



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2015/2016

*DISEÑO MECÁNICO DE LOS ELEMENTOS DE
TRANSMISIÓN DE UN AEROGENERADOR DE 1,3
MW*

DOCUMENTO 1: ÍNDICE

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: AITOR

APELLIDOS: FUENTE ARES

FDO.:

FECHA:11-04-2016

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: ERIK

APELLIDOS: MACHO MIER

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:11-04-2016

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 2: MEMORIA

	<u>Pág.</u>
2.1.- OBJETO DEL PROYECTO	1
2.3.- ALCANCE DEL PROYECTO	2
2.4.- ANTECEDENTES	3
2.4.1.-Evolución histórica de la energía eólica	3
2.4.2.-El viento. Origen y comportamiento.	8
2.4.3.-Impacto medioambiental	15
2.4.4.-Costes de la energía eólica.....	18
2.4.5.-Estado de desarrollo de la energía eólica.....	21
2.4.6.-Tipos de aerogeneradores	25
2.4.7.-Componentes de un aerogenerador.....	31
2.4.8.-Control de la potencia del aerogenerador	85
2.5.- NORMAS Y REFERENCIAS.....	89
2.5.1.-Disposiciones legales y normas aplicadas	89
2.5.2.-Bibliografía.....	90
2.5.3.-Programas de cálculo	92
2.6.- DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	92
2.7.- REQUISITOS DE DISEÑO	100
2.8.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES	100
2.9.- RESULTADOS FINALES.....	102

2.9.1.- Prediseño del rotor	102
2.9.2.- Predimensionamiento de las palas	104
2.9.3.- Mecanismo de orientación de las palas	108
2.9.4.- Buje.....	110
2.9.5.- Nacelle	111
2.9.6.- Eje principal.....	111
2.9.7.- Multiplicadora.....	113
2.9.8.- Portasatélites	116
2.9.9.- Satélites.....	118
2.9.10.- Coronas dentadas	118
2.9.11.- Ejes satélites.....	119
2.9.12.- Eje piñón.....	122
2.9.13.- Eje de entrada	122
2.9.14.- Eje de salida	125
2.9.15.- Tapas.....	127
2.9.16.- Cuerpo etapa planetaria	128
2.9.17.- Cuerpo etapa ordinaria.....	129
2.9.18.- Acoplamiento eje rápido-alternador	129
2.9.19.- Freno mecánico.....	130
2.9.20.- Sistema de orientación.....	131
2.10.- PLANIFICACIÓN	132
2.11.- ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS	132

DOCUMENTO 3: CÁLCULOS

	<u>Pág.</u>
3.1.-DATOS DE PARTIDA	1
3.2.- PREDISEÑO DEL ROTOR.....	1
3.3.- PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS PALAS	8
3.3.1.- Perfil aerodinámico.....	8
3.3.2.- Velocidad específica de la eólica.....	9
3.3.3.- Ángulos característicos de las palas	10
3.3.4.- Coeficientes aerodinámicos	16
3.3.5.- Anchura de la pala (<i>l</i>)	17
3.3.6.- Estimación de la masa de la pala	20
3.4.- FUERZAS SOBRE EL ROTOR.....	21
3.4.1.- Fuerzas estacionarias	21
3.4.2.- Cargas transitorias	27
3.4.3.- Cargas cíclicas	28
3.5.- SISTEMA DE ORIENTACION DE LAS PALAS	30
3.5.1.- Posiciones límite de las palas	30
3.5.2.- Fuerzas y momentos sobre la raíz de la pala	32
3.5.3.- Elección del rodamiento	36
3.5.2.- Elección del motorreductor.....	44
3.6.- RESISTENCIA DEL BUJE	50
3.6.1.- Resistencia del buje en su unión con el eje	50

3.6.2.- Resistencia del buje en su unión con las palas	56
3.6.3.- Resistencia de los pernos de unión con el eje principal	60
3.7.- EJE PRINCIPAL	65
3.7.1.- Fuerzas sobre el eje principal	65
3.7.2.- Diagramas	67
3.7.3.- Dimensionado del eje	72
3.7.4.- Elección de rodamientos.....	74
3.7.5.- Dimensionado de la lengüeta.....	78
3.8.- MULTIPLICADORA	83
3.8.1.- Primera etapa planetaria	83
3.8.2.- Segunda etapa planetaria	115
3.8.3.- Tercera etapa ordinaria	148
3.9.- ELECCIÓN DEL ACOPLAMIENTO EJE RÁPIDO-ALTERNADOR	183
3.9.1.- Dimensionado de la lengüeta.....	184
3.10.- ELECCIÓN DEL FRENO	188
3.11.- SISTEMA DE ORIENTACIÓN DE LA GÓNDOLA.....	189
3.11.1.- Fuerzas y momentos en el sistema de orientación.....	189
3.11.2.- Elección del rodamiento	191
3.11.3.- Elección del motorreductor.....	198

DOCUMENTO 4: PLANOS

PLANO N°	TÍTULO	FORMATO
1	Aerogenerador	A2
2	Rotor	A2
3	Buje	A3
4	Pala	A2
5	Nacelle	A2
6	Accionamiento principal	A3
7	Eje principal	A3
8	Multiplicadora	A2
9	Portasatélites primera etapa	A3
10	Tapa principal	A4
11	Tapa anterior	A2
12	Corona primera etapa	A4
13	Satélite primera etapa	A4
14	Eje piñón	A4
15	Ejes satélites	A4
16	Cuerpo etapa planetaria	A3
17	Satélite segunda etapa	A4
18	Corona segunda etapa	A4
19	Cuerpo etapa ordinaria	A2
20	Rueda eje de entrada	A4
21	Eje entrada	A2
22	Eje salida	A4
23	Tapa eje entrada y tapa eje salida	A3
24	Tapa portaejes	A3
25	Portasatélites segunda etapa	A3

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

	<u>Pág.</u>
5.1.- OBJETO DEL PLIEGO	1
5.2.- CONDICIONES GENERALES.....	1
5.2.1.- Normativa general	1
5.2.2.- Normativa para instalaciones de energía eólica.....	2
5.2.3.- Normativa para el diseño estructural del aerogenerador	7
5.3.- CONDICIONES TÉCNICAS.....	7
5.3.1.- Materiales	7
5.3.2.- Maquinaria y equipos	13
5.3.3.- Tolerancias permisibles	14
5.3.4.- Montaje	16
5.3.5.- Pintado	17
5.3.6.- Lubricación.....	18
5.3.7.- Puesta en marcha	18
5.3.8.- Monitorización del sistema.....	19
5.3.9.- Mantenimiento	19
5.4.- CONDICIONES FACULTATIVAS	21
5.4.1.- Recepción y pruebas de los materiales	21
5.4.2.- Dirección durante la realización de la obra	23
5.4.3.- Modificaciones en la ejecución de la obra.....	24
5.4.4.- Obras defectuosas	25

5.4.5.- Recepción de la instalación	25
5.4.6.- Utilización, Mantenimiento y Conservación	26
5.5.- CONDICIONES LEGALES	26
5.5.1.- Formalización del contrato	26
5.5.2.- Rescisión del contrato	27
5.5.3.- Garantías	28
5.5.4.- Litigios	31
5.5.5.- Seguro	32
5.5.6.- Contrato entre el propietario de la instalación y compañía de distribución	32
5.6.- CONDICIONES ECONÓMICAS	36
5.6.1.- Generalidades	36
5.6.2.- Mediciones.....	36
5.6.3.- Valoraciones	36
5.6.4.- Forma de pago	37
5.6.5.- Plazos de entrega	38
5.6.6.- Sanciones	38
5.6.7.- Penalizaciones.....	38
5.6.8.- Liquidación de la obra	40

DOCUMENTO 6: PRESUPUESTO

	<u>Pág.</u>
6.1.- CUADROS DE PRECIOS	1
6.1.1.- CAPÍTULO I: ROTOR	1
6.1.2.- CAPÍTULO II: ACCIONAMIENTO PRINCIPAL	3
6.1.3.- CAPÍTULO III: MULTIPLICADORA	5
6.1.4.- CAPÍTULO IV: GENERADOR ELÉCTRICO	11
6.1.5.- CAPÍTULO V: SISTEMA DE ORIENTACIÓN.....	12
6.1.5.- CAPÍTULO VI: MANO DE OBRA	13
6.2.- PRESUPUESTOS.....	14
6.2.1.- PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA	14
6.2.2.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN.....	14
6.2.3.- PRESUPUESTO TOTAL.....	15

DOCUMENTO 7: RESUMEN

	<u>Pág.</u>
7.1.-MOTIVACIÓN	1
7.2.- ANTECEDENTES	1
7.3.- LOGROS	2