



GRADO EN MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2015 / 2016

*AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL*

**DOCUMENTO 1: ÍNDICE GENERAL**

**DATOS DE LA ALUMNO**

NOMBRE: ENEKO

APELLIDOS: GALÍNDEZ FERNÁNDEZ

FDO.:

FECHA:

**DATOS DEL DIRECTOR**

NOMBRE: ERIK

APELLIDOS: MACHO MIER

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:



## **Documento 1: Índice general**

### **Documento 2: Memoria**

<b>2.1. Descripción del problema</b> .....	2
<b>2.2. Antecedentes</b> .....	4
2.2.1. Energías renovables .....	4
2.2.2. Energía Eólica.....	9
2.2.2.1. Evolución histórica .....	9
2.2.2.2. Recurso eólico .....	26
2.2.2.3. Clasificación de la energía eólica .....	29
2.2.2.4. Aprovechamiento de la energía eólica.....	33
2.2.3. Aprovechamiento eólico.....	40
2.2.3.1. Tendencia de la energía eólica.....	40
2.2.3.2. Principales países en aprovechamiento eólico en el mundo.....	41
2.2.3.3. Principales fabricantes de aerogeneradores en el mundo .....	45
2.2.3.4. Aprovechamiento eólico en Europa .....	47
2.2.3.5. Aprovechamiento eólico en España .....	50
2.2.4. Tipos de aerogeneradores .....	55
2.2.4.1. Eje horizontal.....	55
2.2.4.2. Eje vertical .....	58
<b>2.3 Estudio de alternativas</b> .....	64
2.3.1 Estudio constructivo .....	64
2.3.1.1. Diseño .....	64
2.3.1.1.1. Álabes rotor .....	64
2.3.1.1.2. Álabes estátor .....	65
2.3.1.1.3. Generador .....	65
2.3.1.1.4. La multiplicadora.....	66
2.3.1.2. Material.....	69
2.3.2. Emplazamiento .....	69
<b>2.4. Solución adoptada</b> .....	71
2.4.1. El aerogenerador.....	71
2.4.2. Mecanismo de posicionamiento y cúpula.....	72
2.4.2.1. Cúpula.....	73
2.4.2.2. Tapa .....	74
2.4.2.3. Unión del alabe .....	74
2.4.2.4. Disco de posicionamiento.....	76
2.4.2.5. Articulación del disco de posicionamiento.....	78
2.4.2.6. Reductor .....	80
2.4.3. Jaula completa .....	82
2.4.3.1. Estator.....	82
2.4.3.2. Rotor .....	85
2.4.4. Base aerogenerador.....	92
2.4.5. Electricidad y electrónica .....	97
<b>2.5. Valoración general, conclusiones y líneas futuras</b> .....	98
2.5.1. Valoración general y conclusiones .....	98
2.5.2. Líneas futuras .....	99



## **Documento 3: Anexos**

<b>3.1. Anexo 1. Cálculos</b> .....	2
3.1.1. Potencia .....	3
3.1.1.1. Potencia disponible.....	3
3.1.1.2. Límite de Betz .....	6
3.1.1.3. Coeficiente potencia .....	8
3.1.1.4. Velocidad viento.....	10
3.1.1.5. Potencia mecánica .....	11
3.1.2. Álabes rotor .....	14
3.1.2.1. Sin estator .....	14
3.1.2.1.1. Fuerza aire - álabe.....	14
3.1.2.1.2. Fuerza de arrastre.....	15
3.1.2.1.3. Fuerza total .....	19
3.1.2.1.4. Cálculo del espesor.....	20
3.1.2.2. Con Estator .....	24
3.1.3. Alabes del estator.....	30
3.1.4. Posicionamiento de los álabes del estator .....	35
3.1.4.1. Unión .....	36
3.1.4.2. Par necesario.....	38
3.1.4.3. Reductor para motor step.....	39
3.1.4.3.1. Cálculo de los ejes del reductor.....	44
3.1.4.3.2. Cálculo de rodamientos .....	105
3.1.5. Disco de posición .....	109
3.1.6. Articulación del disco de posicionamiento.....	113
3.1.7. Jaula.....	115
3.1.7.1. Pilares .....	116
3.1.7.2. Fuerza que se ejerce en la jaula .....	118
3.1.8. Rotor .....	119
3.1.8.1. Cálculo de radio según tensiones .....	123
3.1.8.2. Rodamientos .....	127
3.1.9. Perfiles tubulares cuadrados .....	128
3.1.9.1. Cálculo de la soldadura.....	128
3.1.9.2. Tornillos .....	128
3.1.10. Pilares aerogenerador .....	129
3.1.10.1 Cálculo pilares .....	129
3.1.10.2. Soldadura.....	130
<b>3.2. Anexo 3. Catálogos</b> .....	131
3.2.1. Anillos Seeger .....	131
3.2.2. Acoples .....	132
3.2.3. Juntas cardan .....	133
3.2.4. Catálogo Letag.....	134
3.2.5. Tramec reductores .....	136
3.2.6. Condesa Grupo. Tubo estructural.....	141
3.2.7. Motor Step .....	147
3.2.8. Chavetas .....	149
3.2.9. Rodamientos .....	150



## **Documento 4: Planos**

<b>4.1. Introducción</b> .....	2
<b>4.2. Formato planos</b> .....	3
<b>4.3. Planos</b> .....	5

## **Documento 5: Pliego de condiciones**

<b>5.1. Introducción</b> .....	2
<b>5.2. Especificaciones de los materiales</b> .....	3
<b>5.3. Reglamentación</b> .....	5
5.3.1. Modificaciones en el proyecto .....	5
5.3.2. Plazo de garantía .....	5
5.3.3. Pagos .....	6
5.3.4. Suministros .....	6
<b>5.4. Varios</b> .....	7
5.4.1. Mejoras de obras .....	7
5.4.2. Mantenimiento .....	7
5.4.3. Accidentes de trabajo y daños a terceros .....	7

## **Documento 6: Estado de las mediciones**

<b>6.1. Introducción</b> .....	2
<b>6.2. Materiales primas</b> .....	2
6.2.1. Aceros .....	2
6.2.2. Aluminio .....	3
6.2.3. Plásticos .....	4
<b>6.3. Comercial</b> .....	5
6.3.1. Tornillería .....	5

## **Documento 7: Presupuesto**

<b>7.1. Introducción</b> .....	2
<b>7.2. Materias Primas</b> .....	3
<b>7.3. Material comercial tornillería</b> .....	4
<b>7.4. Producto comercial</b> .....	5
<b>7.5. Mano de obra y tratamientos</b> .....	6
<b>7.6. Total</b> .....	9



## **Documento 8: Estudios con entidad propia**

<b>8.1. Estudio de seguridad y salud</b> .....	2
8.1.1. Acciones preventivas .....	3
8.1.1.1. Señales lumínicas .....	4
8.1.1.2. Señales en forma de panel .....	7
8.1.1.2.1. Tipos de señales .....	8
8.1.1.2.1.1. Señales advertencia .....	8
8.1.1.2.1.2. Señales de prohibición .....	9
8.1.1.2.1.3. Señales de obligación .....	9
8.1.1.2.1.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios .....	10
8.1.1.2.1.5. Señales de salvamento o socorro .....	10
8.1.1.2.2. Resumen .....	11
8.1.1.3. Señales luminosas y acústicas .....	12
8.1.1.3.1. Características y requisitos de las señales .....	12
8.1.1.3.2. Características y requisitos de uso de las señales acústicas .....	13
8.1.1.3.3. Disposiciones comunes .....	13
8.1.2. Señales en aerogenerador .....	14
<b>8.2. Estudio de impacto ambiental</b> .....	16
8.2.1. Visual .....	16
8.2.2. Acústico .....	16
8.2.3. Conclusión .....	17

## **Documento 9: Bibliografía**

<b>9.1 Bibliografía memoria</b> .....	2
9.1.1 Normativa .....	2
9.1.2 Viento .....	2
9.1.3 Aerogeneradores .....	2
9.1.4 Historia aerogeneradores .....	4
<b>9.2 Bibliografía cálculos</b> .....	5
9.2.1 Investigaciones .....	5
9.2.2 Elementos .....	5
9.2.3 Materiales .....	6
<b>9.3 Bibliografía presupuestos</b> .....	6



