

ÍNDICE

PRÓLOGO	17
CAPÍTULO 1.	
INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES	21
1.1. Las fuentes de energía fósiles y renovables	23
1.2. El fenómeno del cambio climático	24
1.3. Clasificación de las energías renovables	27
1.3.1. Energía eólica	28
1.3.2. Energía hidráulica	30
1.3.3. Biomasa	32
1.3.4. Energía geotérmica	34
1.3.5. Energía solar	35
1.3.6. Energía mareomotriz. Energía de las olas. Energía de las mareas	37
1.4. La sostenibilidad	39
CAPÍTULO 2.	
FUNDAMENTOS FÍSICOS REFERENTES A LA ENERGÍA EÓLICA	41
2.1. Tipos de viento	43
2.1.1. Los vientos globales	43
2.1.2. Los vientos geostroficóicos	45
2.1.3. Los vientos locales	46
2.2. El viento como recurso energético	48
2.2.1. Potencia disponible en el viento	48

2.2.2. Potencia aprovechable del viento en aerogeneradores de sección de paso circular	50
2.3. Variables que influyen en la potencia aprovechable del viento	56
2.3.1. Densidad del aire	56
2.3.2. Área de barrido del rotor	57
2.3.3. Velocidad del viento	58

**CAPÍTULO 3.
VALORACIÓN DEL RECURSO EÓLICO.**

ELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS	59
3.1. Preselección del emplazamiento	61
3.2. Selección del emplazamiento	64
3.2.1. Estudio del emplazamiento preseleccionado	64
3.2.2. Medición de la velocidad del viento	65
3.2.2.1. Anemómetros	65
3.2.2.2. Data logger	67
3.2.2.3. Equipos de medición remota	68
3.2.3. Rosa de vientos	70
3.2.4. Distribución estadística de velocidades	71
3.2.5. Densidad de potencia	75
3.2.6. Rugosidad	76
3.2.7. Cizallamiento	79
3.2.8. Obstáculos	79
3.2.9. Efecto colina	80
3.2.10. Efecto túnel	81
3.3. Diseño de parques eólicos	81

3.3.1. Elección del aerogenerador	82
3.3.1.1. Clase del aerogenerador	82
3.3.1.2. Curva de potencia del aerogenerador ...	85
3.3.2. Distribución de los aerogeneradores en el emplazamiento. Efecto de las estelas	85
3.3.3. Energía producida en el parque. Horas equivalentes y factor de utilización.....	87
3.3.3.1. Horas equivalentes	88
3.3.3.2. Factor de utilización	89

CAPÍTULO 4.

TECNOLOGÍA DE LOS AEROGENERADORES	91
4.1. Tipos de máquinas para aprovechamiento del viento	93
4.2. Tipos de aerogeneradores	94
4.2.1. Aerogeneradores de traslación	95
4.2.2. Aerogeneradores de rotación	96
4.2.2.1. Aerogeneradores de eje vertical	96
4.2.2.2. Aerogeneradores de eje horizontal	99

CAPÍTULO 5.

COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR TRIPALA DE EJE HORIZONTAL	109
5.1. Elementos principales de los parques eólicos convencionales	111
5.2. Torre	111

5.2.1. Función	111
5.2.2. Fabricación	113
5.2.3. Instalación y ensamblaje	116
5.2.3.1. Cimentaciones	116
5.2.3.2. Plataformas de montaje	119
5.3. Góndola	120
5.3.1. Función	120
5.3.2. Fabricación	122
5.3.3. Señalización lumínica de aerogeneradores para seguridad de la navegación aérea	125
5.3.3.1. Aerogeneradores cuya altura máxima no supera los 45 metros	126
5.3.3.2. Aerogeneradores cuya altura máxima es mayor de 45 metros y no supera 80 metros	127
5.3.3.3. Aerogeneradores cuya altura máxima es mayor de 80 metros y no supera 100 metros	127
5.3.3.4. Aerogeneradores cuya altura máxima es mayor de 100 metros y no supera 150 metros	128
5.3.3.5. Aerogeneradores cuya altura máxima es mayor de 150 metros.....	129
5.4. Rotor: buje y palas	132
5.4.1. Función	132
5.4.2. Buje	134
5.4.2.1. Función y fabricación	134

5.4.3. Palas	136
5.4.3.1. Función	136
5.4.3.2. Fabricación	146
5.4.3.3. Transporte	147
5.4.3.4. Montaje	149
5.5. Elementos de generación eléctrica y de conexión a red ...	149
5.5.1. Tipos de conexión a red	149
5.5.2. Tipos de generadores eléctricos	150
5.5.2.1. Generador de corriente alterna	150
5.5.2.2. Generador de corriente continua	154
5.5.3. Tecnologías de generación y esquemas de conexión típicos	154
5.5.3.1. Generador asíncrono con rotor en jaula de ardilla	154
5.5.3.2. Generador asíncrono con rotor bobinado	156
5.5.3.3. Generador asíncrono doblemente alimentado	157
5.5.3.4. Generador síncrono conectado a la red mediante convertidor CA-CC-CA	159
5.6. Sistemas de control y comunicaciones del aerogenerador .	161
CAPÍTULO 6.	
PARQUES EÓLICOS CONVENCIONALES	165
6.1. Elementos principales de los parques eólicos convencionales	167

6.1.1. Aerogeneradores	167
6.1.2. Líneas eléctricas de alta tensión para interconexión entre los aerogeneradores y de estos con la subestación del parque eólico	167
6.1.2.1. Materiales de cables y accesorios	168
6.1.2.2. Tipos de instalación de cables	170
6.1.2.3. Conversiones aéreo-subterráneas	175
6.1.3. La subestación	176
6.1.4. Línea eléctrica de evacuación de energía	179
6.1.5. Torre meteorológica	180
6.1.6. Viales internos del parque	181
6.1.7. Otras instalaciones	181
6.2. Condiciones técnicas para la conexión a red de los parques eólicos convencionales	181
6.2.1. Acceso y conexión a la red eléctrica	181
6.2.2. Maximizando el aprovechamiento de la energía eólica: El vehículo eléctrico	191
CAPÍTULO 7.	
DISPOSITIVOS EÓLICOS DE PEQUEÑA POTENCIA	193
7.1. Sistemas eólicos de pequeña potencia conectados a la red de B.T.	195
7.1.1. Elementos de la instalación	195
7.1.2. Características de un sistema de conexión a red .	196
7.1.3. Condiciones de diseño de una instalación conectada a red	197
7.1.3.1. Generadores eólicos	197

7.1.3.2.	Inversores	197
7.1.3.3.	Cableado	200
7.2.	Sistemas eólicos de pequeña potencia aislados de la red de B.T.	201
7.2.1.	Tipos de sistemas de generación aislados	201
7.2.1.1.	Sistemas directamente conectados a una carga	201
7.2.1.2.	Sistemas con regulador de carga y batería	202
7.2.1.3.	Sistemas con regulador de carga, batería e inversor	203
7.2.2.	Acumuladores o baterías eléctricas	205
7.2.2.1.	Conceptos generales	205
7.2.2.2.	Características	206
7.2.2.3.	Conexión de baterías	208
7.2.2.4.	Tipos de baterías	210
7.2.2.5.	Ubicación de las baterías	213
7.2.2.6.	Normas para el mantenimiento de baterías	213
7.2.3.	Reguladores de carga	214
7.2.3.1.	Tipos de reguladores	215
7.2.3.2.	Funcionamiento	215
7.2.4.	Inversores de corriente o convertidores	216
7.2.4.1.	Tipos de inversores	216
7.2.4.2.	Características	217

7.3. Condiciones técnicas de conexión a las redes para los dispositivos eólicos de pequeña potencia	220
7.3.1. Clasificación de las instalaciones generadoras según su funcionamiento respecto a la red de distribución pública	221
7.3.1.1. Instalaciones generadoras aisladas	221
7.3.1.2. Instalaciones generadoras asistidas	221
7.3.1.3. Instalaciones generadoras interconectadas	221
7.3.2. Clasificación de las instalaciones generadoras según las condiciones específicas de conexión de la instalación	222
7.3.2.1. Instalaciones generadoras aisladas	222
7.3.2.2. Instalaciones generadoras asistidas	222
7.3.2.3. Instalaciones generadoras interconectadas	224
7.3.2.4. Ejemplos de aerogeneradores de pequeña potencia	235
CAPÍTULO 8.	
IMPACTO AMBIENTAL E IMPACTO TERRITORIAL	237
8.1. Impacto ambiental	239
8.1.1. Introducción	239
8.1.2. Parques eólicos y cambio climático	241
8.1.3. Parques eólicos y contaminación	242
8.1.4. Parques eólicos y ecosistema	242
8.1.5. Parques eólicos y paisaje	242

8.1.5.1. Configuraciones espaciales recomendadas	243
8.1.5.2. Colores de los aerogeneradores	246
8.1.5.3. Tamaño de los aerogeneradores	246
8.1.6. Parques eólicos y ruido	248
8.1.7. Sombra de los aerogeneradores	249
8.1.8. Parques eólicos y patrimonio cultural	250
8.1.9. Relación entre la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y la autorización Administrativa de la actividad	251
8.2. Impacto territorial	251
8.2.1. Impactos estructurales	251
8.2.2. Usos del suelo	252
8.2.3. Ordenación del territorio y urbanismo	254
8.2.4. Impacto socioeconómico	255
CAPÍTULO 9.	
MARCO REGULATORIO DE LA ENERGÍA EÓLICA	259
9.1. Régimen de autorización administrativa	261
9.1.1. Introducción	261
9.1.1.1. Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria	261
9.1.1.2. Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico	264
9.1.1.3. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre	267

9.1.2.	Trámites y autorizaciones de competencia de la administración autonómica. Normativa aplicable ..	269
9.1.2.1.	Normativa de carácter básico general para toda España	269
9.1.2.2.	Normativa de carácter específico para las distintas comunidades autónomas ..	270
9.1.2.3.	Etapas básicas del trámite de autorización administrativa, aprobación de proyecto y puesta en servicio	276
9.1.3.	Trámites y autorizaciones de competencia estatal. Normativa aplicable.	278
9.1.4.	Trámites y autorizaciones de competencia local. Normativa aplicable.	279
9.2.	El régimen especial eléctrico	280
9.2.1.	Introducción	280
9.2.2.	Normativa aplicable	283
9.2.3.	Costes y beneficios económicos para los consumidores a corto, medio y largo plazo	286
9.2.4.	Situación actual y perspectivas	287
ANEXOS	291
Anexo 1.		
Glosario de Términos		293
Anexo 2.		
Coste de la Ejecución Material de un Parque Eólico		316
Obra civil		316
Instalación eléctrica		318
Aerogeneradores		319

Medidas correctoras de impacto ambiental	320
Subestación de parque	320
Línea de conexión a red	322
Seguridad y salud	322

Anexo 3.

Coste de la Instalación de Dispositivos Eólicos de Pequeña Potencia	323
--	-----