrico

4.1 Generador

El generador es un generador asíncrono trifásico equipado con un rotor enjaulado que se conecta a la red a través de un convertidor de escala completa. El alojamiento del generador permite la circulación del aire de refrigeración dentro del estator y el rotor. El intercambio térmico de aire-agua se produce en un intercambiador de calor externo.

Generador	
Tipo	Asíncrono con rotor enjaulado
Potencia nominal [P_N]	3650 kW / 3800 kW
Frecuencia [f_N]	0-100 Hz
Tensión, estator [U_{NS}]	3 × 750 V (a velocidad nominal)
Número de polos	4/6
Tipo de devanado	Forma con VPI (impregnación presurizada en vacío)
Conexión del devanado	Estrella o triángulo
Revoluciones nominales	1450-1550 rpm
Límite de sobrevelocidad de acuerdo con IEC (2 minutos)	2400 rpm
Rodamiento del generador	Híbrido/cerámica
Sensores de temperatura, estator	Tres sensores PT100 instalados en puntos calientes y tres sensores de seguridad
Sensores de temperatura, rodamientos	Uno por rodamiento
Clase de aislamiento	F o H
Cerramiento	IP54

Tabla 4-1: Datos del generador

4.2 Convertidor

El convertidor es un sistema convertidor de escala completa que controla tanto el generador como la calidad de la alimentación que llega a la red. El convertidor consta de tres unidades del convertidor en la máquina y tres unidades del convertidor en la línea que funcionan en paralelo con un controlador común.

El convertidor controla la conversión de la alimentación de CA de frecuencia variable del generador en una alimentación de CA de frecuencia fija con los niveles deseados de potencia activa y reactiva —así como con otros parámetros de conexión a la red— adecuados para la red. El convertidor se sitúa en la góndola y posee una tensión nominal en la red de 650 V. La tensión nominal en el generador es de hasta 750 V en función de la velocidad del generador.

Convertidor	
Potencia nominal aparente [S_N]	4400 kVA
Tensión nominal de la red	3 × 650 V
Tensión nominal del	3 × 750 V

Convertidor	
generador	
Corriente nominal de la red	3900 A (≤ 30 °C ambiente) / 3950 (≤ 20 °C ambiente)
Corriente nominal del generador	3400 A (≤ 30 °C ambiente) / 3450 (≤ 20 °C ambiente)
Cerramiento	IP54

Tabla 4-2: Datos del convertidor

4.3 Transformador de AT

El transformador elevador de alta tensión se sitúa en una sala cerrada independiente situada en la parte posterior de la góndola.

El transformador es un transformador trifásico de doble devanado y tipo seco autoextinguible. Los devanados se conectan en triángulo en el lado de alta tensión a menos que se especifique lo contrario.

El transformador se comercializa en distintas versiones dependiendo del mercado de la región donde se vaya a instalar.

- En el caso de las regiones de 50 Hz, el transformador se comercializa con un diseño estándar conforme con las normas IEC. Sin embargo, en el caso de pedidos especiales, es posible suministrar un transformador de 60 Hz conforme con las normas IEC. Consulte la Tabla 4-3.
- En el caso de los aerogeneradores instalados en un Estado miembro de la UE, es obligatorio cumplir con el Reglamento n.º 548/2014 de diseño ecológico de la Comisión Europea. Consulte la Tabla 4-4.
- En el caso de las regiones de 60 Hz, el transformador se comercializa con un diseño estándar conforme, principalmente, con las normas IEEE. No obstante, en aquellas regiones donde las normas IEEE no resulten de aplicación, el diseño también se basará en distintas partes de las normas IEC. Consulte la Tabla 4-5.

4.3.1 Versión IEC de 50/60 Hz

Transformador	
Descripción	Transformador de tipo seco de fundición de resina
Construcción básica	Transformador trifásico de doble devanado
Normas aplicadas	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1
Método de refrigeración	Aire forzado
Potencia nominal	4000 kVA
Tensión nominal, aerogenerador	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Tensión nominal, red	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV

Transformador	
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 41,5 kV	33,1-36,0 kV
Nivel de aislamiento AC / LI / LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 ¹ / 75 / 75 kV
U_m 24,0 kV	50 ¹ / 125 / 125 kV
U_m 36,0 kV	70 ¹ / 170 / 170 kV
U_m 41,5 kV	80 ¹ / 170 / 170 kV
Conmutador de tomas fuera de circuito	±2 × 2,5 %
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Grupo de conexión	Dyn5 / YNyn0
Pérdida en vacío²	~6,0 kW
Pérdida de carga a la potencia nominal de AT, 120 °C²	~30,1 kW
Potencia reactiva en vacío²	~16 kVAr
Potencia reactiva con carga máxima²	~345 kVAr
Corriente en vacío²	~0,5 %
Impedancia de cortocircuito de secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C³	~9,0 %
Resistencia de cortocircuito de secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C²	~0,8 %
Impedancia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C²	~8,2 %
Resistencia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C²	~0,7 %
Corriente pico de entrada²	
Dyn5	6-9 × \hat{I}_n
YNyn0	8-12 × \hat{I}_n
Tiempo hasta mitad de cresta²	~0,7 s
Nivel de potencia acústica	≤80 dB(A)
Aumento medio de temperatura a altitud máxima	≤90 K
Altitud máxima⁴	2000 m
Clase de aislamiento	155 (F)
Clase medioambiental	E2
Clase climática	C2
Clase de comportamiento al fuego	F1
Clase de corrosión	C4
Peso	≤9500 kg
Supervisión de la temperatura	Sensores PT100 en el núcleo y los devanados de BT
Protección contra sobretensiones	Disipador de sobretensiones en terminales de AT
Puesta a tierra temporal	3 × Puntos de conexión de cabeza de bola para puesta a tierra con Ø20 mm

Tabla 4-3: Datos del transformador para la versión IEC de 50/60 Hz

- NOTA**
- ¹ A 1000 m. De acuerdo con la norma IEC 60076-11, la tensión de prueba de CA depende de la altitud. Todos los valores son preliminares.
- ² Sobre la base de un promedio de valores calculados a partir de las tensiones y los fabricantes. Todos los valores son preliminares.
- ³ Con sujeción a las tolerancias IEC estándares. Todos los valores son preliminares.
- ⁴ La altitud máxima del transformador puede ajustarse para adaptarse a la localización del aerogenerador.

4.3.2 Diseño ecológico: versión IEC de 50/60 Hz

Transformador	
Descripción	Transformador de tipo seco de fundición de resina con diseño ecológico
Construcción básica	Transformador trifásico de doble devanado
Normas aplicadas	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1, Reglamento n.º 548/2014 de la Comisión
Método de refrigeración	Aire forzado
Potencia nominal	4000 kVA
Tensión nominal, aerogenerador	
U _m 1,1 kV	0,650 kV
Tensión nominal, red	
U _m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U _m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U _m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U _m 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Nivel de aislamiento AC / LI / LIC	
U _m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U _m 12,0 kV	28 ¹ / 75 / 75 kV
U _m 24,0 kV	50 ¹ / 125 / 125 kV
U _m 36,0 kV	70 ¹ / 170 / 170 kV
U _m 40,5 kV	80 ¹ / 170 / 170 kV
Conmutador de tomas fuera de circuito	±2 x 2,5 %
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Grupo de conexión	Dyn5 / YNyn0
Índice de eficiencia máxima (PEI) ²	Requisito de diseño ecológico
U _m 12,0 kV	>99,348
U _m 24,0 kV	>99,348
U _m 36,0 kV	>99,348
U _m 40,5 kV	>99,158
Pérdida en vacío ²	
U _m 12,0 kV	<5800 W
U _m 24,0 kV	<5800 W

Transformador	
U_m 36,0 kV	<5800 W
U_m 40,5 kV	<6900 W
Pérdida de carga a la potencia nominal de AT, 120 °C²	
U_m 12,0 kV	<29 300 W
U_m 24,0 kV	<29 300 W
U_m 36,0 kV	<29 300 W
U_m 40,5 kV	<37 850 W
Potencia reactiva en vacío³	~25 kVAr
Potencia reactiva con carga máxima³	~370 kVAr
Corriente en vacío³	~0,5 %
Impedancia de cortocircuito de secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C⁴	~9,0 %
Resistencia de cortocircuito de secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C³	~0,8 %
Impedancia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C³	~8,2 %
Resistencia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C³	~0,7 %
Corriente pico de entrada³	
Dyn5	$6-9 \times \hat{I}_n$
YNyn0	$8-12 \times \hat{I}_n$
Tiempo hasta mitad de cresta³	~0,7 s
Nivel de potencia acústica	≤80 dB(A)
Aumento medio de temperatura a altitud máxima	≤90 K
Altitud máxima⁵	2000 m
Clase de aislamiento	155 (F)
Clase medioambiental	E2
Clase climática	C2
Clase de comportamiento al fuego	F1
Clase de corrosión	C4
Peso	≤10 000 kg
Supervisión de la temperatura	Sensores PT100 en el núcleo y los devanados de BT
Protección contra sobretensiones	Disipador de sobretensiones en terminales de AT
Puesta a tierra temporal	3 x Puntos de conexión de cabeza de bola para puesta a tierra con Ø20 mm

Tabla 4-4: Datos del transformador para la versión IEC de 50/60 Hz con diseño ecológico

NOTA ¹ A 1000 m. De acuerdo con la norma IEC 60076-11, la tensión de prueba de CA depende de la altitud. Todos los valores son preliminares.

² En el caso de los transformadores de diseño ecológico, el PEI es el requisito legal y se calcula de acuerdo con el Reglamento de la Comisión a partir de la potencia nominal, la pérdida en vacío y la pérdida de carga. Las pérdidas representan valores máximos y no se producirán simultáneamente en un diseño específico, puesto que este hecho incumpliría el requisito PEI. Todos los valores son preliminares.

³ Sobre la base de un promedio de valores calculados a partir de las tensiones y los fabricantes. Todos los valores son preliminares.

⁴ Con sujeción a las tolerancias IEC estándares. Todos los valores son preliminares.

⁵ La altitud máxima del transformador puede ajustarse para adaptarse a la localización del aerogenerador.

4.3.3 Versión IEEE de 60 Hz

Transformador	
Descripción	Transformador de tipo seco de fundición de resina
Construcción básica	Transformador trifásico de doble devanado
Normas aplicadas	UL 1562, CSA C22.2 n.º 47, IEEE C57.12, IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1
Método de refrigeración	AFA
Potencia nominal	4000 kVA
Tensión nominal, aerogenerador	
N_{LL} 1,2 kV	0,650 kV
Tensión nominal, red	
N_{LL} 15,0 kV	10,0-15,0 kV
N_{LL} 25,0 kV	15,1-25,0 kV
N_{LL} 34,5 kV	25,1-34,5 kV
Nivel de aislamiento AC / LI / LIC	
N_{LL} 1,2 kV	4 ¹ / +10 kV
N_{LL} 15,0 kV	34 ¹ / +95 kV
N_{LL} 25,0 kV	50 ¹ / +125 kV
N_{LL} 34,5 kV	70 ¹ / (+150 y -170) o +170 kV
Conmutador de tomas fuera de circuito	±2 x 2,5 %
Frecuencia	60 Hz
Grupo de conexión	Dyn5 / YNyn0
Pérdida en vacío²	~6,0 kW
Pérdida de carga a la potencia nominal de AT, 120 °C²	~30,1 kW
Potencia reactiva en vacío²	~16 kVAr
Potencia reactiva con carga máxima²	~345 kVAr
Corriente en vacío²	~0,5 %
Impedancia de cortocircuito de secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C³	~9,0 %
Resistencia de cortocircuito de	~0,7 %

Transformador	
secuencia positiva a la potencia nominal, 120 °C²	
Impedancia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C²	~8,3 %
Resistencia de cortocircuito de secuencia cero a la potencia nominal, 120 °C²	~0,7 %
Corriente pico de entrada²	
	Dyn5 $6-9 \times \hat{I}_n$
	YNyn0 $8-12 \times \hat{I}_n$
Tiempo hasta mitad de cresta²	~0,7 s
Nivel de potencia acústica	≤80 dB(A)
Aumento medio de temperatura a altitud máxima	≤90 K
Altitud máxima⁴	2000 m
Clase de aislamiento	150 °C
Clase medioambiental	E2
Clase climática	C2
Clase de comportamiento al fuego	F1
Clase de corrosión	C4
Peso	≤9500 kg
Supervisión de la temperatura	Sensores PT100 en el núcleo y los devanados de BT
Protección contra sobretensiones	Disipador de sobretensiones en terminales de AT
Puesta a tierra temporal	3 × Puntos de conexión de cabeza de bola para puesta a tierra con Ø20 mm

Tabla 4-5: Datos del transformador para la versión IEEE de 60 Hz

NOTA

¹ A 1000 m. De acuerdo con la norma IEEE C57.12, la tensión de prueba de CA depende de la altitud. Todos los valores son preliminares.

² Sobre la base de un promedio de valores calculados a partir de las tensiones y los fabricantes. Todos los valores son preliminares.

³ Con sujeción a las tolerancias IEEE C57.12 estándares. Todos los valores son preliminares.

⁴ La altitud máxima del transformador puede ajustarse para adaptarse a la localización del aerogenerador.

4.4 Cables de AT

El cable de alta tensión desciende por la torre desde el transformador de la góndola hasta la celda de AT ubicada en la base de la torre. El cable es un cable de alta tensión de cuatro núcleos, aislado con goma y sin halógenos.

Cables de AT	
Compuesto aislante del cable de alta tensión	Material a base de etileno-propileno (EP) mejorado; caucho de etileno-propileno (EPR); caucho de etileno-propileno de alto módulo o grado duro (HEPR)
Sección transversal del conductor	3 x 70 / 70 mm ²
Tensión máxima	24 kV para 10,0-22,0 kV (tensión nominal) 42 kV para 22,1-36,0 kV (tensión nominal)

Tabla 4-6: Datos de los cables de alta tensión

4.5 Celda de alta tensión

En la base de la torre se ha instalado una celda con aislamiento de gas como parte integrada del aerogenerador. Sus controles se han incorporado en el sistema de seguridad del aerogenerador, que supervisa el estado de la celda y los dispositivos relacionados con la seguridad por alta tensión del aerogenerador. Esto garantiza que todos los dispositivos de protección estén plenamente operativos siempre que se produzca el encendido de los componentes de alta tensión del aerogenerador. El interruptor de puesta a tierra del disyuntor contiene un sistema de bloqueo de llave con enclavamiento cuya parte equivalente está instalada en la puerta de acceso a la sala del transformador para evitar todo acceso no autorizado a dicha sala cuando está bajo tensión.

La celda está disponible en tres variantes con distintos niveles de prestaciones (consulte la Tabla 4-7). Además de los distintos niveles de prestaciones, las celdas pueden configurarse dependiendo del número de cables de red que se ha previsto introducir en cada aerogenerador individual. El diseño de la celda se ha optimizado para que los cables de red puedan incluso conectarse a la celda antes de la instalación de la torre sin perder su protección con respecto a las condiciones meteorológicas y la condensación interna gracias a una empaquetadura hermética de gas.

La celda está disponible en una versión IEC y en una versión IEEE. No obstante, la versión IEEE únicamente está disponible para la clase de tensión más alta. Los parámetros eléctricos de la celda están disponibles en la Tabla 4-8 para la versión IEC y en la Tabla 4-9 para la versión IEEE.

Celda de alta tensión			
Variante	Básica	Simplificada	Estándar
Normas IEC	○	⊙	⊙
Normas IEEE	⊙	○	⊙
Panel de disyuntores de vacío	⊙	⊙	⊙
Protección contra sobrecorrientes, cortocircuitos y pérdidas a tierra	⊙	⊙	⊙
Interruptor de desconexión / puesta a tierra	⊙	⊙	⊙

Celda de alta tensión			
Variante	Básica	Simplificada	Estándar
del panel de disyuntores			
Sistema indicador de presencia de tensión para disyuntor	⊙	⊙	⊙
Sistema indicador de presencia de tensión para cables de red	⊙	⊙	⊙
Conexión de cables de red dobles	⊙	⊙	⊙
Conexión de cables de red triples	⊙	○	○
Ajustes de relé preconfigurados	⊙	⊙	⊙
Integración en el sistema de seguridad del aerogenerador	⊙	⊙	⊙
Circuito de bobina de disparo redundante	⊙	⊙	⊙
Supervisión de bobina de disparo	⊙	⊙	⊙
Control remoto colgante desde la parte exterior de la torre	⊙	⊙	⊙
Activación secuencial	⊙	⊙	⊙
Función de bloqueo por cierre repetido	⊙	⊙	⊙
Elementos calefactores	⊙	⊙	⊙
Sistema de enclavamiento de llave retenida del panel de disyuntores	⊙	⊙	⊙
SAI de alimentación de emergencia para circuitos de protección	⊙	⊙	⊙
Funcionamiento motorizado de disyuntor	⊙	⊙	⊙
Panel de cableado para cables de red (configurable)	○	⊙	⊙
Paneles de desconexión de interruptores para cables de red; máximo tres paneles (configurable)	○	⊙	⊙
Interruptor de puesta a tierra para cables de red	○	⊙	⊙
Clasificación de arcos internos	○	⊙	⊙
Supervisión en MCB	○	⊙	⊙
Funcionamiento motorizado de la desconexión de interruptores	○	○	⊙
Disponibilidad SCADA	○	○	⊙
Funcionamiento SCADA del disyuntor	○	○	⊙
Funcionamiento SCADA de la desconexión de interruptores	○	○	⊙

Tabla 4-7: Variantes y prestaciones de las celdas de AT

4.5.1 Versión IEC de 50/60 Hz

Celda de alta tensión	
Descripción	Celda con aislamiento de gas
Normas aplicadas	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200, IEC 60694
Medio de aislamiento	SF ₆
Tensión nominal	
	U_r 24,0 kV 10,0-22,0 kV
	U_r 36,0 kV 22,1-33,0 kV
	U_r 40,5 kV 33,1-36,0 kV
Nivel de aislamiento nominal AC // LI Valor común / en toda la distancia de aislamiento	
	U_r 24,0 kV 50 / 60 // 125 / 145 kV
	U_r 36,0 kV 70 / 80 // 170 / 195 kV
	U_r 40,5 kV 85 / 90 // 185 / 215 kV
Frecuencia nominal	50 Hz / 60 Hz
Corriente nominal normal	630 A
Corriente nominal admisible a corto plazo	
	U_r 24,0 kV 20 kA
	U_r 36,0 kV 25 kA
	U_r 40,5 kV 25 kA
Corriente nominal pico admisible 50/60 Hz	
	U_r 24,0 kV 50/52 kA
	U_r 36,0 kV 62,5/65 kA
	U_r 40,5 kV 62,5/65 kA
Duración nominal de cortocircuito	1 s
Clasificación de arcos internos (opcional)	
	U_r 24,0 kV IAC A FLR 20 kA, 1 s
	U_r 36,0 kV IAC A FLR 25 kA, 1 s
	U_r 40,5 kV IAC A FLR 25 kA, 1 s
Interfaz de conexión	Casquillos conectables cónicos exteriores, IEC interfaz C1
Categoría de pérdida de la continuidad del servicio	LSC2
Protección de entrada	
	Depósito de gas IP65
	Cerramiento IP2X
	Armario de BT IP3X
Clase de corrosión	C3

Tabla 4-8: Datos de la celda de AT para la versión IEC

4.5.2 Versión IEEE de 60 Hz

Celda de alta tensión	
Descripción	Celda con aislamiento de gas
Normas aplicadas	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4,

Celda de alta tensión	
	IEC 62271-200, ISO 12944
Medio de aislamiento	SF ₆
Tensión nominal	
	U_r 38,0 kV 22,1-36,0 kV
Nivel de aislamiento nominal AC / LI	70/150 kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal normal	600 A
Corriente nominal admisible a corto plazo	25 kA
Corriente nominal pico admisible	65 kA
Duración nominal de cortocircuito	1 s
Clasificación de arcos internos (opcional)	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Cables de red de la interfaz de conexión	Casquillos conectables cónicos exteriores, tipo de interfaz IEEE 386 separable, 600 A
Protección de entrada	
	Depósito de gas NEMA 4X / IP65
	Cerramiento NEMA 2 / IP2X
	Armario de BT NEMA 2 / IP3X
Clase de corrosión	C3

Tabla 4-9: Datos de la celda de AT para la versión IEEE

4.6 Sistema AUX

El sistema AUX se alimenta de un transformador independiente de 650/400/230 V ubicado en el interior del armario del convertidor en la góndola. Todos los motores, las bombas, los ventiladores y los calefactores se alimentan a partir de este sistema.

Normalmente, el conjunto de los consumidores de 230 V se alimentan de un transformador de 400/230 V ubicado en la base de la torre. La ventilación y la calefacción internas de los armarios, así como la opción específica de consumidores de 230 V, se alimentan del transformador auxiliar del armario del convertidor.

Enchufes hembra	
Monofásico (góndola)	230 V (16 A) (estándar) 110 V (16 A) (opcional) 2 x 55 V (16 A) (opcional)
Monofásico (plataformas de torre)	230 V (10 A) (estándar) 110 V (16 A) (opcional) 2 x 55 V (16 A) (opcional)
Trifásico (base de torre y góndola)	3 x 400 V (16 A)

Tabla 4-10: Datos del sistema AUX

4.7 Sensores de viento

El aerogenerador se comercializa equipado o bien con dos sensores de viento ultrasónicos, o bien opcionalmente con un sensor de viento ultrasónico más una

veleta y un anemómetro. Los sensores disponen de calefactores integrados para minimizar las interferencias del hielo o la nieve. Los sensores de viento son redundantes, por lo que el aerogenerador es capaz de funcionar con uno solo de ellos.

4.8 Controlador del multiprocesador Vestas (VMP)

El aerogenerador se controla y se supervisa a través del sistema de control VMP8000.

El VMP8000 es un sistema de control de multiprocesador compuesto por un controlador principal, nodos de control repartidos, nodos de E/S repartidos, conmutadores Ethernet y otros equipos de red. El controlador principal se sitúa en la base de la torre del aerogenerador y se encarga de ejecutar los algoritmos de control de dicho aerogenerador, así como todas las comunicaciones de E/S.

La red de comunicaciones está formada por una red Ethernet de disparo por tiempo (TTEthernet).

El sistema de control VMP8000 incorpora las funciones principales siguientes:

- Control y supervisión del funcionamiento global.
- Sincronización del generador con la red durante la secuencia de conexión.
- Funcionamiento del aerogenerador en caso de diferentes averías.
- Orientación automática de la góndola.
- OptiTip® (control de giro de las palas).
- Control de potencia reactiva y funcionamiento de velocidad variable.
- Control de emisión de ruido.
- Supervisión de las condiciones ambientales.
- Supervisión de la red.
- Supervisión del sistema de detección de humo.

4.9 Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

Durante las caídas de red, el sistema SAI garantizará la alimentación de componentes específicos.

El sistema SAI se compone de tres subsistemas:

1. SAI de CA de 230 V para la alimentación de emergencia de los sistemas de control del buje y la góndola.
2. SAI de CC de 24 V para la alimentación de emergencia de los sistemas de control de la base de la torre y el controlador Power Plant Controller SCADA opcional.
3. SAI de CA de 230 V para la alimentación de emergencia de la iluminación interior de la torre y la góndola. La iluminación interior del buje se alimenta a partir de baterías integradas en el armazón de la luz.

SAI

SAI		
Tiempo de alimentación de emergencia	Estándar	Opcional
Sistema de control[*] (SAI de CA de 230 V y de CC de 24 V)	15 min	Hasta 400 min ^{**}
Iluminación interior (SAI de CA de 230 V)	30 min	60 min ^{***}
Controlador Power Plant Controller SCADA opcional (SAI de CC de 24 V)	N/D	48 horas ^{****}

Tabla 4-11: Datos de los SAI

**El sistema de control incluye: el controlador del aerogenerador (VMP8000), las funciones de la celda de AT y el sistema de control remoto.*

***Requiere la mejora del SAI de 230 V con baterías adicionales para el sistema de control.*

****Requiere la mejora del SAI de 230 V con baterías adicionales para la iluminación interna.*

*****Requiere la mejora del SAI de CC de 24 V con baterías adicionales.*

NOTA Consulte con Vestas los tiempos de alimentación de emergencia alternativos.

5 Sistemas de protección del aerogenerador

5.1 Concepto de frenado

El freno principal del aerogenerador es aerodinámico. La parada del aerogenerador se consigue realizando un giro completo de las tres palas (girando cada pala individualmente). Cada pala tiene un acumulador hidráulico que suministra potencia para girar la pala.

Además, en el eje de alta velocidad de la multiplicadora existe un disco de freno mecánico con un sistema hidráulico específico. El freno mecánico solo se puede usar como freno de disco y cuando se activan los botones de parada de emergencia.

5.2 Protección contra cortocircuitos

Interruptores	Interruptor para alimentación auxiliar (no instalado)	Interruptor para los módulos del convertidor (no instalado)
Capacidad de interrupción, Icu, Ics	TBD	TBD
Capacidad de cierre, Icm	TBD	TBD

Tabla 5-1: Datos de protección contra cortocircuitos

5.3 Protección contra sobrevelocidad

Las rpm del generador y del eje principal se registran a través de los sensores inductivos y se calculan con ayuda del controlador del aerogenerador como medida de protección contra fallos de giro o por sobrevelocidad.

La partición relacionada con la seguridad del sistema de control VMP8000 supervisa las revoluciones del rotor. En caso de que se produzca una situación de sobrevelocidad, la partición relacionada con la seguridad del sistema de control VMP8000 activa la posición de giro completo de las tres palas por emergencia independientemente de la partición no relacionada con la seguridad del sistema de control VMP8000.

Protección contra sobrevelocidad	
Tipo de sensores	Inductivos
Nivel de disparo (en función de la variante)	15,3-17,6 rpm / 2000 (rpm del generador)

Tabla 5-3: Datos de protección contra sobrevelocidad

5.4 Detección de arcos

El aerogenerador está equipado con un sistema de detección de arcos que incluye varios sensores de detección de arcos ópticos situados en el compartimento del transformador de AT y el armario del convertidor. El sistema de detección de arcos está conectado al sistema de seguridad del aerogenerador para garantizar la apertura inmediata de la celda de AT en caso de detección de un arco.

5.5 Detección de humo

El aerogenerador está equipado con un sistema de detección de humo que incluye varios sensores de detección de humo situados en la góndola (encima del freno de disco), en el compartimento del transformador, en los armarios eléctricos principales de la góndola y encima de la celda de AT en la base de la torre. El sistema de detección de humo está conectado al sistema de seguridad del aerogenerador para garantizar la apertura inmediata de la celda de AT en caso de detección de humo.

5.6 Protección contra rayos de las palas, la góndola, el buje y la torre

El sistema de protección contra rayos (LPS) ayuda a proteger al aerogenerador contra los daños físicos causados por impactos de rayos. El LPS consta de cinco componentes principales:

- Pararrayos. Las superficies de todos los pararrayos de las palas, incluidas las puntas de metal sólido (SMT), se comercializan de serie sin pintar.
- Sistema de conducción descendente (sistema de conducción de la corriente de los rayos que desciende por el aerogenerador para evitar o minimizar los daños en el propio sistema LPS u otros componentes del aerogenerador).
- Protección contra sobretensiones y sobrecorrientes.
- Cubierta protectora contra campos magnéticos y eléctricos.
- Sistema de puesta a tierra.

Parámetros de diseño de protección contra rayos			Nivel de protección I
Valor pico de corriente	i_{max}	[kA]	200
Carga de impulso	$Q_{impulse}$	[C]	100
Carga de larga duración	Q_{long}	[C]	200
Carga total	Q_{total}	[C]	300
Energía específica	W/R	[MJ/Ω]	10
Pendiente media	di/dt	[kA/μs]	200

Tabla 5-4: Parámetros de diseño de protección contra rayos

NOTA El sistema de protección contra rayos se ha diseñado de acuerdo con las normas IEC (consulte el apartado 8 Códigos de diseño, p. 28).

5.7 EMC

Tanto el aerogenerador como el resto de los equipos asociados cumplen con la legislación de la UE sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC).

- DIRECTIVA 2014/30/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO y DEL CONSEJO, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

5.8 Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de Vestas se compone de varios electrodos individuales de puesta a tierra interconectados como un sistema común de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra de Vestas incluye el sistema TN y el sistema de protección contra rayos para cada aerogenerador. Funciona como sistema de

puesta a tierra para el sistema de distribución de media tensión del parque eólico.

El sistema de puesta a tierra de Vestas se adapta a los diferentes tipos de cimentaciones de los aerogeneradores. En un dossier independiente se describe en detalle el sistema de puesta a tierra dependiendo del tipo de cimentación.

En cuanto a la protección contra rayos del aerogenerador, Vestas no exige requisitos independientes en torno a un mínimo determinado de resistencia a tierra remota (medida en ohmios) para este sistema. La puesta a tierra del sistema de protección contra rayos se basa en el diseño y la construcción del sistema de puesta a tierra de Vestas.

Una parte esencial del sistema de puesta a tierra de Vestas es la barra de puesta a tierra principal colocada en el punto por el que entran todos los cables al aerogenerador. Los electrodos de puesta a tierra están conectados a esta barra principal de puesta a tierra. Además, se realizan conexiones equipotenciales a todos los cables que entran o salen del aerogenerador.

Los requisitos de las especificaciones y descripciones de trabajo del sistema de puesta a tierra de Vestas son los requisitos mínimos de Vestas y de la IEC. Los requisitos locales y nacionales, así como los requisitos del proyecto, pueden exigir medidas adicionales.

5.9 Protección contra la corrosión

Clasificación de la protección contra la corrosión de acuerdo con la ISO 12944-2.

Protección contra la corrosión	Áreas externas	Áreas internas
Góndola	C5-M	C3
Buje	C5-M	C3
Torre	C5-I	C3

Tabla 5-5: Datos de protección contra la corrosión de la góndola, el buje y la torre

6 Seguridad

Las especificaciones de seguridad de este apartado ofrecen información general limitada sobre las características de seguridad del aerogenerador, si bien el cumplimiento de estas no exonera ni al comprador ni a sus agentes de satisfacer además todas las precauciones de seguridad que resulten necesarias, incluidas, entre otras, (a) el cumplimiento de todos los acuerdos, las instrucciones y los requisitos de seguridad, funcionamiento, mantenimiento y servicio aplicables; (b) el cumplimiento de todas las ordenanzas, los reglamentos y las normativas relacionadas con la seguridad, y (c) la impartición de las formaciones adecuadas sobre seguridad.

6.1 Acceso

El acceso al aerogenerador desde el exterior se realiza a través de una puerta situada en la plataforma de entrada, a una altura aproximada de tres metros del

suelo. La puerta está equipada con un candado. El acceso a la plataforma superior de la torre se realiza a través de una escalera o del ascensor de servicio. El acceso a la góndola desde la plataforma superior se realiza mediante una escalera. El acceso a la sala del transformador de la góndola se controla con un candado. El acceso no autorizado a los paneles eléctricos y de alimentación del aerogenerador está prohibido de acuerdo con la normativa IEC 60204-1 2006.

6.2 Salida de emergencia

Además de las rutas de acceso habituales, existen rutas de salida de emergencia alternativas desde la góndola a través de la trampilla de la grúa, desde la cubierta del buje mediante la apertura del cono de la nariz, o desde el techo de la góndola. El equipo de rescate se sitúa en la góndola.

La trampilla del techo puede abrirse desde el interior y el exterior.

La salida de emergencia del ascensor de servicio se realiza por una escalera.

Un plan de respuesta de emergencia, colocado en el aerogenerador, describe las rutas de evacuación y salida de emergencia.

6.3 Salas / zonas de trabajo

La torre y la góndola están equipadas con enchufes hembra para herramientas eléctricas que permiten las labores de servicio y mantenimiento del aerogenerador.

6.4 Pisos, plataformas, descansos y lugares de trabajo

Todas las plataformas cuentan con superficies antideslizantes.

Existe una plataforma por cada sección de la torre.

Las plataformas de descanso están colocadas en intervalos de nueve metros a lo largo de la escalera de la torre entre plataformas.

Existen apoyos donde colocar los pies en el aerogenerador durante las labores de servicio y mantenimiento.

6.5 Ascensor de servicio

El aerogenerador se comercializa con un ascensor de servicio instalado opcionalmente.

6.6 Instalaciones de escalada

Existe una escalera con un sistema de seguridad anticaída (raíl rígido) instalada a través de la torre.

Existen puntos de anclaje en la torre, la góndola y el buje, así como en el techo para la sujeción del equipo de protección contra caídas (arnés de cuerpo entero).

Sobre la trampilla de la grúa existe un punto de anclaje del equipo de descenso de emergencia.

Los puntos de anclaje, marcados en color amarillo, se han calculado y comprobado para 22,2 kN.

6.7 Piezas móviles y dispositivos de bloqueo y seguridad

Todas las piezas móviles de la góndola están protegidas.

El aerogenerador está equipado con un bloqueo del rotor que inmoviliza este último y el tren de transmisión.

El bloqueo del giro del cilindro se acciona con las herramientas mecánicas en el buje.

6.8 Luces

El aerogenerador está equipado con luces en la torre, la góndola, la sala del transformador y el buje.

Existe un alumbrado de emergencia para casos de pérdida de energía eléctrica.

6.9 Parada de emergencia

Existen botones de parada de emergencia en la góndola, el buje y la base de la torre.

6.10 Desconexión de la energía

El aerogenerador está equipado con interruptores que permiten la desconexión de todas las fuentes de energía durante la inspección o el mantenimiento. Los interruptores están marcados con señales y se localizan en la góndola y en la base de la torre.

6.11 Protección contra incendios / Primeros auxilios

Durante los trabajos de servicio y mantenimiento, en la góndola deberá haber obligatoriamente un extintor manual de CO₂ de 5-6 kg, un botiquín de primeros auxilios y una manta ignífuga.

- El extintor manual de CO₂ de 5-6 kg únicamente es obligatorio durante las actividades de servicio y mantenimiento, a menos que las autoridades exijan por ley la instalación permanente de un extintor de incendios en la góndola.
- Los botiquines de primeros auxilios únicamente son obligatorios durante las actividades de servicio y mantenimiento.
- Las mantas ignífugas únicamente son obligatorias durante las actividades con una fuente de calor que no sea eléctrica.

6.12 Señales de advertencia

Las señales de advertencia instaladas en el interior o el exterior del aerogenerador deberán revisarse antes de la puesta en marcha o el mantenimiento del aerogenerador.

6.13 Manuales y advertencias

El Manual corporativo de seguridad y salud laboral de Vestas y los manuales de funcionamiento, servicio y mantenimiento del aerogenerador proporcionan normas de seguridad e información adicionales para el funcionamiento, el servicio y el mantenimiento del aerogenerador.

7 Medio ambiente

7.1 Productos químicos

Los productos químicos usados en el aerogenerador se evalúan de acuerdo con el sistema medioambiental de Vestas Wind Systems A/S certificado de conformidad con la norma ISO 14001:2004. En el aerogenerador se emplean los productos químicos siguientes:

- Anticongelante para ayudar a prevenir la congelación del sistema de refrigeración.
- Aceite de engranaje para la lubricación de la multiplicadora.
- Aceite hidráulico para el giro de la palas y el funcionamiento del freno.
- Grasa para la lubricación de los rodamientos.
- Diversos agentes de limpieza y productos químicos para el mantenimiento del aerogenerador.

8 Códigos de diseño

8.1 Códigos de diseño – Diseño estructural

El diseño del aerogenerador se ha desarrollado y comprobado con arreglo, entre otras, a las normas principales siguientes:

Códigos de diseño	
Góndola y buje	IEC 61400-1, 3. ^a Edición EN 50308
Torre	IEC 61400-1, 3. ^a Edición Eurocódigo 3
Palas	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Pieza 1, 12 y 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
Multiplicadora	ISO 81400-4
Generador	IEC 60034
Transformador	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC

Códigos de diseño	
	HD637 S1
Protección contra rayos	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010
Máquinas de rotación eléctricas	IEC 34
Seguridad de las máquinas, componentes relacionados con la seguridad de sistemas de control	IEC 13849-1
Seguridad de las máquinas, equipo eléctrico de la maquinaria	IEC 60204-1

Tabla 8-1: Códigos de diseño

9 Colores

9.1 Color de la góndola

Color de las góndolas de Vestas	
Color estándar de la góndola	RAL 7035 (gris claro)
Logotipo estándar	Vestas

Tabla 9-1: Color de la góndola

9.2 Color de la torre

Color de los tramos de la torre de Vestas		
	Exterior	Interior
Color estándar de la torre	RAL 7035 (gris claro)	RAL 9001 (blanco crema)

Tabla 9-2: Color de la torre

9.3 Color de las palas

Color de las palas	
Color estándar de las palas	RAL 7035 (gris claro). Las superficies de todos los pararrayos de las palas, incluidas las puntas de metal sólido (SMT), se comercializan de serie sin pintar.
Variantes de color de las	RAL 2009 (naranja tráfico), RAL 3020 (rojo

Color de las palas	
puntas de las palas	tráfico)
Brillo	<30 % DS/EN ISO 2813

Tabla 9-3: Color de las palas

10 Entorno operativo y directrices de rendimiento

Las condiciones climáticas y de emplazamiento reales cuentan con muchas variables y deben considerarse al evaluar el rendimiento real del aerogenerador. El diseño y los parámetros de funcionamiento establecidos en este apartado no constituyen ninguna garantía ni declaración del rendimiento del aerogenerador en los emplazamientos reales.

10.1 Condiciones climáticas y de emplazamiento

Valores de referencia para la altura del buje:

Parámetros de diseño extremos	
Climatología eólica	Todas
Intervalo de temperatura ambiente (aerogenerador de temperatura estándar)	De -40° a +50 °C

Tabla 10-1: Parámetros de diseño extremos

10.2 Entorno operativo: temperatura y altitud

Los valores que se indican a continuación hacen referencia a la altura del buje y se determinan mediante los sensores y el sistema de control del aerogenerador.

Entorno operativo: temperatura	
Intervalo de temperatura ambiente (aerogenerador estándar)	De -20° a +45 °C
Intervalo de temperatura ambiente (aerogenerador de temperatura baja)	De -30° a +45 °C

Tabla 10-2: Entorno operativo: temperatura

NOTA El aerogenerador dejará de producir energía con temperaturas ambiente por encima de +45 °C.

Para conocer las opciones de temperatura baja de los aerogeneradores, póngase en contacto con Vestas.

El aerogenerador se ha diseñado de serie para su uso en altitudes de hasta 1000 m y, de manera opcional, hasta 2000 m sobre el nivel del mar.

10.3 Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo 0 de 3,45 MW

Los valores que se indican a continuación hacen referencia a la altura del buje y se determinan mediante los sensores y el sistema de control del aerogenerador. A temperaturas ambiente por encima de un umbral de altitud específico (+30 °C para altitudes ≤ 1250 m sobre el nivel del mar), el aerogenerador mantendrá la producción reducida en el modo 0 de 3,45 MW dentro de la capacidad de los componentes que se muestra en la Figura 10-1.

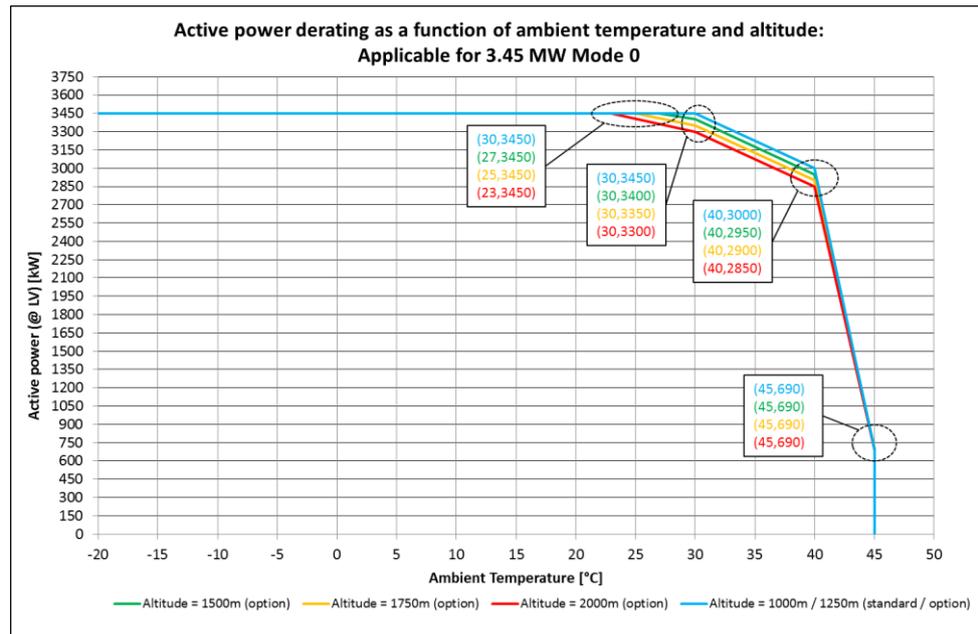


Figura 10-1: Funcionamiento reducido por temperatura y altitud en el modo 0 de 3,45 MW

10.4 Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW

En la Figura 10-2 se muestra la gráfica de reducción de potencia del modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW.

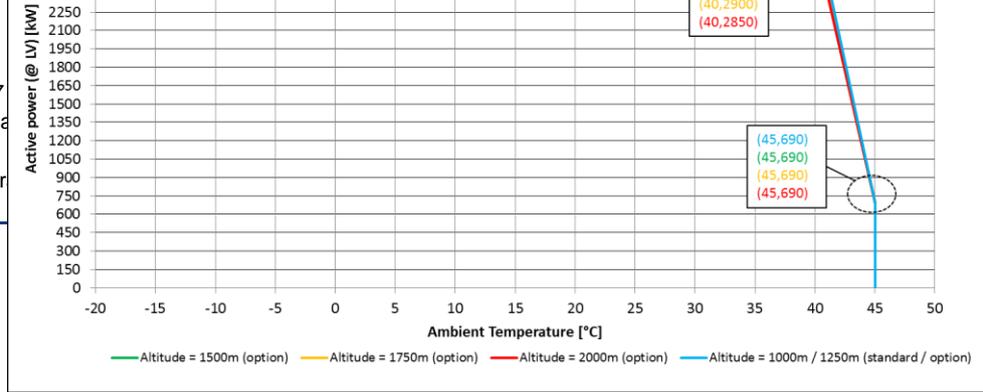


Figura 10-2: Funcionamiento reducido por temperatura y altitud en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW

10.5 Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW

En la Figura 10-3 se muestra la gráfica de reducción de potencia del modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW.

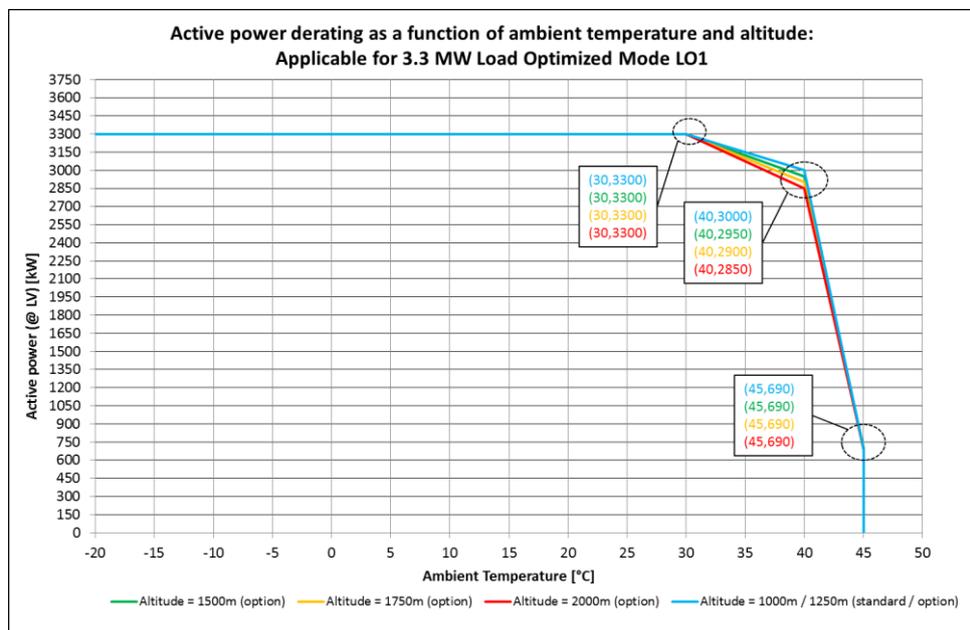


Figura 10-3: Funcionamiento reducido por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW

10.6 Entorno operativo: reducción de la potencia por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW

En la Figura 10-4 se muestra la gráfica de reducción de potencia del modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW.

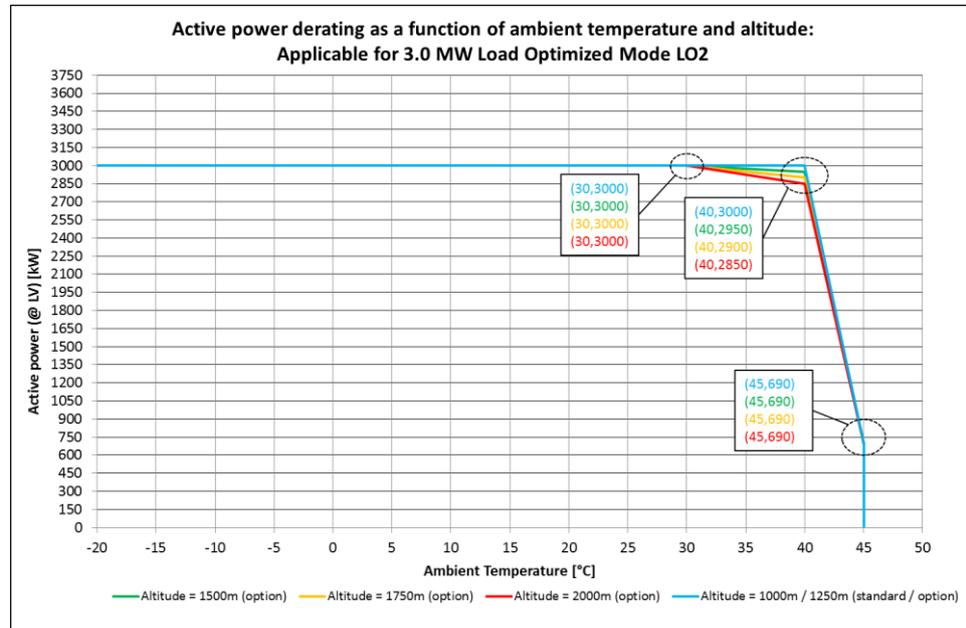


Figura 10-4: Funcionamiento reducido por temperatura y altitud en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW

10.7 Entorno operativo: conexión a la red

Entorno operativo: conexión a la red		
Tensión nominal de fase	[U _{NP}]	650 V
Frecuencia nominal	[f _N]	50/60 Hz
Pendiente de frecuencia máxima	±4 Hz/s	
Tensión de secuencia negativa máxima	3 % (conexión), 2 % (funcionamiento)	
Ratio de cortocircuito mínimo requerido en la conexión de AT del aerogenerador	5,0	
Contribución máxima de la corriente de cortocircuito	1,05 p.u. (continua) 1,45 p.u. (pico)	

Tabla 10-3: Entorno operativo: conexión a la red

El generador y el convertidor se deberán desconectar si*:

Parámetros de protección

Parámetros de protección	
Tensión por encima del 110 %** del valor nominal durante 3600 segundos	715 V
Tensión por encima del 121 %** del valor nominal durante 2 segundos	787 V
Tensión por encima del 136 %** del valor nominal durante 0,150 segundos	884 V
Tensión por debajo del 90 %** del valor nominal durante 60 segundos	585 V
Tensión por debajo del 80 % del valor nominal durante 10 segundos	520 V
Frecuencia por encima del 106 % del valor nominal durante 0,2 segundos	53/63,6 Hz
Frecuencia por debajo del 94 % del valor nominal durante 0,2 segundos	47/56,4 Hz

Tabla 10-4: Valores de desconexión del generador y el convertidor

NOTA

* A lo largo de la vida útil del aerogenerador, la media de caídas de red será inferior a 50 veces al año.

** El aerogenerador puede configurarse para un funcionamiento continuo a una tensión de +/-13 %. La capacidad de potencia reactiva está limitada por estos parámetros ampliados (consulte el apartado 10.8).

Todos los parámetros de protección son preliminares y están sujetos a modificación.

10.8 Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo 0 de 3,45 MW

El aerogenerador de 3,45 MW posee la capacidad de potencia reactiva en modo 0 para la parte de baja tensión del transformador de AT que se ilustra en la Figura 10-5:

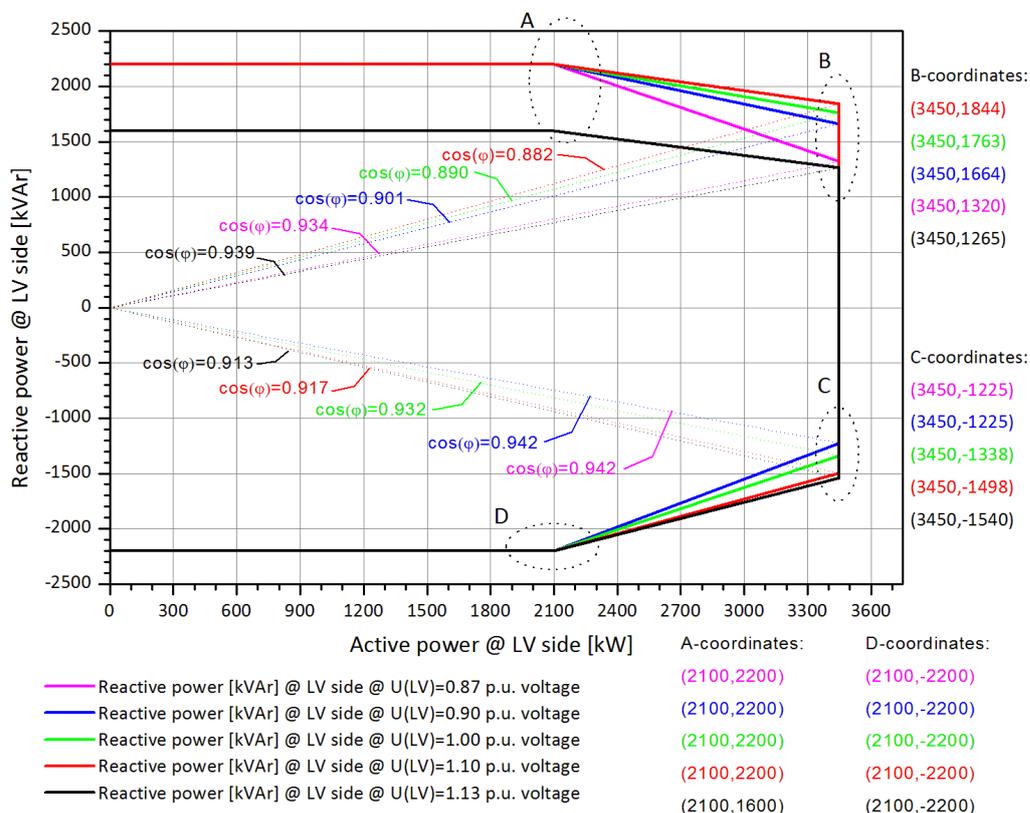


Figura 10-5: Capacidad de potencia reactiva del modo 0 de 3,45 MW

Durante el funcionamiento a la potencia nominal de 3,45 MW en la parte de baja tensión del transformador de AT, la capacidad de potencia reactiva de la parte de alta tensión del transformador de AT es, aproximadamente, de:

- $\cos\phi(AT) = 0,95$ capacitiva a $U(AT) = 0,87$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,94/0,94$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,88$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,93/0,91$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,90$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,92/0,90$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,00$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,95/0,89$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,10$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,98/0,89$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,13$ p.u. de tensión

La potencia reactiva es producida por el convertidor de escala completa. Por lo tanto, en el aerogenerador no se utilizan condensadores tradicionales.

El aerogenerador es capaz de mantener la capacidad de potencia reactiva con poco viento sin ninguna producción de potencia activa.

NOTA Todos los valores relativos a la capacidad de potencia reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

El modo 0 de 3,45 MW reduce la potencia con temperaturas ambiente por encima de +30 °C para alturas ≤1250 m sobre el nivel del mar de acuerdo con la Figura 10-1.

10.9 Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW

También está disponible una capacidad de potencia reactiva ampliada opcional para el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW cuando la temperatura ambiente se sitúa por debajo de +20 °C para alturas ≤1250 m sobre el nivel del mar. La capacidad de potencia reactiva es la que se muestra en la Figura 10-6:

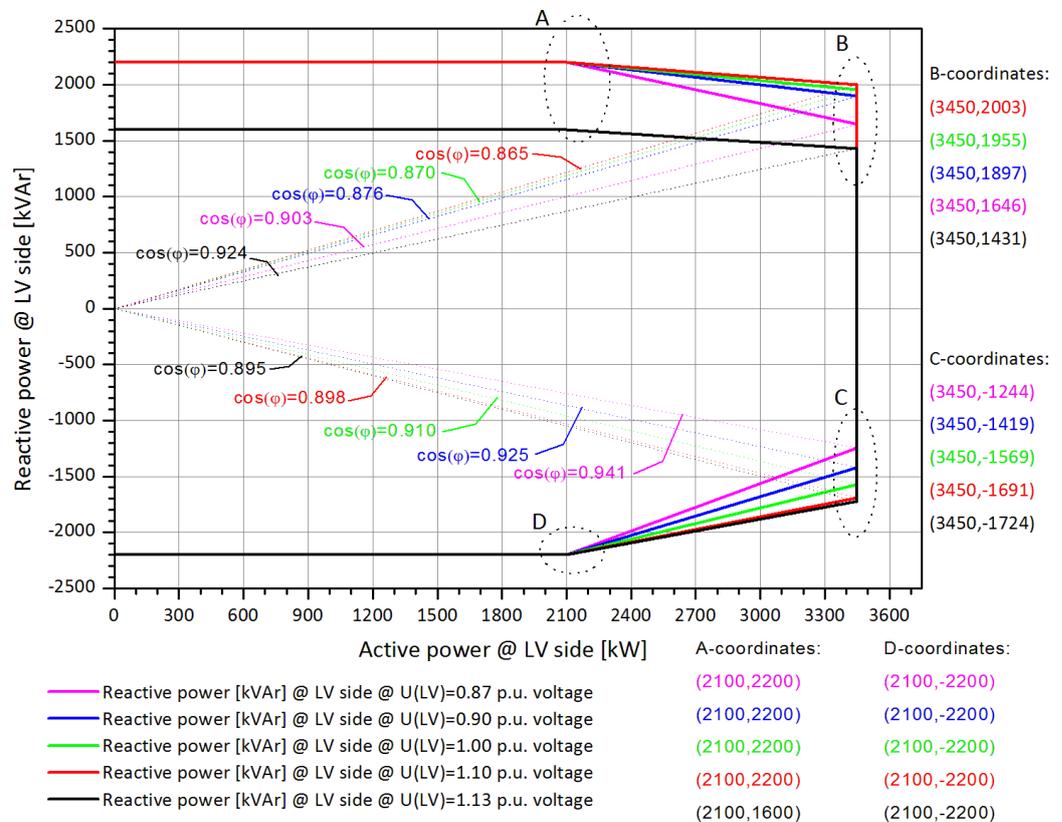


Figura 10-6: Capacidad de potencia reactiva para el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW

Durante el funcionamiento en el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW en la parte de baja tensión del transformador de AT, la capacidad de potencia reactiva de la parte de alta tensión del transformador de AT es, aproximadamente, de:

- $\cos\phi(AT) = 0,92$ capacitiva a $U(AT) = 0,87$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,92/0,91$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,89$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,91/0,90$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,90$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,90/0,88$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,00$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,94/0,87$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,10$ p.u. de tensión

- $\cos\phi(AT) = 0,97/0,87$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,13$ p.u. de tensión

NOTA

Todos los valores relativos a la capacidad de potencia reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

El modo optimizado de potencia reactiva (PO1) de 3,45 MW reduce linealmente la potencia reactiva con temperaturas ambiente por encima de +20 °C y altitudes ≤ 1250 m sobre el nivel del mar para converger con la capacidad de potencia reactiva del modo 0 de 3,45 MW Figura 10-5 a +30 °C.

10.10 Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW

La capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW es la que se muestra en la Figura 10-7:

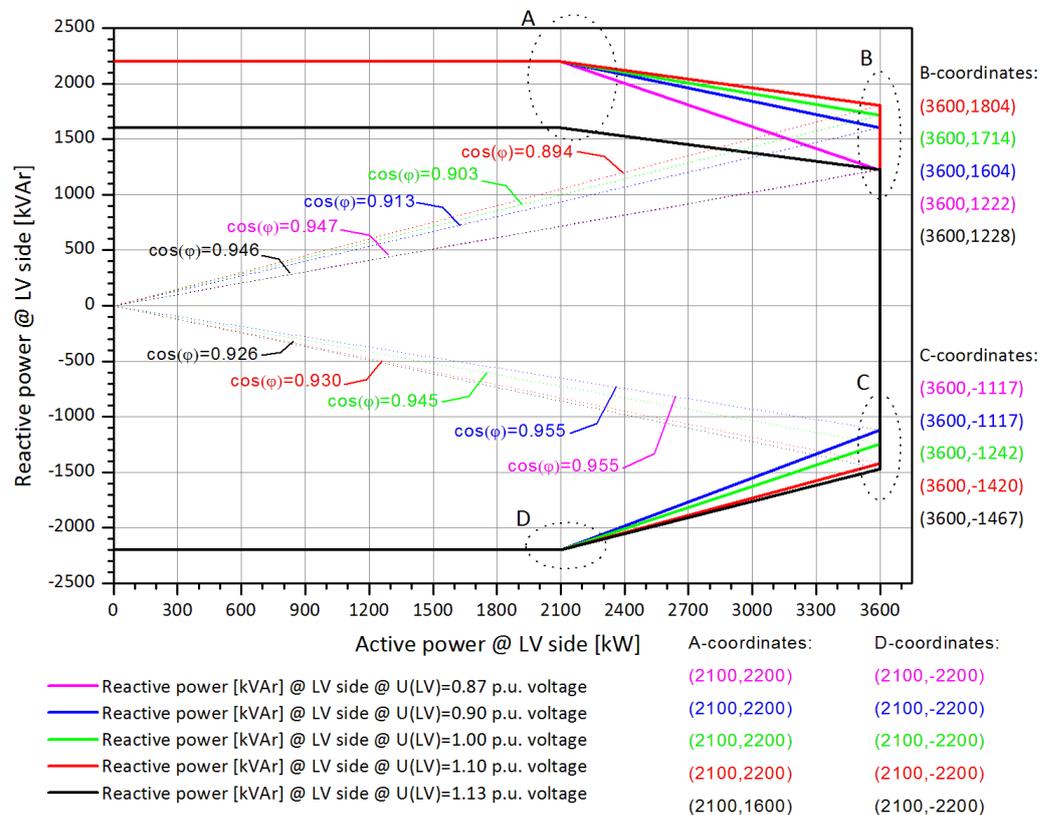


Figura 10-7: Capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW

Durante el funcionamiento en el modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW en la parte de baja tensión del transformador de AT, la capacidad de potencia reactiva de la parte de alta tensión del transformador de AT es, aproximadamente, de:

- $\cos\phi(AT) = 0,96$ capacitiva a $U(AT) = 0,87$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,95/0,94$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,88$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,95/0,92$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,90$ p.u. de tensión

- $\cos\phi(AT) = 0,93/0,92$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,00$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,96/0,91$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,10$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,98/0,90$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,13$ p.u. de tensión

NOTA Todos los valores relativos a la capacidad de potencia reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

El modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW reduce la potencia con temperaturas ambiente por encima de +20 °C para alturas ≤ 1250 m sobre el nivel del mar de acuerdo con la Figura 10-2.

El modo optimizado de potencia (PO1) de 3,6 MW y el modo optimizado de potencia reactiva (QO1) de 3,45 MW se excluyen mutuamente (puesto que el modo Q se cambia por el P).

10.11 Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW

La capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW es la que se muestra en la Figura 10-8:

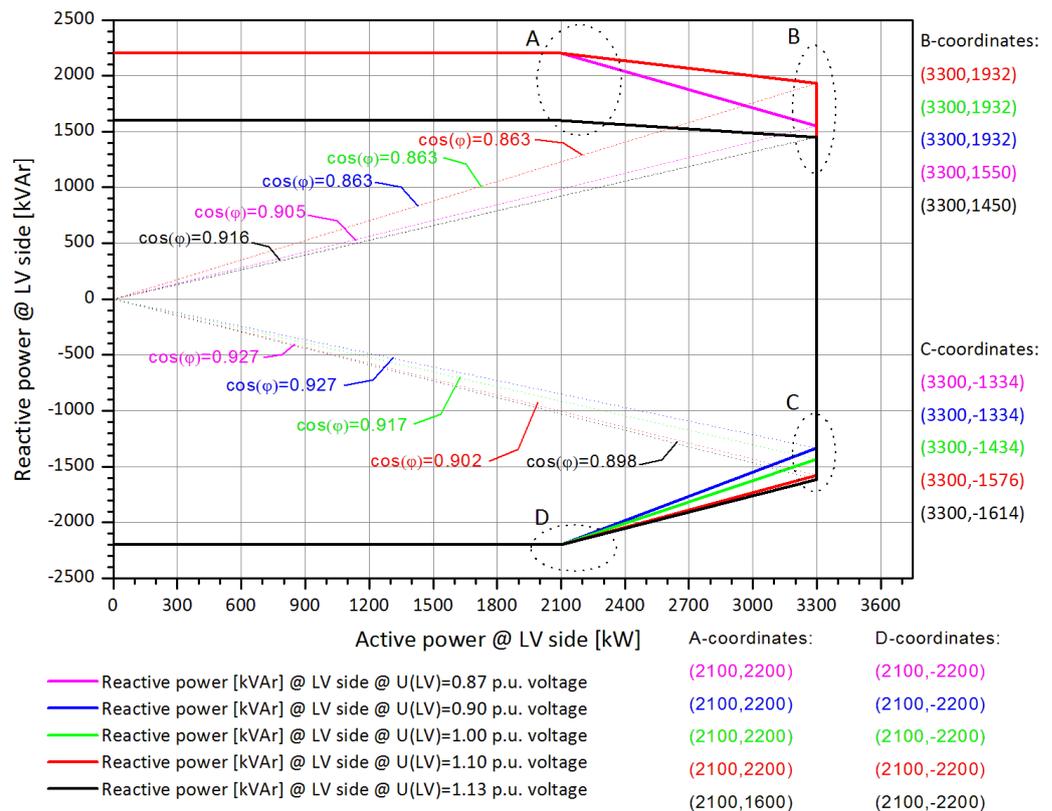


Figura 10-8: Capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW

Durante el funcionamiento en el modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW en la parte de baja tensión del transformador de AT, la capacidad de potencia reactiva de la parte de alta tensión del transformador de AT es, aproximadamente, de:

- $\cos\phi(AT) = 0,91$ capacitiva a $U(AT) = 0,87$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,91/0,91$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,89$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,90/0,89$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,90$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,90/0,88$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,00$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,91/0,89$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,10$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,95/0,89$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,13$ p.u. de tensión

NOTA Todos los valores relativos a la capacidad de potencia reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

El modo optimizado de carga (LO1) de 3,3 MW reduce la potencia con temperaturas ambiente por encima de +30 °C para alturas ≤ 1250 m sobre el nivel del mar de acuerdo con la Figura 10-3.

10.12 Entorno operativo: capacidad de potencia reactiva en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW

La capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW es la que se muestra en la Figura 10-9:

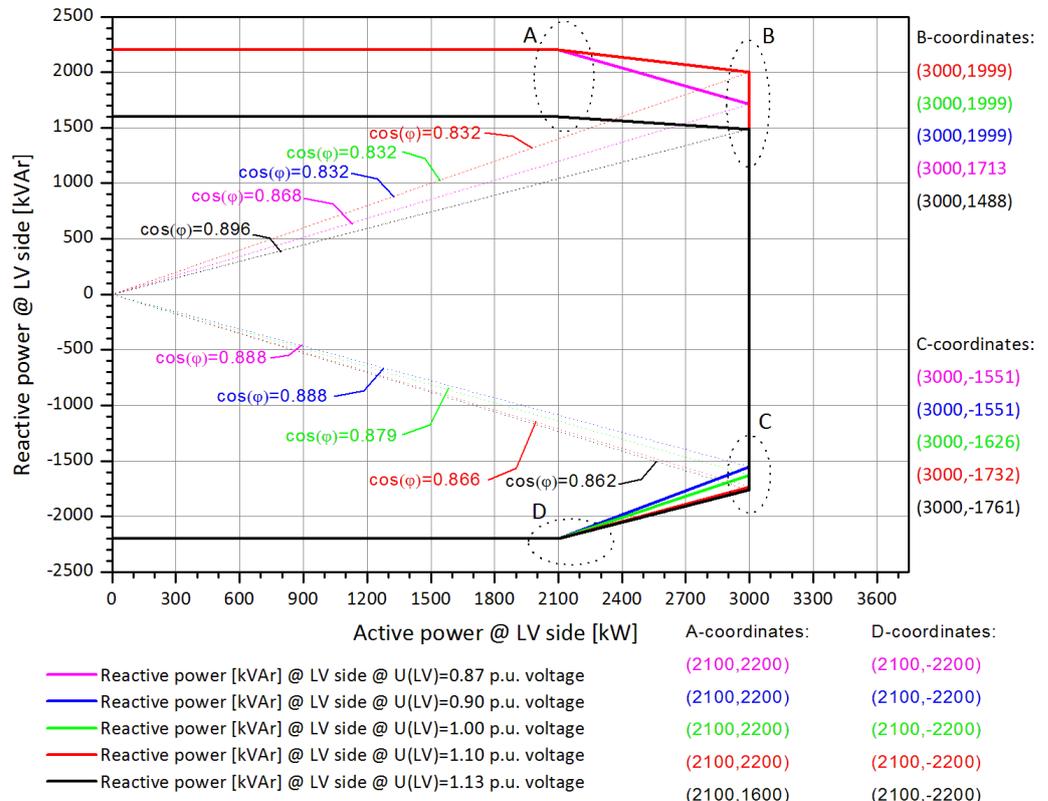


Figura 10-9: Capacidad de potencia reactiva del modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW

Durante el funcionamiento en el modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW en la parte de baja tensión del transformador de AT, la capacidad de potencia reactiva de la parte de alta tensión del transformador de AT es, aproximadamente, de:

- $\cos\phi(AT) = 0,88$ capacitiva a $U(AT) = 0,87$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,88/0,87$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,89$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,87/0,85$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 0,90$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,87/0,85$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,00$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,88/0,86$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,10$ p.u. de tensión
- $\cos\phi(AT) = 0,92/0,86$ capacitiva/inductiva a $U(AT) = 1,13$ p.u. de tensión

NOTA Todos los valores relativos a la capacidad de potencia reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

El modo optimizado de carga (LO2) de 3,0 MW reduce la potencia con temperaturas ambiente superiores a los +30 °C para alturas ≤ 1250 m sobre el nivel del mar de acuerdo con la Figura 10-4.

10.13 Rendimiento: huecos de tensión

El aerogenerador está equipado con un convertidor de escala completa para mejorar el control del aerogenerador en caso de que se produzca un fallo de red. El sistema de control del aerogenerador continúa funcionando durante los fallos de red.

El aerogenerador está diseñado para mantener la conexión durante los problemas de red dentro de la curva de tolerancia de tensión que se muestra:

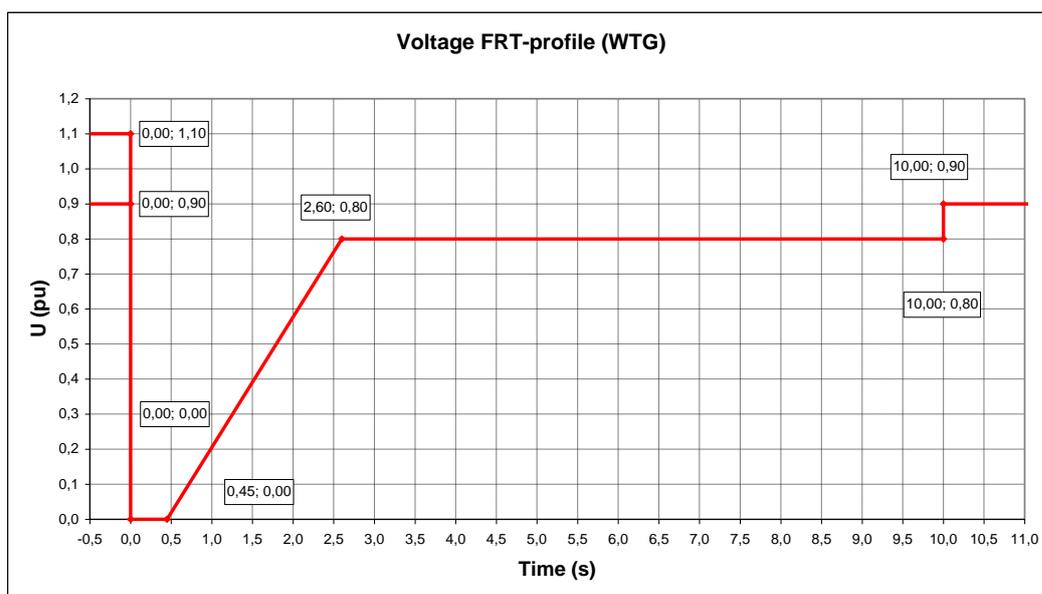


Figura 10-10: Curva de tolerancia de baja tensión para fallos simétricos y asimétricos, donde la U representa la tensión según su medición en la red.

En el caso de los problemas de red que se sitúen fuera de la curva de tolerancia de la Figura 10-10, el aerogenerador se desconectará de la red.

NOTA Todos los valores relativos a huecos de tensión son preliminares y están sujetos a modificación.

Tiempo de recuperación de potencia	
Recuperación de potencia al 90 % del nivel anterior al fallo	Máximo de 0,1 segundos

Tabla 10-5: Tiempo de recuperación de potencia

10.14 Rendimiento: contribución de la corriente reactiva

La contribución de la corriente reactiva depende de si el fallo aplicado al aerogenerador es simétrico o asimétrico.

NOTA Todos los valores relativos a la contribución de la corriente reactiva son preliminares y están sujetos a modificación.

10.14.1 Contribución de la corriente reactiva simétrica

Durante una caída de tensión simétrica, el parque eólico inyectará corriente reactiva para mantener la tensión de red. La corriente reactiva inyectada es una función de la tensión de red medida.

El valor predeterminado ofrece una corriente reactiva correspondiente a 1 p.u. de la corriente nominal activa en la parte de alta tensión del transformador de AT. En la Figura 10-11 se indica la contribución de la corriente reactiva como una función de la tensión. La contribución de la corriente reactiva es independiente

de las condiciones de viento reales y del nivel de potencia anterior al fallo. Tal y como se aprecia en la Figura 10-11, la pendiente de inyección de corriente por defecto presenta un incremento de corriente reactiva del 2 % para una reducción de tensión del 1 %. Dicha pendiente puede configurarse entre 0 y 10 para adaptarse a los requisitos específicos del emplazamiento.

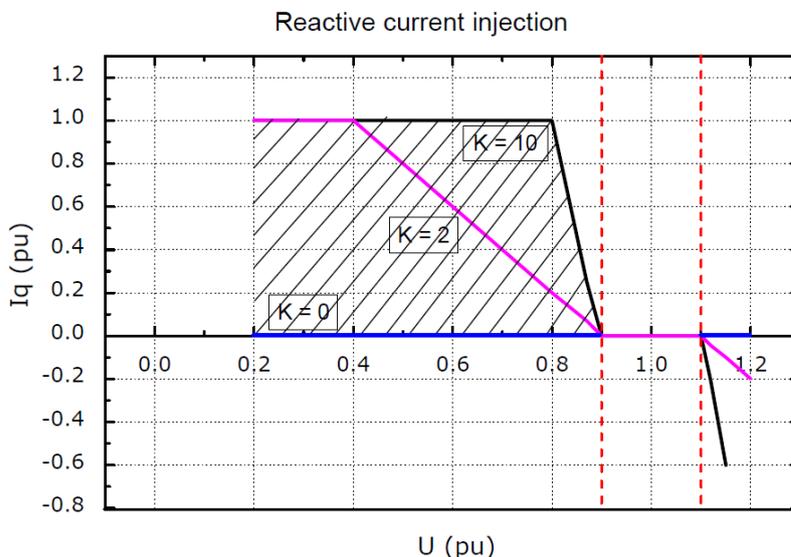


Figura 10-11: Inyección de corriente reactiva

10.14.2 Contribución de la corriente reactiva asimétrica

La corriente inyectada se obtiene a partir de la tensión de secuencia positiva medida y del factor-K utilizado. Durante las caídas de tensión asimétrica, la inyección de corriente reactiva está limitada a, aproximadamente, 0,4 p.u. para limitar el aumento de tensión potencial en las fases sanas.

10.15 Rendimiento: caídas de tensión múltiples

El aerogenerador está diseñado para gestionar sucesos de cierre repetido y caídas de tensión múltiples en un periodo breve de tiempo debido al hecho de que las caídas de tensión no se distribuyen uniformemente a lo largo del año. Por ejemplo, el aerogenerador se ha diseñado para soportar 10 caídas de tensión de una duración de 200 ms, hasta un 20 % de caída de tensión, en un intervalo de 30 minutos.

10.16 Rendimiento: control de la potencia activa y reactiva

El aerogenerador está diseñado para controlar la potencia activa y reactiva a través del sistema SCADA VestasOnline®.

Aceleración máxima para control externo	
Potencia activa	0,1 p.u./s para una modificación del nivel de potencia máx. de 0,3 p.u. 0,3 p.u./s para una modificación del nivel de potencia máx. de 0,1 p.u.

Aceleración máxima para control externo

Potencia reactiva	20 p.u./s
--------------------------	-----------

Tabla 10-6: Aceleración de potencia activa/reactiva (valores preliminares)

Para soportar la estabilidad de red, el aerogenerador es capaz de permanecer conectado a la red con referencias de potencia activa por debajo de un 10 % de la potencia nominal del aerogenerador. En el caso de las referencias de potencia activa por debajo del 10 %, el aerogenerador puede desconectarse de la red.

10.17 Rendimiento: control de tensión

El aerogenerador está diseñado para su integración con el control de tensión VestasOnline® mediante el uso de la capacidad de potencia reactiva del aerogenerador.

10.18 Rendimiento: control de frecuencia

El aerogenerador puede configurarse para realizar un control de frecuencia disminuyendo la potencia de salida como una función lineal de la frecuencia de red (sobrefrecuencia). La función de control de frecuencia cuenta con configuración de zona muerta y pendiente.

10.19 Distorsión: inmunidad

El aerogenerador se puede conectar con un nivel de distorsión de tensión (fondo) anterior a la conexión en la interfaz de red del 8 % y funcionar con un nivel de distorsión de tensión posterior a la conexión del 8 %.

10.20 Principales autoconsumidores

El consumo de energía eléctrica del aerogenerador se define como la energía utilizada por el aerogenerador cuando no suministra energía a la red. Esto se define en el sistema de control como «Generador de producción cero».

Los componentes que se incluyen en la Tabla 10-7 son los que más influyen en el autoconsumo del aerogenerador (la media de autoconsumo depende de las condiciones reales, el clima, la producción del aerogenerador, las horas de corte, etc.).

El sistema de control VMP8000 posee un modo de hibernación que reduce el autoconsumo siempre que es posible. Del mismo modo, las bombas de refrigeración pueden desconectarse cuando el aerogenerador permanece inactivo.

Principales autoconsumidores	
Motor hidráulico	2 x 15 kW (maestro/esclavo)
Motores de orientación	Máximo 18 kW en total
Calentamiento del agua	10 kW
Bombas de agua	2,2 + 4,0 kW
Calentamiento del aceite	7,9 kW

Principales autoconsumidores	
Bomba de aceite de lubricación de la multiplicadora	10 kW
Controlador (incluidos elementos de calefacción para la hidráulica y todos los controladores)	Aproximadamente 3 kW
Pérdida en vacío del transformador de AT	Consulte el apartado 4.3 Transformador de AT, p. 16

Tabla 10-7: Datos de los principales autoconsumidores (valores preliminares)

11 Planos

11.1 Diseño estructural: ilustración de las dimensiones exteriores

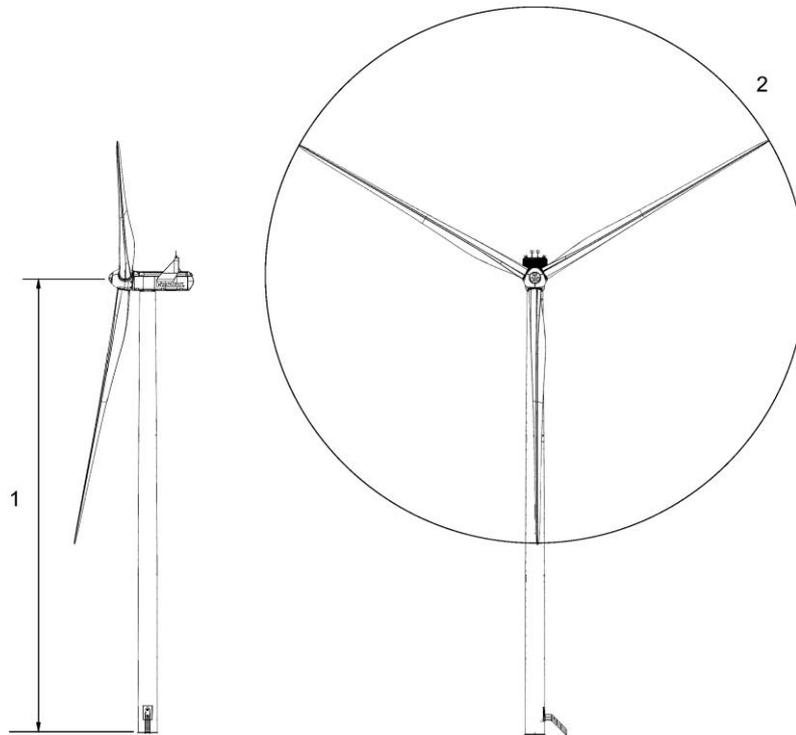


Figura 11-1: Ilustración de las dimensiones exteriores (estructura)

- 1** Alturas del buje: consulte las Especificaciones de rendimiento **2** Diámetro del rotor: 105-136 m

11.2 Diseño estructural: plano de perfil

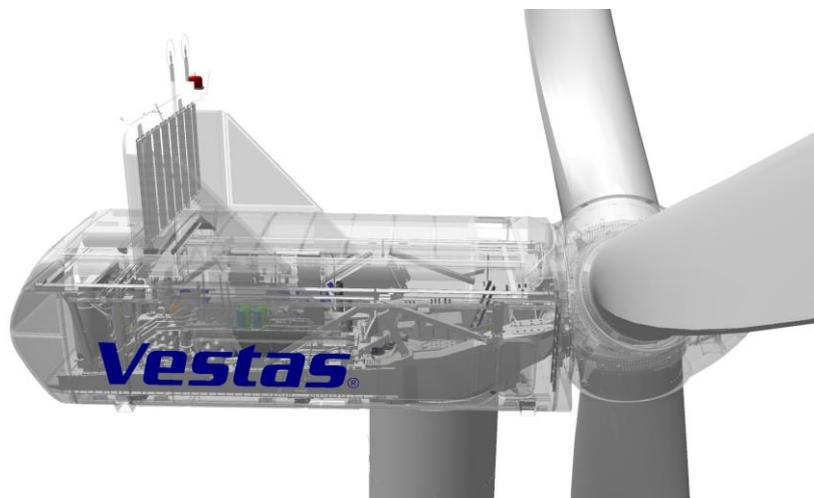


Figura 11-2: Plano de perfil

12 Observaciones generales, notas y descargos de responsabilidad

- © 2016 Vestas Wind Systems A/S. El presente documento ha sido creado por Vestas Wind Systems A/S, o sus filiales, y contiene material sujeto a derechos de autor, marcas comerciales y otros tipos de información registrada. Todos los derechos reservados. Ninguna parte del presente documento podrá reproducirse ni copiarse, independientemente de la forma o el medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluido el fotocopiado, la grabación o el uso de sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin el consentimiento previo por escrito de Vestas Wind Systems A/S. Queda prohibido el uso de este documento a menos que Vestas Wind Systems A/S lo autorice expresamente. Las marcas comerciales, así como los avisos de derechos de autor o de otra naturaleza, no se podrán modificar o eliminar del documento.
- Las descripciones generales contenidas en este documento se aplican a la versión actual de aerogeneradores para plataformas de 3 MW. Las versiones actualizadas de los aerogeneradores para plataformas de 3 MW que puedan fabricarse en el futuro podrán diferir de esta descripción general. En caso de que Vestas comercialice una versión actualizada de un aerogenerador para plataformas de 3 MW específico, Vestas proporcionará una descripción general actualizada aplicable a la nueva versión.
- Vestas recomienda que la red eléctrica se acerque lo máximo posible al valor nominal, con variaciones limitadas de frecuencia y tensión.
- Debe preverse un cierto margen de tiempo para el calentamiento del aerogenerador tras una caída de red y/o periodos en los que la temperatura ambiente sea muy baja.
- Todos los parámetros de arranque/parada indicados (por ejemplo, las velocidades del viento y las temperaturas) están equipados con control de histéresis. Esto puede, en determinadas situaciones límite, producir la detención del aerogenerador aunque las condiciones ambientales se sitúen dentro de los parámetros de funcionamiento indicados.
- El sistema de puesta a tierra debe cumplir con los requisitos mínimos de Vestas, así como con todas las normativas y los criterios locales y nacionales, y con todos los códigos de estándares.
- Esta Descripción general no constituye una oferta de venta y no contiene ninguna garantía o verificación en relación con la curva de potencia y los niveles de ruido (incluidos, entre otros, los métodos de verificación de la curva de potencia y los niveles de ruido). Cualquier garantía y/o verificación de la curva de potencia y de los niveles de ruido (incluidos, entre otros, los métodos de verificación de la curva de potencia y los niveles de ruido) deberá acordarse por escrito de forma independiente.