


|  |   |  |                              |
|--|---|--|------------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | <b>CÓDIGO:</b><br><b>GD005900</b>                          | <b>REV. 00</b>               |
|  |   | <b>FECHA: 15/04/05</b>                                     | <i>Pág.1</i><br><i>De 34</i> |
| <b>Título:</b><br><b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b>  |   | <b>Confidencialidad: 3</b>                                 |                              |
| <b>Title:</b><br><b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b>  |   | <b>Doc VWS:</b>  |                              |
|  |   | <b>AUTOR/ AUTHOR: DGF/JRI/ALG</b>                          |                              |
|  |   | <b>REVISADO/CHECKED:</b><br><b>CLP/MBU/CDC/DSS/JGS/NAV</b> |                              |
|  |   | <b>APROBADO/APPROVED: FCA</b>                              |                              |
| <small>This document or embodiment of it in any media and the information contained in it are the property of Gamesa Eólica S.A.. It is an unpublished work protected under copyright laws free of any legal responsibility for errors or omissions. It is supplied in confidence and it must not be used without the express written consent of Gamesa Eólica S.A. for any other purpose than that for which it is supplied. It must not be reproduced in whole or in part in any way (including reproduction as a derivative work) nor loaned to any third part. This document must be returned to Gamesa Eólica S.A. on demand.</small> |   |  |                              |

## INDICE / INDEX

|   |    |
|---|----|
| INDICE / INDEX .....  | 1  |
| REGISTRO DE CAMBIOS/ RECORD OF CHANGES .....                        | 3  |
| 1 DESCRIPCIÓN DEL AEROGENERADOR .....                               | 4  |
| 1.1 Sistema de control .....  | 5  |
| 1.2 Certificados .....  | 6  |
| 1.3 Condiciones climáticas .....                                    | 7  |
| 1.4 Conexión con la red eléctrica .....                             | 7  |
| 1.5 Restricciones generales .....                                   | 8  |
| 2 ELEMENTOS DEL AEROGENERADOR .....                                 | 9  |
| 2.1 Rotor .....   | 9  |
| 2.1.1 General .....   | 9  |
| 2.1.2 Palas .....   | 10 |
| 2.1.3 Buje .....  | 11 |
| 2.1.4 Cono de la nariz .....  | 11 |
| 2.1.5 Rodamientos de pala .....                                     | 11 |
| 2.2 Sistema de cambio de paso .....                                 | 11 |
| 2.3 Eje principal .....   | 12 |
| 2.4 Bastidor .....  | 12 |
| 2.5 Carcasa .....   | 12 |
| 2.6 Medida de viento .....  | 13 |
| 2.7 Sistema de control .....  | 13 |
| 2.7.1 Disposición del sistema de control .....                      | 13 |
| 2.7.2 Pantalla de control .....                                     | 14 |
| 2.7.3 Control del aerogenerador .....                               | 14 |
| 2.8 Comunicación de transformador, armario de control y celda ..... | 16 |
| 2.8.1 Alimentación del rotor del generador .....                    | 16 |
| 2.8.2 Características de los cables del generador .....             | 16 |
| 2.8.3 Fibra óptica .....  | 16 |
| 2.9 Cimentaciones .....   | 16 |
| 2.9.1 Datos principales: .....                                      | 17 |
| 3 PARÁMETROS DE DISEÑO .....  | 18 |
| 3.1 Condiciones del viento .....                                    | 18 |
| 3.2 Verificación de las condiciones de viento .....                 | 19 |
| 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....                                   | 19 |
| 1 WIND-TURBINE DESCRIPTION .....                                    | 4  |
| 1.1 control system .....  | 5  |
| 1.2 Certificates .....  | 6  |
| 1.3 Climatic conditions .....                                       | 7  |
| 1.4 Grid connection .....   | 7  |
| 1.5 General reservations .....                                      | 8  |
| 2 WIND-TURBINE ELEMENTS .....                                       | 9  |
| 2.1 Rotor .....   | 9  |
| 2.1.1 General .....   | 9  |
| 2.1.2 Blades .....  | 10 |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

|                                |   |    |
|--------------------------------|---|----|
| 2.1.3                          | Hub .....   | 11 |
| 2.1.4                          | Nose cone.....  | 11 |
| 2.1.5                          | Blade bearings.....   | 11 |
| 2.2                            | Pitch system .....  | 11 |
| 2.3                            | Main shaft .....  | 12 |
| 2.4                            | Main frame.....   | 12 |
| 2.5                            | Nacelle cover .....   | 12 |
| 2.6                            | Wind measurement.....   | 13 |
| 2.7                            | Control system.....   | 13 |
| 2.7.1                          | Layout of the controller .....  | 13 |
| 2.7.2                          | Control touch terminal.....   | 14 |
| 2.7.3                          | Wind-turbine control.....   | 14 |
| 2.8                            | Communication of transformer, control system and medium voltage switch gear ..... | 16 |
| 2.8.1                          | Generator rotor supply.....   | 16 |
| 2.8.2                          | Generator cables characteristics .....  | 16 |
| 2.8.3                          | Optical fibre.....  | 16 |
| 2.9                            | Foundations .....   | 16 |
| 2.9.1                          | Main data .....   | 17 |
| 3                              | DESIGN PARAMETERS .....   | 18 |
| 3.1                            | Wind conditions .....   | 18 |
| 3.2                            | Wind condition assessment.....  | 19 |
| 4                              | TECHNICAL SPECIFICATIONS .....  | 19 |
| 4.1                            | Cono / Nose cone .....  | 20 |
| 4.2                            | Rotor / Rotor .....   | 20 |
| 4.3                            | Palas / Blades.....   | 21 |
| 4.4                            | Rodamiento de pala / Blade bearing .....  | 22 |
| 4.5                            | Carcasa / Nacelle cover .....   | 22 |
| 4.6                            | Buje de pala / Rotor hub.....   | 22 |
| 4.7                            | Eje Principal / Main shaft .....  | 22 |
| 4.8                            | Soporte del eje / Main shaft support.....   | 23 |
| 4.9                            | Rodamientos del eje / Main shaft bearing .....                                    | 23 |
| 4.9.1                          | Rodamiento delantero del eje principal / Front main shaft bearing .....           | 23 |
| 4.9.2                          | Rodamiento trasero del eje principal / Rear main shaft bearing .....              | 23 |
| 4.10                           | Bastidor delantero / Front main frame.....  | 24 |
| 4.11                           | Sistema de giro / Yaw system .....  | 24 |
| 4.12                           | Mecanismo de giro. Motorreductoras / Yaw gearS .....                              | 24 |
| 4.13                           | Torre / tower .....   | 25 |
| 4.14                           | Multiplicadora / Gearbox .....  | 27 |
| Type                           | .....   | 28 |
| 4.15                           | Acoplamiento Eje de Alta / High Speed Shaft Coupling .....                        | 28 |
| Eje principal – multiplicadora | .....   | 28 |
| 4.16                           | Generador con Convertidor / Generator with Converter .....                        | 28 |
| Tipo                           | .....   | 28 |
| Type                           | .....   | 29 |
| 4.17                           | Freno de aparcamiento / Parking brake.....  | 29 |
| 4.18                           | Grupo hidráulico / Hydraulic unit .....   | 29 |
| 4.19                           | Sensores de viento / Wind sensors.....  | 30 |
| 4.20                           | Unidad de control / Control unit.....   | 30 |
| Programming language           | .....   | 31 |
| 4.21                           | Celda de media Tensión / Medium voltage switch gear .....                         | 32 |
| Tipo                           | .....   | 32 |
| Servicio                       | .....   | 32 |
| Instalación                    | .....   | 32 |
| Nº de fases                    | .....   | 32 |
| Nº embarrados                  | .....   | 32 |

|  |   |                            |                        |
|--|---|----------------------------|------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>         |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>3 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                        |

|  |    |
|--|----|
| Tensión nominal asignada .....   | 32 |
| Tensión del servicio .....   | 32 |
| Frecuencia nominal .....   | 32 |
| Intensidad nominal .....   | 32 |
| Función de protección (P) .....  | 32 |
| Función de conexión a red (L) .....  | 32 |
| Nivel de aislamiento .....   | 32 |
| A tierra, entre polos y entre bornas (frecuencia industrial / tipo rayo) ..... | 32 |
| Intensidad de cortocircuito .....  | 32 |
| Admisible de corta duración (1 s) .....  | 32 |
| Nominal cresta .....   | 32 |
| Resistencia arcos internos .....   | 32 |
| Intensidad .....   | 32 |
| Voltaje .....  | 32 |
| Dimensiones (aprox.) (*) .....   | 32 |
| Peso (aprox.) (*) .....  | 32 |
| 4.22 Transformador / Transformer .....   | 33 |
| 4.23 Pesos / Weights .....   | 34 |
| PESO NACELLE / NACELLE WEIGHT .....  | 34 |

#### REGISTRO DE CAMBIOS/ RECORD OF CHANGES

| Rev. | Fecha/<br>Date | Autor/<br>Author | Descripción     | Description     |
|------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 0    | 15/04/05       | DGF/JRI/ALG      | Versión Inicial | Initial Version |

|  |   |                            |                        |
|--|---|----------------------------|------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>         |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>4 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                        |

## 1 DESCRIPCIÓN DEL AEROGENERADOR

El aerogenerador G8X – 2.0 MW de Gamesa Eólica es un aerogenerador de rotor tripala a barlovento, regulado por sistema de cambio de paso y con sistema de orientación activo. Utiliza el sistema de control capaz de adaptar el aerogenerador para operar en grandes intervalos de velocidad de rotor.

El rotor consiste en tres palas con cambio de paso en la envergadura completa de la pala, rodamiento de pala y buje en fundición nodular. Los diámetros posibles de rotor son los siguientes: 80m, 83m, 87m y 90m.

Las palas son de 39m (G80 y G83 extender metálico), 40,5m (G83), 42,5m (G87) y 44m (G90) de longitud y están realizadas en fibra de vidrio y carbono (en el caso de G87 y G90) utilizando tecnología prepreg. Cada pala consiste de dos conchas pegadas a una viga soporte principal. Insertos especiales de acero conectan la pala al rodamiento de la misma. El rodamiento de la pala es de bolas de 4 – puntos, atornillado al buje.

El sistema de cambio de paso del rotor proporciona una regulación constante del ángulo de operación de la pala con respecto a las condiciones de viento del momento optimizando la producción de potencia y minimizando la emisión de ruido.

A altas velocidades de viento, el sistema de control y el sistema de cambio de paso mantienen la potencia en su valor nominal, independientemente de la temperatura del aire y su densidad. En vientos de velocidades bajas el sistema de cambio de paso variable y de control optimizan la producción de energía seleccionando la combinación óptima de revoluciones y ángulo de paso.

El eje principal transmite la potencia al generador a través de la multiplicadora. La multiplicadora se compone de 3 etapas combinadas, una planetaria y dos de ejes helicoidales paralelos. Desde la multiplicadora la potencia se transmite al generador a través de una junta de composite.

El generador eléctrico es altamente eficiente, de 4 polos, doblemente alimentado con rotor devanado y anillos rozantes.

El freno primario del aerogenerador es aerodinámico por puesta en bandera de las palas. El sistema de cambio de paso independiente proporciona un sistema de seguridad con triple redundancia. El

## 1 WIND-TURBINE DESCRIPTION

The Gamesa Eólica's G8X – 2.0 MW wind-turbine is a three bladed, upwind, pitch regulated and active yaw wind-turbine. It uses the control system concept that enables the wind-turbine to operate in a broad range of variation of rotor speed.

The rotor has three-blades with full span control, pitch bearings and the nodular cast iron hub. The possible diameters of the rotor are the following: 80m, 83m, 87m and 90m.

The blades are 39 m length (G80 and G83 with metallic extender), 40.5m (G83), 42.5m (G87) and 44m (G90) and are made of glass fibre reinforced epoxy and also Carbon in G87 and G90, using the pre-preg moulding technology. Each blade consists of two blade shells, bonded to a supporting beam. Special steel inserts connect the blade to the blade bearing. This bearing is a 4 – point ball type bolted to the hub.

The rotor pitch is variable. This feature provides fine adjustment of the blade-operating angle all the time with respect to the wind conditions each moment. This provides a better power production and a noise emission reduction.

At high wind speeds the control system and the pitch system keep the power output at its nominal value, independently of air temperature and air density. At lower wind speeds the variable pitch system and the control system maximise the power output by choosing the combination of rotor speed and pitch angle which give maximum power coefficient.

The main shaft transmits the power to the generator through the gearbox. The gearbox is a 3-combined-stages, one planetary and two helical parallel shafts, gearbox. From it the power is transmitted via a composite coupling to the generator.

The generator is a high efficiency 4 – pole doubly fed generator with wound rotor and slip rings.

The wind-turbine primary brake is given by full feathering the blades. The individual pitch system gives a triple redundant safety system. The mechanical brake is a parking disc brake system

|  |   |                            |                 |
|--|---|----------------------------|-----------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>  |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>5 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                 |

freno mecánico de aparcamiento es un freno de disco, hidráulicamente activado que se monta en la salida del eje de alta velocidad de la multiplicadora.

Todas las funciones del aerogenerador son monitorizadas y controladas por varias unidades de control basadas en microprocesadores. El sistema de control va instalado en la góndola. El autómatas que gobierna dicho sistema puede estar colocado en la góndola o en la base de la torre. Las variaciones del ángulo de paso de la pala son activadas por un sistema hidráulico que deja que la pala rote 95°. Este sistema hidráulico también proporciona presión al sistema de frenado mecánico y al sistema de orientación de la Nacelle.

El sistema de orientación consiste en cuatro motores operados eléctricamente y controlados por el sistema de control del aerogenerador de acuerdo a la información recibida de los dos anemómetros sónicos colocados en la parte superior de la góndola. El motor del sistema de orientación hace girar los piñones del sistema de giro, los cuales engranan con los dientes de la corona de orientación montada en la parte superior de la torre. El bastidor con las motorreductoras puede girar respecto a la corona de orientación en la torre mediante un cojinete de fricción, el cual posee dispositivos hidráulicos y mecánicos para proveer par de retención.

La cubierta de la góndola es de fibra de vidrio con poliéster, la cual protege todos los componentes de la góndola frente a lluvias, nieve, polvo, rayos solares, etc. El acceso a la góndola desde la torre se realiza a través de la abertura central. La góndola contiene en su interior una grúa de servicio de 800 kg, que puede ser ampliada para elevar los componentes principales hasta 6400kg (8000kg para carga de prueba).

La torre del aerogenerador es tubular y de acero y se suministra pintada con pintura de protección especial anti-corrosión. Gamesa Eólica ofrece un ascensor opcional.

### 1.1 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control asegura que las rpm y el par motor del aerogenerador siempre suministren una potencia eléctrica estable a la red. Este sistema de control además suministra la energía con un factor de potencia deseado a la red eléctrica.

El sistema de control consiste en un generador

hydraulically activated and mounted on the gearbox high-speed shaft.

All functions of the wind turbine are monitored and controlled by several microprocessor based control units. The controller system is placed in the nacelle. The programmable logic controller (PLC) could be placed in the nacelle or in the ground. Blade pitch angle variation is regulated by a hydraulic system actuator which enables the blade to rotate 95°. This system also supplies pressure to the brake system .

The yaw system consists of four gears electrically operated and controlled by the wind turbine controller based on information received from the sonic anemometers mounted on top of the nacelle. The yaw gears rotate the yaw pinions, which mesh with a large toothed yaw ring mounted on the top of the tower. The yaw bearing is a plain bearing system with hydraulic and mechanical devices to provide retention torque.

The nacelle cover is made of glass fibre reinforced polyester and protects all the components inside against rain, snow, dust, sun, etc. Access to the nacelle from the tower is through a central opening. The nacelle houses the internal 800 kg service crane, which can be enlarged to hoist the main components up to 6400kg (8000 kg for test loads).

The steel tubular tower is delivered painted. Gamesa Eólica S. A. offers a service lift in the tubular tower.

### 1.1 CONTROL SYSTEM

The control system ensures that both the rotor speed and the drive torque of the wind turbine always transform into a steady and stable electric power eventually injected into the grid. This control system also obtains an optimum power factor to the grid.

The control system consists of an effective

|  |   |                            |                 |
|--|---|----------------------------|-----------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>  |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>6 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                 |

asíncrono de rotor devanado, anillos rozantes, dos convertidores de 4 cuadrantes de tecnología IGBT, contactores y protección eléctrica. Debido a la forma de funcionamiento que tiene el generador y como se controla, desde la red (es decir, desde el estator) éste es visto como un generador síncrono.

El generador está protegido frente a corto-circuitos y sobrecargas. La temperatura es también continuamente monitorizada mediante PT100 en puntos del estator, de rodamientos y de cajón de anillos.

El generador con sistema de control es un generador asíncrono especial el cual es capaz de trabajar con velocidad variable y mantener la potencia constante simultáneamente. Esta mejora es ejecutada por control de las intensidades en el rotor. Por medio del control de las corrientes en el rotor, el factor potencia se puede ver como un parámetro definible por el sistema de control. Como resultado las pérdidas en la red eléctrica decrecen.

Otro resultado de la generación síncrona que caracteriza al sistema de control es la "suave" conexión a la red eléctrica. Por lo tanto, conexiones y desconexiones suaves a la red eléctrica se obtienen fácilmente.

La turbina G8X – 2.0 MW es capaz de operar a una velocidad variable entre 900 o 1000 rpm (dependiendo de la electrónica de potencia) y 1900 rpm para 50Hz y entre 1080 o 1200 rpm (dependiendo de la electrónica de potencia) y 2280 rpm para 60Hz. El sistema de control tiene flexibilidad intrínseca respecto a optimización de energía, mínimo ruido durante el funcionamiento y reducción de cargas en la multiplicadora y en otros componentes.

## 1.2 CERTIFICADOS

El Diseño del aerogenerador G80 – 2.0 MW ha sido realizado de acuerdo con la norma IEC 61400 – 1, Ed. 2 para Clases IA (60m, 67m y 78m) y IIA. (60m, 67m, 78m y 100m) y de acuerdo a la norma DIBt (para Alemania) para zonas de viento II (60m, 67m, 78m y 100m) y III (60m, 67m y 78m). Asimismo para las clases IA y IIA se dispone de los Certificados de Tipo.

El diseño del aerogenerador G83 – 2.0 MW está certificado de acuerdo con la norma IEC 61400–1, Ed. 2 como Clase IIA (67m y 78m). En estos días Gamesa está trabajando para conseguir el

asynchronous generator with wound rotor, slip rings, two 4-quadrant converters with IGBT switches, contactors and protection. Because the way this generator is controlled it is seen from the grid (i.e., from the stator) as a synchronous generator.

The generator is protected against short-circuits and overloading. The temperatures are also continuously monitored by PT100's in stator hotspot points, bearings and in slip ring unit.

The generator in the control system is a special asynchronous generator which is able to run with variable speed and simultaneously keep the power constant. This feature is achieved by control of the rotor currents. By means of controlling of the these currents, the power factor can be viewed as a configurable parameter of the control system. As a result the losses in the electrical grid decrease.

Another result of the synchronous generation that characterizes the control system is the 'soft' connection to the grid which means a smooth connection/disconnection to grid.

Wind-turbine G8X – 2.0 MW operates with a variable speed range of 900 or 1000 (depending on the power electronics) and 1900 rpm.for 50Hz and 1080 or 1200 (depending on the power electronics) and 2280 rpm for 60Hz. The control system has built in flexibility regarding energy optimisation, low noise during operation and reduction in loads on gearbox and other components.

## 1.2 CERTIFICATES

The G80 – 2.0 MW wind turbine's design has been certified according to the IEC 61400 – 1, Ed. 2 Standard as Class IA (60m, 67m and 78m) and IIA (60m, 67m, 78m and 100m) and according to DIBt Rules (for Germany) for Wind zone II (60m, 67m, 78m and 100m) and wind zone III (60m, 67m and 78m). As well as these certifications for the Classes IA and IIA it is available the Type Certificates.

The G83–2.0 MW wind turbine's design has been certified according to the IEC 61400 – 1, Ed. 2 Standard as Class IIA (67m and 78m). In these days Gamesa is working on the Type Certificate.

|  |   |                            |                 |
|--|---|----------------------------|-----------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>  |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>7 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                 |

certificado Tipo.

El diseño del aerogenerador G87 – 2.0 MW está certificado de acuerdo con la norma IEC 61400–1, Ed. 2 como Clase IIA (67m y 78m) y de acuerdo a la norma DIBt (para Alemania) para zonas de viento II (67m y 78m). En estos días Gamesa está trabajando para conseguir el certificado Tipo.

El diseño del aerogenerador G90 - 2.0 MW se encuentra en proceso de certificación de acuerdo con la norma IEC 61400–1, Ed. 2 como Clase IIIA (67m y 78m) y DIBt WZ II(67m y 78m).

### 1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El aerogenerador está diseñado para temperaturas ambiente exteriores entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+30^{\circ}\text{C}$ . Bajo petición expresa del cliente, se suministrarán aerogeneradores en versiones de alta y baja temperatura.

#### Versión Altas Temperaturas.

- El rango de funcionamiento de la versión de altas temperatura es de  $-20^{\circ}+40^{\circ}$

#### Versión Bajas Temperaturas.

- El aerogenerador está diseñado para funcionar a temperaturas ambiente entre  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $+30^{\circ}\text{C}$ , siendo el límite inferior de  $-40^{\circ}\text{C}$  en condiciones de máquina parada. En condiciones de arranque en frío tras parada prolongada el límite inferior es de  $-25^{\circ}\text{C}$ .

El aerogenerador se puede colocar en parques con una distancia de al menos 5 diámetros de rotor (400m - 450m ) entre aerogeneradores en la dirección predominante del viento. Si los aerogeneradores se sitúan en fila, perpendicularmente a la dirección predominante del viento, la distancia entre los mismos deberá ser de al menos 3 diámetros de rotor (240 m – 270m).

La humedad relativa puede ser de 100% (máximo el 10% del tiempo). Se proporciona protección contra corrosión conforme a ISO 12944-2 para corrosión de tipo C5-M (fuera), C4-H dentro del buje y C3-H dentro de la Nacelle. A petición del cliente se puede suministrar una máquina para ambientes corrosivos, la cual dispone de protección C4-H también en los elementos no calientes del interior de la Nacelle.

### 1.4 CONEXIÓN CON LA RED ELÉCTRICA

El aerogenerador debe conectarse a una red de media tensión a 10-33 kV. El aerogenerador

The G87–2.0 MW wind turbine's design has been certified according to the IEC 61400 – 1, Ed. 2 Standard as Class II<sub>A</sub> (67m and 78m) and according to DIBt Rules (for Germany) for Wind zone II (67m and 78m). In these days Gamesa is working on the Type Certificate.

The design assessment of the G90–2.0 MW wind turbine is currently being carried out according to the IEC 61400 – 1, Ed. 2, Standard as Class IIIA (67m and 78m) and DIBt WZ II (67m and 78m).

### 1.3 CLIMATIC CONDITIONS

The wind turbine is designed for ambient temperatures ranging from  $-20^{\circ}\text{C}$  to  $+30^{\circ}\text{C}$ . Under explicit request of the customer, the wind turbine can be supplied in High and Low temperature versions.

#### High Temperature Version.

- The operating rank of the High Temperature version increases temperature to  $-20^{\circ}+40^{\circ}$

#### Low Temperature Version.

- The wind turbine is designed for operating at ambient temperatures ranging from  $-30^{\circ}\text{C}$  to  $+30^{\circ}\text{C}$ , with this range extended until  $-40^{\circ}\text{C}$  with the machine stopped. If the operation of the machine starts after being stopped during long time at low temperatures, this lower temperature limit is  $-25^{\circ}\text{C}$ .

The wind turbines should be placed in wind farms with a distance of at least 5 rotor diameters (400 m – 450m) between each other measured along the predominant wind direction. If wind turbines are placed along a row, perpendicularly to the predominant wind direction, the distance between them should be of at least 3 rotor diameters (240m – 270m).

The relative humidity can be 100 % (10% of time maximum). Corrosion protection for corrosion class C5-M (outside), C4-H inside the hub and C3-H inside the Nacelle according to ISO 12944-2 are provided. Under request of the customer a corrosive ambient version can be supplied, this machine has a C4-H corrosion class also on the non hot components inside the Nacelle.

### 1.4 GRID CONNECTION

The wind turbines must be connected to medium-voltage grid at 10-33 kV. The standard wind turbines

|  |   |                            |                 |
|--|---|----------------------------|-----------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>  |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>8 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                 |

estándar se conecta a una red de 20 kV, otros niveles de tensión dentro del intervalo indicado pueden ser desarrollados a petición del cliente. El voltaje máximo del equipamiento es 36 kV ( $U_m$ ). La conexión del cable de media tensión se realiza en la parte inferior de la torre.

El transformador de la turbina debe estar ajustado a la tensión de la red eléctrica. Al realizar el pedido, Gamesa Eólica necesitará información precisa sobre la tensión de la red para elegir la tensión nominal del transformador y el tipo de conexión del devanado. Gamesa Eólica ofrece como opción las celdas de conexión.

El aerogenerador puede generar energía reactiva. No obstante, en algunas ocasiones, el aerogenerador limitará la potencia reactiva para preservar su funcionamiento.

El voltaje de la red de media tensión estará dentro del intervalo  $\pm 5\%$ . Variaciones entre  $+1/-3$  Hz (50 Hz) son aceptables. Intermitentes o rápidas fluctuaciones de la frecuencia de la red eléctrica pueden causar serios problemas al aerogenerador.

Caídas de la red eléctrica solamente deberían ocurrir una vez por semana como promedio durante la vida del aerogenerador.

Debe existir una conexión de tierra de máx. 10  $\Omega$ .

El sistema de tierra se deberá acomodar a las condiciones del terreno. La resistencia al neutro de la conexión a tierra deberá ser conforme a los requisitos de las autoridades locales.

### 1.5 RESTRICCIONES GENERALES

Durante los periodos de vientos bajos, es de esperar un aumento del consumo de potencia para el calentamiento y la deshumidificación de la góndola.

Respecto a la acumulación de fuertes hielos, es de esperar interrupciones en la operación. En algunas combinaciones de vientos altos, altas temperaturas, temperatura baja del viento, baja densidad y/o bajo voltaje, puede ocurrir una disminución de la potencia nominal para asegurar que las condiciones térmicas de algunos componentes principales como la multiplicadora, generador, transformador, cables de potencia, etc. se mantengan dentro de los límites.

Generalmente se recomienda que el voltaje de red

is connected to a 20 kV grid, other voltage levels inside the indicated range can be developed when asked by the customer. The maximum voltage of the equipment is 36 kV ( $U_m$ ). The MV-cable connection is made in the bottom of the tower.

The transformer in the turbine must be adjusted to the grid voltage. When ordering GAMESA EÓLICA S.A. will need precise information about grid voltage, as to choice the transformer's nominal voltage as well as the type of winding connection. GAMESA EÓLICA S.A. offers the switch gear as an option.

The wind-turbine may generate reactive. Nevertheless, in some occasions, the wind-turbine will limit the reactive power so as to preserve its operation.

The voltage of the medium voltage grid shall be within the range  $\pm 5\%$ . Variations within  $+1/-3$  Hz (50 Hz) are acceptable. Intermittent or rapid grid frequency fluctuations may cause serious damage to the turbine.

Grid dropouts must, as an average over the entire lifetime of the wind-turbine, only take place once a week.

A ground connection of maximum 10  $\Omega$  must be present.

The earthing system must be accommodated to local soil conditions. The resistance to neutral earth must be according to the requirements of the local authorities.

### 1.5 GENERAL RESERVATIONS

During periods of low wind, an increased own consumption of power for heating and dehumidification of the nacelle must be expected.

Regarding heavy icing up, interruptions in operation may be expected. In certain combinations of high wind speeds, high temperature, low air temperature, low air density and/or low voltage, power derating may happen to ensure that the thermal conditions of the main components such as gearbox, generator, transformer, power cables, etc. are kept within limits.

It is generally recommended that the grid voltage is

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

eléctrica se mantenga tan cerca del nominal como sea posible. En caso de caída de la red eléctrica y muy bajas temperaturas, se debe esperar un cierto tiempo para el calentamiento antes de que el aerogenerador comience a operar.

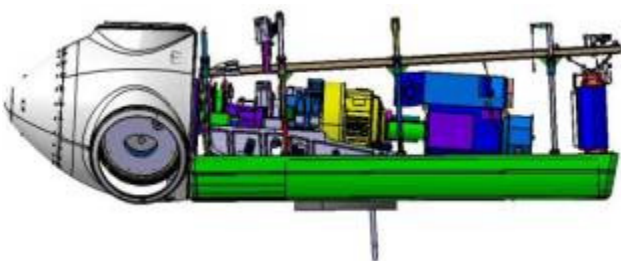
Si el terreno, dentro de un radio de 100 m a partir de un aerogenerador, tiene una pendiente de más de 10°, pudieran ser necesarias consideraciones particulares.

Si el aerogenerador se sitúa a más de 1000 m sobre el nivel del mar, podría ocurrir una subida de temperatura mayor de lo normal en el generador, el transformador y otros componentes eléctricos. En dicho caso, podría suceder una reducción periódica de la potencia nominal, incluso si la temperatura ambiente está dentro de los límites especificados. Además en los emplazamientos situados a más de 1000 m sobre el nivel del mar el riesgo de congelación se verá aumentado.

Debido a los cambios y actualizaciones en nuestros productos, Gamesa Eólica S.A. se reserva el derecho a cambiar las especificaciones.

## 2 ELEMENTOS DEL AEROGENERADOR

La Figura 1 muestra la disposición de los diferentes elementos en la góndola del aerogenerador G8X – 2.0 MW.



**Figura 1** Vista lateral de la del aerogenerador G8X-2.0 MW.

### 2.1 ROTOR

#### 2.1.1 General

El rotor del aerogenerador G8X-2.0 MW es un rotor de tres palas unidas a un buje esférico mediante los rodamientos de pala. El rotor está dotado de un ángulo de conicidad de 2°, que aleja la punta de las palas de la torre.

as close to nominal as possible. In case of grid dropout and very low temperatures, a certain time for heating must be expected before the wind turbine can start to operate.

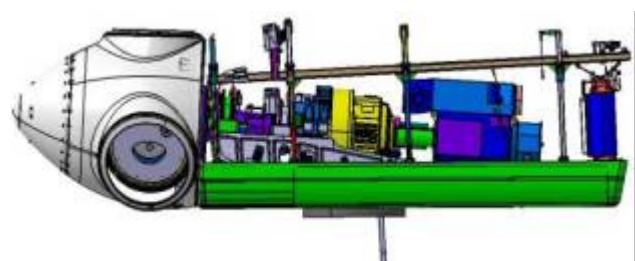
If the terrain within a 100 m radius of the turbine has a slope of more than 10°, particular considerations may be necessary.

If the wind-turbine is placed in more that 1000 m above the sea level, a higher temperature rise than usual might occur in the generator, transformer and other electrical components. In this case a periodic reduction of rated power might occur, even if the ambient temperature is within the specified limits. Furthermore, also at sites in more than 1000 m above sea level, there will be an increased risk of icing-up.

Due to continuous updating of our products, Gamesa Eolica S.A. reserves the right to change these specifications.

## 2 WIND-TURBINE ELEMENTS

Figure 1 shows the location of the different elements in the nacelle of the G8X– 2.0 MW wind-turbine.



**Figure 1** Side view of G8X-2.0 MW wind-turbine.

### 2.1 ROTOR

#### 2.1.1 General

The rotor of G8X-2.0 MW consists of three blades attached to a cast iron hub through the blade bearings and the pitch regulation system. The blade coning is 2° so that, the blade tip is kept away from the tower

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>10 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

### 2.1.2 Palas

Las palas del aerogenerador G8X-2.0 MW tienen un sistema conductor de rayos que recoge las descargas eléctricas mediante receptores y las transmite, vía un cable de cobre que recorre la pala longitudinalmente hasta la raíz y que se transmiten a la nacelle. La distancia de la raíz de las palas hasta el centro del buje es de 1 m.

Las palas del aerogenerador G8X-2.0 MW están fabricadas en material compuesto, con resina epoxy y fibra de vidrio. En su fabricación se emplea la tecnología de los preimpregnados ("prepreg"), que permiten controlar de un modo muy preciso el volumen de fibra del material y, con él, las propiedades mecánicas de las palas. En el caso de G87 y G90 se ha optimizado el diseño mediante la utilización de un sistema híbrido (vidrio – carbono) en la viga. El método de fabricación de la viga es manual y por Tape Winding hasta ser automatizado en su totalidad, en G87 y G90, mediante la técnica de Tape Placement y Tape Winding. Esto repercute en la repetitividad de sus características mecánicas y por tanto aumenta la calidad respecto a otras tecnologías.

La estructura de las palas del aerogenerador G8X-2.0 MW está formada por un larguero interior alrededor del cual va pegado el revestimiento, formado por dos conchas fabricadas por separado. La misión del larguero es aportar resistencia estructural al conjunto, resistir las cargas propias de la pala y transmitir esfuerzos al buje.

El revestimiento tiene la forma aerodinámica adecuada para convertir la energía cinética del viento en par motor para la generación de electricidad.

El larguero es en sí mismo una viga de sección tubular cerrada con una geometría adaptada a la forma aerodinámica de los perfiles de la pala. El revestimiento es una estructura sándwich con núcleo de PVC y laminados de fibra de vidrio en resina epoxy.

Es en el larguero de G87 y G90 donde se introduce fibra de carbono. Esto provoca un aumento de rigidez y una disminución de peso respecto a las palas de fibra de vidrio. Las palas de fibra de vidrio están dimensionadas por deflexión máxima. En palas de gran longitud esto provocaría un gran aumento de peso. La introducción de fibra de carbono permite dimensionar las palas por tensión,

### 2.1.2 Blades

The blades of the G8X-2.0 MW are fitted with lightning receptors to ensure that lightning discharges are conducted via the copper cable through the blade to the root and transmitted to the nacelle. The distance between the blade root and the centre of the hub is 1 m.

The blades of the G8X-2.0 MW windturbine are made of glass fibre reinforced epoxy. Their manufacture is based on the pre-preg moulding technology. This technique allows a very accurate control of the volume of material and, therefore, of the mechanical properties of the resulting blade. On G87 and G90 the design has been optimised using an hybrid system on the beam (glass – carbon). The fabrication method of the beam is manual and using Tape Winding until it's being totally automated on G87 and G90 with the Tape Placement and Tape Winding techniques. This processes increase the quality of the blades because the mechanical properties are highly controlled.

The structure of the G8X-2.0 MW is an internal spar and two shells -made separately- surrounding it. The role of this spar is to provide structural resistance to the whole system, bear the own blade loads and transmit the stresses to the hub.

On the other hand, the shells have no structural mission but own the adequate aero-dynamical shape to convert the kinetic energy of the wind into drive torque to generate electricity.

The internal spar is essentially a closed beam of tubular cross-section and its geometry is adapted to the aero-dynamic profile of the blade at each station. The outer part (shells) is a sandwich-like construction formed by a PVC core and glass fibre-epoxy laminates.

The carbon – fibre is introduced on the internal spar of the G87 and G90. This increases the rigidity and reduces the total weight comparing to the glass – fibre. The glass – fibre blades are dimensioned by the maximum deflection. On high length blades this would increase the weight so much. The carbon – fibre permits to dimension the blades by the tension, optimising the amount of material. This fact, added

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>11 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

quedando por tanto la cantidad de material optimizada. Este hecho, unido a la sensiblemente mayor relación rigidez / peso de la fibra de carbono respecto de la fibra de vidrio, reduce considerablemente el peso final de la pala y, a la postre, las cargas del resto de componentes del aerogenerador.

La unión de la pala al rodamiento de pala es atornillada. Se practican 90 agujeros en la sección de raíz del larguero en los que se introducen insertos metálicos roscados, para facilitar la unión atornillada.

### 2.1.3 Buje

El buje es de forma esférica y está fabricado en fundición nodular. Está montado directamente en el eje principal. Posee una abertura en la parte frontal que permite el acceso al interior para realizar inspecciones y mantenimiento tanto de la hidráulica del buje como del par de apriete a los tornillos de las palas.

### 2.1.4 Cono de la nariz

El cono de la nariz protege el buje y los rodamientos de pala del ambiente. El cono se atornilla a la parte frontal del buje.

### 2.1.5 Rodamientos de pala

Los rodamientos de la pala son la interfaz entre la pala y el buje y permiten el movimiento de cambio de paso. Son rodamientos de bolas con doble hilera con juntas sellantes y agujeros pasantes en la pista exterior para la unión con el buje y en la pista interior para la unión a la pala.

## 2.2 SISTEMA DE CAMBIO DE PASO

El sistema de cambio de paso actúa durante todo el tiempo de funcionamiento del aerogenerador: (i) Cuando la velocidad del viento es inferior a la nominal el ángulo de paso seleccionado es aquel que maximiza la potencia eléctrica obtenida para cada velocidad del viento; (ii) Cuando la velocidad del viento es superior a la nominal el ángulo de paso es aquél que proporciona la potencia nominal de la máquina.

El movimiento de cambio de paso de la pala es un giro alrededor de su eje longitudinal. Para conseguir este movimiento en el aerogenerador G8X-2.0 MW se utiliza un sistema hidráulico, que a través de un

with higher rigidity/weight relation of the carbon – fibre, reduces the total weight and as a result the loads of the rest of the components.

The attachment of the blade to its bearing is bolted. This is attained by means of 90 steel threaded inserts embedded in the laminate of the blade root.

### 2.1.3 Hub

The hub is spherical and manufactured in nodular cast iron. It is directly mounted on the main shaft and has an frontal opening for internal inspections and maintenance of the hydraulic system of the hub and tightening the blade bolts.

### 2.1.4 Nose cone

The hub and the blade bearings are entirely enclosed and protected from the outside environmental conditions by the nose cone. It is bolted on front of the hub and supported by the blade bearings.

### 2.1.5 Blade bearings

The blade bearings fasten the blade with a rotating connection to the hub. The bearing is a double row 4-point contact ball bearing with seals. It has through holes in the outer ring for connecting with the hub and in the inner ring for connecting with the blade.

## 2.2 PITCH SYSTEM

The pitch system is working all the times of operation of the wind turbine: (i) When the wind speed is below the rated one the pitch angle is chosen so the electrical power output is maximised for each wind speed; (ii) When the wind speed is above the rated one the pitch angle is adjusted to yield the rated power.

The pitch movement of the blade is a rotation around its longitudinal axis. This movement in G8X-2.0 MW wind-turbine is attained by an hydraulic system, which set the three blades at the same pitch angle

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>12 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

cilindro independiente por pala, coloca las tres palas al mismo ángulo de paso en cada instante.

### 2.3 EJE PRINCIPAL

La transmisión del par motor que provoca el viento sobre el rotor hasta la multiplicadora se realiza a través del eje principal. El eje se une al buje con una brida atornillada y está apoyado sobre rodamientos alojados en soportes fundidos. Todas las cargas, excepto el par tursor, son transmitidas al bastidor a través de estos soportes. La unión con la entrada de baja velocidad de la multiplicadora se consigue con un disco cónico de apriete que transmite el par por fricción.

El eje está fabricado en acero forjado y tiene un orificio central longitudinal para alojar las mangueras hidráulicas y los cables de control del sistema de cambio de paso.

### 2.4 BASTIDOR

El bastidor del aerogenerador G8X-2.0 MW se ha diseñado bajo los criterios de simpleza mecánica y robustez adecuada para soportar los elementos de la góndola y transmitir las cargas hasta la torre. La transmisión de estas cargas se realiza a través del cojinete de la corona de orientación.

El bastidor se divide en dos partes:

- (i) El bastidor delantero es una pieza de fundición donde se fijan los soportes del eje principal y la corona de orientación.
- (ii) El bastidor trasero está formado por dos vigas unidas por su parte delantera y trasera. Esta parte ha sido diseñada para soportar al generador (derecha), el controlador del *Top* (izquierda) y el transformador. Entre ellas el suelo de la góndola permite el acceso para la realización de tareas de reparación y mantenimiento.

### 2.5 CARCASA

La carcasa es la cubierta que protege los componentes del aerogenerador que se encuentran en la góndola. Está fabricada en resina poliéster con fibra de vidrio.

En el interior de la góndola hay suficiente espacio

every time by means of an independent cylinder for each blade.

### 2.3 MAIN SHAFT

The main shaft transmits the drive torque from the rotor to the gearbox. The shaft is joined to the hub through a bolted flange and is supported by two bearings in cast main bearing houses. All loads, except the driving torque, are transmitted to the main frame through the supports. The main shaft is fixed to the low speed hollow shaft of the gearbox with a conical joint that transmits the torque by friction.

The main shaft is manufactured in forged alloy steel. It features a hole to house the hoses for hydraulic oil and cables for pitch control system.

### 2.4 MAIN FRAME

The machine main frame has been designed to result in a simple and robust foundation suitable for the nacelle components and machinery. It transmits the loads from these elements to the tower through the yaw bearing system.

The nacelle main frame is divided in two parts:

- (i) The front foundation is a cast piece where the supports of the main shaft and the yaw ring are fixed.
- (ii) The rear frame is composed by two beams joined both at their rear and front ends. This part has been designed as to support the generator (right), controller (left) and the transformer. Between them, the nacelle floor allows both repair and maintenance tasks to be done.

### 2.5 NACELLE COVER

The nacelle housing is the cover for the protection of the mechanical components from the actions of the environment. This cover is manufactured in glass fibre reinforced polyester. Sufficient standing and working area is provided in the inner of the nacelle for service and maintenance work.

A hatch at the front of the cabin gives access to the

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>13 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

para realizar las operaciones de reparación y mantenimiento del aerogenerador. Una trampilla en la parte frontal permite el acceso al interior del cono, y una trampilla en el suelo de la parte trasera permite operar con la grúa. Las 2 claraboyas del techo proporciona luz solar por el día, ventilación adicional y acceso al exterior, donde se encuentran los instrumentos de medida de viento y el pararrayos.

Las partes giratorias están debidamente protegidas para garantizar la seguridad del personal de mantenimiento.

## 2.6 MEDIDA DE VIENTO

En el exterior de la capota, en la parte trasera, dos mástiles verticales sirven de soporte del anemómetro sónico y anemo+veleta para medida del viento.

## 2.7 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control monitoriza y gobierna todas las funciones del aerogenerador G8X-2.0 MW de manera que las actuaciones sean óptimas en todo momento. El sistema de control registra continuamente las señales de los distintos sensores del aerogenerador, y cuando detecta algún error realiza las acciones oportunas para subsanarlo. El sistema de control detiene el aerogenerador si el error detectado así lo requiere.

Existe una pantalla táctil en la que se presentan datos de operación y que permite la interacción del usuario con el aerogenerador, y un sistema de control que está preparado para la monitorización y el control remoto si es necesario.

### 2.7.1 Disposición del sistema de control

El soporte físico del sistema de control se reparte en tres armarios:

1. Controlador de la "nacelle" situado en la nacelle.
2. Controlador "ground" situado en la base de la torre.
3. Controlador del buje situado en la parte giratoria del aerogenerador.

A su vez, el controlador de la "nacelle" se divide en tres partes:

1. Sección de control: se encarga de las tareas

inside of the nose cone and the hub. A hatch in the ground of the rear part of the nacelle cover can be opened to operate the service crane. The 2 skylight hatches provide diurnal lighting and additional ventilation and enables easy access to the nacelle roof where the wind sensors and the lightning rods are placed.

High-speed rotating parts are conveniently covered by protective screens providing adequate safety for maintenance personnel.

## 2.6 WIND MEASUREMENT

Outside the nacelle, in the rear part, two vertical mast support the ultrasonic anemometer and the cup anemometer + windvane for measuring the wind speed and direction.

## 2.7 CONTROL SYSTEM

The controller monitors and controls all functions in the G8X wind-turbine to ensure that its performance is optimal at any wind speed. It continuously scans the signals from the sensors in the wind turbine so that as soon as an error is detected, the appropriate handling takes place. The controller will stop the turbine if the detected error requires so.

There exists a touch screen in which operational data are displayed. The controller is designed as to allow remote monitoring and control in case these features are required. It is also supervised by the system watchdog so that, its correct operation is permanently guaranteed

### 2.7.1 Layout of the controller

The control system hardware is placed in three parts:

1. "Nacelle" controller, located at the nacelle.
2. "Ground" controller, located at the bottom of the tower.
3. "Hub" controller, located at the rotating element of the wind-turbine (inside the hub).

The "nacelle" controller is divided into three parts further:

1. Control section: It is charged of the proper

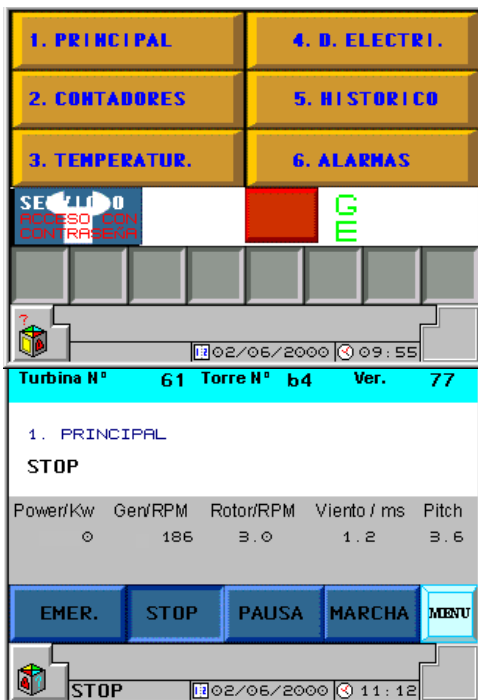
|  |   |                            |                         |
|--|---|----------------------------|-------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>          |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>14 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                         |

propias del gobierno de la góndola, i.e. monitorización del viento, cambio del ángulo de paso, orientación, control de la temperatura interior.

- Convertidor de frecuencia: se encarga del control de potencia y de gestionar la conexión y desconexión del generador de la red.
- Sección de embarrados y protecciones: en esta parte se encuentra la salida de la potencia producida con las protecciones eléctricas necesarias.

### 2.7.2 Pantalla de control

Desde la pantalla táctil del “ground” se puede tanto observar algunos datos de la operación del aerogenerador como detener y arrancar la máquina, entre otras acciones. También se puede conectar una pantalla portátil al controlador de la “nacelle” para realizar estas tareas.



**Figura 2.** Distintos modos de la pantalla de control.

### 2.7.3 Control del aerogenerador

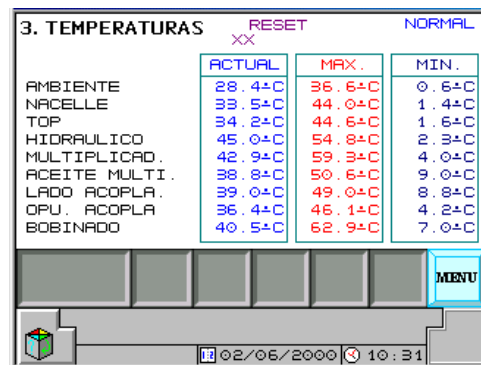
La velocidad de giro del aerogenerador y el ángulo de paso de las palas se modifican en cada instante dependiendo de la velocidad de viento que llega a la máquina. El sistema de control se encarga de elegir los valores adecuados de estas variables.

tasks of govern of the nacelle, i. e. wind monitoring, pitch angle change, orientation, inside temperature control.

- Frequency converter: It is charged of the power control and generator-grid connection/disconnection management.
- Bars and protection section: This is in charge of the power output yield with the necessary electrical protections.

### 2.7.2 Control touch terminal

When an operator wants to look at operational data from the turbine, or to start or stop the turbine, he can use the operating panel in the “ground” controller or connect a service panel to the “nacelle” controller.



**Figure 2.** Different operating panel modes.

### 2.7.3 Wind-turbine control

The rotational speed and the pitch angle of the wind-turbine are modified at every instant depending on the existing wind-speed. The control system chooses the adequate values of these variables.



Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

Atendiendo a la velocidad de viento se pueden establecer cuatro fases:

1. *Viento bajo*, con el generador desconectado de la red.
2. *Viento medio*, con el generador conectado, pero sin llegar a generar potencia nominal.
3. *Viento alto*, el generador produce potencia nominal.
4. *Viento muy alto*, el generador está desconectado y la turbina parada.

#### *Viento bajo*

Cuando la velocidad del viento es inferior a la velocidad de arranque de la máquina pero próxima a ésta, el sistema de control coloca las palas a un ángulo de paso cercano a 45°, que proporciona un par de arranque suficientemente alto.

A medida que la velocidad de viento aumenta la velocidad de rotación del rotor también aumenta, y el ángulo de paso se hace disminuir hasta que se alcanzan las condiciones adecuadas para que el generador se conecte.

#### *Viento medio*

A velocidades de viento por encima de la velocidad de arranque y por debajo de la velocidad nominal el sistema de control elige la velocidad de rotación y el ángulo de paso que proporcionan la máxima potencia para cada velocidad de viento.

#### *Viento alto*

Cuando la velocidad de viento es superior a la nominal, la energía contenida en el viento es suficiente para producir potencia nominal, y el ángulo de paso se incrementa para regular la potencia a su valor nominal.

#### *Viento muy alto*

Si la velocidad del viento es superior a la velocidad de parada, el generador se desconecta y el sistema de control lleva las palas a la posición de bandera (cerca a 90°) hasta que la velocidad de viento desciende por debajo de la velocidad de re-arranque y la máquina reanuda la generación de potencia.

Depending on the wind-speed 4 stages can be established:

1. *Low wind*, with the generator disconnected from the grid.
2. *Medium wind*, with the generator connected to the grid, but rated power is not accomplished.
3. *High wind*, the turbine produces rated power.
4. *Very high wind (stop wind)*, the generator is disconnected and the wind-turbine stopped.

#### *Low wind*

When the wind-speed is below, but close to, the start-wind-speed, the pitch angle will be approximately set equal to 45 degrees. This situation will give a sufficiently high start moment to the rotor.

As the wind-speed increases the rotational speed - rotor and generator- also increases, and the pitch angle is shifted down to small angles by the controller till the conditions to generator connection are achieved.

#### *Medium wind*

For wind speeds above the start-wind-speed and below the rated-wind-speed the control system works out the most suitable rotor speed -within a certain range of available operating speeds- and pitch angle so that the electrical power yield is maximum for each wind speed.

#### *High wind*

When the wind-speed exceeds the rated wind speed, the wind kinetic energy is sufficient for the turbine to produce rated power, and the pitch angle is increased to regulate the power to its rated value.

#### *Very high wind*

If the wind-speed is greater than the stop value the generator is disconnected and the control system pitches the blades to full feathered position (~ 90°). Then, the system will wait until the wind-speed has decreased below the re-start wind-speed to re-start the power generation.

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>16 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

## 2.8 COMUNICACIÓN DE TRANSFORMADOR, ARMARIO DE CONTROL Y CELDA

### 2.8.1 Alimentación del rotor del generador

La alimentación del rotor del generador se realiza a través de una salida del transformador principal 690V o a 480V dependiendo del convertidor.

### 2.8.2 Características de los cables del generador.

Estator: Los cables que unen tanto el estator del generador con el armario de control de potencia situado en la nacelle son cables 0.6/1kV 3x240 mm<sup>2</sup> y diseñados de acuerdo a la norma UNE 21150.

Rotor: Se utilizan cables 0.6/1kV 3x70 mm<sup>2</sup>

Los cables que unen el armario de control de potencia con el transformador son cables de tipo 0.6/1kV 1x240 mm<sup>2</sup>.

### 2.8.3 Fibra óptica

Pueden existir dos tipos de fibra óptica utilizadas para comunicaciones en el interior del aerogenerador. Una de ellas es de diámetro 200/230 µm, 4 hilos por manguera. Esta fibra óptica se utiliza para comunicaciones entre los distintos procesadores del aerogenerador y además está protegida contra humedad y roedores. La otra fibra óptica utilizada es de tipo HCS (200/230 µm) para la comunicación entre el autómatas y los módulos de la góndola.

El sistema de telemando utiliza fibra de diámetro 62.5/125 µm, igualmente protegida contra la humedad y los roedores, para comunicar los distintos aerogeneradores.

## 2.9 CIMENTACIONES

A continuación se definen los datos principales de las cimentaciones estándar para el aerogenerador G8X – 2.0 MW con torres IEC IIA de 60, 67, 78 y 100 m y torres IEC IA de 60, 67 y 78m.

Estas cimentaciones se han calculado suponiendo cargas certificadas o en proceso de certificación y un terreno estándar.

En el caso de que las hipótesis manejadas sufran variaciones, los valores definidos no tendrán valor y será necesario un recálculo de la cimentaciones.

## 2.8 COMMUNICATION OF TRANSFORMER, CONTROL SYSTEM AND MEDIUM VOLTAGE SWITCH GEAR

### 2.8.1 Generator rotor supply

The power supply of the rotor of the generator is performed by means of an 690v or 480 V output of the main transformer depending on the converter.

### 2.8.2 Generator cables characteristics.

Stator: The generator stator and the power control board located in the nacelle are connected by means of DN-K 0.6/1kV 3 x 240 mm<sup>2</sup> cables which are designed according to the normative UNE 21150.

Rotor: As in the stator but with a section of 3 x 70 mm<sup>2</sup>.

The power control board and the transformer are connected by means of 0.6/1kV 240 mm<sup>2</sup> cables

### 2.8.3 Optical fibre

There can be two kinds of optical fibre used for communications inside the turbine. One of these has a diameter of 200/230 µm, 4 wires per cable. This fibre is used for the communications between the different processors inside the turbine and besides, it is protected against the humidity and rodents action. The other optical fibre used is HCS (200/230 µm) for the communication between the PLC and the modules in the nacelle.

The remote control uses fibre of diameter 62.5/125 µm to communicate different wind-turbines. This fibre is also protected against the humidity and rodents action.

## 2.9 FOUNDATIONS

Below the main data of standard foundations of the G8X – 2.0 MW wind-turbine with 60 m, 67 m 78 m, and 100 m IEC IIA towers and 60, 67m and 78m IEC IA towers.

These foundations have been calculated using certified loads (or in certification process) and supposing a standard terrain.

In case these hypothesis change, the defined values will not be valid and a new calculation will be necessary.

|  |   |                            |                         |
|--|---|----------------------------|-------------------------|
|   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>          |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>17 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                         |

Para cada emplazamiento, será necesario revisar las características del terreno junto con los datos de viento para seleccionar la cimentación más adecuada.

It will be necessary to revise the characteristics of the terrain and wind data to select the most convenient foundation for each site.

#### 2.9.1 Datos principales:

#### 2.9.1 Main data

- Dimensiones de las zapatas para torres IEC IIA:

- Dimensions of foundations of IEC IIA towers:

| Dimensión                      | Dimensions                      | T60m  | T67m  | T78m  | T100m | Unit |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Lado zapata, L                 | Foundation length, L            | 12.8  | 12.8  | 14.5  | 16    | m    |
| Canto exterior, h <sub>e</sub> | Exterior height, h <sub>e</sub> | 1     | 1.5   | 1     | 1.6   | m    |
| Canto central, h <sub>c</sub>  | Central height, h <sub>c</sub>  | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.6   | m    |
| Diámetro virola cimentación    | Foundation belt diameter        | 4.034 | 4.034 | 4.038 | 4038  | m    |

- Mediciones de materiales para zapatas de torres IEC IIA:

- Materials of foundations of IEC IIA towers:

| Material                   | Material                    | T60m  | T67m  | T78m  | T100m | Unit           |
|----------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Hormigón limpieza HM-20    | HM-20 concrete              | 16.4  | 16.4  | 21    | 25.6  | m <sup>3</sup> |
| Hormigón estructural HA-30 | HA-30 structural concrete   | 254.2 | 254.2 | 324   | 418   | m <sup>3</sup> |
| Acero armaduras B 500 S    | Steel reinforcement B 500 S | 22132 | 22132 | 35471 | 44100 | kg             |

- Dimensiones de las zapatas para torres IEC IA:

- Dimensions of foundations of IEC IA towers:

| Dimensión                      | Dimensions                      | T60m  | T67m  | T78m  | Unit |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------|
| Lado zapata, L                 | Foundation length, L            | 15    | 14.9  | 15.4  | m    |
| Canto exterior, h <sub>e</sub> | Exterior height, h <sub>e</sub> | 1.5   | 1.5   | 1.5   | m    |
| Canto central, h <sub>c</sub>  | Central height, h <sub>c</sub>  | 1.5   | 1.5   | 1.5   | m    |
| Diámetro virola cimentación    | Foundation belt diameter        | 4.034 | 4.034 | 4.038 | m    |

- Mediciones de materiales para zapatas de torres IEC IA:

- Materials of foundations of IEC IA towers:

| Material                   | Material                    | T60m  | T67m  | T78m  | Unit           |
|----------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------|
| Hormigón limpieza HM-15    | HM-15 concrete              | 22.5  | 22.2  | 23.8  | m <sup>3</sup> |
| Hormigón estructural HA-30 | HA-30 structural concrete   | 346   | 341.5 | 364.2 | m <sup>3</sup> |
| Acero armaduras B 500 S    | Steel reinforcement B 500 S | 40300 | 38100 | 40800 | kg             |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

### 3 PARÁMETROS DE DISEÑO.

#### 3.1 CONDICIONES DEL VIENTO.

Las condiciones de viento para un emplazamiento se especifican normalmente por una distribución de Weibull. Esta distribución viene descrita por el factor de escala  $A$  y el factor de forma  $k$ . El factor  $A$  es proporcional a la velocidad media del viento y el factor  $k$  define la forma de la distribución para diferentes velocidades de viento. La turbulencia es el parámetro que describe las variaciones / fluctuaciones a corto plazo del viento.

Las condiciones de diseño de la máquina G8X-2.0 MW se indican a continuación:

### 3 DESIGN PARAMETERS.

#### 3.1 WIND CONDITIONS.

The wind climate for a given site is normally specified by a Weibull distribution. The Weibull distribution is described by the scale factor  $A$  and the shape factor  $K$ . The  $A$  factor is proportional to the mean wind speed and the  $K$  factor defines the shape of the Weibull distribution for different wind speeds. Turbulence is the factor, which describes short-term wind variation/fluctuations.

The design conditions of G8X-2.0 MW are given below:

| Tabla 4 Parámetros de diseño del aerogenerador G8X– 2.0 MW.<br>Table 4 Design parameters of G8X – 2.0 MW wind-turbine. |             |             |             |              |              |              |                 |                | Unidad /Unit | Comentarios /Comments      |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|--------------|----------------------------|
| Class IEC  | DIBT II 60m | DIBT II 67m | DIBT II 78m | DIBT II 100m | DIBT III 67m | DIBT III 78m | II <sub>A</sub> | I <sub>A</sub> |              | IEC 61400-1 Ed. 2          |
| Annual mean wind speed   | 5.9         | 6           | 6.2         | 6.4          | 8.4          | 8.6          | 8.5             | 10             | m/s          | Referred to hub height     |
| Weibull shape parameter, $K$   | 2           | 2           | 2           | 2            | 2            | 2            | 2               | 2              |              |                            |
| Turbulence intensity at 15 m/s, $I_{15}$   | 18          | 18          | 18          | 18           | 18           | 18           | 18              | 18             |              |                            |
| Reference wind 10 min. averaged  | 36.7        | 37.4        | 38.3        | 39,9         | 43.4         | 44.5         | 42.5            | 50             | m/s          | Recurrente period 50 years |
| Reference wind 3 sec. averaged   | -           | -           | -           | -            | -            | -            | 59.5            | 70             | m/s          | Recurrente period 50 years |
| Stop / restart wind speed  | 25 / 20     | 25 / 20     | 25 / 20     | 25 / 20      | 25 / 20      | 25 / 20      | 25 / 20         | 25 / 20        | m/s          | -                          |

Las curvas de potencia (calculadas para una turbulencia del 10 %) junto con las curvas  $C_p$  y  $C_t$  y la producción anual de cada aerogenerador se incluyen en los siguientes documentos:

G80 – 2.0 MW: **FT002002**  
G83 – 2.0 MW: **FT002302**  
G87 – 2.0 MW: **FT002404**  
G90 – 2.0 MW: **FT002403**

The power curves (calculated for a turbulence of 10 %) together with the  $C_p$  and  $C_t$  curves and the annual production of each wind-turbine are included in the following documents:

G80 – 2.0 MW: **FT002002**  
G83 – 2.0 MW: **FT002302**  
G87 – 2.0 MW: **FT002404**  
G90 – 2.0 MW: **FT002403**

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>19 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

### 3.2 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VIENTO.

Los aerogeneradores se pueden colocar bajo diferentes y variadas condiciones climáticas: donde la densidad del aire, la intensidad de turbulencia, la velocidad media del viento y el parámetro de forma  $k$  son los parámetros a considerar. Si la intensidad de turbulencia es alta las cargas en el aerogenerador aumentan y su tiempo de vida disminuye. Por el contrario, las cargas se reducirán y su tiempo de vida aumentará si la velocidad media del viento o la intensidad de turbulencia o ambas son bajas. Por lo tanto, los aerogeneradores pueden colocarse en emplazamientos con alta intensidad de turbulencia si la velocidad media del viento es adecuadamente baja. Las condiciones climáticas han de examinarse si lo prescrito es excedido.

El valor característico, a altura de buje, de la intensidad de turbulencia  $I_{15}$  a la velocidad de viento media *diez-minutal* de 15 m/s se calcula sumando la desviación estándar medida de la intensidad de turbulencia a su valor medio medido o estimado.

En terreno complejo las condiciones de viento serán verificadas sobre la base de medidas realizadas en el emplazamiento. Además, habrá que considerar el efecto de la topografía en la velocidad y perfil del viento, la intensidad de turbulencia y la inclinación del flujo de viento sobre cada aerogenerador.

## 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

A continuación se detallan las especificaciones técnicas de los diferentes componentes del aerogenerador G8X – 2.0 MW.

### 3.2 WIND CONDITION ASSESSMENT.

The turbines can be placed under various climatic conditions: where the air density, the turbulence intensity, the mean wind speed and the shape factor  $K$  are the parameters to be considered. If the turbulence intensity is high the turbine loading increases and the turbine lifetime decreases. On the contrary, the loading will be reduced and the lifetime extended if the mean wind speed or the turbulence intensity, or both, are low. Therefore, the wind-turbines can be placed on sites with high turbulence intensity if the mean wind speed is appropriately low. The climatic conditions have to be examined if the prescribed is exceeded

The characteristic value of hub-height turbulence intensity,  $I_{15}$ , at a min. average wind speed of 15 m/s is calculated by adding the measured standard deviation of the turbulence intensity to the measured or estimated mean value.

For complex terrain, the wind conditions shall be assessed from measurements made at the site. In addition, consideration shall be given to the effect of topography on the wind speed, wind profile, turbulence intensity and flow inclination at each turbine location.

## 4 TECHNICAL SPECIFICATIONS.

The technical specifications of the different components of the G8X – 2.0 MW wind-turbine are listed below:

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>20 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.1 CONO / NOSE CONE

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Dimensiones</b> | Distancia punta-base: 4237 mm<br>Ø max. 3957 mm / Ø base 3300 mm |
| <b>Material</b>    | Fibra de vidrio y resina de poliéster                            |
| <b>Peso</b>        | 310 kg   |

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Dimensions</b> | Tip-base distance: 4237 mm<br>Ø max. 3957 mm; Ø base 3300 mm |
| <b>Material</b>   | Glass fibre and polyester resin                              |
| <b>Weight</b>     | 310 kg   |

#### 4.2 ROTOR / ROTOR

|   |  |
|---|--|
| <b>Diámetro</b>                           | G80 D 80000mm<br>G83 D 83000mm<br>G87 D 87000mm<br>G90 D 90000mm   |
| <b>Área barrida</b>                       | G80 5026,5 m <sup>2</sup><br>G83 5410,6 m <sup>2</sup><br>G87 5944,7 m <sup>2</sup><br>G90 6361,7 m <sup>2</sup> |
| <b>Velocidad de rotación de operación</b> | 9.0 : 19.0 rpm   |
| <b>Sentido de rotación</b>                | Sentido agujas de reloj (vista frontal)  |
| <b>Orientación</b>                        | Barlovento   |
| <b>Ángulo de inclinación</b>              | 6°   |
| <b>Conicidad del rotor</b>                | 2°   |
| <b>Número de palas</b>                    | 3  |
| <b>Freno aerodinámico</b>                 | Puesta en bandera de palas   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Diameter</b>                            | G80 D 80000mm<br>G83 D 83000mm<br>G87 D 87000mm<br>G90 D 90000mm   |
| <b>Swept Area</b>                          | G80 5026,5 m <sup>2</sup><br>G83 5410,6 m <sup>2</sup><br>G87 5944,7 m <sup>2</sup><br>G90 6361,7 m <sup>2</sup> |
| <b>Rotational Speed Operation Interval</b> | 9.0 : 19.0 rpm   |
| <b>Sense of Rotation</b>                   | Clockwise (front view)   |
| <b>Rotor Orientation</b>                   | Upwind   |
| <b>Tilt angle</b>                          | 6°   |
| <b>Blade coning</b>                        | 2°   |
| <b>Number of blades</b>                    | 3  |
| <b>Aero-dynamic brake</b>                  | Full feathering  |

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>21 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.3 PALAS / BLADES

|  |  |
|--|--|
| <b>Concepto estructural</b>                | Conchas pegadas a viga soporte principal   |
| <b>Material</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80/83 Pre-impregnados de fibra de vidrio – epoxy</li> <li>- G87/G90 Pre-impregnados de fibra de carbono - epoxy y fibra de vidrio - epoxy</li> </ul> |
| <b>Conexión de palas</b>                   | Insertos de acero en raíz  |
| <b>Perfiles aerodinámicos</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80/83 NACA 63.XXX + FFA – W3</li> <li>- G87/G90 DU-WX + FFA – W3</li> </ul>  |
| <b>Longitud</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 39m</li> <li>- G83 40,5m</li> <li>- G87 42,5m</li> <li>- G90 44m</li> </ul>   |
| <b>Cuerda de la pala (máxima / mínima)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 3,36m / 0.48 m</li> <li>- G83 3,36m / 0.48 m</li> <li>- G87 3,36m / 0,013m</li> <li>- G90 3,36m / 0,013m</li> </ul>                               |
| <b>Torsión</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 18,74°</li> <li>- G83 18,74°</li> <li>- G87 15,74°</li> <li>- G90 15,74°</li> </ul>   |
| <b>Masa nominal</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 6719 Kg</li> <li>- G83 7274 kg 8656 Kg (extender metálico)</li> <li>- G87 5981 Kg</li> <li>- G90 5983 Kg</li> </ul>                               |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Principle</b>         | Shells bonded to supporting beam  |
| <b>Material</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80/83 Glass fibre reinforced epoxy</li> <li>- G87/G90 Carbon and glass fibre reinforced epoxy</li> </ul>                |
| <b>Blade connection</b>  | Steel root inserts  |
| <b>Airfoils</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80/83 NACA 63.XXX + FFA – W3</li> <li>- G87/G90 DU-WX + FFA – W3</li> </ul>   |
| <b>Length</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 39m</li> <li>- G83 40,5m</li> <li>- G87 42,5m</li> <li>- G90 44m</li> </ul>  |
| <b>Chord (root/ tip)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 3,36m / 0.48 m</li> <li>- G83 3,36m / 0.48 m</li> <li>- G87 3,36m / 0,013m</li> <li>- G90 3,36m / 0,013m</li> </ul>  |
| <b>Max. Twist</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 18,74°</li> <li>- G83 18,74°</li> <li>- G87 15,74°</li> <li>- G90 15,74°</li> </ul>                                  |
| <b>Weight</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G80 6719 Kg</li> <li>- G83 7274 kg; 8656 Kg (metallic extender)</li> <li>- G87 5981 Kg</li> <li>- G90 5983 Kg</li> </ul> |

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>22 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.4 RODAMIENTO DE PALA / BLADE BEARING

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Tipo</b>        | Rodamiento de bola en doble fila 4 puntos de contacto |
| <b>Dimensiones</b> | ø2120 mm / ø1700 mm x 192 mm                          |
| <b>Peso</b>        | 1475 kg   |
| <b>Lubricación</b> | Grasa Aeroshell 14                                    |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Type</b>        | Double row 4 point contact ball bearing |
| <b>Dimensions</b>  | ø2120 mm / ø1700 mm x 192 mm            |
| <b>Weight</b>      | 1475 kg                                 |
| <b>Lubrication</b> | Grease Aeroshell 14                     |

#### 4.5 CARCASA / NACELLE COVER

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| <b>Dimensiones</b> | 10050x1050x3300 mm                    |
| <b>Material</b>    | Fibra de vidrio y resina de poliéster |
| <b>Peso</b>        | 2000 kg                               |

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>Dimensions</b> | 10050x1050x3300 mm              |
| <b>Material</b>   | Glass fibre and polyester resin |
| <b>Weight</b>     | 2000 kg                         |

#### 4.6 BUJE DE PALA / ROTOR HUB

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| <b>Tipo</b>     | Esférico          |
| <b>Material</b> | Fundición nodular |

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Type</b>                    | Spherical                     |
| <b>Material</b>                | Nodular Cast Iron             |
| <b>Material specifications</b> | EN-GJS-400-18U-LT per EN 1563 |

#### 4.7 EJE PRINCIPAL / MAIN SHAFT

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Tipo</b>                       | Eje forjado                                 |
| <b>Dimensiones</b>                | Ø630 mm / brida ø1500 mm / longitud 2690 mm |
| <b>Material</b>                   | Acero templado y revenido                   |
| <b>Especificación de material</b> | 42CrMo4 ó 34CrNiMo6 EN10083                 |
| <b>Peso</b>                       | 6100 kg                                     |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Type</b>                   | Forged shaft                               |
| <b>Dimensions</b>             | Ø630 mm / flange ø1500 mm / length 2690 mm |
| <b>Material</b>               | Quenched and tempered steel                |
| <b>Material specification</b> | 42CrMo4 or 34CrNiMo6 EN10083               |
| <b>Weight</b>                 | 6100 kg                                    |

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>23 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.8 SOPORTE DEL EJE / MAIN SHAFT SUPPORT

|                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Tipo</b>                       | Soporte de fundición            |
| <b>Material</b>                   | Fundición nodular               |
| <b>Especificación de material</b> | EN-GJS-400-18U-LT según EN 1563 |
| <b>Peso</b>                       | 1600 kg                         |

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Type</b>                   | Cast                          |
| <b>Material</b>               | Nodular Cast Iron             |
| <b>Material specification</b> | EN-GJS-400-18U-LT per EN 1563 |
| <b>Weight</b>                 | 1600 kg                       |

#### 4.9 RODAMIENTOS DEL EJE / MAIN SHAFT BEARING

##### 4.9.1 Rodamiento delantero del eje principal / Front main shaft bearing

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Tipo</b>        | Rodamientos de rodillos a rótula.<br>230 / 630 |
| <b>Dimensiones</b> | Ø920 mm / ø630 mm x 212 mm                     |
| <b>Peso</b>        | 485 kg   |
| <b>Lubricación</b> | Grasa LG WM1                                   |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Type</b>        | Spherical Roller Bearings.<br>230 / 630 |
| <b>Dimensions</b>  | Ø920 mm / ø630 mm x 212 mm              |
| <b>Weight</b>      | 485 kg                                  |
| <b>Lubrication</b> | Grease LG WM1                           |

##### 4.9.2 Rodamiento trasero del eje principal / Rear main shaft bearing

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Tipo</b>        | Rodamientos de rodillos a rótula.<br>24188 |
| <b>Dimensiones</b> | Ø720 mm / ø440 mm x 280 mm                 |
| <b>Peso</b>        | 460 kg                                     |
| <b>Lubricación</b> | Grasa LG WM1                               |

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| <b>Type</b>        | Spherical Roller Bearings.<br>24188 |
| <b>Dimensions</b>  | Ø720 mm / ø440 mm x 280 mm          |
| <b>Weight</b>      | 460 kg                              |
| <b>Lubrication</b> | Grease LG WM1                       |

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>24 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.10 BASTIDOR DELANTERO / FRONT MAIN FRAME

|                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Material</b>                   | Fundición nodular               |
| <b>Especificación de material</b> | EN-GJS-400-18U-LT según EN 1563 |

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Material</b>               | Nodular Cast Iron             |
| <b>Material specification</b> | EN-GJS-400-18U-LT per EN 1563 |

#### 4.11 SISTEMA DE GIRO / YAW SYSTEM

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Tipo</b>                     | Corona de orientación con cojinete de fricción |
| <b>Materiales</b>               |  |
| <b>Corona de orientación</b>    | Forjado. 34CrNiMo 6 / 42CrMo4 EN10083          |
| <b>Elemento de fricción</b>     | PETP   |
| <b>Velocidad de orientación</b> | < 0.5°/s                                       |
| <b>Freno de yaw</b>             | Activo hidráulico + Pasivo                     |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Type</b>          | Plain bearing system with built-in friction |
| <b>Materials</b>     |   |
| <b>Yaw ring</b>      | Forged. 34CrNiMo 6 / 42CrMo4 EN10083        |
| <b>Plain bearing</b> | PETP  |
| <b>Yawing speed</b>  | < 0.5°/s.                                   |
| <b>Yaw brake</b>     | Hydraulic active + Passive                  |

#### 4.12 MECANISMO DE GIRO. MOTORREDUCTORAS / YAW GEARS

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Tipo</b>  | 3 etapas epicicloidales                      |
|              | 1 etapa sinfín (ratio máximo 1:10)           |
| <b>Motor</b> | 2.2 kW, motor asíncrono de 6 polos con freno |

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Type</b>  | 3 planetary stages                                   |
|              | 1 worm gear non – locking stage (maximum ratio 1:10) |
| <b>Motor</b> | 2.2 kW, 6 pole asynchronous motor with brake.        |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

**4.13 TORRE / TOWER**

|   |   |
|---|---|
| <b>Tipo</b>                                   | Tronco-cónica tubular   |
| <b>Material</b>                               | Acero al carbono estructural                                      |
| <b>Especificación material</b>                |   |
| <b>Virolas</b>                                | S235 JO / S235 JRG2 / S275J2G3/<br>S355J2G3 / S235 J2G3 / S355 NL |
| <b>Bridas</b>                                 | S355 NL   |
| <b>Tratamiento superficial</b>                | Pintada   |
| <b>Tipo de corrosión, exterior / interior</b> | C5-H (ISO 12944-2) / C3-H (ISO 12944-2)                           |
| <b>Diámetro en parte superior</b>             | 2.3 m (todas las alturas)   |
| <b>Diámetro en parte inferior</b>             | 4.0 m (todas las alturas)   |
| <b>Altura del buje</b>                        |   |
| <b>Torre modular de 3 tramos IEC (60 m)</b>   | 60 m  |
| <b>Torre modular de 3 tramos IEC (67 m)</b>   | 67 m  |
| <b>Torre modular de 4 tramos IEC (78 m)</b>   | 78 m  |
| <b>Torre modular de 5 tramos IEC (100m)</b>   | 100 m   |

| <b>Características de los tramos de torres IEC IIA / DIBT II</b> |                      |                                |                                |                  |
|--|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | <b>Longitud [mm]</b> | <b>Ø Inferior Externo [mm]</b> | <b>Ø Superior Externo [mm]</b> | <b>Peso [kg]</b> |
| <b>Torre IEC IIA / DIBT II 60 m</b>                              |                      |                                |                                |                  |
| <b>Inferior</b>  | 10391                | 4034                           | 3490                           | 34000            |
| <b>Intermedio</b>  | 23822                | 3490                           | 2778                           | 56000            |
| <b>Superior</b>  | 24367                | 2778                           | 2314                           | 43000            |
| <b>Torre IEC IIA/ DIBT II 67 m</b>                               |                      |                                |                                |                  |
| <b>Inferior</b>  | 16665                | 4034                           | 3490                           | 52000            |
| <b>Intermedio</b>  | 23822                | 3490                           | 2780                           | 56000            |
| <b>Superior</b>  | 24367                | 2780                           | 2314                           | 43000            |
| <b>Torre IEC IIA / DIBT II 78 m</b>                              |                      |                                |                                |                  |
| <b>Inferior</b>  | 11100                | 4038                           | 3810                           | 54000            |
| <b>Intermedio 1</b>  | 16980                | 3810                           | 3494                           | 62000            |
| <b>Intermedio 2</b>  | 23822                | 3494                           | 2781                           | 56000            |
| <b>Superior</b>  | 24367                | 2781                           | 2314                           | 43000            |
| <b>Torre IEC IIA / DIBT II 100m</b>                              |                      |                                |                                |                  |
| <b>Inferior</b>  | 15619                | 4038                           | 3855                           | 65000            |
| <b>Intermedio 1</b>  | 16961                | 3855                           | 3810                           | 65000            |
| <b>Intermedio 2</b>  | 16980                | 3810                           | 3494                           | 58000            |
| <b>Intermedio 3</b>  | 23822                | 3494                           | 2781                           | 56000            |
| <b>Superior</b>  | 24367                | 2781                           | 2314                           | 52000            |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
 Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

| <b>Características de los tramos de torres IEC IA /DIBT III</b> |                          |                                    |                                    |                      |
|---|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|   | <b>Longitud<br/>[mm]</b> | <b>Ø Inferior Externo<br/>[mm]</b> | <b>Ø Superior Externo<br/>[mm]</b> | <b>Peso<br/>[kg]</b> |
| <b>Torre IEC IA / DIBT III 60 m</b>                             |                          |                                    |                                    |                      |
| <b>Inferior</b>   | 10391                    | 4034                               | 3492                               | 31400                |
| <b>Intermedio</b>   | 23822                    | 3492                               | 2778                               | 51600                |
| <b>Superior</b>   | 24367                    | 2778                               | 2314                               | 40000                |
| <b>Torre IEC IA / DIBT III 67 m</b>                             |                          |                                    |                                    |                      |
| <b>Inferior</b>   | 16665                    | 4034                               | 3492                               | 49400                |
| <b>Intermedio</b>   | 23822                    | 3492                               | 2781                               | 51600                |
| <b>Superior</b>   | 24367                    | 2781                               | 2314                               | 40000                |
| <b>Torre IEC IA / DIBT III 78 m</b>                             |                          |                                    |                                    |                      |
| <b>Inferior</b>   | 11100                    | 4038                               | 3810                               | 45200                |
| <b>Intermedio 1</b>   | 16980                    | 3810                               | 3494                               | 55200                |
| <b>Intermedio 2</b>   | 23847                    | 3494                               | 2781                               | 55700                |
| <b>Superior</b>   | 24392                    | 2781                               | 2314                               | 41200                |

(\*) La altura exacta del buje incluye 0.60 m de distancia desde la brida de cimentación al suelo y 1.7 m desde la parte más alta de la torre hasta el centro del buje.

|   |   |
|---|---|
| <b>Type</b>                               | Trunk-conical Tubular   |
| <b>Material</b>                           | Non-alloy structural steel                                      |
| <b>Material specification</b>             |   |
| <b>Shells</b>                             | S235 JO / S235 JRG2 / S275J2G3 / S355J2G3 / S235 J2G3 / S355 NL |
| <b>Flanges</b>                            | S355 NL   |
| <b>Surface treatment</b>                  | Painted   |
| <b>Corrosion class, outside / inside</b>  | C5-M (ISO 12944-2) / C3 (ISO 12944-2)                           |
| <b>Top diameter</b>                       | 2.3 m (all heights)   |
| <b>Bottom diameter</b>                    | 4.0 m (all heights)   |
| <b>Hub height</b>                         |   |
| <b>3 parted modular tower IEC (60 m)</b>  | 60 m  |
| <b>3 parted modular tower IEC (67 m)</b>  | 67 m  |
| <b>4 parted modular tower IEC (78 m)</b>  | 78 m  |
| <b>5 parted modular tower IEC (100 m)</b> | 100 m   |

| <b>Characteristics of the IEC IIA / DIBT II tower sections</b> |                        |                                   |                                |                        |
|--|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | <b>Length<br/>[mm]</b> | <b>Outer Ø at Bottom<br/>[mm]</b> | <b>Outer Ø at Top<br/>[mm]</b> | <b>Weight<br/>[kg]</b> |
| <b>Tower IEC IIIA/ DIBT II 60 m</b>                            |                        |                                   |                                |                        |
| <b>Bottom</b>  | 10391                  | 4034                              | 3490                           | 34000                  |
| <b>Intermediate</b>  | 23822                  | 3490                              | 2778                           | 56000                  |
| <b>Top</b>   | 24367                  | 2778                              | 2314                           | 43000                  |
| <b>Tower IEC IIA/ DIBT II 67 m</b>                             |                        |                                   |                                |                        |
| <b>Bottom</b>  | 16665                  | 4034                              | 3490                           | 52000                  |
| <b>Intermediate</b>  | 23822                  | 3490                              | 2780                           | 56000                  |
| <b>Top</b>   | 24367                  | 2780                              | 2314                           | 43000                  |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
 Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

| <b>Tower IEC IIA / DIBT II 78 m</b>  |       |      |      |       |
|--------------------------------------|-------|------|------|-------|
| <b>Bottom</b>                        | 11100 | 4038 | 3810 | 54000 |
| <b>Intermediate 1</b>                | 16980 | 3810 | 3494 | 62000 |
| <b>Intermediate 2</b>                | 23822 | 3494 | 2781 | 56000 |
| <b>Top</b>                           | 24367 | 2781 | 2314 | 43000 |
| <b>Tower IEC IIA / DIBT II 100 m</b> |       |      |      |       |
| <b>Bottom</b>                        | 15619 | 4038 | 3855 | 65000 |
| <b>Intermediate 1</b>                | 16961 | 3855 | 3810 | 65000 |
| <b>Intermediate 2</b>                | 16980 | 3810 | 3494 | 58000 |
| <b>Intermediate 3</b>                | 23822 | 3494 | 2781 | 56000 |
| <b>Top</b>                           | 24367 | 2781 | 2314 | 52000 |

| <b>Characteristics of the IEC IA / DIBT III tower sections</b> |                        |                                   |                                |                        |
|--|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|  | <b>Length<br/>[mm]</b> | <b>Outer Ø at Bottom<br/>[mm]</b> | <b>Outer Ø at Top<br/>[mm]</b> | <b>Weight<br/>[kg]</b> |
| <b>Tower IEC IA / DIBT III 60 m</b>                            |                        |                                   |                                |                        |
| <b>Bottom</b>  | 10391                  | 4034                              | 3492                           | 31400                  |
| <b>Intermediate</b>  | 23822                  | 3492                              | 2778                           | 51600                  |
| <b>Top</b>   | 24367                  | 2778                              | 2314                           | 40000                  |
| <b>Tower IEC IA / DIBT III 67 m</b>                            |                        |                                   |                                |                        |
| <b>Bottom</b>  | 16665                  | 4034                              | 3492                           | 49400                  |
| <b>Intermediate</b>  | 23822                  | 3492                              | 2781                           | 51600                  |
| <b>Top</b>   | 24367                  | 2781                              | 2314                           | 40000                  |
| <b>Tower IEC IA / DIBT III 78 m</b>                            |                        |                                   |                                |                        |
| <b>Bottom</b>  | 11100                  | 4038                              | 3810                           | 45200                  |
| <b>Intermediate 1</b>  | 16980                  | 3810                              | 3494                           | 55200                  |
| <b>Intermediate 2</b>  | 23847                  | 3494                              | 2781                           | 55700                  |
| <b>Top</b>   | 24392                  | 2781                              | 2314                           | 41200                  |

(\*) The exact hub height includes 0.7 m (distance from the foundation section to ground level) and 1.7 m (distance from top flange to hub).

#### 4.14 MULTIPLICADORA / GEARBOX

|                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Tipo</b>                 | 1 etapa planetaria / 2 paralelas    |
| <b>Ratio</b>                | 1 : 100,5 (50 Hz) 1 : 120,5 (60Hz)  |
| <b>Refrigeración</b>        | Bomba de aceite con intercambiador. |
| <b>Calentador de aceite</b> | 2.25 kW a 690V                      |
| <b>Filtro de aceite</b>     | 3 µm / 10 µm                        |
| <b>Proveedor</b>            | Varios.                             |
| <b>Dimensiones (aprox.)</b> | 2 x 2.2 x 2.2 m <sup>3</sup>        |
| <b>Peso (max.)</b>          | 16500 kg                            |



Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
 Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

|                             |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| <b>Type</b>                 | 1 planetary stage / 2 parallel stages |
| <b>Ratio</b>                | 1 : 100.5 (50 Hz) 1 : 120,5 (60Hz)    |
| <b>Cooling system</b>       | Oil pump with oil cooler; Aux. pump   |
| <b>Oil heater power</b>     | 2.25 kW, 690V                         |
| <b>Oil filter</b>           | 3 µm / 10 µm                          |
| <b>Supplier</b>             | Several                               |
| <b>Dimensions (approx.)</b> | 2 x 2.2 x 2.2 m <sup>3</sup>          |
| <b>Weight (max.)</b>        | 16500 kg                              |

**4.15 ACOPLAMIENTO EJE DE ALTA / HIGH SPEED SHAFT COUPLING**

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>Eje principal – multiplicadora</b> | Disco cónico de apriete |
| <b>Multiplicadora – generador</b>     | Acoplamiento flexible   |

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| <b>Main shaft – gearbox</b> | Shrink Disc Conical |
| <b>Gearbox – generador</b>  | Flexible joint      |

**4.16 GENERADOR CON CONVERTIDOR / GENERATOR WITH CONVERTER**

|  |  |
|--|--|
| <b>Tipo</b>                                | Doblemente alimentado con rotor devanado y anillos deslizantes |
| <b>Potencia nominal</b>                    | 2000 kW (estátor + rotor)                                      |
| <b>Voltaje</b>                             | 690 Vac  |
| <b>Frecuencia</b>                          | 50 Hz / 60 Hz  |
| <b>Nº de polos</b>                         | 4  |
| <b>Clase de protección</b>                 | IP54 (IP 23 para anillos rozantes)                             |
| <b>Velocidad nominal de rotación</b>       | 1680 rpm   |
| <b>Intensidad nominal</b>                  |  |
| <b>Estator</b>                             | 1500 A @ 690 V   |
| <b>Rotor</b>                               | 260 A @ 480 V / 167 A @ 690 V                                  |
| <b>Factor de potencia</b>                  | 1.0  |
| <b>Intervalo de factor de potencia (*)</b> | 0.98 <sub>CAP</sub> – 0.96 <sub>IND</sub> (opción 1)           |
|  | 0.95 <sub>CAP</sub> – 0.95 <sub>IND</sub> (opción 2)           |
| <b>Dimensiones</b>                         | 3224mm x 1883 mm x 1310 mm                                     |
| <b>Pesos</b>                               | 7100 kg  |
| <b>Rodamiento DE</b>                       | 6330 M / C3  |
| <b>Rodamiento NDE</b>                      | 6330 M / C3  |
|  | Ver sección 1.5  |

(\*) En bornas de baja tensión del transformador.

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Type</b>                   | Doubly fed machine with wound rotor and slip-rings   |
| <b>Rated power</b>            | 2000 kW (stator + rotor)                             |
| <b>Voltage</b>                | 690 Vac  |
| <b>Frequency</b>              | 50 Hz / 60 Hz  |
| <b>Number of poles</b>        | 4  |
| <b>Class of protection</b>    | IP54(IP23 for slip rings)                            |
| <b>Rated speed</b>            | 1680 rpm   |
| <b>Nominal current</b>        |  |
| <b>Stator</b>                 | 1500 A @ 690 V                                       |
| <b>Rotor</b>                  | 260 A @ 480 V / 167 A @ 690 V                        |
| <b>Default power factor</b>   | 1.0  |
| <b>Power factor range (*)</b> | 0.98 <sub>CAP</sub> – 0.96 <sub>IND</sub> (option 1) |
|                               | 0.95 <sub>CAP</sub> – 0.95 <sub>IND</sub> (option 2) |
| <b>Dimensions</b>             | 3224mm x 1883 mm x 1310 mm                           |
| <b>Weight</b>                 | 7100 kg  |
| <b>DE Bearing</b>             | 6330 M / C3  |
| <b>NDE Bearing</b>            | 6330 M / C3  |
|                               | Ver sección 1.5                                      |

(\*) At Low Voltage transformer side.

#### 4.17 FRENO DE APARCAMIENTO / PARKING BRAKE

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>Tipo</b>     | Freno de disco |
| <b>Diámetro</b> | 600 mm         |
| <b>Material</b> | EN-GJV-300-LT  |

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| <b>Type</b>     | Disc brake    |
| <b>Diameter</b> | 600 mm        |
| <b>Material</b> | EN-GJV-300-LT |

#### 4.18 GRUPO HIDRÁULICO / HYDRAULIC UNIT

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| <b>Capacidad de la bomba</b> | 44 l/min       |
| <b>Presión máxima</b>        | 200 bar        |
| <b>Contenido de aceite</b>   | 300 l          |
| <b>Motor</b>                 | 18.5 kW / 22kW |

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| <b>Pump capacity</b>    | 44 l/min       |
| <b>Maximum pressure</b> | 200 bar        |
| <b>Oil quantity</b>     | 300 l          |
| <b>Motor</b>            | 18.5 kW / 22kW |

|  |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>   |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br>30 34 |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                  |

#### 4.19 SENSORES DE VIENTO / WIND SENSORS

|               |   |
|---------------|---|
| <b>Tipo</b>   | 1 anemómetro ultrasónico 2D con medida de velocidad y dirección simultánea + 1 anemómetro de cazoletas y veleta |
| <b>Número</b> | 1 + 1   |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>Type</b>   | 1 ultrasonic anemometer 2D with simultaneous measurement of wind speed and direction + 1 cup anemometer and windvane |
| <b>Number</b> | 1 + 1  |

#### 4.20 UNIDAD DE CONTROL / CONTROL UNIT

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Alimentación</b>              |   |
| <b>Frecuencia</b>                | 50 Hz / 60 Hz   |
| <b>Voltaje</b>                   | 3 x 690 Vca o 3 x 690 Vca +3 x 480 Vca  |
| <b>Potencia para iluminación</b> | 1 x 10 A, 230 Vac (50Hz) / 1 x 10 A, 110 Vca (60Hz)   |
| <b>PLC</b>                       | Sisteam A / RFC 430 ETH-IB (Phoenix Contact)  |
| <b>Comunicación</b>              | CAN / DDCS / Interbus   |
| <b>Memoria de programa</b>       | EPROM (flash)   |
| <b>Lenguaje de programación</b>  | ST (IEC-1131)   |
| <b>Configuración</b>             | Módulos a un rack frontal   |
| <b>Operación</b>                 | Pantalla táctil   |
| <b>Pantallas</b>                 | Terminales táctiles, 320 x 240 pixels, 5,7 pulg.  |
| <b>Supervisión / control</b>     |   |
|                                  | Potencia activa Ambiente (temperatura del aire)   |
|                                  | Potencia reactiva Rotación  |
|                                  | Orientación Generador   |
|                                  | Hidráulicos Sistema de cambio de paso   |
|                                  | Red eléctrica Monitorización remota   |
| <b>Información</b>               |   |
|                                  | Datos de operación  |
|                                  | Producción  |
|                                  | Listado de operación  |
|                                  | Listado de alarmas  |
| <b>Ordenes</b>                   |   |
|                                  | Arranque / pausa  |
|                                  | Inicio / parada de orientación manual   |
|                                  | Tests de mantenimiento  |
| <b>Supervisión remota</b>        |   |
|                                  | Posibilidad de conexión a comunicación serie (para PLC Sistema A) o Ethernet (para PLC Phoenix Contact) |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
 Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

| <b>Datos de controladores Nacelle, Buje, Ground</b> |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
| <b>Grado de protección</b>                          |  |                                   |
|   | Nacelle  | IP-43                             |
|   | Buje   | IP-54                             |
|   | Ground   | IP-54                             |
| <b>Dimensiones aprox.</b>                           | Nacelle  | 4000 x 2200 x 500 mm <sup>3</sup> |
|   | Buje   | 800 x 800 x 400 mm <sup>3</sup>   |
|   | Ground   | 800 x 1600 x 400 mm <sup>3</sup>  |
| <b>Tipo de alojamiento</b>                          | Acero: chapa de 3 mm (armario y pedestal) y de 1,5 mm (puerta) |                                   |
| <b>Protección personas</b>                          | UNE 60439-1; UNE 60204   |                                   |

|                              |  |                           |
|------------------------------|--|---------------------------|
| <b>Power supply</b>          |  |                           |
| <b>Frequency</b>             | 50 Hz / 60 Hz  |                           |
| <b>Voltage</b>               | 3 x 690 Vca or 3 x 690 Vac + 3 x 480 Vac   |                           |
| <b>Illumination</b>          | 1 x 10 A, 230 Vac (50Hz) or (1 x 10 A, 110 Vca) (60Hz)   |                           |
| <b>PLC</b>                   | Sisteam A / RFC 430 ETH-IB (Phoenix Contact)   |                           |
| <b>Communication</b>         | CAN / DDCS / Interbus  |                           |
| <b>Program memory</b>        | EPROM (flash)  |                           |
| <b>Programming language</b>  | ST (IEC-1131)  |                           |
| <b>Configuration</b>         | Modules to a front rack  |                           |
| <b>Operation</b>             | Touch terminal   |                           |
| <b>Display</b>               | Touch terminal, 320 x 240 pixels, 5,7 inch   |                           |
| <b>Supervision / control</b> |  |                           |
|                              | Active power   | Ambient (air temperature) |
|                              | Reactive power   | Rotation                  |
|                              | Yawing   | Generator                 |
|                              | Hydraulics   | Pitch system              |
|                              | Grid   | Remote monitoring         |
| <b>Information</b>           |  |                           |
|                              | Operating data   | Operation log             |
|                              | Production   | Alarm log                 |
| <b>Commands</b>              |  |                           |
|                              | Run /pause   |                           |
|                              | Start / Stop. Manual yaw   |                           |
|                              | Maintenance tests  |                           |
| <b>Remote supervision</b>    |  |                           |
|                              | Possibility of connection of serial communication (for PLC Ssiteam A) or Ethernet (for PLC Phoenix Contact). |                           |

|  |   |                            |                         |
|--|---|----------------------------|-------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>          |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>32 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                         |

| Nacelle, hub and ground controller data |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
| <b>Protection level</b>                 |  |                                   |
|   | Nacelle  | IP-43                             |
|   | Hub  | IP-54                             |
|   | Ground   | IP-54                             |
| <b>Dimensions aprox</b>                 |  |                                   |
|   | Nacelle  | 4000 x 2200 x 500 mm <sup>3</sup> |
|   | Hub  | 800 x 800 x 400 mm <sup>3</sup>   |
|   | Ground   | 800 x 1600 x 400 mm <sup>3</sup>  |
| <b>Type of enclosure</b>                | Steel. Thickness 3 mm (cabinet, pedestal); 1,5 mm (door) |                                   |
| <b>Method of protection of persons</b>  | UNE 60439-1; UNE 60204                                   |                                   |

#### 4.21 CELDA DE MEDIA TENSIÓN / MEDIUM VOLTAGE SWITCH GEAR

La celda de conexión del aerogenerador a la red eléctrica en Media Tensión se incluye en el suministro de Gamesa Eólica de forma opcional. La elección de esta celda debe ser realizada de acuerdo a las características eléctricas de la red de conexión, a continuación se muestran las características básicas de una celda-tipo.

Esta celda corresponde al aerogenerador G8X 2MW estándar para una red de conexión de 20kV. Para otros niveles de tensión de la red de conexión, es necesario consultar con Gamesa Eólica.

|   |  |
|---|--|
| <b>Tipo</b>   | Aparamenta Blindada aislada SF6          |
| <b>Servicio</b>   | Continuo                                 |
| <b>Instalación</b>  | Interior                                 |
| <b>Nº de fases</b>  | 3  |
| <b>Nº embarrados</b>  | 1  |
| <b>Tensión nominal asignada</b>   | 24 kV                                    |
| <b>Tensión del servicio</b>   | 20 kV                                    |
| <b>Frecuencia nominal</b>   | 50 Hz                                    |
| <b>Intensidad nominal</b>   |  |
| <b>Función de protección (P)</b>  | 200 A                                    |
| <b>Función de conexión a red (L)</b>  | 400 A                                    |
| <b>Nivel de aislamiento</b>   |  |
| <b>A tierra, entre polos y entre bornas (frecuencia industrial / tipo rayo)</b> | 50 kV / 125 kV                           |
| <b>Intensidad de cortocircuito</b>  |  |
| <b>Admisible de corta duración (1 s)</b>  | 16 kA                                    |
| <b>Nominal cresta</b>   | 40 kA                                    |
| <b>Resistencia arcos internos</b>   |  |
| <b>Intensidad</b>   | 16 kA-0,5 s (UNE 20099-CEI 298)          |
| <b>Voltaje</b>  | 24 kV                                    |
| <b>Dimensiones (aprox.) (*)</b>   | 1200 x 800 x 2090 (alto) mm <sup>3</sup> |
| <b>Peso (aprox.) (*)</b>  | 415 kg                                   |

(\*) Celda mayor

(\*\*) El tipo de celda depende de las características del puerto de conexión del aerogenerador. Los datos indicados corresponden a una de las situaciones posibles.

|  |   |                            |                         |
|--|---|----------------------------|-------------------------|
|  <b>Gamesa Eólica</b>   | <b>FICHA TÉCNICA</b><br><b>TECHNICAL FILE</b> | CÓDIGO:<br><b>GD005900</b> | REV: <b>00</b>          |
|  |   | FECHA: <b>15/04/05</b>     | Pág. De<br><b>33 34</b> |
| Título: <b>FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW</b><br>Title: <b>FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine</b> |   |                            |                         |

The switch gear of the windturbine is included in the supply of Gamesa Eólica, S. A. as an option. This gear has to be chosen according to the electrical characteristics of the grid connection. Below, characteristics of one type of gear are shown. This gear corresponds to the G8X-2.0 MW standard for a grid connection of 20 kV. For other voltage levels, it is necessary to contact Gamesa Eólica, S. A.

|   |  |
|---|--|
| <b>Type</b>   | Armored isolated SF6                           |
| <b>Service</b>  | Continuous                                     |
| <b>Installation</b>   | Inside   |
| <b>Number of phases</b>   | 3  |
| <b>Busbar number</b>  | 1  |
| <b>Assigned nominal voltage</b>   | 24 kV  |
| <b>Service voltage</b>  | 20 kV  |
| <b>Nominal frequency</b>  | 50 Hz /  |
| <b>Nom. Intensity, Protection function (P)</b>  | 200 A  |
| <b>Nom. Intensity, Grid connection function (L)</b>   | 400 A  |
| <b>Insulation level</b>   |  |
| <b>Ground, between poles and between terminals</b>  | 50 kV (industrial freq.) / 125 kV (peak freq.) |
| <b>Short-circuit intensity</b>  |  |
| <b>Permissible of short duration (1 s)</b>  | 16 kA  |
| <b>Nominal pulse</b>  | 40 kA  |
| <b>Resistance</b>   |  |
| <b>Intensity</b>  | 16 kA-0.5 s (UNE 20099-CEI 298)                |
| <b>Voltage</b>  | 24 kV  |
| <b>Dimensions (approx. for larger unit)</b>   | 1200 x 800 x 2090 (height) mm <sup>3</sup>     |
| <b>Weight (approx. for larger unit)</b>   | 415 kg   |
| (*) Biggest gear<br>(**) The switch gear depends on the characteristics of the connection port of the generator. The indicated data correspond to one of the possible situations. |  |

#### 4.22 TRANSFORMADOR / TRANSFORMER

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Tipo</b>                       | Trifásico, seco encapsulado                 |
| <b>Relación de transformación</b> | 6,6 kV ~ 34,4 kV /<br>690 V o 690 V + 480 V |
| <b>Potencia nominal</b>           | 2100 kVA / 2500 kVA (opción)                |
| <b>Frecuencia</b>                 | 50 Hz / 60Hz                                |
| <b>Grupo de conexión</b>          | Dyn11                                       |
| <b>Clase de aislamiento</b>       | F   |
| <b>Nivel de aislamiento (kV)</b>  | 24 kV                                       |
| <b>Peso (aprox.)</b>              | <5000 kg                                    |

Título: **FT Características y funcionamiento general del aerogenerador G8X 2.0 MW**  
Title: **FT Characteristics and general operation of G8X 2.0 MW Wind-turbine**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Type                    | 3 phase, dry-encapsulated                    |
| Transformation relation | 6,6 kV ~ 34,4 kV /<br>690 V or 690 V + 480 V |
| Nominal power           | 2100 kVA / 2500 kVA (option)                 |
| Frequency               | 50 Hz / 60Hz                                 |
| Connection group        | Dyn11  |
| Insulation class        | F  |
| Insulation level (kV)   | 24 kV.                                       |
| Weight (approx.)        | < 5000 kg                                    |

#### 4.23 PESOS / WEIGHTS

| PESO TORRES / TOWER WEIGHT        | 60 m  | 67 m  | 78 m  | 100 m |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Torres IEC IIA (*)                | 127 t | 145 t | 201 t | 283 t |
| Torres DIBt Zona II (*)           |       |       | 201 t | 283 t |
| Torres IEC IA / DIBt Zona III (*) | 136 t | 153 t | 203 t |       |

(\*) Estos pesos no incluyen la celda de media tensión y el *ground*.

(\*) It does not include the switch gear and the ground controller.

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>PESO NACELLE / NACELLE WEIGHT</b> | <b>70 t</b> |
|--------------------------------------|-------------|

| PESO ROTOR / ROTOR WEIGHT | G80    | G83 EXTENDER MECANOSOLDADO | G83 EXTENDER ROOT BLADE | G87    | G90    |
|---------------------------|--------|----------------------------|-------------------------|--------|--------|
|                           | 38,6 t | 45,0 t                     | 40,7 t                  | 36,4 t | 38,0 t |

| PESO TOTAL NACELLE / NACELLE TOTAL WEIGHT | G80   | G83 EXTENDER MECANOSOLDADO | G83 EXTENDER ROOT BLADE | G87     | G90     |         |
|---|-------|----------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| Towers IEC IIA (*)                        | 60 m  | 235,6 t                    | 242 t                   | 237,7 t | 233,4 t | 234,9 t |
|   | 67 m  | 253,6 t                    | 260 t                   | 255,7 t | 251,4 t | 252,9 t |
|   | 78 m  | 309,6 t                    | 316 t                   | 311,7 t | 307,4 t | 308,9 t |
|   | 100 m | 391,6 t                    | 398 t                   | 393,7 t | 389,4 t | 390,9 t |
| Towers DIBt Zone II (*)                   | 78 m  | 309,6 t                    | 316 t                   | 311,7 t | 307,4 t | 308,9 t |
|   | 100 m | 391,6 t                    | 398 t                   | 393,7 t | 389,4 t | 390,9 t |
| Towers IEC IA / DIBt Zone III (*)         | 60 m  | 244,6 t                    | 233 t                   | 246,7 t | 242,4 t | 243,9 t |
|   | 67 m  | 261,6 t                    | 268 t                   | 263,7 t | 259,4 t | 260,9 t |
|   | 78 m  | 311,6 t                    | 318 t                   | 313,7 t | 309,4 t | 310,9 t |