



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Índice general

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

Índice memoria

1. Objetivo.....	12
1.1 Abstract.....	12
2. Alcance	13
3. Antecedentes.....	14
3.1 Naturaleza y causas del viento.....	14
3.2 Variabilidad del viento	16
3.3 Variación del viento con la altura	17
3.4 Curvas de distribución de velocidad.....	21
3.5 Energía eólica	22
3.6 Producción de energía eólica.....	25
3.7 Aerogeneradores.....	28
4. Normas y referencias	33
4.1 Normas.....	33
4.2 Bibliografía	35
4.3 Programas de cálculo y herramientas utilizadas	35
5. Definiciones y abreviaturas.....	37
6. Requisitos de diseño	42
6.1 Emplazamiento y situación	43
6.2 Estimación del recurso eólico.....	45
7. Análisis de soluciones.....	50
7.1 Elección del aerogenerador.....	50
7.1.1 Turbina eólica.....	52
7.1.2 Torre	53
7.1.3 Mecanismo de cambio de paso de pala.....	53
7.1.4 Generador eléctrico.....	54
7.2 Cimentación	56
7.3 Sistema eléctrico.....	57

7.4 Instalación de baja tensión.....	58
7.4.1 Motor y variador de velocidad.....	59
7.4.2 Convertidor de potencia	61
7.4.3 Transformador de servicios auxiliares.....	63
7.4.4 Interruptor automático del generador	64
7.4.5 Interruptor automático de los servicios auxiliares	65
7.4.6 Interruptor automático principal.....	66
7.4.7 Protección de sobretensiones	66
7.4.8 Contactor del generador	68
7.4.9 Cableado de baja tensión.....	69
7.4.10 Canalizaciones	70
7.5 Centros de transformación.....	70
7.5.1 Transformador MT/BT	70
7.5.2 Celdas de media tensión	72
7.6 Red subterránea de Media Tensión	74
7.6.1 Cableado de media tensión	74
7.6.2 Canalizaciones	76
7.7 Subestación 66/20 kV	76
7.7.1 Sistema de baja tensión	77
7.7.2 Sistema de media tensión	78
7.7.3 Autoválvulas	82
7.7.4 Sistema de evacuación en alta tensión a 66 kV.....	83
7.7.5 Puesta a tierra.....	86
8. Resultados finales	89
9. Conclusiones	90
9.1 Conclusions	90
10.Orden de prioridad de los documentos básicos.....	91

Índice anexos

1. Estimación del recurso eólico en el emplazamiento y elección del aerogenerador....	16
1.1 Elección del emplazamiento	16
1.2 Estimación del recurso eólico.....	23
1.3 Elección del aerogenerador.....	34
1.3.1 Estudio de rentabilidad.....	36
2. Cálculo de la cimentación.....	47
2.1 Datos de partida.....	47
2.2 Acciones sobre la cimentación	49
2.3 Comprobación a vuelco.....	55
2.4 Comprobación a deslizamiento	57
2.5 Comprobación a hundimiento	58
2.6 Armadura radial.....	60
2.7 Armadura circular	63
2.8 Armadura a cortante.....	69
2.9 Punzonamiento	74
2.10 Armadura superior de flexión.....	76
2.11 Resumen de los resultados.....	78
3. Cálculos eléctricos	81
3.1 Motor y variador de velocidad	81
3.2 Líneas eléctricas	87
3.2.1 Cableado del generador al convertidor	88
3.2.2 Cableado de los motores al transformador de servicio auxiliares	90
3.2.3 Cableado del transformador de servicios auxiliares al convertidor	93
3.2.4 Cableado del convertidor al transformador MT/BT.....	95
3.2.5 Cableado entre el aerogenerador 3 y el aerogenerador 2.....	97
3.2.6 Cableado entre el aerogenerador 2 y el aerogenerador 1.....	100
3.2.7 Cableado entre el aerogenerador 1 y la subestación eléctrica.....	102

3.3 Intensidad de cortocircuito admisible de la red de MT	103
3.4 Puesta a tierra de los centros de transformación.....	106
3.5 Puesta a tierra de la subestación	111
3.6 Cableado de alta tensión	116
3.7 Autoválvulas.....	117
4. Catálogos de los componentes	121
4.1 Catálogo del motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB del fabricante ABB.....	122
4.2 Catálogo del variador electrónico de velocidad VAT300 U3SX045K0 del fabricante General Electric	124
4.3 Catálogo del convertidor de potencia ACS800-67 del fabricante ABB	126
4.4 Catálogo del cable XTREM H07RN-F del fabricante Topcable.....	129
4.5 Catálogo del cable POWERFLEX RV-K del fabricante Topcable	132
4.6 Catálogo del cable X-VOLT RHZ1 AL/OL/2OL del fabricante Topcable	135
4.7 Catálogo del cable VOLTALENE H AL RHZ1-0L 36/66kV del fabricante Prysmian Group.....	138
4.8 Catálogo del transformador sumergido en dieléctrico líquido del fabricante Ormazabal 24 kV: D ₀ C _k (AB').....	140
4.9 Catálogo del transformador XMN 400/690V del fabricante Manumag.....	142
4.10 Catálogo del transformador sumergido en aceite de 800 kVA y relación de transformación 20/0,69 kV del fabricante Pauwels Trafo	143
4.11 Catálogo del interruptor automático Compact NS800 del fabricante Schneider Electric.....	145
4.12 Catálogo del interruptor automático Compact NSX160 del fabricante Schneider Electric.....	147
4.13 Catálogo del interruptor automático Compact NS630b del fabricante Schneider Electric.....	150

4.14 Catálogo del protector contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC del fabricante Schneider Electric	152
4.15 Catálogo del contactor TeSys CV1B del fabricante Schneider Electric.....	154
4.16 Catálogo de la autoválvula pararrayos EXLIM R del fabricante ABB	159
4.17 Catálogo de las celdas de media tensión RM6 24 del fabricante Schneider Electric.....	162
4.18 Catálogo de las celdas de media tensión CBGS-0 del fabricante ABB.....	170
4.19 Catálogo del módulo compacto híbrido PASS M00 del fabricante ABB	176
5.1 Prevención de riesgos laborales	179
5.1.1 Introducción.....	179
5.1.2 Derechos y obligaciones	179
5.1.2.1 Protección frente a riesgos laborales.....	179
5.1.2.2 Acción preventiva.....	179
5.1.2.3 Evaluación de los riesgos	180
5.1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección.....	180
5.1.2.5 Información y participación de los trabajadores	180
5.1.2.6 Formación preventiva de los trabajadores.....	180
5.1.2.7 Medidas de emergencia	181
5.1.2.8 Riesgo grave e inminente	181
5.1.2.9 Vigilancia de la salud.....	181
5.1.2.10 Documentación	181
5.1.2.11 Coordinación de actividades empresariales	182
5.1.2.12 Protección de trabajadores sensibles a determinados riesgos.....	182
5.1.2.13 Protección de la maternidad.....	182
5.1.2.14 Protección de menores.....	182
5.1.2.15 Relaciones con empresas de trabajo temporal.....	182
5.1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos	182
5.1.3 Servicios de prevención	183
5.1.3.1 Protección y prevención de riesgos profesionales.....	183
5.1.3.2 Servicios de prevención.....	183

5.1.4 Consulta y participación de trabajadores	183
5.1.4.1 Consulta de los trabajadores	183
5.1.4.2 Derechos de participación y presentación	184
5.2 Seguridad y salud en los lugares de trabajo	184
5.2.1 Introducción	184
5.2.2 Obligaciones del empresario	184
5.2.2.1 Condiciones constructivas	184
5.2.2.2 Orden y limpieza	186
5.2.2.3 Condiciones ambientales	186
5.2.2.4 Iluminación	186
5.2.2.5 Higiene y descanso	186
5.2.2.6 Material de primeros auxilios	187
5.3 Señalización de seguridad y salud en el trabajo	187
5.3.1 Introducción	187
5.3.2 Obligaciones generales del empresario	188
5.4 Seguridad y salud en la utilización de los equipos de trabajo	188
5.4.1 Introducción	188
5.4.2 Obligaciones generales del empresario	189
5.4.2.1 Equipos de trabajo generales	189
5.4.2.2 Equipos de trabajo móviles	189
5.4.2.3 Equipos de trabajo para elevación de cargas	190
5.4.2.4 Equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada	190
5.4.2.5 Maquinaria herramienta	191
5.5 Seguridad y salud en las obras de construcción	191
5.5.1 Introducción	191
5.5.2 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción	192
5.5.3 Medidas preventivas de carácter general	193
5.5.4 Medidas preventivas para cada oficio	194
5.5.4.1 Movimiento de tierras, excavación de pozos y zanjas	194

5.5.4.2 Relleno de tierras	195
5.5.4.3 Encofrados	195
5.5.4.4 Albañilería	196
5.5.4.5 Enfocados y enlucidos	196
5.5.4.6 Pinturas y barnizados	196
5.5.4.7 Instalación eléctrica provisional de obra.	197
5.5.5 Proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión	198
5.6 Seguridad y salud en la utilización de equipos de protección individual	201
5.6.1 Introducción.....	201
5.6.2 Protectores de cabeza	201
5.6.3 Protectores de manos y brazos	202
5.6.4 Protectores de pie y piernas.....	202
5.6.5 Protectores del cuerpo	202
5.6.6 Protecciones para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de A.T.....	202
5.7 Mediciones y presupuesto de elementos de seguridad y salud	203
5.7.1 Resumen del presupuesto.....	203
5.7.2 Presupuesto y mediciones.....	204
5.7.3 Cuadro de descompuestos.....	205
5.7.4 Cuadro de precios auxiliares.....	206

Índice planos

1. Planos.....	4
1.1 Plano nº 1: Situación.....	5
1.2 Plano nº 2: Emplazamiento.....	6
1.3 Plano nº 3: Esquema unifilar.....	7
1.4 Plano nº 4: Equipos de protección individual.....	8
1.5 Plano nº 5: Detalles casco y botas.....	9
1.6 Plano nº 6: Detalles gafas y máscara antipolvo.....	10
1.7 Plano nº 7: Detalles cinturón de seguridad.....	11
1.8 Plano nº 8: Señales de advertencia de peligro.....	12
1.9 Plano nº 9: Señales de prohibición y uso obligatorio.....	13
1.10 Plano nº 10: Señales de riesgos.....	14
1.11 Plano nº 11: Señales de seguridad.....	15
1.12 Plano nº 12: Señales (1).....	16
1.13 Plano nº 13: Señales (2).....	17
1.14 Plano nº 14: Señales luminosas.....	18
1.15 Plano nº 15: Señal de peligro de obra.....	19
1.16 Plano nº 16: Paneles direccionales.....	20
1.17 Plano nº 17: Centros de transformación.....	21

Índice pliego de condiciones

1. Disposiciones de carácter general.....	8
1.1 Objeto del Pliego de Condiciones.....	8
1.2 Contrato de obra.....	8
1.3 Documentación del contrato de obra.....	8
1.4 Proyecto Arquitectónico.....	8
1.5 Reglamentación urbanística.....	9
1.6 Formalización del Contrato de Obra.....	9
1.7 Jurisdicción competente.....	10
1.8 Responsabilidad del Contratista.....	10
1.9 Accidentes de trabajo.....	10
1.10 Daños y perjuicios a terceros.....	10
1.11 Anuncios y carteles.....	11
1.12 Copia de documentos.....	11
1.13 Suministro de materiales.....	11
1.14 Hallazgos.....	11
1.15 Causas de rescisión del contrato de obra.....	12
1.16 Omisiones: Buena fe.....	12
2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	13
2.1 Accesos y vallados.....	13
2.2 Replanteo.....	13
2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos.....	13
2.4 Orden de los trabajos.....	14
2.5 Facilidades para otros contratistas.....	14
2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	15
2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	15

2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor.....	15
2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	16
2.10 Trabajos defectuosos.....	16
2.11 Vicios ocultos.....	16
2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos.....	17
2.13 Presentación de muestras.....	17
2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos	17
2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	18
2.16 Limpieza de las obras.....	18
2.17 Obras sin prescripciones explícitas	18
3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas	18
3.1 Consideraciones de carácter general	18
3.2 Recepción provisional.....	20
3.3 Documentación final de la obra	20
3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra.....	20
3.5 Plazo de garantía.....	21
3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente	21
3.7 Recepción definitiva.....	21
3.8 Prórroga del plazo de garantía	21
3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.....	21
4. Disposiciones Facultativas	22
4.1 Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación	22
4.1.1 El Promotor	22
4.1.2 El Projectista	23
4.1.3 El Constructor o Contratista.....	23
4.1.4 El Director de Obra	23
4.1.5 El Director de la Ejecución de la Obra	23

4.1.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	24
4.1.7 Los suministradores de productos	24
4.2 Agentes que intervienen en la obra según ley 38/1999 (L.O.E.)	24
4.3 Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/1997	24
4.4 Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/2008	24
4.5 La dirección facultativa	24
4.6 Visitas facultativas	25
4.7 Obligaciones de los agentes intervinientes	25
4.7.1 El Promotor.....	25
4.7.2 El Proyectista.....	26
4.7.3 El Constructor o Contratista	28
4.7.4 El Director de Obra.....	31
4.7.5 El Director de la Ejecución de la Obra	33
4.7.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	35
4.7.7 Los suministradores de productos	36
4.7.8 Los propietarios y los usuarios.....	36
4.8 Documentación final de obra: libro del edificio	36
4.8.1 Los propietarios y los usuarios.....	36
5. Disposiciones Económicas.....	37
5.1 Definición.....	37
5.2 Contrato de obra	37
5.3 Criterio general.....	38
5.4 Fianzas	38
5.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	38
5.4.2 Devolución de las fianzas	38
5.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	39
5.5 De los precios	39
5.5.1 Precio básico.....	39
5.5.2 Precio unitario	39

5.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	41
5.5.4 Precios contradictorios	41
5.5.5 Reclamación de aumento de precios.....	42
5.5.6 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios	42
5.5.7 De la revisión de los precios contratados	42
5.5.8 Acopio de materiales.....	42
5.6 Obras por administración.....	42
5.7 Valoración y abono de los trabajos	43
5.7.1 Forma y plazos de abono de las obras	43
5.7.2 Relaciones valoradas y certificaciones	43
5.7.3 Mejora de obras libremente ejecutadas	44
5.7.4 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada	44
5.7.5 Abono de trabajos especiales no contratados	44
5.7.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía	45
5.8 Indemnizaciones mutuas.....	45
5.8.1 Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	45
5.8.2 Demora de los pagos por parte del Promotor	45
5.9 Varios	45
5.9.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.....	45
5.9.2 Unidades de obra defectuosas.....	46
5.9.3 Seguro de las obras.....	46
5.9.4 Conservación de la obra	46
5.9.5 Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor	46
5.9.6 Pago de arbitrios	46
5.10 Retenciones en concepto de garantía	47
5.11 Plazos de ejecución: planning de obra.....	47
5.12 Liquidación económica de las obras	47
5.13 Liquidación final de la obra	48
6. Prescripciones sobre los materiales	48
6.1 Garantías de calidad (Marcado CE)	50

7. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición52

Índice mediciones y presupuesto

1. Presupuesto.....	4
1.1 Resumen del presupuesto.....	5
1.2 Presupuesto y mediciones.....	6
1.3 Cuadro de descompuestos.....	10
1.4 Cuadro de precios auxiliares.....	15



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Memoria

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES, SUBESTACIÓN Y CONEXIÓN EN EL SUR DE TENERIFE.

DATOS DEL COLEGIO

NOMBRE: ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIOS DE POSGRADO

DIRECCIÓN: AVDA. ASTROFÍSICO FRANCISCO SÁNCHEZ, SN. EDIFICIO CALABAZA – AN.2D APDO. 456, 38200 SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA.

TELÉFONO: 922317270

DATOS DEL AUTOR

NOMBRE: EDUARDO ANDRÉS GÓMEZ

DNI: 79060109-R

DATOS DEL TUTOR

NOMBRE: D. BENJAMÍN GONZÁLEZ DÍAZ

FECHA

JULIO 2019

Índice

1. Objetivo	12
1.1 Abstract.....	12
2. Alcance	13
3. Antecedentes.....	14
3.1 Naturaleza y causas del viento.....	14
3.2 Variabilidad del viento	16
3.3 Variación del viento con la altura.....	17
3.4 Curvas de distribución de velocidad.....	21
3.5 Energía eólica	22
3.6 Producción de energía eólica	25
3.7 Aerogeneradores	28
4. Normas y referencias	33
4.1 Normas.....	33
4.2 Bibliografía.....	35
4.3 Programas de cálculo y herramientas utilizadas.....	35
5. Definiciones y abreviaturas	37
6. Requisitos de diseño	43
6.1 Emplazamiento y situación.....	43
6.2 Estimación del recurso eólico.....	45
7. Análisis de soluciones	50
7.1 Elección del aerogenerador	50
7.1.1 Turbina eólica	52

7.1.2 Torre	53
7.1.3 Mecanismo de cambio de paso de pala	53
7.1.4 Generador eléctrico.....	54
7.2 Cimentación.....	56
7.3 Sistema eléctrico.....	57
7.4 Instalación de baja tensión.....	58
7.4.1 Motor y variador de velocidad.....	59
7.4.2 Convertidor de potencia.....	61
7.4.3 Transformador de servicios auxiliares.....	63
7.4.4 Interruptor automático del generador	64
7.4.5 Interruptor automático de los servicios auxiliares	65
7.4.6 Interruptor automático principal	66
7.4.7 Protección de sobretensiones.....	66
7.4.8 Contactor del generador.....	68
7.4.9 Cableado de baja tensión	69
7.4.10 Canalizaciones	70
7.5 Centros de transformación.....	70
7.5.1 Transformador MT/BT	70
7.5.2 Celdas de media tensión	72
7.6 Red subterránea de Media Tensión	74
7.6.1 Cableado de media tensión	74
7.6.2 Canalizaciones	76
7.7 Subestación 66/20 kV	76
7.7.1 Sistema de baja tensión.....	77

7.7.2 Sistema de media tensión	78
7.7.3 Autoválvulas	82
7.7.4 Sistema de evacuación en alta tensión a 66 kV	83
7.7.5 Puesta a tierra.....	86
8. Resultados finales	89
9. Conclusiones.....	90
9.1 Conclusions	90
10.Orden de prioridad de los documentos básicos	91

Índice de figuras

Figura 1. Vientos a escala global	14
Figura 2. Circulación del viento tierra-mar durante el día.....	16
Figura 3. Espectro típico de las fluctuaciones del viento.....	17
Figura 4. Capa límite terrestre.....	18
Figura 5. Variación de la velocidad del viento con la altura según la ley logarítmica.	20
Figura 6. Variación de la velocidad del viento con la altura según la ley potencial.	21
Figura 7. Comparación de la ley logarítmica y la ley potencial.	21
Figura 8. Curvas de Weibull de duración del viento variando el factor de forma.	22
Figura 9. Curvas de Weibull de función de probabilidad variando el factor de forma.....	23
Figura 10. Molinos multipala holandeses del siglo XIV.	25
Figura 11. Marcellus Jacobs con su aerogenerador de 2,5 kW en los 1940s.....	25
Figura 12. Evolución de la capacidad eólica instalada en el mundo.....	26
Figura 13. Evolución de la potencia eólica instalada en España.	27
Figura 14. Potencia instalada en España por comunidades autónomas.	28
Figura 15. Aerogeneradores situados en Canarias.	29
Figura 16. Partes de un aerogenerador.	30
Figura 17. Esquema de los elementos del interior de la góndola de un aerogenerador.	31
Figura 18. Relación entre el diámetro de un aerogenerador y la potencia que genera.	31
Figura 19. Tubo de corriente que circunda la aeroturbina.	32
Figura 20. Componentes de una central eólica.	33

Figura 21. Situación de los aerogeneradores (Punta de Abona).....	43
Figura 22. Referencia catastral de la parcela.....	44
Figura 23. Emplazamiento de los aerogeneradores.....	45
Figura 24. Rosa de vientos del aerogenerador 1.....	47
Figura 25. Rosa de vientos del aerogenerador 2.....	47
Figura 26. Rosa de vientos del aerogenerador 3.....	47
Figura 27. Distribución de Weibull del aerogenerador 1	48
Figura 28. Distribución de Weibull del aerogenerador 2.	48
Figura 29. Distribución de Weibull del aerogenerador 3.	49
Figura 30. Imagen del aerogenerador LW 52/750 del fabricante Lagerwey.....	51
Figura 31. Esquema de los elementos de la instalación de baja tensión.	58
Figura 32. Imagen del motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB	60
Figura 33. Imagen del variador de velocidad VAT300.....	61
Figura 34. Esquema de generación con convertidor.....	62
Figura 35. Imagen del convertidor de potencia ACS800-67.....	62
Figura 36. Imagen del transformador XMN 400/690V de Manumag	64
Figura 37. Interruptor automático Compact NS800 de Schneider Electric.....	65
Figura 38. Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric.....	66
Figura 39. Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric.....	66
Figura 40. Imagen del protector contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC de Schneider Electric.	68
Figura 41. Imagen del contactor del generador Tesys CV1B.....	69
Figura 42. Imagen del transformador de media tensión.....	71

Figura 43. Esquema eléctrico de una celda de media tensión 0L+1L+1P con interruptor automático.	72
Figura 44. Imagen de la celda de media tensión RM6 24.....	74
Figura 45. Esquema canalización enterrada MT.....	75
Figura 46. Emplazamiento de los aerogeneradores y la subestación.....	76
Figura 47. Imagen del transformador de servicios auxiliares de la subestación.....	78
Figura 48. Imagen de las celdas de media tensión de la subestación.....	80
Figura 49. Imagen de la autoválvula EXLIM R.....	83
Figura 50. Imagen del módulo PASS M00 del fabricante ABB.....	85
Figura 51. Esquema unifilar del módulo PASS M00.....	86
Figura 52. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la duración de la corriente de falta.....	87

Índice de tablas

Tabla 1. Valores típicos de rugosidad.	19
Tabla 2. Datos de frecuencia del viento en los emplazamientos de los aerogeneradores.	46
Tabla 3. Parámetros de cada aerogenerador necesarios para hacer sus distribuciones de Weibull.	48
Tabla 4. Aerogeneradores que cumplen los criterios de selección.....	50
Tabla 5. Flujos de caja acumulados en 20 años para cada modelo.	51
Tabla 6. Resumen de los resultados de la cimentación.	56
Tabla 7. Especificaciones del motor elegido para el sistema de paso.	60
Tabla 8. Características del variador electrónico de velocidad.	60
Tabla 9. Características del convertidor de potencia.....	62
Tabla 10. Características del transformador de servicios auxiliares.	64
Tabla 11. Características de los protectores contra sobretensiones.....	68
Tabla 12. Resumen de las características de los cables de la instalación de baja tensión.	69
Tabla 13. Resumen de las características de las canalizaciones de la instalación de baja tensión.	70
Tabla 14. Características del transformador de media tensión.....	71
Tabla 15. Leyenda del esquema eléctrico de la celda de media tensión.	73
Tabla 16. Características de las celdas de media tensión.	74
Tabla 17. Resumen de las características de los cables de la red subterránea de media tensión.	75
Tabla 18. Características del transformador de servicios auxiliares de la subestación.	78
Tabla 19. Características de las celdas de media tensión de la subestación.....	79
Tabla 20. Características del transformador de potencia de la subestación	81
Tabla 21. Características del módulo PASS M00 del fabricante ABB.	84

1. Objetivo

El objetivo principal de este Trabajo de fin de Máster es demostrar los conocimientos y competencias adquiridas a lo largo de los dos años correspondientes al Máster de Ingeniería Industrial y, por consiguiente, finalizarlo.

Dentro de las capacidades que se demostrarán a lo largo del trabajo están la redacción, firma y desarrollo de proyectos, manejo de normativas, reglamentos y datos, la realización de mediciones y cálculos y demostrar un buen criterio en lo que respecta a la elección de las posibles soluciones a adoptar; todos éstos son conocimientos que deberá tener un ingeniero industrial tras completar su formación según la normativa vigente.

Por otro lado, el objetivo específico de este proyecto es el estudio y la implantación de una instalación eólica generadora en el sur de Tenerife. En el análisis será necesario definir, justificar y expresar de forma clara todos aquellos aspectos relevantes, desde el análisis del recurso eólico hasta la ejecución y la puesta en marcha de la instalación, así como presupuestar el proyecto.

1.1 Abstract

The main objective of this end-of-Master's Project is to demonstrate the knowledge and skills acquired over the two years of the Master's Degree in Industrial Engineering and thus, finalizing it.

Some of the capabilities that will be demonstrated throughout this project are the writing skills of technical documents, the ability to manage technical regulations, laws, rules and data, to make an estimate of the cost of the project and the previous calculations to arrive to that conclusion and also show good judgment when it comes to choosing the possible solutions to be adopted, all of which are skills that an industrial engineering must have after completing his academic training under current legislation.

On the other hand, the specific objective of this project is the study and implementation of an energy generating wind facility. In the analysis it will be necessary to clearly define, justify and express all the relevant aspects, from the analysis of the wind resource to the execution of the installation, as well as the budget of the project.

2. Alcance

La propuesta inicial del proyecto consistió en la implantación de al menos dos aerogeneradores, con su subestación y conexión a la red, en el sur de Tenerife, a partir de estas condiciones iniciales, haciendo un estudio del recurso eólico del sur, como se verá más adelante, optamos por situarlos en Punta de Abona, principalmente por su excelente recurso eólico y localización. Debido al tamaño de la parcela, se optó por la implantación de tres aerogeneradores de menos de 66 metros de diámetro de rotor y, tras realizar el estudio de rentabilidad, concluimos que los aerogeneradores serán el modelo LW52/750 del fabricante Lagerwey.

Formarán como parte de este proyecto los siguientes apartados:

- Elección del emplazamiento.
- Estimación del recurso eólico.
- Elección del aerogenerador.
- Dimensionado de la cimentación.
- Elección del motor y variador de velocidad del sistema de paso.
- Elección del convertidor de potencia.
- Cálculo de las líneas eléctricas.
- Elección de los elementos necesarios para los centros de transformación.
- Elección de los elementos necesarios para la subestación.
- Pliego de condiciones.
- Estudio de seguridad y salud.
- Mediciones y presupuesto.

Se excluirán de este proyecto los siguientes apartados:

- Cualquier otro punto necesario para llevar a cabo el proyecto que no aparezca en los apartados anteriores.

3. Antecedentes

3.1 Naturaleza y causas del viento

El viento es una de las fuerzas más poderosas de la naturaleza, ya que en su adecuada medida puede proporcionarnos energía para abastecernos, o bien puede destruir aquello que tanto esfuerzo nos costó construir, llevándose por delante aquello que se interponga en su camino. Este fenómeno físico suele definirse como un flujo de aire a gran escala o un movimiento del aire en la atmósfera que es producida por ciertas condiciones atmosféricas, de origen natural. Se genera por el calentamiento desigual que sufre la tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día, esto quiere decir que las zonas más calientes se mueven sobre la superficie de la tierra en su movimiento de rotación. Generalmente el aire caliente sube, para después circular por la parte superior de la atmósfera y caer en las zonas más frías mientras que a nivel del suelo la circulación es en sentido inverso. El efecto combinado del desigual calentamiento de la tierra y de las fuerzas centrífugas y de Coriolis debidas a la rotación, da lugar a vientos a escala terráquea, con unas tendencias más o menos permanentes. En la figura 1 se indican los vientos alisios, polares, o vientos del oeste como ejemplos significativos de vientos con estas características.

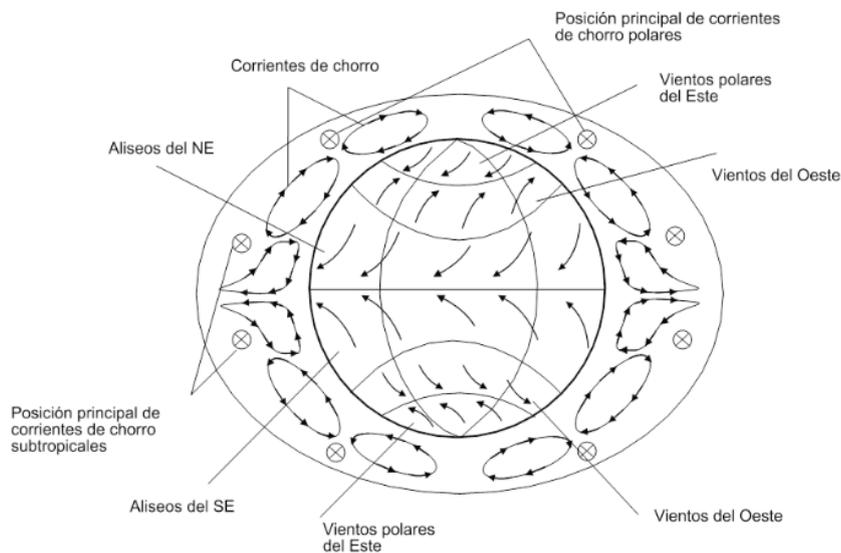


Figura 1 Vientos a escala global. Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos108/introduccion-energia-eolica/introduccion-energia-eolica2.shtml>

La misma rotación de la tierra puede explicar la naturaleza de los vientos del Oeste que aparecen en la figura a una cierta latitud media por encima de los trópicos. Al girar la tierra, arrastra el aire del oeste hacia el este, si además el aire se mueve hacia los polos, se acerca más al eje de giro de la tierra, lo que implica que para que se conserve la cantidad de movimiento angular, el aire debe adquirir una componente oeste-este mayor que la del propio

giro de la tierra. Este efecto es pequeño en el ecuador, donde el acercamiento al eje de la tierra es pequeño al desplazarse hacia los polos, pero es mayor a latitudes medias.

A escalas suficientemente grandes, del orden de los 1000 km, el viento resulta fundamentalmente de un equilibrio entre la fuerza de Coriolis, la fuerza de presión y el rozamiento con el suelo. La fuerza de Coriolis es perpendicular a la velocidad del aire y es a mano derecha de su trayectoria en el hemisferio norte y la izquierda en el sur. Por encima de la capa límite terrestre, de unos mil metros de altura, el rozamiento con el suelo es poco significativo, y puede ser una aproximación considerar que hay equilibrio entre las fuerzas de Coriolis y las de presión, de manera que las trayectorias serían las líneas isobaras de presión constante, este viento se suele conocer con el nombre de viento geostrófico. Para un núcleo de altas presiones, en el hemisferio norte, el aire se movería según las agujas del reloj y en el hemisferio sur el sentido sería el opuesto. En las zonas próximas a la superficie del suelo, el rozamiento con el mismo adquiere más importancia, y la dirección de la velocidad adquiere una componente en la dirección de mayor a menor presión.

A una escala mayor, el desigual calentamiento de la tierra puede crear brisas a escala local en costas, montañas o valles. Por ejemplo, el desigual calentamiento o enfriamiento de la tierra y el mar, que absorben o emiten distinta energía por radiación, dan lugar a las brisas marinas nocturnas y diurnas. La tierra se calienta o enfría más rápidamente que el mar, de manera que durante el día el aire caliente fluye por las capas bajas del mar, donde cae el aire frío, a la tierra donde se eleva el aire caliente. Por la noche ocurre el fenómeno inverso, como se muestra en la figura.



Figura 2 Circulación del viento tierra-mar durante el día.

Fuente: <http://lapatriaenlinea.com/?t=formacia-n-del-viento¬a=266124>

A escala local, puede haber muchos otros factores que influyen considerablemente en el viento, unos de los más importantes son los obstáculos y configuraciones orográficas, que dan lugar a efectos aceleradores, por ejemplo, en las colinas, que son de mucho interés para el aprovechamiento de la energía eólica.

Los meteorólogos suelen denominar a las tres escalas anteriores del movimiento atmosférico macro-escala, de unos 1000 kilómetros, la meso-escala, de unos 10 a 500 kilómetros correspondiente por ejemplo a las brisas marinas o los vientos asociados a cordilleras y valles; y la micro-escala que se refiere al tamaño de la perturbación debida a obstáculos tales como colinas o montículos, o hasta las mismas estelas de las aeroturbinas.

3.2 Variabilidad del viento

Una de las características más importantes del viento es su variabilidad, tanto espacial como temporal, en un amplio rango de escalas. Si se examinan en un lugar fijo las medidas que da un anemómetro, se observa que su variación es aleatoria e incluye múltiples frecuencias que van desde periodos correspondientes a 0,1 segundos (10 Hz) hasta varios años. Como se indicó en el apartado anterior, las brisas cambian a lo largo del día y además hay variaciones estacionales o mensuales del viento, hay meses más ventosos que otro o incluso años o décadas más ventosas que otras, esto puede dar lugar a problemas a la hora de calcular la rentabilidad de un parque eólico.

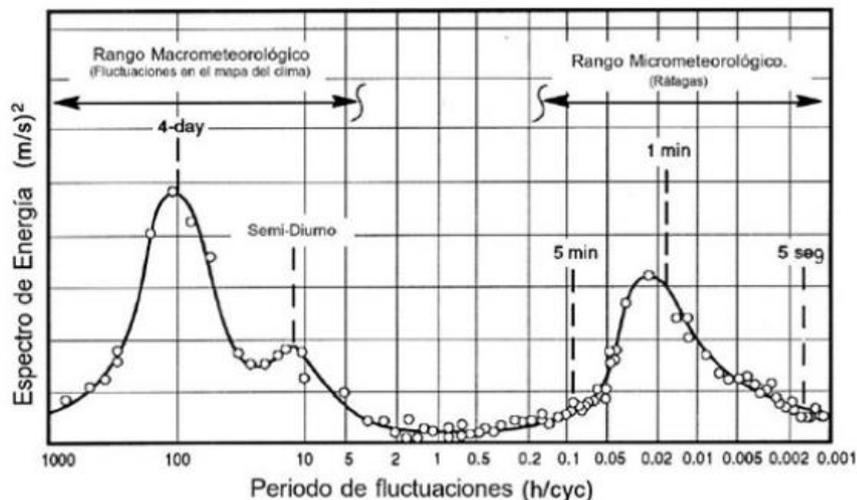


Figura 3 Espectro típico de las fluctuaciones del viento. Fuente: <https://slideplayer.es/slide/1723000/>

En la figura se presenta el espectro de la energía cinética del viento por unidad de masa medido en el laboratorio Nacional de Brookhaven. Esta curva indica cómo se distribuye la energía cinética del viento para distintas frecuencias. El área bajo la curva es la energía cinética media durante todo el periodo. Se observa que hay un pico alrededor de los periodos cercanos a un

minuto debido a la turbulencia, otro correspondiente a las variaciones diarias de viento con un periodo cercano a un día y, por último, un tercer pico alrededor de cuatro días que representa el paso de frentes o núcleos de altas o bajas presiones.

3.3 Variación del viento con la altura

Como se indicó anteriormente, el viento varía espacialmente, siendo estas variaciones en grandes escalas o en escalas más pequeñas asociadas a las perturbaciones locales del viento debido a la orografía y a las estelas. Aun cuando el terreno es llano, el viento varía con la altura sobre el suelo. El estudio de dicha variación es de gran importancia por las siguientes razones:

1. A mayor altura hay mayor velocidad del viento y por lo tanto la potencia producida por las aeroturbinas también es mayor. Por otra parte, cuanto más alta es la torre mayor es su coste, siendo por tanto necesario optimizar el sistema.
2. Cada pala al girar se encuentra con viento variable, por lo que se generan cargas alternativas que producen fatiga en los componentes mecánicos y fluctuaciones en la potencia eléctrica que deterioran la calidad de la energía producida.

Como ya se mencionó anteriormente, el viento por encima de una cierta altura está sujeto a un equilibrio entre las fuerzas de presión y las de Coriolis, sin embargo, a medida que se reduce la distancia al suelo aparece un efecto de rozamiento y el viento se frena. Este proceso ocurre en la capa límite terrestre cuyo espesor varía según las condiciones climatológicas. Un esquema típico de la capa límite terrestre se muestra en la siguiente figura.

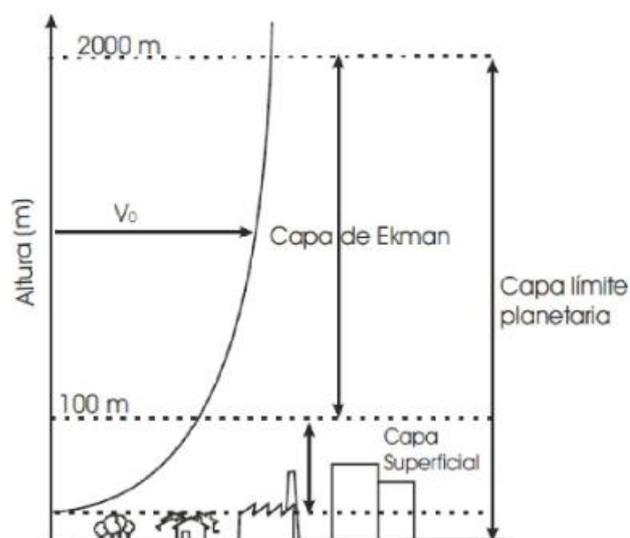


Figura 4 Capa límite terrestre. Fuente: <http://meteolab.fis.ucm.es/meteorologia/viento>

La parte inferior de la misma, que alcanza hasta los 100 metros, se conoce como capa superficial o logarítmica. El resto se conoce con el nombre de capa de Ekman. A través de la capa de Ekman,

el viento cambia de dirección, con una tendencia a moverse de mayor a menor presión, para estudiar la acción del viento sobre las aeroturbinas basta con el conocimiento de la capa superficial. En la capa superficial, una fórmula típica que da la variación del viento con la altura es:

$$V = 2,5 \cdot u \cdot \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + \Psi \right]$$

Donde:

V es la velocidad del viento a la altura z que queremos calcular.

u es la velocidad de fricción turbulenta.

z es la altura a la que queremos calcular la velocidad.

z_0 es la rugosidad del terreno.

Ψ es una función que depende de la estabilidad atmosférica.

En la siguiente tabla podemos observar valores típicos de la rugosidad para distintos tipos de terreno:

Tipo de terreno	Rugosidad (m)
Hielo	10^{-5} a $3 \cdot 10^{-5}$
Agua	10^{-4} a $3 \cdot 10^{-4}$
Hierba cortada	10^{-3} a 10^{-2}
Hierba alta	10^{-2} a $4 \cdot 10^{-2}$
Terrenos rocosos	10^{-2} a $5 \cdot 10^{-2}$
Pastos	0,1 a 0,3
Suburbios	0,5 a 1
Bosques	0,1 a 1
Ciudades	1 a 5

Tabla 1 Valores típicos de rugosidad. Fuente: J.L. Rodríguez Amenedo J.C. Burgos Díaz S. Arnalte Gómez "Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica"

Por la complejidad de la expresión se suele optar por otras ecuaciones más sencillas, una de ellas es la ley logarítmica en la que, para una atmósfera neutra, es decir, que no hay intercambio de calor entre el suelo y esta, se cumple lo siguiente:

$$V = V(z_r) \cdot \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)}$$

Donde:

V es la velocidad del viento a la altura z que queremos calcular.

$V(z_r)$ es la velocidad del viento que conocemos a la altura de referencia z_r .

z es la altura a la que queremos calcular la velocidad.

z_0 es la rugosidad del terreno.

z_r es la altura de referencia a la que conocemos la velocidad del viento $V(z_r)$.

A continuación, mostraremos una gráfica de la variación de la velocidad del viento con la altura según la ley logarítmica para ilustrar mejor esta. Para ello fijamos la rugosidad del terreno a 0,1m, que correspondería a pastos, una altura de referencia de 80 m y una velocidad del viento a esa altura de 10 m/s, con estos datos la gráfica que obtenemos es la siguiente:



Figura 5 Variación de la velocidad del viento con la altura según la ley logarítmica. Fuente: propia

Otra forma alternativa es utilizar la ley potencial en lugar de la ley logarítmica, su fundamento teórico es menos riguroso pero su aplicación puede ser más sencilla.

$$V = V(z_r) \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha$$

Donde:

α es una variable que varía con la hora del día, la estación, el tipo de terreno, la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica. A pesar de esto su valor se puede aproximar con la siguiente expresión que depende únicamente de la rugosidad del terreno:

$$\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{15,25}{z_0}\right)}$$

A continuación, mostraremos una gráfica de la variación de la velocidad del viento con la altura según la ley potencial para ilustrar mejor esta. Para ello fijamos la rugosidad del terreno a 0,1m, que correspondería a pastos, una altura de referencia de 80 m y una velocidad del viento a esa altura de 10 m/s, con estos datos la gráfica que obtenemos es la siguiente:

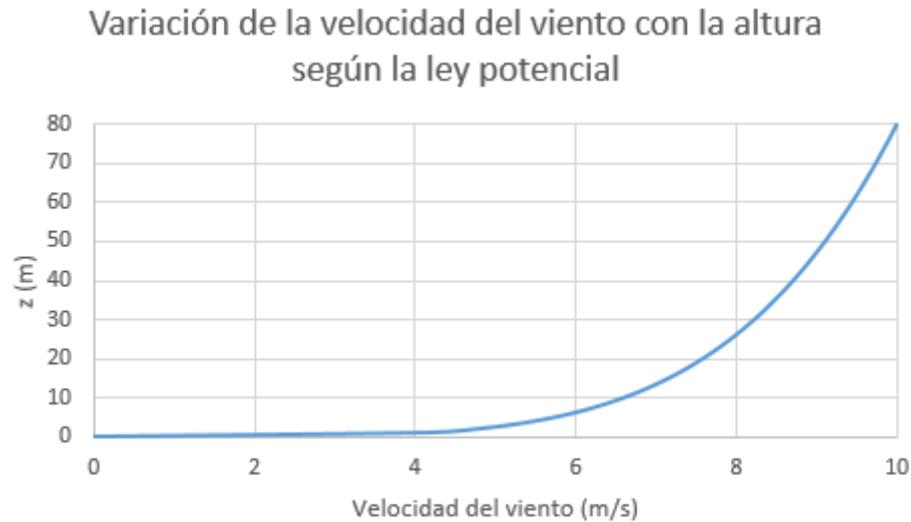


Figura 6 Variación de la velocidad del viento con la altura según la ley potencial. Fuente: propia

Por último, haremos una comparativa entre ambas leyes para observar si los valores entre ambas son similares o difieren y en cuánta medida.

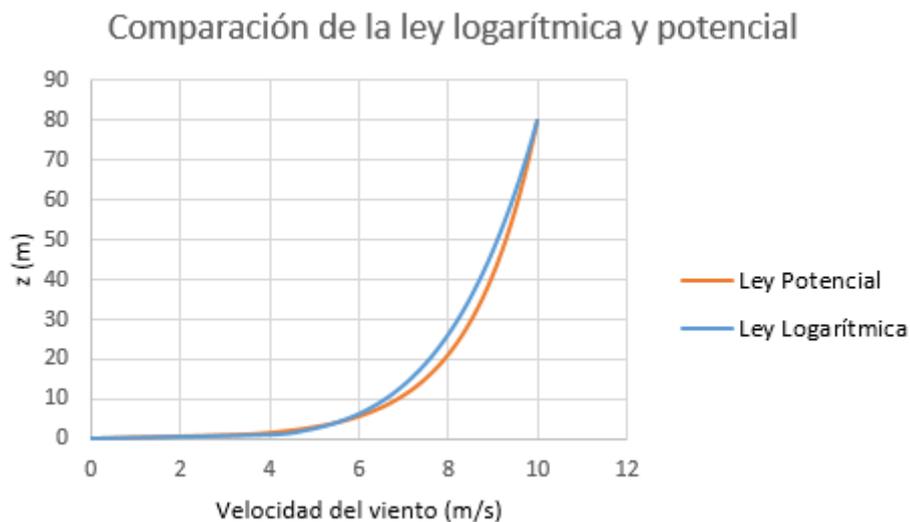


Figura 7 Comparación de la ley logarítmica y la ley potencial. Fuente: propia

Como se puede observar, los valores de ambas son bastante similares, aunque los de la ley logarítmica son algo mayores, al menos para los datos introducidos, el error podría aumentar para otros datos iniciales.

3.4 Curvas de distribución de velocidad

Para poder predecir la variación de la velocidad media del durante un largo periodo de tiempo se suele utilizar la función de distribución acumulada o curva de duración del viento, que expresa la probabilidad de que la velocidad “V” exceda un valor límite “V₀” durante el periodo considerado.

$$F(V_0) = P(V_0 < V)$$

Una forma muy aceptada de dicha función de probabilidad es la llamada distribución de Weibull, dada por la siguiente ecuación:

$$F(V_0) = e^{-\left(\frac{V_0}{C}\right)^k}$$

Donde:

C es el factor de escala.

k es el factor de forma.

Cuando dicha probabilidad se multiplica por 8760 se obtiene el número de horas del año en que esperamos que se exceda dicha velocidad. Hay que mencionar que los factores de escala y de forma para una determinada zona se pueden obtener en páginas webs que contienen dicha información y a partir de estos dos datos ya es posible obtener una aproximación, a falta de datos exactos del viento de la zona, del recurso eólico de la zona y posteriormente con la curva de potencia del aerogenerador calcular la energía producida. El factor de forma suele variar entre 1,5 y 3 y, cuando su valor es 2, la distribución se conoce con el nombre de distribución de Rayleigh. En las siguientes figuras vemos las curvas de Weibull de duración de viento y de función de probabilidad para distintos valores de factores de forma fijando el factor de escala a 8 m/s.

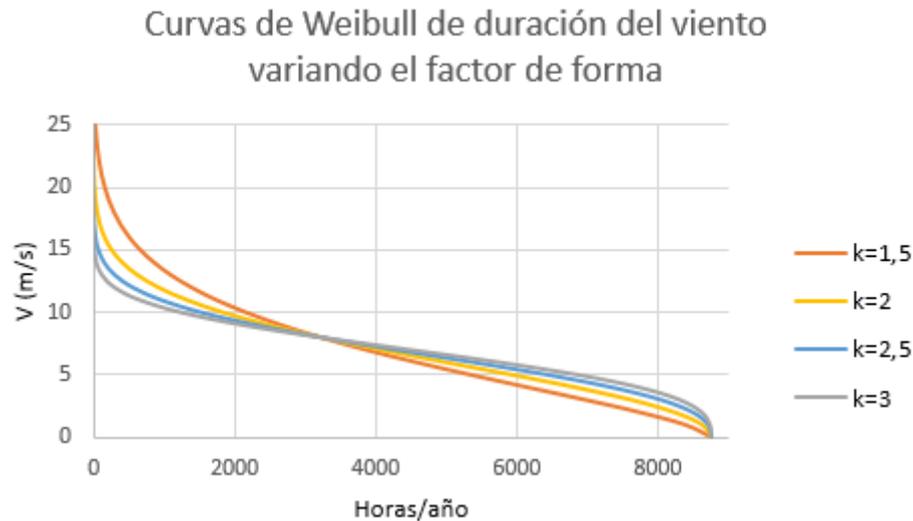


Figura 8 Curvas de Weibull de duración del viento variando el factor de forma. Fuente: propia

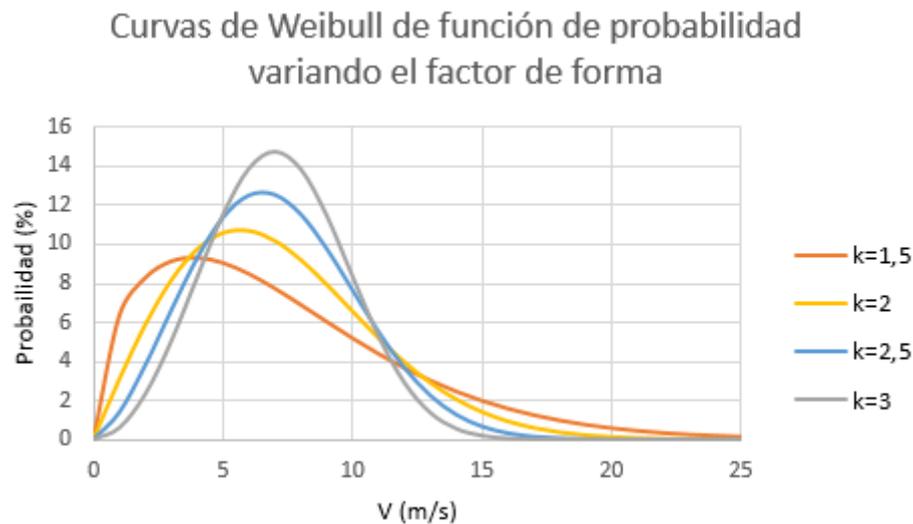


Figura 9 Curvas de Weibull de función de probabilidad variando el factor de forma. Fuente: propia

3.5 Energía eólica

La energía eólica es la obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por el efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. Esta energía se explota a través de equipos llamados aerogeneradores, compuestos por una turbina eólica situada en la parte superior de una torre de soporte y un generador eléctrico, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el de los antiguos molinos de viento.

La energía eólica presenta ventajas frente a otras fuentes energéticas convencionales como son:

- Es un tipo de energía renovable ya que, como habíamos comentado, tiene su origen en

procesos atmosféricos debidos a la energía del Sol, por lo que además es inagotable y abundante en muchos lugares del mundo.

- Es una energía limpia que no requiere combustión, por lo que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes y las propias turbinas eólicas pueden enfrentar un ciclo de vida muy largo antes de ser enviadas para ser recicladas.
- Puede instalarse en una gran variedad de lugares como zonas desérticas, cercanas a la costa, laderas áridas, prados, o incluso en el mar donde el viento es más fuerte, constante y el impacto social menor.
- A diferencia de la energía fotovoltaica, un parque eólico ocupa un área más pequeña para poder lograr acumular una energía eólica considerable que transformar en energía eléctrica.
- Los costes de las turbinas eólicas y el mantenimiento de la turbina son relativamente bajos y, en áreas muy ventosas, el coste por kW producido es bastante bajo también.
- Su instalación es rápida, variando de cuatro a nueve meses.
- Cada vez es más barata conforme la tecnología evoluciona.
- Las instalaciones son fácilmente reversibles, es decir, que el área ocupada por el parque puede restaurarse fácilmente para renovar el territorio preexistente y no dejar huella.

A pesar de esto también tiene unos inconvenientes:

- El viento, así como las condiciones climáticas, son relativamente impredecibles, por lo que no es posible estimar exactamente un plan para devolver la inversión.
- Los grandes parques eólicos tienen un fuerte impacto paisajístico y son visibles desde largas distancias y, en general, el viento sopla más fuerte en las costas y en lugares montañosos, por lo que un parque eólico puede desfigurar un buen paisaje.
- Los parques eólicos pueden tener un impacto negativo en la avifauna local, especialmente en las aves rapaces nocturnas, ya que estas no son capaces de reconocer visualmente las palas que se mueven rápidamente chocando con ellas.

Hoy en día la energía eólica es una de las fuentes de energía renovable más utilizadas y que mayor desarrollo técnico ha logrado durante las últimas décadas. Su uso y aprovechamiento se remonta al año 3000 A.C donde usaban barcos de vela en el Nilo para trasladarse y en el siglo XVII A.C se utilizaba un sistema de riego basado en molinos de viento para el bombeo de agua. Posteriormente, hacia el año 1000 D.C los primeros molinos de viento son usados en el Medio

Oriente y durante el final de la Edad Media se comenzaron a utilizar equipos mecánicos de energía eólica en Europa. Estos equipos o molinos se popularizaron en especial en Holanda donde a partir de mitad del siglo XIV donde se empleaban para la molienda del grano, entre otras cosas, eran molinos multipala bastante lentos.



Figura 10 Molinos multipala holandeses del siglo XIV. Fuente: <https://miviaje.com/molinos-holandeses-mas-impresionantes/>

Los modelos predecesores de los actuales surgen en el siglo XX y los primeros fueron fabricados por Marcellus Jacobs para la generación de electricidad en zonas rurales, con equipos de 3 kW durante la década de los años 30 en Estados Unidos. En 1940 aparecen los primeros molinos de vientos grandes y más rápidos con una capacidad de generación de 1 MW. Durante la Segunda Guerra Mundial decayeron los proyectos y desarrollos de dispositivos como el aerogenerador vertical para producir electricidad debido a que el petróleo era mucho más barato y competitivo en el mercado energético.



Figura 11 Marcellus Jacobs con su aerogenerador de 2,5 kW en los 1940s. Fuente: <http://www.jacobswind.net/history>

El siguiente hito importante en la historia de la energía eólica ocurre en la década de los 70 cuando se desencadena la crisis del petróleo y vuelve a resurgir esta tecnología y progresivamente no detuvo su crecimiento y uso en todo el mundo hasta la actualidad. En estas dos últimas décadas se ha avanzado mucho tecnológicamente y se han logrado equipos muy eficientes con una gran capacidad de producción de energía limpia no sólo en tierra sino también en mar.

3.6 Producción de energía eólica

Existe una gran cantidad de aerogeneradores operando mundialmente, con una capacidad total de 486.800 MW según datos de finales de 2016, de los que Europa cuenta con el 35% aproximadamente, China y Estados Unidos representan juntos casi el 50% de la capacidad eólica global, mientras que los primeros cinco países (China, Estados Unidos, España, Alemania e India) representaron el 79,6% de la capacidad eólica mundial en 2016.

En la siguiente gráfica podemos observar cómo ha evolucionado la capacidad eólica total instalada en el mundo desde 1996 hasta 2016 y, como vemos ha aumentado exponencialmente con el paso de los años.

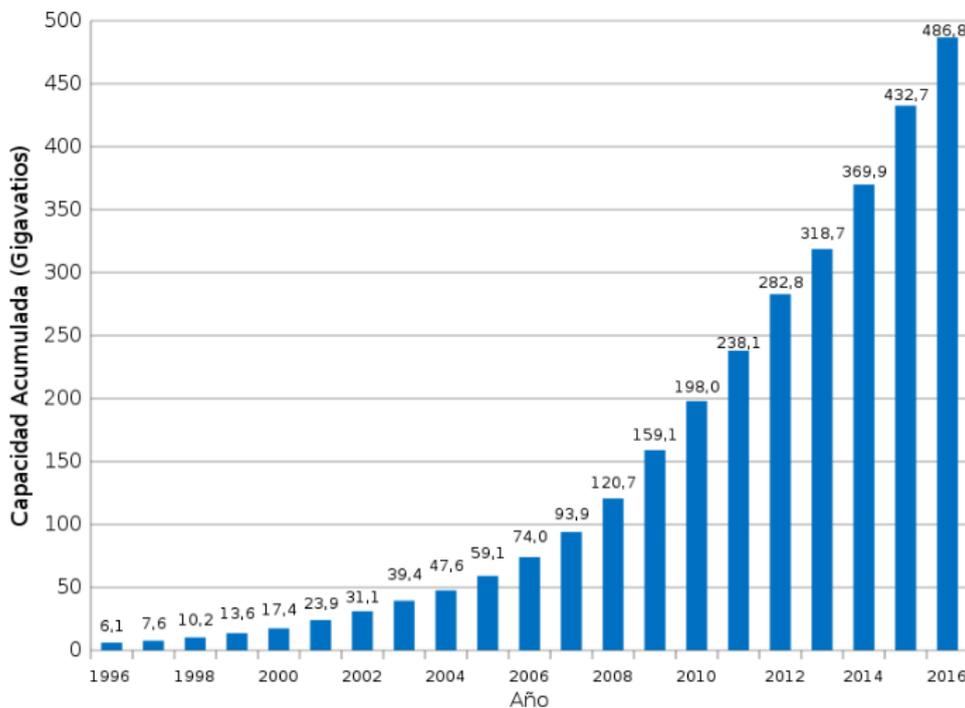


Figura 12 Evolución de la capacidad eólica instalada en el mundo. Fuente: Global Wind Energy Council

La energía eólica en España es una fuente de energía eléctrica renovable en la que España ha sido pionera, produciendo en 2007 el 20% de la electricidad eólica mundial, y convirtiéndose en líder en investigación y desarrollo de esta tecnología.

Desde la década de 2000 ha sufrido un aumento espectacular, incentivada por una legislación que estimulaba fuertemente mediante primas las investigaciones y las inversiones en este sector, el Real Decreto 661/2007. Además, en 2011, el Gobierno de España aprobó en el Plan Nacional de Energías Renovables unos objetivos eólicos para el periodo de 2011-2020 de 35 GW instalados para 2020 en eólica terrestre y 3 GW en eólica marina y en 2005, aprobó una nueva ley nacional con el objetivo de llegar a los 20 GW de producción en 2010, estas son las principales razones por las que la potencia eólica instalada en España ha estado en continuo aumento como se muestra en la siguiente figura.

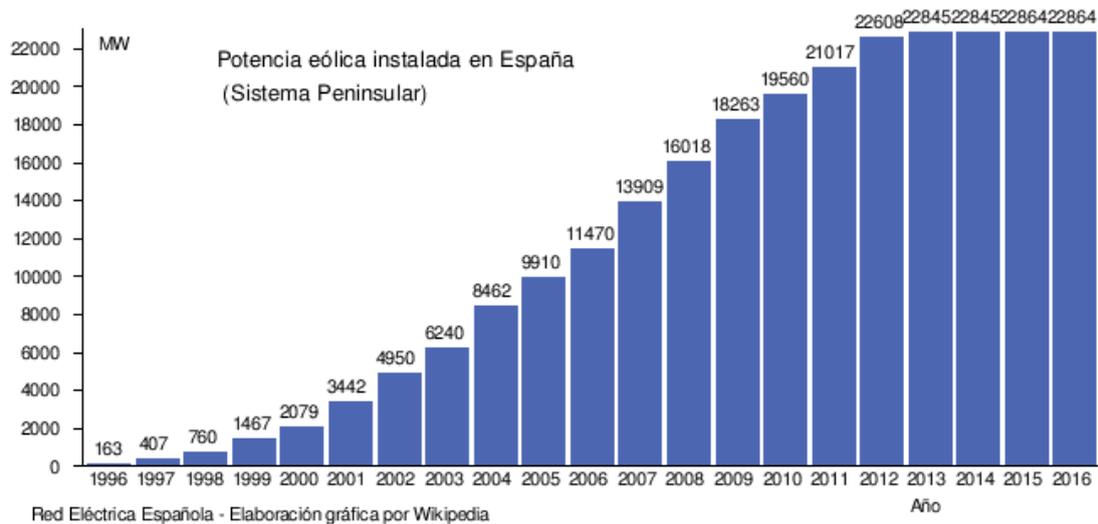


Figura 13 Evolución de la potencia eólica instalada en España.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica_en_Espa%C3%B1a

A finales de 2016, la potencia eólica instalada era de 23,06 GW que corresponde al 21,9% de la potencia bruta instalada del sistema eléctrico nacional, cubriendo ese año el 18% de la demanda eléctrica. Actualmente es el segundo productor de energía eólica en Europa después de Alemania, debido a un marco regulatorio estable, un mejor conocimiento de los recursos y una mejora en la tecnología, que ha conllevado una considerable reducción de la inversión inicial, el mantenimiento y la explotación. Por lo tanto, podemos concluir que es una de las industrias más importantes del país especialmente en lo que respecta a la producción de electricidad.

Potencia instalada (MW) ¹²			
Posición ↕	Comunidad autónoma ↕	2016 ↕	MW/100 km² ↕
1	Castilla y León	5 593	5,94
2	Castilla-La Mancha	3 807	4,79
3	Andalucía	3 338	3,83
4	Galicia	3 330	11,26
5	Aragón	1 893	3,97
6	Cataluña	1 269	3,95
7	Comunidad Valenciana	1 189	5,11
8	Navarra	1 004	9,66
9	Principado de Asturias	518	4,88
10	La Rioja	447	8,86
11	Región de Murcia	262	2,32
12	Canarias	182	2,44
13	País Vasco	153	2,12
14	Cantabria	38	0,71
15	Islas Baleares	4	0,08
	Total en España (MW)	23 026	

Figura 14 Potencia instalada en España por comunidades autónomas.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica_en_Espa%C3%B1a

Dentro de España, las comunidades autónomas con mayor potencia instalada son Castilla y León, Castilla-La Mancha y Andalucía, como era de esperar ya que son las que tienen una mayor superficie, pero, por otro lado, Galicia, Navarra y La Rioja son las comunidades autónomas con mayor potencia instalada por unidad de superficie, indicando que tienen seguramente el mayor recurso eólico. Como se puede observar, Canarias no destaca ni en potencia total instalada ni en potencia instalada por unidad de superficie, aunque en los últimos años se está mejorando con proyectos ambiciosos como los de Gorona del Viento o los proyectos de eólica marina en los que el Gobierno de Canarias está trabajando. Actualmente, en Canarias habría un total de 53 aerogeneradores en tierra y 3 marinos, aunque de estos últimos se espera que haya más en un futuro, en las localizaciones que se muestran en la siguiente figura.

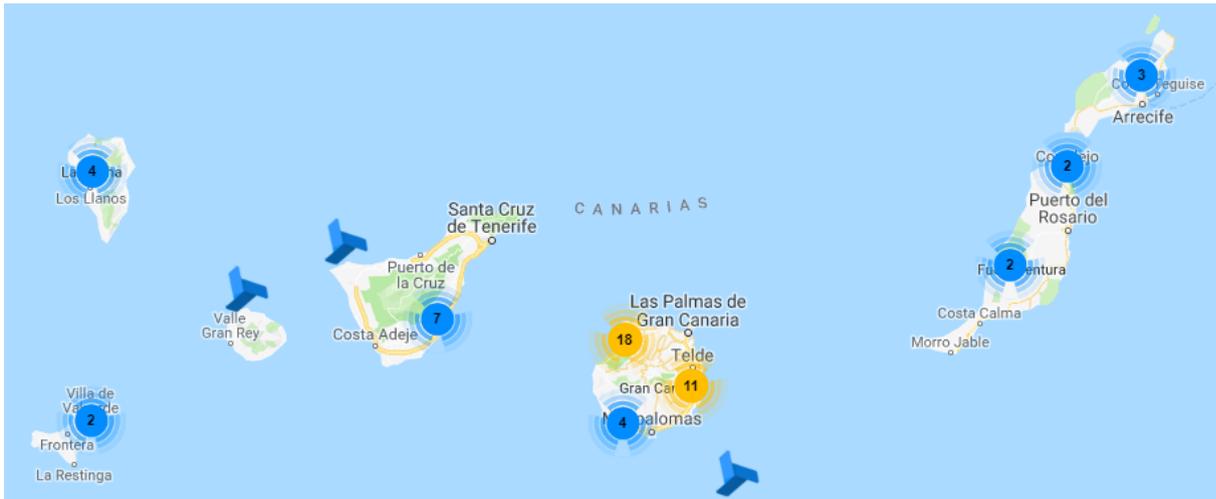


Figura 15 Aerogeneradores situados en Canarias. Fuente: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/mapa-eolico/canarias>

3.7 Aerogeneradores

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina que aprovecha la energía cinética del viento y la transforma en energía eléctrica. Actualmente, la tecnología de los aerogeneradores ha evolucionado hacia máquinas de eje horizontal de tres palas orientadas a barlovento y con torre tubular, esta es la configuración más común que ofrece la mayoría de fabricantes.

El funcionamiento de un aerogenerador consiste en que cuando la velocidad del viento que incide sobre este aumenta, también lo hacen las fuerzas que se producen sobre las palas. Estas fuerzas desarrollan un par y esfuerzos sobre los elementos mecánicos del aerogenerador. El par mecánico desarrollado por la turbina, cuando está girando a una determinada velocidad, produce una potencia mecánica que se transmite al generador y se convierte finalmente en energía eléctrica. En este proceso de conversión de energía intervienen fundamentalmente: el rotor eólico que es el elemento que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, el tren de potencia que transmite la potencia mecánica desarrollada por la turbina al generador eléctrico mediante una caja de multiplicación de velocidad, y por último, el generador eléctrico que es el dispositivo encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica. Algunos sistemas disponen, entre el generador y la red eléctrica, de convertidores electrónicos cuya función es por una parte controlar la velocidad de giro del generador y por otra acondicionar la energía eléctrica generada.

Durante el proceso de conexión si el aerogenerador dispone de sistema de control de cambio de paso de pala, se optimiza el ángulo de calado de estas con el fin de controlar la aceleración

del rotor eléctrico. Una vez que el sistema se ha conectado a la red, la velocidad de giro se mantiene constante o prácticamente constante, ya que ésta depende de la frecuencia de la red y de características constructivas del generador. Esto ocurre en los sistemas denominados de velocidad fija, que carecen de convertidores electrónicos entre el generador y la red, estos dispositivos permiten desacoplar la frecuencia de funcionamiento del generador con la frecuencia de la red, haciendo que puedan funcionar a velocidad variable.

Los procesos que hemos descrito anteriormente, corresponden a la transformación de energía que se produce en el sistema, sin embargo, cuando la velocidad del viento incide sobre el aerogenerador se producen esfuerzos sobre los elementos mecánicos (palas, torre y transmisión mecánica) que desgastan o fatigan los componentes y reducen lo que se denomina vida útil del aerogenerador. Este aspecto es muy importante ya que el diseño de un aerogenerador actual debe garantizar una vida útil de sus componentes entorno a los 20 años. Esto hace que la misión de algunos de los sistemas que incorporan los aerogeneradores sea reducir los esfuerzos mecánicos, así por ejemplo, cuando la velocidad del viento supera la velocidad nominal algunas tecnologías emplean el control por cambio de paso de las palas para limitar la potencia mecánica sobre el rotor eólico y la velocidad de giro en el caso que el sistema sea de velocidad variable.

A continuación, se muestran dos figuras, la primera mostrando las distintas partes de un aerogenerador y la segunda los componentes que se encuentran en el interior de la góndola que ya habíamos mencionado previamente.

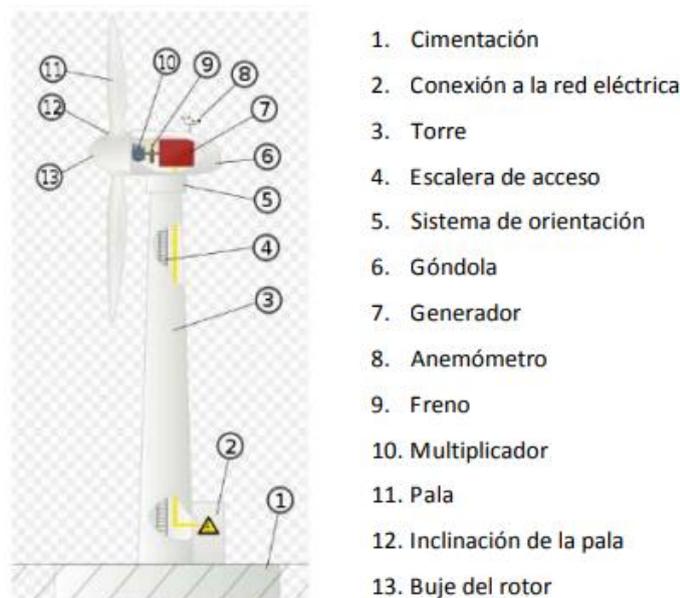


Figura 16 Partes de un aerogenerador. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Aerogenerador>

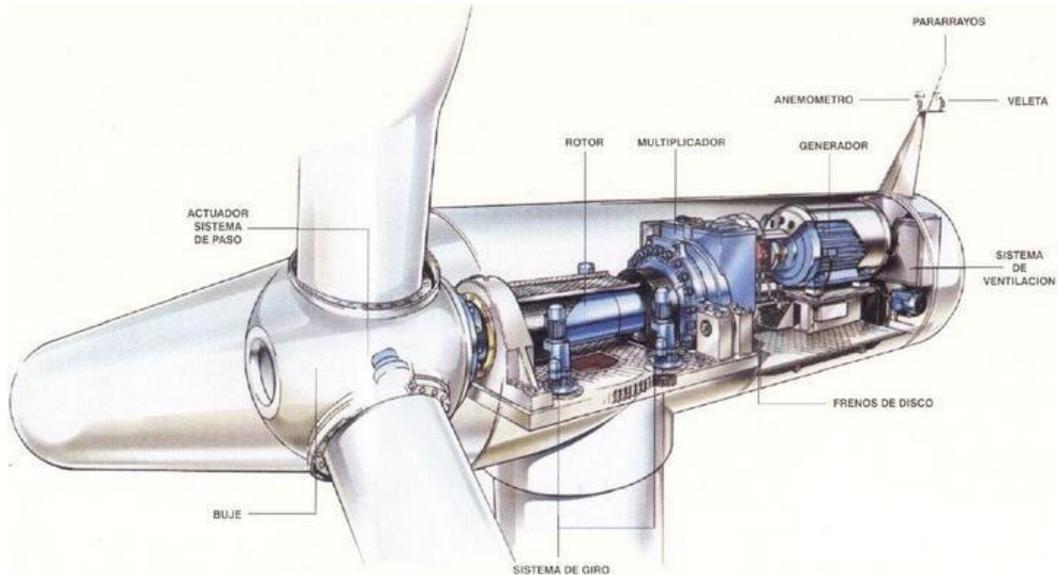


Figura 17 Esquema de los elementos del interior de la góndola de un aerogenerador.

Fuente: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-eolica/partes-de-un-aerogenerador-137049>

Otra cosa que hay que mencionar es que el diámetro de un aerogenerador está directamente relacionado con la energía que va a poder producir, como se muestra en la siguiente figura.

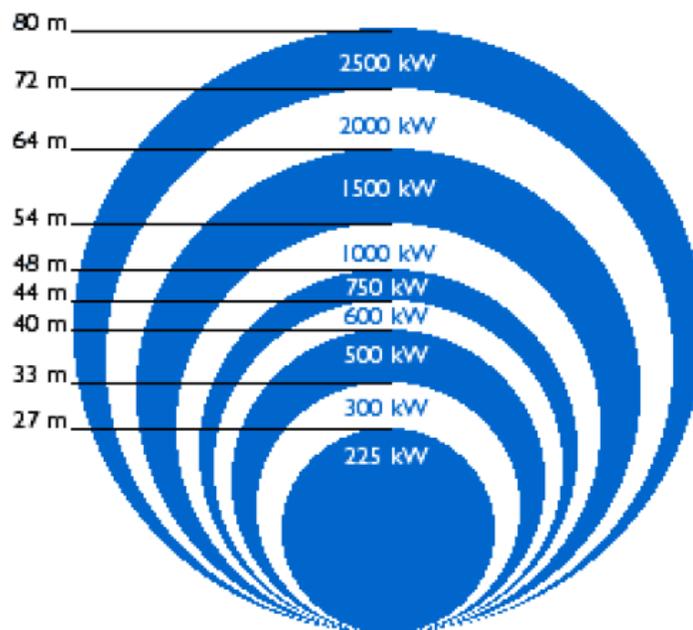


Figura 18 Relación entre el diámetro de un aerogenerador y la potencia que genera.

Fuente: <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/size.htm>

Otro apartado importante del que hablar es del comportamiento global de la aeroturbina, si consideramos un tubo de corriente formado por líneas de corriente que circundan a la aeroturbina, tal como se muestra la siguiente figura.

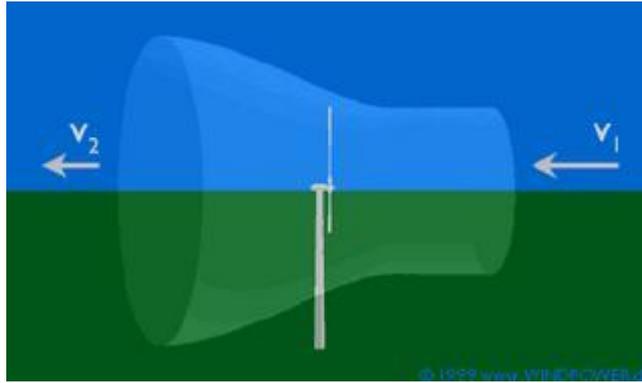


Figura 19 Tubo de corriente que circunda la aeroturbina.

Fuente: <https://energeticafutura.com/blog/cuanta-energia-se-puede-sacar-del-viento-limite-de-betz/>

Por la sección 1 entra el viento incidente a una velocidad V_1 . A medida que el fluido se desplaza aguas abajo va perdiendo velocidad, hasta que alcanza la sección de salida 2, donde la velocidad de salida del tubo de corriente se supondrá uniforme y de valor V_2 . A lo largo del tubo de corriente hay una discontinuidad entre las velocidades del aire dentro y fuera, que alcanza su máximo valor a partir de la sección 2 de salida. Dicha discontinuidad es altamente inestable y da lugar a la generación de turbulencia. La velocidad media que atraviesa la aeroturbina, según el Teorema de Froude, corresponde a la media aritmética de V_1 y V_2 , es decir:

$$V_{turbina} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Es decir que el aire se frena la mitad antes de pasar por la aeroturbina y la otra mitad después y la potencia mecánica que se extrae del aire, P_m , es el resultado de la energía cinética que éste pierde a su paso por la aeroturbina:

$$P_m = \left(\rho V_{turbina} \frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2} V_1^2 - \frac{1}{2} V_2^2 \right)$$

Operando esta expresión se puede llegar a la conclusión de que hay un límite de energía cinética del viento que una turbina eólica puede convertir en energía mecánica, este límite recibe el nombre de límite de Betz y tiene un valor de 59,26%.

Por último, pondremos un pequeño esquema de las partes habituales de una central eólica para explicarlas brevemente.

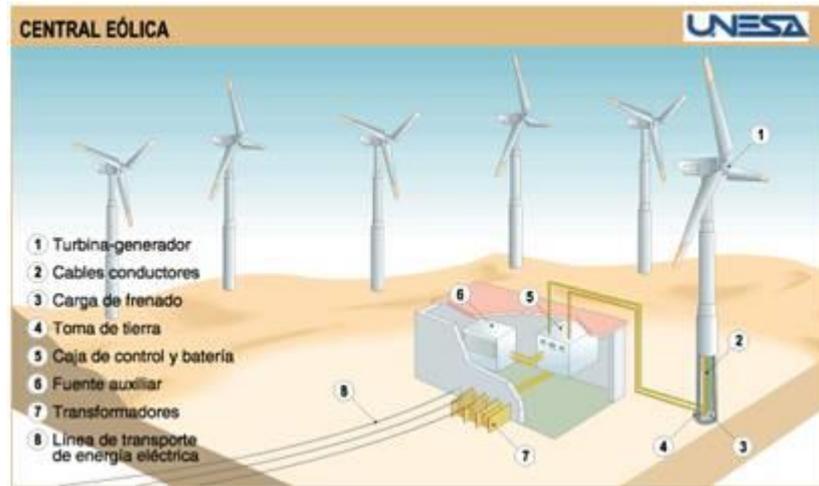


Figura 20 Componentes de una central eólica. Fuente:

<http://www.educa.madrid.org/web/ies.federicamontsen.fuenlabrada/documentos/comunidad%20educativa/profesores/tecnologia/3A-Web2013/Laura%20Mahugo/SITIO%20WEB/partes.html>

El conjunto turbina-generador se encarga de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica, los cables conductores transportan la energía eléctrica producida, la carga de frenado permite controlar en todo momento la velocidad de giro de las aspas, la toma a tierra sirve para evitar los efectos negativos de la electricidad electrostática, la caja de control y batería sirve para controlar y centralizar la producción de electricidad generada en los aerogeneradores del parque, la fuente auxiliar garantiza el suministro de electricidad, dada la aleatoriedad de la producción eólica, los transformadores elevan la tensión de la corriente eléctrica para minimizar las pérdidas en el transporte y, por último, las líneas de transporte llevan la electricidad producida hasta la red general de transporte y distribución del sistema.

4. Normas y referencias

4.1 Normas

- Decreto 32/2006, de 27 de marzo, por el que se regula la instalación y explotación de los parques eólicos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto 1492/2011, de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de valoraciones de la Ley de Suelo.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Código Técnico de la Edificación y sus Documentos Básicos.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- Real decreto 1747 / 2003 de 19 de diciembre, por el que se regulan los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

-
- Real decreto 141/2009 de 10 de noviembre por el que se aprueba el reglamento de por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de instalaciones eléctricas en Canarias.
 - REAL DECRETO 3275/1982 DE 12 de noviembre sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad de Centrales Eléctricas, subestaciones y centros de transformación. BOE. núm 288 de 1 de diciembre.
 - Orden de 15 de noviembre de 2006, por el que se regulan las condiciones técnico administrativas de las instalaciones eólicas ubicadas en Canarias.
 - Normas particulares para las instalaciones de enlace en el ámbito de UNELCO ENDESA aprobadas el 9 de marzo del 2004.
 - Orden de 16 de abril de 2010, por la que se aprueban las Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace, en el ámbito de suministro de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. y Distribuidora Eléctrica del Puerto de La Cruz, S.A.U., en el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias.
 - UNE-EN 60947-2. Interruptores automáticos con capacidad de seccionamiento.
 - UNE-EN 60269-2. Fusibles.
 - UNE-EN 60269-3. Fusibles.
 - UNE-EN 614643-11. Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias.
 - UNE-EN ISO 9000:2015. Sistemas de gestión de la calidad. Conceptos y vocabulario.
 - UNE 157001:2002. Criterios generales para la elaboración de proyectos.
 - UNE-EN ISO 5455:1996. Dibujos técnicos: Escalas.
 - UNE 1027:1995. Dibujos técnicos: Plegado de planos.
 - UNE 1032:1982. Dibujos técnicos: Principios generales de representación.
 - UNE 1035:1995. Dibujos técnicos: Cuadro de rotulación.
 - UNE 1039:1994. Dibujos técnicos: Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
 - UNE 1135:1989. Dibujos técnicos: Lista de elementos.

4.2 Bibliografía

- Rodríguez Amenedo, José Luis; Arnalte Gómez, Santiago y Burgos Díaz, Juan Carlos. Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. Editorial Rueda S.L. Madrid 2003.
- San Miguel, Pablo Alcalde. Reglamento electrotécnico para baja tensión. Ediciones Paraninfo, S.A. 2ª edición, Madrid 2015.
- Trashorras Montecelos, Jesús. Reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión casos prácticos y aplicaciones. Ediciones Paraninfo, S.A. 1ª edición, Madrid 2018.
- Calavera Ruíz, José. Cálculo de estructuras de cimentación. Editorial INTEMAC, S.A. 4ª edición, Madrid.
- Sistema de información territorial de Canarias – IDECanarias: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>
- Fabricante de cables Topcable: <https://www.topcable.com/>
- Fabricante de cables Prysmian group: <https://es.prysmiangroup.com/>
- Fabricante de aparata eléctrica Schneider Electric: <https://www.se.com/es/es/>
- Fabricante de aparata eléctrica ABB: <https://new.abb.com/es>
- Fabricante de aparata eléctrica MESA: <http://www.mesa.es/es/index.php>
- Fabricante de aparata eléctrica Ormazabal: <https://www.ormazabal.com/es>
- Fabricante de aparata eléctrica General Electric: <https://www.ge.com/es/>
- Fabricante de transformadores Manumag: <http://www.manumag.com/>
- Fabricante de aerogeneradores Lagerwey: <https://www.lagerwey.com/>
- Sede Electrónica del Catastro (Gobierno de España): <http://www.sedecatastro.gob.es/>

4.3 Programas de cálculo y herramientas utilizadas

- Solidworks 2016: Solidworks es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 2D y 3D, desarrollado por SolidWorks Corp. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada. También permite hacer estudios estáticos para determinar las tensiones en el elemento a estudiar.
- Presto 8.8: Presto es el programa integrado de gestión del coste y del tiempo orientado a BIM para edificación y obra civil que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes

que intervienen en todas las fases. Toda la información se mantiene integrada en el presupuesto, desde la planificación hasta las certificaciones, incluyendo el control económico de la obra, la información de la obra terminada, proporcionando un entorno compartido y ordenador de gestión del conocimiento.

- Cype 2016: Cype es un software concebido para abarcar tres áreas fundamentales en la elaboración de proyectos: el diseño y análisis estructural, el diseño y cálculo de instalaciones y la gestión de obras y documentación de proyecto.
- AmiKIT 4.0: AmiKIT es un programa de diseño, cálculo y valoración de centros de transformación desarrollado por el fabricante Ormazabal.
- Sede electrónica del catastro: El catastro pone a disposición los datos catastrales de todo el territorio bajo su competencia (la totalidad del territorio nacional salvo País Vasco y Navarra).
- Microsoft Office Word 2016: Microsoft Office Word es un programa informático orientado al procesamiento de textos.
- Microsoft Office Excel 2016: Microsoft Office Excel es una aplicación de hojas de cálculo utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas y gráficos.
- Excel de elaboración propia para el cálculo del recurso eólico, del estudio de rentabilidad, de la cimentación y los cálculos eléctricos.
- Google Maps: Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones.
- Software online para determinar la velocidad del viento de una zona, entre otras cosas: Sistema de información territorial de Canarias de GRAFCAN.
- Software online para comparar las curvas de potencia de diferentes aerogeneradores de wind-turbine-models.com.
- AutoCAD 2017: AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D, es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

5. Definiciones y abreviaturas

En este apartado introduciremos algunos conceptos que se mencionan a lo largo del proyecto con frecuencia y pueden causar confusión, ya sea por desconocimiento o una descripción poco clara.

- f : Factor de forma de Weibull.
- C : Factor de escala de Weibull.
- UTM: Universal Transverse Mercator o Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.
- V : Velocidad del viento.
- $V(z_r)$: Velocidad del viento a la altura de referencia z_r .
- z : Altura a la que queremos calcular la velocidad.
- z_0 : Rugosidad del terreno.
- z_r : Altura de referencia.
- α : Variable que varía con la hora del día, la estación, el tipo de terreno, la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.
- V_{media} : Velocidad del viento media.
- Γ : Función gamma.
- V_0 : Valor límite de velocidad del viento de la distribución de Weibull.
- C_F : Capital a pagar al final del enésimo periodo a la entidad bancaria.
- C_I : Capital inicial que se pedirá a la entidad bancaria.
- r : Tasa de interés compuesto.
- n : Número de periodos del préstamo a la entidad bancaria.
- IPC: Índice de Precios de Consumo.
- σ_{adm} : Presión admisible del terreno.
- γ_N Peso específico de las tierras.
- ϕ : Ángulo de rozamiento interno del terreno.
- F_{rotor} : Fuerza del viento ejercida sobre el rotor.
- ρ_{aire} : Densidad del aire
- v_{viento} : Velocidad del viento considerada para el cálculo de las cargas.
- R_{rotor} : Radio del rotor.
- $C_T(\lambda)$: Coeficiente de empuje en función de λ .
- λ : Razón de velocidades en la hélice.

- $F_{\text{torre}}(z)$: Fuerza del viento ejercida en la torre en función de la altura.
- D_{torre} : Diámetro de la torre.
- $V_{\text{viento}}(z)$: Velocidad del viento en función de la altura.
- C_a : Coeficiente de arrastre.
- h_{CG} : Altura del centro de gravedad.
- N : Carga vertical a compresión causada por el peso del aerogenerador.
- V : Fuerza horizontal causada por el empuje del viento.
- M : Momento flector causado por el empuje del viento.
- $P_{\text{góndola}}$: Peso de la góndola.
- P_{rotor} : Peso del rotor.
- P_{torre} : Peso de la torre.
- h : Altura de la torre.
- R : Radio de la zapata circular.
- D_i : Diámetro de la zapata circular.
- D_c : Diámetro de la zapata circular.
- D_{fuste} : Diámetro de la torre en la parte inferior.
- H_t : Altura total de la zapata.
- H_b : Altura de la parte circular de la zapata.
- $N_{\text{cimentación}}$: Carga vertical debida al peso de la zapata.
- u : Retranqueo o distancia mínima desde la arista del cimiento al eje de giro.
- M_{estab} : Momento creado por las cargas estabilizadoras.
- γ_{estab} : Factor de seguridad parcial para las cargas estabilizadoras.
- M_{desestab} : Momento creado por las cargas desestabilizadoras.
- γ_{desestab} : Factor de seguridad para las cargas desestabilizadoras.
- FS_{vuelco} : Factor de seguridad a vuelco.
- e : Excentricidad.
- $\sigma_{\text{máx}}$: Tensión máxima que actúa sobre la zapata.
- S_1 : Distancia a la sección de referencia.
- f_{ck} : Resistencia característica del hormigón.
- x_l : Profundidad límite.
- d : Canto útil.
- f_{ck} : Resistencia del hormigón minorada.
- f_{yk} : Resistencia característica del acero.

- f_{yd} : Resistencia del acero minorada.
- U_{s1} : Cuantía mecánica a flexión.
- U_{s2} : Cuantía mecánica a compresión.
- A_{s1} : Área de armadura necesaria.
- r_2 : Radio exterior de la zapata.
- r_1 : Distancia del centro de la zapata hasta la sección de referencia.
- r_0 : Radio de la torre en la base.
- K_c : Módulo de balasto.
- E : Módulo de elasticidad del hormigón.
- I : Momento de inercia de la zapata.
- G : Módulo de elasticidad transversal del hormigón.
- I_s : Momento de inercia del anillo.
- A : Área del anillo.
- B : Coeficiente en función de las dimensiones de la sección de la zapata.
- θ_0 : Giro máximo del eje de la estructura.
- α' : Inclinación del cimiento.
- σ_x : Valor de la tensión en la sección de referencia.
- L : Distancia desde la periferia hasta la sección de referencia.
- V_{pp} : Cortante producido por el peso propio de la zapata y la tierra.
- $A_{módulo}$: Área de la zapata que contribuye al cortante.
- γ_h : Peso específico del hormigón.
- V_{CU} : Contribución del hormigón al cortante.
- V_{SU} : Contribución del acero al cortante.
- S_t : Separación entre armaduras.
- V_{u1} : Valor del agotamiento del hormigón.
- u_1 : Perímetro de punzonamiento.
- τ_{sd} : Tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico.
- τ_{rd} : Tensión tangencial máxima resistente.
- F_{sd} : Esfuerzo de punzonamiento de cálculo.
- $F_{sd,ef}$: Esfuerzo efectivo de punzonamiento de cálculo.
- ρ : Cuantía geométrica de la armadura.
- M_d : Momento producido por el peso de la zapata.
- P_N : Potencia nominal.

-
- V_N : Tensión nominal.
 - f_N : Frecuencia nominal.
 - n_N : Velocidad angular nominal.
 - I_N : Intensidad nominal.
 - FP: Factor de potencia.
 - ITC: Instrucción Técnica Complementaria.
 - BT: Baja Tensión.
 - MT: Media Tensión.
 - AT: Alta Tensión.
 - REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
 - RAT: Reglamento de instalaciones eléctricas de Alta Tensión.
 - Ft: Factor de corrección de temperatura de los cables.
 - θ_a : Temperatura de servicio.
 - θ_s : Temperatura máxima de servicio.
 - S: Sección del cable.
 - P: Potencia activa prevista en la línea.
 - L: Longitud del cable.
 - γ : Conductividad del conductor.
 - e: Caída de tensión permitida.
 - U: Tensión nominal de la línea.
 - I_L : Intensidad de la línea.
 - U_L : Tensión de la línea.
 - XLPE: Polietileno reticulado.
 - R: Resistencia del conductor.
 - X: Reactancia del conductor.
 - T: Temperatura.
 - S: Potencia aparente.
 - SF6: Hexafloruro de azufre, utilizado como aislante en equipos eléctricos.
 - $S_{cc,red}$: Potencia aparente de cortocircuito de la red.
 - S_{base} : Potencia aparente base.
 - U_{base} : Tensión base.
 - I_{base} : Intensidad base.
 - Z_{base} : Impedancia base.

- $Z_{cc,red}$: Impedancia de la red.
- $Z_{cc,TAT}$: Impedancia del transformador de alta tensión.
- $S_{cc,TAT}$: Potencia aparente del transformador de alta tensión.
- $Z_{cc,TMT}$: Impedancia del transformador de media tensión.
- $S_{cc,TMT}$: Potencia aparente del transformador de media tensión.
- $Z^{d,aero}$: Impedancia del aerogenerador.
- S_{aero} : Potencia aparente del aerogenerador.
- $I_{cc,A}$: Intensidad de cortocircuito en el punto A.
- $I_{cc,B}$: Intensidad de cortocircuito en el punto B.
- R_T : Resistencia de puesta a tierra.
- K_r : Resistencia de la configuración del anillo perimetral y las picas.
- ρ : Resistividad media del terreno.
- X_{LTH} : Valor de la reactancia equivalente.
- U_N : Tensión nominal.
- $I_{máx,d}$: Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra.
- r_e : Factor de reparto.
- U_c : Tensión de contacto máxima admisible.
- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada.
- R_{a1} : Resistencia del calzado.
- R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno.
- Z_B : Impedancia del cuerpo humano.
- ρ_{s1} : Resistividad de la primera superficie de contacto.
- ρ_{s2} : Resistividad de la segunda superficie de contacto.
- ρ_h : Resistividad de la capa superficial de hormigón.
- C_s : Coeficiente reductor de resistividad de la capa superficial.
- H_s : Espesor de la capa superficial.
- I_E : Fracción de la intensidad de puesta a tierra.
- $U'_{p,exterior}$: Tensión máxima de paso.
- $U'_{p,acceso}$: Tensión de paso de acceso.
- U'_d : Tensión de defecto.
- $U_{aisl-BT-CT}$: Nivel de aislamiento de los cuadros de baja tensión.
- U_{TR} : Tensión transferida.
- U_0 : Tensión entre fase y neutro.

- ρ^* : Resistividad de la capa superficial.
- n: Número de conductores en paralelo en una malla cuadrada.
- L_c : Longitud total de los conductores enterrados.
- L_p : Longitud del perímetro de la malla.
- h: Profundidad de la maya.
- h_0 : Profundidad de referencia de las mallas de tierra.
- K_m : Factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de contacto.
- K_s : Factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de paso.
- K_i : Factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla.
- L_r : Longitud de una pica.
- L_x : Longitud de la malla en la dirección x.
- L_y : Longitud de la malla en la dirección y.
- L_R : Longitud total de todas las picas.
- L_s : Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.
- E_m : Tensión de contacto presente en la subestación.
- E_s : Tensión de paso presente en la subestación.
- I_G : Intensidad de falta a tierra.
- K: Factor de falta a tierra.
- U_c : Tensión máxima del sistema.
- T_t : Tiempo de despejes de faltas a tierra.
- TOV_c : Capacidad frente a sobretensiones temporales.
- U_{res} : Tensión residual.
- U_{ais} : Nivel de aislamiento básico del transformador.
- U_{res} : Tensión residual.

6. Requisitos de diseño

En este apartado nos centraremos en explicar los requisitos de diseño a partir de los cuales empezamos a desarrollar el proyecto. El principal requisito que se nos impuso fue la localización general de los aerogeneradores y la subestación, en el sur de Tenerife, y a partir de este dato de partida se decidirá el emplazamiento y la situación concreta de estos. Como este es el único requisito de diseño, en este apartado sólo explicaremos el razonamiento detrás de la elección del emplazamiento y dejaremos la elección de los elementos de la instalación para el apartado de análisis de soluciones y el anexo de cálculos.

6.1 Emplazamiento y situación

Las principales condiciones que tiene que cumplir el lugar que elijamos son las siguientes:

1. Debe estar localizado en el sur de la isla de Tenerife.
2. Tiene que ser un lugar ventoso para poder generar la mayor energía eléctrica posible y que se recupere la inversión lo antes posible.

Para la elección del lugar donde se situarán los aerogeneradores consultaremos el visor de la página web de GRAFCAN donde se representa el recurso eólico de la isla, entre otras cosas.

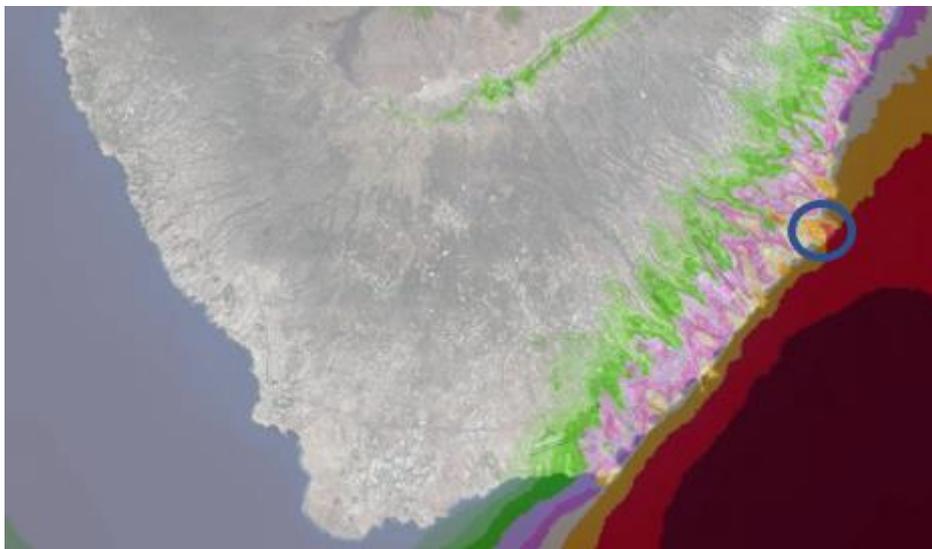


Figura 21 Situación de los aerogeneradores (Punta de Abona). Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Como se puede observar, en la zona costera del sureste de la isla es donde hay un mayor recurso eólico, concretamente en Punta de Abona en el municipio de Arico, por lo que es donde optaremos por hacer la instalación, además es un lugar apartado de grandes núcleos de población.

Después de comprobar cada terreno de la zona, observamos que todos ellos estaban reservados

para actividades agrarias por lo que sería necesario la recalificación del terreno para que se permitan actividades de carácter industrial en él si este proyecto fuera a llevarse a cabo. La parcela en la que se situarán los aerogeneradores y la subestación es la siguiente:

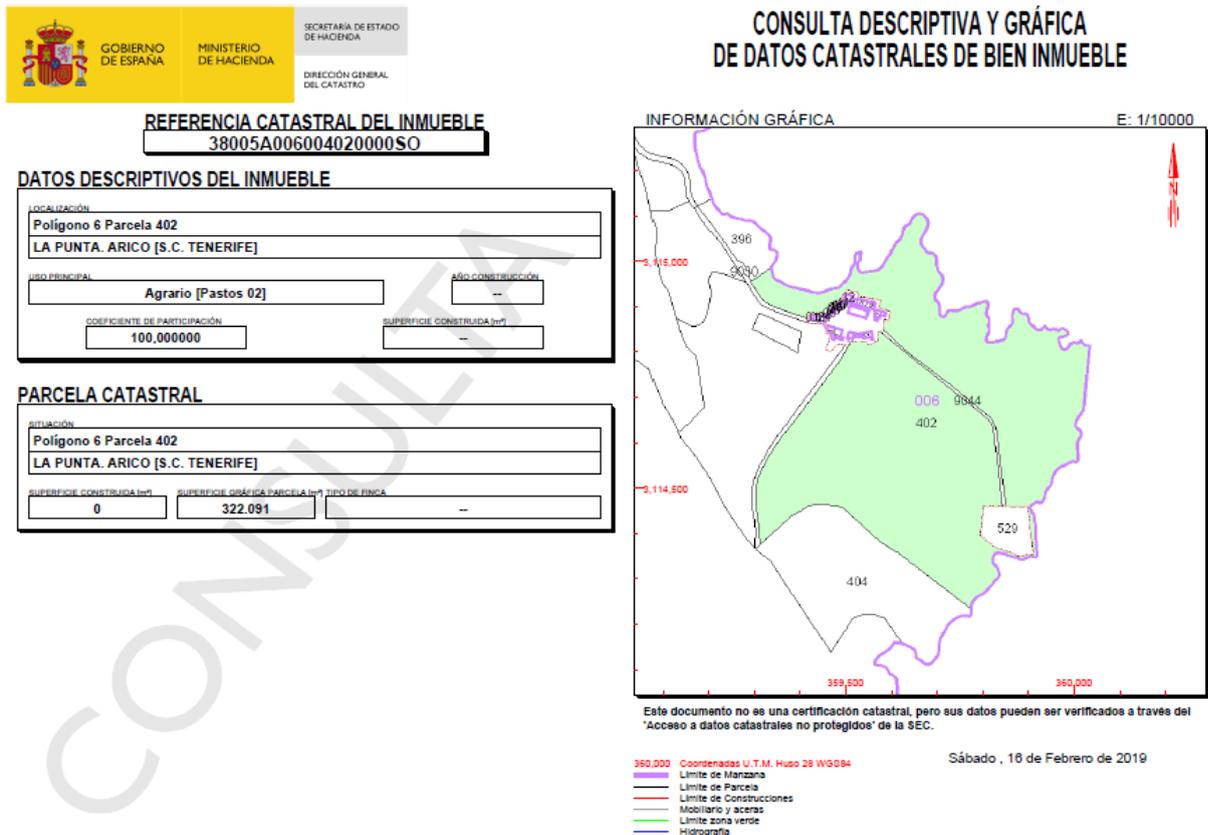


Figura 22 Referencia catastral de la parcela. Fuente: http://www.catastro.meh.es/esp/referencia_catastral.asp

Para elegir la localización de los aerogeneradores hay que tener en cuenta lo que dice el Decreto 32/2006 por el que se regula la instalación y explotación de los parques eólicos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias que establece que el área de sensibilidad eólica de un aerogenerador se define como la delimitada por un contorno cuyos vértices serán los puntos de intersección que se generarían al trazar dos líneas paralelas a la dirección del viento dominante a una distancia de dos diámetros a ambos lados del eje del rotor, y dos líneas perpendiculares a la dirección del viento dominante, una que pase a una distancia de ocho diámetros del eje de simetría del fuste del aerogenerador a sotavento y otra a una distancia de ocho diámetros a barlovento. Además, la distancia entre un aerogenerador y una vivienda no será inferior a 150 metros y a 250 metros de un núcleo habilitado.



Figura 23 Emplazamiento de los aerogeneradores. Fuente: Propia

En la figura están representadas las limitaciones espaciales de la distancia mínima al núcleo habilitado de Punta de Abona de 250 metros y al faro de Abona, que consideramos una vivienda, por lo que la distancia mínima será de 150 metros. Según el Decreto 32/2006, la distancia mínima entre las palas de los aerogeneradores en distintas líneas es de dos veces el diámetro por lo que la distancia entre torres será de tres veces el diámetro. Debido a las dimensiones de nuestra parcela, será necesario situar los aerogeneradores de forma paralela y con una separación de 200 metros, por lo que el modelo de aerogenerador que elijamos deberá tener un diámetro de rotor menor de 66 metros. En la figura también está indicada la localización de cada aerogenerador representados por cruces rojas.

6.2 Estimación del recurso eólico

Una vez se conocen las coordenadas donde se situarán los aerogeneradores, se puede aproximar la frecuencia del viento en cada dirección a la altura deseada, que en nuestro caso será de 70 metros, haciendo medias ponderadas conociendo las frecuencias de los cuatro puntos que rodean el emplazamiento de los aerogeneradores a distintas alturas. Estos cálculos se harán en el anexo de cálculos y los resultados obtenidos son los siguientes:

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Dirección	Frecuencia (%) a 70 metros	Frecuencia (%) a 70 metros	Frecuencia (%) a 70 metros
N	18,82	18,73	18,61
NNE	23,85	23,94	24,01
NE	21,26	21,37	21,51
ENE	6,74	6,70	6,70
E	3,48	3,46	3,45
ESE	3,28	3,26	3,25
SE	3,71	3,70	3,68
SSE	4,61	4,59	4,58
S	4,71	4,69	4,68
SSW	3,44	3,44	3,43
SW	1,93	1,93	1,93
WSW	1,54	1,54	1,54
W	0,81	0,80	0,79
WNW	0,57	0,57	0,56
NW	0,48	0,48	0,48
NNW	0,80	0,80	0,80

Tabla 2 Datos de frecuencia del viento en los emplazamientos de los aerogeneradores.

Fuente: Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Por lo tanto, a partir de estas frecuencias se pueden obtener las rosas de viento del emplazamiento de cada aerogenerador, que son una forma gráfica de representar la dirección predominante del viento y así conocer la orientación de los aerogeneradores.

Rosa de vientos del aerogenerador 1

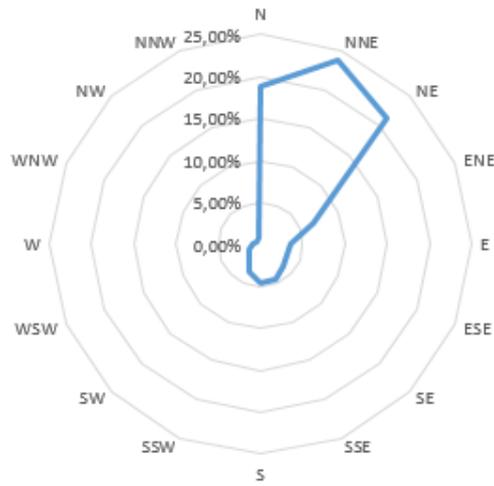


Figura 24 Rosa de vientos del aerogenerador 1. Fuente: propia

Rosa de vientos del aerogenerador 2

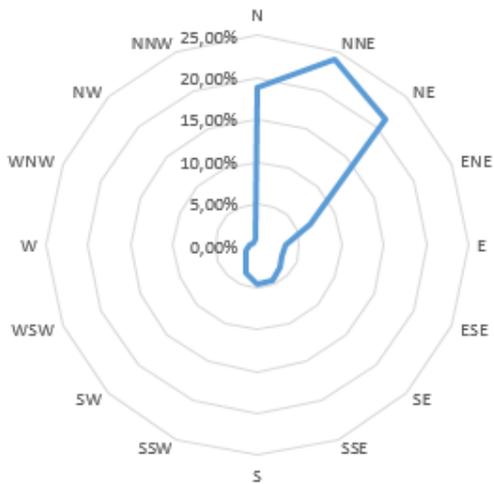


Figura 25 Rosa de vientos del aerogenerador 2. Fuente: propia

Rosa de vientos del aerogenerador 3

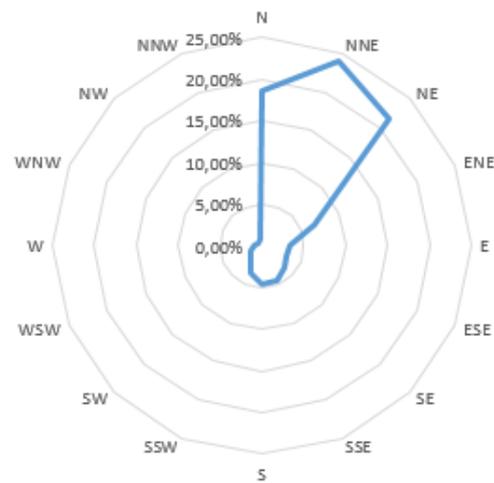


Figura 26 Rosa de vientos del aerogenerador 3. Fuente: propia

Para poder hacer la distribución de Weibull de los emplazamientos de los aerogeneradores es necesario conocer la velocidad media del viento en estos a la altura del rotor que se calculará a partir de las leyes potencial y logarítmica en el apartado 1.2 de los anexos, el factor de forma “k” que se obtendrá interpolando, al igual que las frecuencias del viento y el factor de escala “C”, que se obtiene a partir de una expresión, como se muestra también en el apartado 1.2 de los anexos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Velocidad media a 70m (m/s)	8,845	8,982	8,920
Factor de forma (k)	1,833	1,832	1,831
Factor de escala (C) (m/s)	9,955	10,109	10,038

Tabla 3 Parámetros de cada aerogenerador necesarios para hacer sus distribuciones de Weibull. Fuente propia.

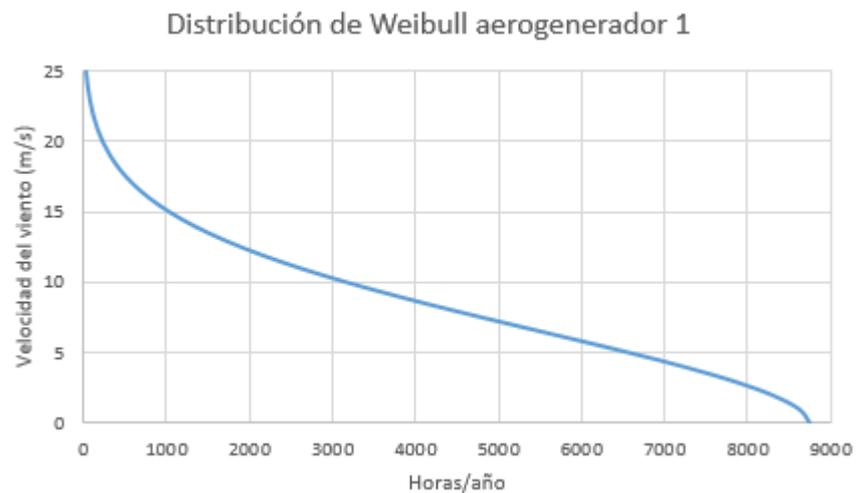


Figura 27 Distribución de Weibull del aerogenerador 1. Fuente propia.

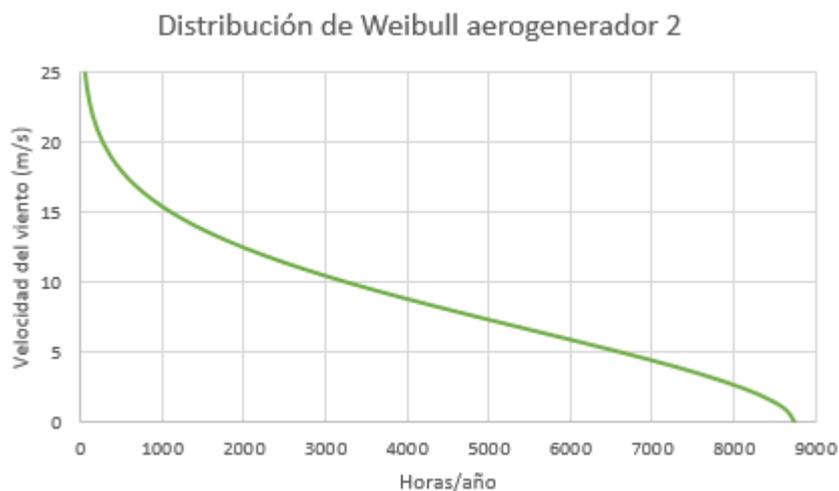


Figura 28 Distribución de Weibull del aerogenerador 2. Fuente propia.

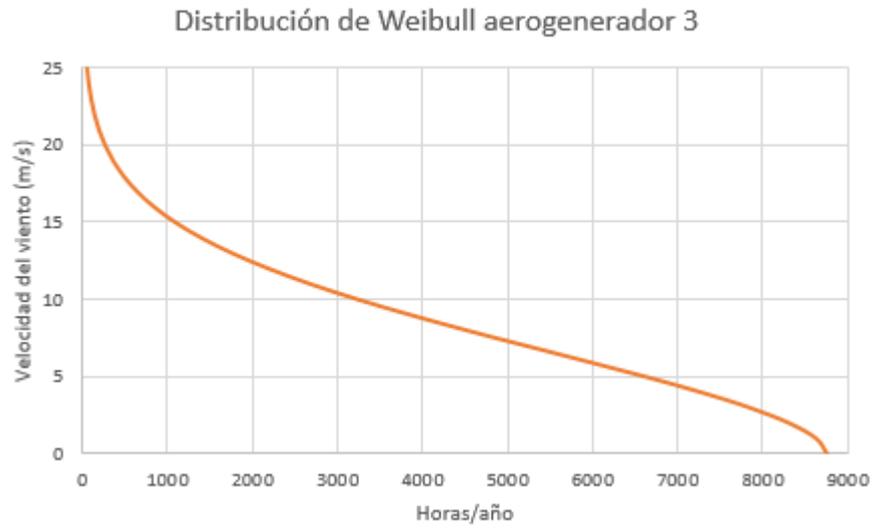


Figura 29 Distribución de Weibull del aerogenerador 3. Fuente propia.

7. Análisis de soluciones

7.1 Elección del aerogenerador

Una vez que ya conocemos el recurso eólico en los emplazamientos de los aerogeneradores, se pasa a la elección del modelo y fabricante, para ello fue necesario utilizar la aplicación web de wind-turbine-models.com donde se pueden comparar las curvas de potencia de muchos modelos de aerogeneradores. A continuación, establecimos una serie de criterios que debían cumplir los aerogeneradores para poder ser considerados:

- La velocidad de arranque tendrá que ser lo más baja posible, decidimos poner un mínimo de 3 m/s.
- La potencia del aerogenerador tendrá que ser menor de 1 MW para que la escala del proyecto sea reducida.
- Como ya vimos en la elección del emplazamiento, el diámetro del rotor no puede ser superior a 66 metros por las dimensiones de la parcela.
- Como hay bastantes aerogeneradores que cumplen los criterios anteriores optaremos por elegir los cinco que produzcan una mayor potencia a la velocidad mínima de 3 m/s porque sabemos que los aerogeneradores van a estar en esta situación más de 7000 horas al año.

Los cinco aerogeneradores que cumplieron esos criterios fueron los siguientes:

Fabricante	Modelo
Enercon	E-53
Lagerwey	LW 52/750
Unison	U54
Wincon	W755/48
Wind World	ww-53

Tabla 4 Aerogeneradores que cumplen los criterios de selección. Fuente: propia.

Para determinar definitivamente cuál de ellos elegir hicimos un estudio de rentabilidad, lamentablemente no fue posible encontrar información sobre los precios de los aerogeneradores ww-53 de Wind World, U54 de Unison o del W755/48 de Wincon por lo que habrá que reducirlo al modelo E-53 de Enercon y LW52/750 de Lagerwey. Este estudio se realizó en el apartado 1.3.1 de los anexos, pero a modo de resumen, se hizo una aproximación de la inversión total necesaria a partir del precio de los aerogeneradores, también se tuvieron en cuenta los gastos de explotación, el interés del préstamo que habrá que pedir a la entidad bancaria, que hará que aumente el dinero a devolver con el tiempo, los ingresos que se

obtendrán de la venta de energía eléctrica producida cuyo precio viene establecido en el artículo 36 del Real Decreto 661/2007, los impuestos a pagar que, según la Ley 15/2012, será el 7% de los ingresos producidos por la producción de energía eléctrica y el IPC que indicará la devaluación del dinero con el tiempo, que tendremos en cuenta en el estudio . Con todo esto, se pueden calcular los flujos de caja de los aerogeneradores en un plazo de 20 años, que suele ser la vida útil que garantizan los fabricantes, y compararemos el total acumulado para ambos modelos y optaremos por el que más dinero haya generado.

	Flujos de caja aerogenerador 1 (€)	Flujos de caja aerogenerador 2 (€)	Flujos de caja aerogenerador 3 (€)	Total (€)
Lagerwey LW 52/750	450.968,53	527.793,85	491.920,63	1.470.683,01
Enercon E-53	312.642,22	401.606,05	360.217,59	1.074.465,86

Tabla 5 Flujos de caja acumulados en 20 años para cada modelo. Fuente: propia.

Por lo tanto, como los ingresos totales del modelo LW 52/750 son mayores que los del modelo E-53, podemos concluir que es por el que optaremos en nuestro proyecto.



Figura 30 Imagen del aerogenerador LW 52/750 del fabricante Lagerwey.

Fuente: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/51-lagerwey-lw-52-750>.

A continuación, hablaremos de algunos de los componentes del aerogenerador LW 52/750 y del tipo al que pertenecen dentro de los posibles, aunque no va a ser posible hacerlo de todos por falta de información por parte del fabricante.

7.1.1 Turbina eólica

Una primera clasificación que se puede hacer de las turbinas eólicas se puede realizar atendiendo al tipo de rotor eólico y la disposición de su eje de giro. Así las turbinas se clasifican en turbinas con rotor de eje vertical y turbinas con rotor de eje horizontal.

El aerogenerador LW 52/750 tiene una turbina con rotor de eje horizontal, estos se caracterizan porque hacen girar sus palas en dirección perpendicular a la velocidad del viento incidente. La velocidad de giro de las turbinas de eje horizontal sigue una relación inversa al número de sus palas, o de forma más precisa al parámetro denominado “solidez” que indica el cociente entre la superficie ocupada por las palas y la superficie ocupada por las palas y la superficie barrida por ellas. Así, las turbinas de eje horizontal se clasifican en turbinas con rotor multipala o aeroturbinas lentas y rotor tipo hélice o aeroturbinas rápidas.

El aerogenerador LW 52/750 tiene un rotor tipo hélice, que se caracteriza porque giran a una velocidad mayor que los rotores multipala. La velocidad lineal en la punta de la pala de estas máquinas varía en un margen de seis a catorce veces la velocidad del viento incidente en condiciones de diseño. Esta propiedad hace que las aeroturbinas rápidas sean muy apropiadas para la generación de energía eléctrica, ya que el elemento mecánico que acondiciona la velocidad de giro de la turbina con la velocidad de giro del generador es menor en tamaño y coste. Los rotores tipo hélice presentan un par de arranque reducido que, en la mayoría de las aplicaciones, es suficiente para hacer girar el rotor durante el proceso de conexión.

Dentro de los rotores tipo hélice los más utilizados son el de tres palas, como el elegido, debido fundamentalmente a su mejor estabilidad estructural y aerodinámica, menos emisión de ruido y mayor rendimiento energético frente a los rotores de una o dos palas.

Otra clasificación adicional que se puede realizar con los aerogeneradores que utilizan rotores tipo hélice es su disposición frente a la velocidad del viento incidente. Así, las turbinas pueden diseñarse para que funcionen en la configuración de barlovento o sotavento. El aerogenerador LW 52/750 está diseñado para funcionar posicionado a barlovento, esto conlleva a que necesiten un sistema de orientación activo ya que la velocidad del viento inicialmente incide sobre el rotor eólico y posteriormente sobre la torre. A pesar de utilizar un sistema de orientación activo, la configuración a barlovento es la opción elegida por la inmensa mayoría de los fabricantes debido a las elevadas cargas aerodinámicas que aparecen sobre la máquina cuando la zona de influencia

de la torre no recibe viento y por lo tanto no transmite par aerodinámico, lo que da lugar a fluctuaciones de potencia y fatiga en los materiales. Por otra parte, esta disposición hace que durante la orientación se generen esfuerzos transitorios elevados ya que el proceso de giro del rotor eólico no está controlado.

7.1.2 Torre

Las primeras máquinas diseñadas para producir energía eléctrica utilizaron torres con estructuras metálicas o configuración en celosía, posteriormente para máquinas de potencia superior la tecnología ha evolucionado hacia torres tubulares de acero u hormigón.

El aerogenerador elegido tendrá una torre tubular de acero, que es el tipo más utilizado en la actualidad. Las primeras torres tubulares de acero presentaban una gran rigidez estructural, se diseñaban de tal forma que la frecuencia natural de flexión de la torre fuera superior a la frecuencia de giro de la pala (1P). El motivo de esta elección se realizaba para reducir la posibilidad de excitar esta frecuencia natural del sistema. Este diseño rígido da lugar a torres excesivamente pesadas y caras, en especial cuando aumenta su altura. Las nuevas torres tubulares de acero se diseñan de tal forma que la frecuencia natural de flexión es inferior a 1P.

El criterio de fabricación más sencillo de las torres tubulares es mediante la unión de varios tramos cilíndricos. El número de tramos habitual suele ser dos o tres, para alturas de torre superiores a 60 metros, como es nuestro caso. En las torres de altura elevada, el diseño suele ser tronco-cónico con chapa de acero de espesor decreciente con la altura para reducir el peso.

7.1.3 Mecanismo de cambio de paso de pala

La mayoría de las modernas aeroturbinas incorporan en sus diseños dispositivos capaces de hacer girar la pala alrededor de su eje longitudinal. La función del cambio de paso de las palas es doble: por una parte, permite controlar la potencia y la velocidad de giro del rotor eólico y por otra parte es capaz de frenar aerodinámicamente el sistema en caso de avería.

En el mecanismo de cambio de paso el elemento que conecta la pala con el buje debe permitir el giro de ésta alrededor de su eje longitudinal. Debido a que los ángulos y la velocidad de giro de la pala son reducidos, los sistemas de soporte son habitualmente rodeados por bolas, que están sometidos a cargas elevadas producidas por momentos de flexión y torsión, incluso cuando los movimientos de giro son reducidos. Cuando el sistema de cambio de paso no gira toda la pala, sino solamente la punta, el rodamiento y el accionamiento se encuentran situados a cierta distancia de la raíz de la pala. Este diseño presenta como problemas añadidos como son la ubicación de estos elementos en un espacio reducido, el aumento del peso de la pala y el desplazamiento de su centro de gravedad hacia posiciones más alejadas de la raíz.

El accionamiento del sistema de giro consta de un actuador, eléctrico o hidráulico, que transmite el movimiento de giro a la pala directamente o a través de un elemento adicional como ruedas dentadas, barra de desplazamiento, etc.

Los sistemas de cambio de paso convencionales de las grandes turbinas constan de un actuador situado en el buje que se conecta a un grupo de presión hidráulico ubicado en la góndola. La conexión entre ambos elementos se realiza a través de un circuito hidráulico que atraviesa la caja multiplicadora y el eje principal que debe ser hueco. La unión entre las partes fijas y giratorias del circuito hidráulico se realizan en un elemento de transmisión giratorio convenientemente sellado para impedir fugas de aceite. Este elemento tiene una buena accesibilidad ya que se sitúa en la parte posterior de la caja multiplicadora.

El mecanismo de cambio de paso hidráulico también puede tener el accionamiento de giro en la góndola, en este caso el sistema no utiliza elementos de transmisión giratorios y su modo de funcionamiento es como sigue; el grupo hidráulico controla la presión de un pistón que acciona un vástago en cuyo extremo se conectan unas barras que convierten el desplazamiento axial del vástago en movimiento giratorio de las palas. El pistón ejerce su presión contra un resorte de tal forma que si el pistón pierde presión el resorte acciona las palas poniéndolas en posición de bandera y parando así la aeroturbina. Este concepto de seguridad pasiva es muy importante ya que garantiza la parada de la máquina en caso de avería del grupo hidráulico. Un aspecto importante de este sistema es que los ejes de giro primario y secundario deben estar necesariamente desalineados para permitir la ubicación del accionamiento de las palas.

El aerogenerador LW 52/750 tiene un sistema eléctrico de cambio de paso, recientemente se están utilizando motores eléctricos para gobernar el giro de las palas, pero a diferencia de los sistemas que mencionamos anteriormente, los sistemas eléctricos de cambio de paso suelen ser individuales, ya que un sistema colectivo de estas características es más complicado y costoso que un sistema hidráulico. Las ventajas de utilizar un motor eléctrico controlado para girar la pala son, entre otras, que permite una gran precisión, presenta una rigidez mayor que los sistemas hidráulicos y evita las pérdidas de estanqueidad que pueden aparecer en ellos, además, estos sistemas son muy compactos, ya que todo el accionamiento eléctrico se encuentra situado en el buje y no necesita elementos mecánicos adicionales para girar la pala.

7.1.4 Generador eléctrico

El generador es el elemento central del sistema eléctrico de los aerogeneradores y el componente a partir del cual se dimensionan los restantes elementos y sistemas de control y supervisión. Si bien en principio no hay ninguna restricción para el tipo de generador (de corriente alterna o de

corriente continua) se eligen casi exclusivamente máquinas de corriente alterna no sólo por su relación potencia/peso más favorable (que juega un papel importante ya que condiciona la resistencia mecánica de la torre) sino por su capacidad de generar a tensiones más elevadas y, sobre todo, porque al no tener colector, presentan unos costes de mantenimiento muchos menores y una disponibilidad muy superior que los generadores de corriente continua.

Existen dos tipos básicos: los que utilizan máquinas asíncronas o de inducción y los que utilizan máquinas síncronas. En función del tipo de turbina y del tipo de control, los generadores pueden estar conectados directamente a la red (eventualmente a través de un transformador), o se acoplarán por medio de un convertidor de frecuencia. El aerogenerador LW 52/750 utiliza máquinas síncronas, el principal problema asociado a las máquinas síncronas conectadas directamente a la red es que, al ser la frecuencia constante la velocidad de giro también debe serlo, lo que conlleva esfuerzos mecánicos importantes sobre el sistema de transmisión mecánica y oscilaciones de la potencia eléctrica generada. Por esa razón, el generador síncrono no se usa nunca en sistemas conectados directamente a la red. Sin embargo, este tipo de generadores sí se usa en el caso de sistemas conectados a la red mediante un convertidor de frecuencia; el papel de dicho convertidor es independizar la frecuencia del generador de la de la red, permitiendo de este modo el funcionamiento a velocidad variable. El convertidor de frecuencia permite, además, un control de la potencia reactiva inyectada en la red, como ocurre en cualquier central eléctrica convencional, lo cual es imprescindible en sistemas de una cierta potencia.

Dentro de los generadores síncronos hay varias subcategorías, el modelo LW 52/750 tiene un generador síncrono de imanes permanentes que constituye una de las alternativas más interesantes en generación eólica a velocidad variable ya que el empleo de imanes permanentes elimina la necesidad de anillos rozantes e implica la eliminación de las pérdidas en el cobre del rotor y por lo tanto desaparece la necesidad de refrigeración de este devanado, además se disminuye considerablemente el volumen de la máquina. La utilización de imanes permanentes permite disminuir el paso polar lo que hace posible construir generadores de mayor número de polos, que eliminan la necesidad de utilizar un multiplicador de velocidad para adecuar la velocidad de giro de la turbina a la velocidad del generador, esta ventaja compensa el incremento de precio que supone el incorporar convertidores de mayores prestaciones. Por ello la mayoría de los aerogeneradores que llevan generadores síncronos con imanes permanentes están directamente acoplados a la turbina.

Los convertidores habitualmente empleados con generadores síncronos de imanes permanentes son los convertidores alterna-alterna con una etapa intermedia de corriente continua.

7.2 Cimentación

Uno de los requisitos del proyecto fue el cálculo de la cimentación de los aerogeneradores, para ello seguimos principalmente dos normativas, el Código Técnico de la Edificación y la EHE-08. Las comprobaciones que se deben hacer para concluir que las cimentaciones cumplen los mínimos establecidos por las normativas son: a vuelco, a deslizamiento, a hundimiento, punzonamiento y las armaduras radial, circular, a cortante y flexión. Los cálculos se realizaron en el anexo 2 y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Dimensiones de la zapata						
R(m)	Di (m)	Dc (m)	Df (m)	Ht (m)	Hb (m)	A (m ²)
9	18	18	4,5	2	1	254,47
Acciones						
Lugar de la acción		N (N)	V (N)		M (N·m)	
En la base de torre		124000	584391,74		28467312,48	
En la base de la cimentación		9095225,25	584391,74		28467312,48	
Estabilidad y hundimiento						
FS _{vuelco}		FS _{deslizamiento}			σ _{máx} (Pa)	
1,306		6,45			57385,95	
Armadura a flexión						
Dirección	M _d (N·m)	U _{s1} (N)	A _{s,nec} (mm ²)	φ (mm)	S (mm)	Nº de barras
Radial inferior	28467312,48	14669709,82	63666	20	259,84	203
Circular inferior	4896328,77	2491770,37	5731,1	16	248,61	29
Radial superior	12111154,08	6195999,03	63666	20	259,84	203
Circular superior	4896328,77	2491770,37	5731,1	16	248,61	29
Armadura a cortante						
V _{rd} (N)		V _{su} (N)	A _{st,nec} (mm ²)	φ (mm)	S (mm)	Nº de barras
2070067,67		-5864787,24	0	20	600	182

Tabla 6 Resumen de los resultados de la cimentación. Fuente: propia

7.3 Sistema eléctrico

A diferencia de lo que ocurre con otras fuentes de energía, la energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades, por lo que la electricidad demandada en cada momento tiene que producirse de forma simultánea en centros de generación, debe haber un equilibrio permanente entre generación y consumo.

El sistema eléctrico de un parque eólico tiene como objetivo la transferencia de la energía eléctrica producida por cada aerogenerador hasta la red de la compañía eléctrica en unas condiciones óptimas.

Actualmente, la configuración utilizada es la conexión en media tensión de aerogeneradores entre sí, por lo que cada uno de ellos debe contar con su centro de transformación que puede estar dentro o fuera de la torre, como veremos más adelante. El sistema eléctrico de cada parque eólico es variable, sin embargo, se puede generalizar que actualmente está compuesto por los siguientes elementos:

- **Instalación eléctrica de Baja Tensión:** consiste en unos circuitos internos al equipo y que conectan la salida del generador con el centro de transformación, donde se eleva la tensión de la corriente desde baja tensión (690 V) hasta media tensión (20 kV). Además, existirá otro circuito de control y servicios auxiliares, para la alimentación de equipos de regulación, motores de orientación y otras herramientas de alumbrado y maniobra de la góndola y la torre.
- **Centros de transformación:** cada aerogenerador tendrá asociado un centro de transformación situado en el exterior de la torre, muy cerca de esta, ya que al generarse en baja tensión no deben alcanzarse grandes longitudes para disminuir las pérdidas, esta decisión se tomó debido a que a pesar de que el impacto visual y las pérdidas son mayores, la disponibilidad de espacio dentro del aerogenerador será mayor, facilitando así la operación y el mantenimiento. El centro de transformación será prefabricado, monobloque, de hormigón armado de 3280x2380x3045 mm, que será capaz de contener un transformador, que será de aceite, y la aparamenta necesaria.
- **Red subterránea de Media Tensión:** conecta los aerogeneradores entre sí y a la subestación, por ello, el trazado de la red se basa en la disposición de los aerogeneradores y es recomendado que la zanja del cableado sea paralela a los caminos de acceso a estos.
- **Toma de tierra:** además de las canalizaciones para los cables de media tensión, cada aerogenerador y la subestación deberán estar provistos de unas específicas para la red

de tierra. Los cálculos pertinentes a las tomas de tierra se realizarán en los anexos.

- Subestación: aumenta los niveles de media tensión de las líneas del parque a valores superiores de tensión, de este modo permite ajustar las medidas de energía eléctrica generada en el parque (MT) con las necesarias para su vertido a la red de la compañía distribuidora de electricidad de la zona (AT).
- Evacuación en Alta Tensión: la forma más eficiente de evacuar la energía generada por el parque eólico es a alta tensión, de esta forma se disminuyen las pérdidas debidas a caídas de tensión por resistencia y reactancia. Las condiciones técnicas de conexión de un parque eólico a la red pública de distribución de electricidad tendrán en cuenta la tensión nominal y máxima de servicio, la potencia máxima de cortocircuito admisible, la capacidad de transporte de la línea, el tipo de red, aérea o subterránea, el sistema de puesta a tierra, etc. Lo más habitual es que esta línea de evacuación sea objeto de un proyecto independiente.

7.4 Instalación de baja tensión

En la red de baja tensión de un aerogenerador se pueden distinguir varios elementos con sus respectivas funciones, su principal objetivo es conectar la salida del generador con el centro de transformación, pero también lo conectará con los motores del sistema de paso de las palas y otros servicios auxiliares. El esquema de la instalación de baja tensión se mostrará en la siguiente figura:

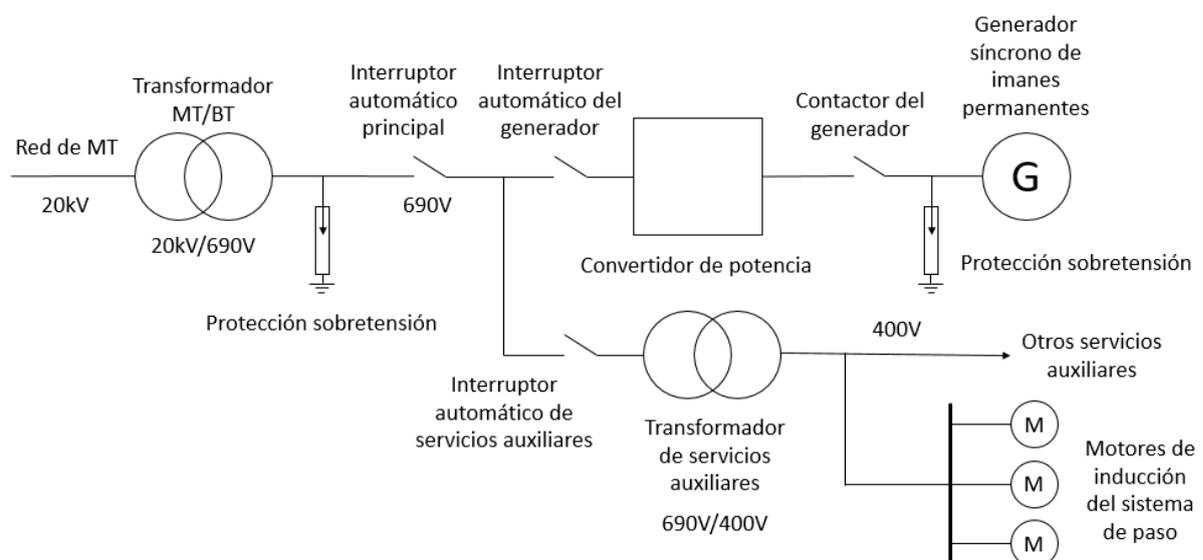


Figura 31 Esquema de los elementos de la instalación de baja tensión. Fuente: propia.

Como se puede observar, en el esquema hay tres niveles de tensión:

1. El nivel de baja tensión de 400V, que es la tensión a la que funcionarán los motores de inducción del sistema de paso con sus variadores de frecuencia y sistemas de alimentación ininterrumpida, que no han sido representados para simplificarlo.
2. El nivel de baja tensión de 690V, el nivel de tensión al que funcionará el generador, el convertidor de potencia, los interruptores automáticos y las protecciones frente a sobretensiones.
3. El nivel de media tensión a 20kV, correspondiente a la red de media tensión mediante la cual se realiza el transporte de energía eléctrica hasta la subestación eléctrica.

A continuación, comentaremos cada elemento, su función y el modelo y fabricante elegido de cada uno.

7.4.1 Motor y variador de velocidad

El aerogenerador LW 52/750 tiene un sistema eléctrico de cambio de paso, que utiliza motores eléctricos para gobernar el giro de las palas, pero a diferencia de los sistemas de cambio de paso convencionales hidráulicos, los sistemas eléctricos de cambio de paso suelen ser individuales, ya que un sistema colectivo de estas características es más complicado y costoso que un sistema hidráulico. Las ventajas de utilizar un motor eléctrico controlado para girar la pala son, entre otras, que permite una gran precisión, presenta una rigidez mayor que los sistemas hidráulicos y evita las pérdidas de estanqueidad que pueden aparecer en ellos, además, estos sistemas son muy compactos, ya que todo el accionamiento eléctrico se encuentra situado en el buje y no necesita elementos mecánicos adicionales para girar la pala.

Para elegir el motor primero habrá que conocer la tensión a la que funcionará el generador que sabemos que será 400V en línea. El motor elegido para accionar cada una de las palas será un motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB del fabricante ABB y sus especificaciones son las siguientes:

P_N	30 kW
V_N	400 V
f_N	50 Hz
n_N	2948 rpm
I_N	54 A
Número de polos	2
Factor de potencia	0,88

Par nominal	97 Nm
Rendimiento	91,1 %
Peso	160 kg

Tabla 7 Especificaciones del motor elegido para el sistema de paso. Fuente: <https://new.abb.com/es>



Figura 32 Imagen del motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB. Fuente: <https://new.abb.com/es>

Si se quiere que la velocidad de giro de las palas sea variable, esto puede lograrse de dos maneras:

1. Tener dos generadores con sus respectivas reductoras que funcionen a velocidades distintas.
2. Contar con un sistema de variación de velocidad de giro.

Se ha optado por un sistema con el que pueda controlar la velocidad de giro de las palas, de esta manera, se podrán realizar modificaciones del ángulo a la velocidad deseada para poder corregir con la máxima precisión la posición de las palas.

El variador electrónico de velocidad que se ha elegido es el modelo VAT300 del fabricante General Electric y sus características son las siguientes:

Modelo	VAT300 U3SX045K0
Tensión nominal	400V
Servicio normal: capacidad	60kVA
Servicio normal: corriente continua máxima	87A
Servicio normal: potencia máxima del motor	45kW
Peso	25kg

Tabla 8 Características del variador electrónico de velocidad. Fuente: <https://www.ge.com/es/>



Figura 33 Imagen del variador de velocidad VAT300. Fuente: Fuente: <https://www.ge.com/es/>

El variador, mediante un control tensión-frecuencia, controla la velocidad del motor de inducción para que este a su vez controle la velocidad de giro de las palas. Por último, mencionaremos que el variador VAT300 tiene unas pérdidas de potencia de aproximadamente unos 3000W, estas pérdidas se deben al autoconsumo del variador para funciones como la ventilación o las pérdidas eléctricas ya que su rendimiento no es del 100%.

7.4.2 Convertidor de potencia

El constante progreso y evolución de la ciencia y la tecnología ha provocado en los últimos años un fuerte cambio en la conexión de cargas a la red eléctrica. Desde la década de los años setenta son cada vez más los equipos que utilizan los convertidores como nexo con la red eléctrica.

Los convertidores son elementos capaces de alterar las características de tensión y la corriente que reciben, transformándola de manera optimizada. Un convertidor es un dispositivo que permite transformar unas señales eléctricas de entrada en otras señales eléctricas de salida con características diferentes. Lo que hace este convertidor es transformar la corriente alterna variable del generador en corriente continua, y, a continuación, en corriente alterna fija de 50 Hz. El generador funcionará a una velocidad variable, esto implica que la frecuencia de giro también lo será y, por lo tanto, también lo serán la tensión y la frecuencia, por lo que será necesario un convertidor que pueda estabilizar los valores de ambas magnitudes para poder conectar el sistema a la red. El convertidor fijará la tensión de salida a 690V y la frecuencia a 50Hz, que es la de la red.

El convertidor funciona como un conjunto rectificador-inversor, en el que el rectificador transforma la corriente a continua para que más tarde el inversor la vuelva a transformar a alterna. De esta manera, se logra eliminar las imperfecciones que pueda tener la corriente al transformarla a continua y se obtiene una señal alterna de buena calidad.

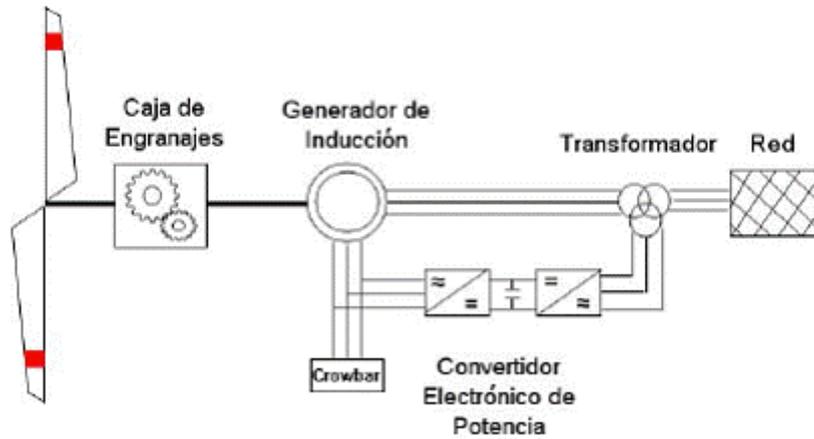


Figura 34 Esquema de generación con convertidor. Fuente: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/wind/index12.html>

En la imagen se puede ver la conexión de la turbina con el generador, el convertidor y el transformador. Tras el generador síncrono de imanes permanentes se encuentra el convertidor de potencia y más adelante el transformador para elevar la tensión y proceder a su distribución por la red.

El convertidor elegido es el ACS800-67 del fabricante ABB, diseñado específicamente para aerogeneradores, sus principales características son las siguientes:

Modelo	ACS800-67
Tensión nominal	690V
Potencia nominal	750kW
Refrigeración	Aire
Frecuencia	50Hz
Peso	1800kg

Tabla 9 Características del convertidor de potencia. Fuente: <https://new.abb.com/es>



Figura 35 Imagen del convertidor de potencia ACS800-67. Fuente: <https://new.abb.com/es>

El convertidor será capaz de registrar una referencia de par, referencia de potencia activa generada, referencia de potencia reactiva, referencia de tensión, valor instantáneo del par, velocidad, potencia activa y potencia reactiva, detección de faltas y tendrá capacidad para dar la alarma ante cualquier fallo. A través de la comunicación remota y del software específico del convertidor se podrán monitorizar todas estas variables en un ordenador.

Muchos sistemas necesitan también un compensador de potencia reactiva que iría entre el generador y el transformador. Algunos problemas que puede ocasionar la potencia reactiva son:

- El incremento de las pérdidas en los conductores debido a su calentamiento, lo que acelera el deterioro de los aislamientos.
- La sobrecarga de transformadores y generadores. El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia origina que generadores y transformadores trabajen con cierto grado de sobrecarga.
- El aumento de la caída de tensión. El aumento de la intensidad de corriente debido al bajo factor de potencia puede producir una mayor caída de tensión resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas.

En nuestro caso, el convertidor de potencia ACS800-67 ya incluye un sistema de compensación de potencia reactiva, por lo que no será necesario considerar uno.

7.4.3 Transformador de servicios auxiliares

Empezaremos este apartado con una breve explicación de qué es un transformador y su funcionamiento, antes de elegir uno para nuestros aerogeneradores. Un transformador es una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, es igual a la que se obtiene a la salida, aunque, las máquinas reales, presentan un pequeño porcentaje de pérdidas dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

Se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética y está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

Además del transformador de distribución, necesitaremos un transformador que baje la tensión

de 690V a 400V, que es la tensión a la que funcionarán los motores del sistema de paso y los servicios auxiliares. Al igual que con el transformador de media tensión calcularemos la potencia asignada mínima que deberá tener el transformador:

$$S = \frac{P}{FP} = \frac{90000}{0,9} = 100000 \text{ VA} = 100 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, el transformador que elegiremos será el modelo XMN 400/690V de 100kVA del fabricante Manumag con las siguientes características:

Fabricante	Manumag
Modelo	XMN 400/690V
Potencia asignada	100 kVA
Tensión en el primario	690V
Tensión en el secundario	400V
Frecuencia	50Hz
Código	XMN02410963
Peso total	225kg

Tabla 10 Características del transformador de servicios auxiliares. Fuente: <http://www.manumag.com/>



Figura 36 Imagen del transformador XMN 400/690V de Manumag. Fuente: <http://www.manumag.com/>

7.4.4 Interruptor automático del generador

Un interruptor automático es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él, excede un determinado valor, o en el caso de que se haya producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, los interruptores automáticos pueden ser rearmados una vez localizados y reparado el problema que haya causado su disparo.

El interruptor automático se deberá desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible por el cable, por ello, la intensidad nominal del aparato deberá ser mayor que la intensidad de utilización, pero menor que la máxima admisible por el conductor. Como se verá en el anexo 3, la intensidad que circulará por el cable que conecta el generador con el convertidor de potencia es 779,59A y la intensidad máxima admisible del cable elegido es de 823A, por lo que la intensidad nominal deberá estar entre ambas. El interruptor automático elegido fue el modelo Compact NS800 del fabricante Schneider Electric cuya intensidad nominal es de 800A.



Figura 37 Interruptor automático Compact NS800 de Schneider Electric. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.4.5 Interruptor automático de los servicios auxiliares

El interruptor automático de los servicios auxiliares se deberá desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible por el cable, por ello, la intensidad nominal del aparato deberá ser mayor que la intensidad de utilización, pero menor que la máxima admisible por el conductor. Como se verá en el anexo 3, la intensidad que circulará por el cable que conecta el transformador de servicios auxiliares con el convertidor de potencia es 104,59A y la intensidad máxima admisible del cable elegido es de 169A, por lo que la intensidad nominal deberá estar entre ambas. El interruptor automático elegido fue el modelo Compact NSX160 del fabricante Schneider Electric que tiene una intensidad nominal de 160A.



Figura 38 Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.4.6 Interruptor automático principal

El interruptor automático principal se deberá desconectar antes de que se alcance la máxima temperatura admisible por el cable, por ello, la intensidad nominal del aparato deberá ser mayor que la intensidad de utilización, pero menor que la máxima admisible por el conductor. Como se verá en el anexo 3, la intensidad que circulará por el cable que conecta el transformador de servicios auxiliares con el convertidor de potencia es 613,61A y la intensidad máxima admisible del cable elegido es de 703A, por lo que la intensidad nominal deberá estar entre ambas. El interruptor automático elegido fue el modelo Compact NS630b del fabricante Schneider Electric que tiene una intensidad nominal de 630A.



Figura 39 Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.4.7 Protección de sobretensiones

Un protector de sobretensión es un dispositivo diseñado para proteger dispositivos eléctricos de picos de tensión ya que gestionan o administran la energía eléctrica de un dispositivo electrónico conectado a este. Un protector de sobretensión intenta regular el voltaje que se aplica a un dispositivo eléctrico bloqueando o enviando a tierra voltajes superiores a un umbral seguro. Hay dos tipos de protectores de sobretensiones, los protectores contra sobretensiones permanentes y

los protectores contra sobretensiones transitorias.

Las sobretensiones permanentes son aumentos de tensión superior al 10% de la tensión nominal y duración indeterminada. La alimentación de equipos con una tensión superior a aquella para la que han sido diseñados puede generar:

- Sobre calentamiento de los equipos.
- Reducción de la vida útil.
- Incendios.
- Destrucción de los equipos.
- Interrupción del servicio.

La protección contra sobretensiones permanentes requiere de un sistema distinto que en las sobretensiones transitorias. En vez de derivar a tierra para evitar el exceso de tensión, es necesario desconectar la instalación de la red eléctrica para evitar que llegue la sobretensión a los equipos. El uso de protectores es indispensable en áreas donde se dan fluctuaciones de valor de tensión de la red.

Por otro lado, las sobretensiones transitorias son picos de tensión que alcanzan valores de decenas de kilovoltios y de corta duración, causan la destrucción de los equipos conectados a la red provocando:

- Daños graves o destrucción de los equipos.
- Interrupción del servicio.

En algunas instalaciones un solo protector contra sobretensiones puede ser suficiente. Sin embargo, en muchas otras, se necesitará más de un paso de protección, de esta forma se consigue un mayor poder de descarga asegurando una tensión residual pequeña.

Para la elección del modelo el protector de sobretensiones usaremos la página web de Schneider Electric y a partir de la tensión máxima admisible en régimen permanente obtendremos que el modelo a utilizar es el Acti 9 iPRD PV-DC con las siguientes características:

Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Acti 9 iPRD PV-DC
Tipo y clase	Tipo 2
Tensión nominal de empleo	800V
Intensidad de descarga nominal	15kA
Intensidad de descarga máxima	40kA
Tiempo de respuesta	$\leq 25\text{ns}$

Tabla 11 Características de los protectores contra sobretensiones. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>



Figura 40 Imagen del protector contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC de Schneider Electric.

Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.4.8 Contactor del generador

Un contactor es un elemento electromecánico que tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de una carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia mediante la utilización de elementos de comando, los cuales están compuesto por un circuito bobina/electroimán por la cual circula una menor corriente que la de carga en sí. Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea locamente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores, etc. y los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia.

La finalidad de un contactor es la de accionar cargas elevadas que pudieren producir algún efecto perjudicial en la salud del operador. Sea el caso de una descarga atmosférica entre contactos de un interruptor a cuchillas en el momento de accionar el arranque de un motor que posea una carga de inercia acoplada, que pudiera producir quemadura.

Para nuestro generador, utilizaremos un contactor de la marca Schneider Electric modelo TeSys CV1B para una tensión de 690V y una intensidad de 700A.

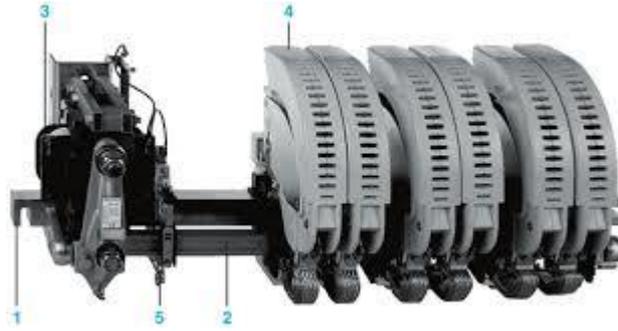


Figura 41 Imagen del contactor del generador Tesys CV1B. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.4.9 Cableado de baja tensión

Para alimentar cada uno de los elementos que forman parte de la instalación de baja tensión será necesario que los cables les suministren energía eléctrica. Los cables se dimensionarán de acuerdo a dos criterios, el de la intensidad admisible y la caída de tensión permitida según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, no consideramos que el de la corriente de cortocircuito sea necesario, optamos por usar los cables del fabricante Topcable, utilizaremos el modelo Powerflex RV-K para los circuitos con una tensión de 690V y el modelo XTREM H07RN-F para los de 400V. Los resultados de las secciones calculadas en el anexo 3 son las siguientes:

Definición	Modelo	Voltaje (V)	Sección (mm ²)	Intensidad admisible (A)	Longitud (m)
Cable del motor al variador de velocidad	XTREM H07RN-F	450/750	16	101	3
Cable del generador al convertidor	Powerflex RV-K	600/1000	400	823	75
Cable del motor al transformador de servicios auxiliares	XTREM H07RN-F	450/750	50	207	75
Cable del transformador de servicios auxiliares al convertidor	Powerflex RV-K	600/1000	35	169	5
Cable del convertidor al transformador MT/BT	Powerflex RV-K	600/1000	300	703	5

Tabla 12 Resumen de las características de los cables de la instalación de baja tensión. Fuente: propia.

7.4.10 Canalizaciones

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie, los tubos rígidos son aquellos que requieren de técnicas especiales para su curvado, están previstos para instalaciones superficiales y sus cambios de dirección se pueden realizar mediante accesorios específicos como curvas o derivaciones en T. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la norma UNE-EN 60423. Estas dimensiones se calcularán en el anexo 3 y los resultados obtenidos son los siguientes:

Definición	Tipo	Diámetro (mm)
Canalización del motor al variador de velocidad	Tubo de PVC	32
Canalización del generador al convertidor	Tubo de PVC	160
Canalización del motor al transformador de servicios auxiliares	Tubo de PVC	50
Canalización del transformador de servicios auxiliares al convertidor	Tubo de PVC	50
Canalización del convertidor al transformador MT/BT	Tubo de PVC	160

Tabla 13 Resumen de las características de las canalizaciones de la instalación de baja tensión. Fuente: propia.

7.5 Centros de transformación

Cada aerogenerador tendrá en su base un centro de transformación prefabricado monobloque que contiene un transformador en baño de aceite que aumenta la tensión de 690V a 20kV y está protegido mediante una celda de protección que se instalará en el interior del centro de transformación ya que, según la descripción de este, tiene espacio para la aparamenta necesaria para su correcto funcionamiento. Los centros de transformación tendrán los siguientes elementos: transformador, celda de protección, cables, conexiones y material de seguridad (extintor contra incendios, botiquín de primeros auxilios y guantes aislantes eléctricos). A continuación, comentaremos cada elemento en detalle, su función y el modelo y fabricante elegido de cada uno.

7.5.1 Transformador MT/BT

En nuestro caso, será necesario que el transformador elegido aumente la tensión de 690 voltios hasta 20 kilovoltios para así transportar la energía eléctrica con unas menores pérdidas.

Una vez explicado esto, pasamos a calcular la potencia asignada mínima del transformador que tendremos que elegir:

$$S = \frac{P}{FP} = \frac{750000 - 90000}{0,9} = 733333,33 \text{ VA} = 733,33 \text{ kVA}$$

Además, habrá que tener en cuenta la tensión a la que trabajará de 20kV, tomando todo esto en consideración, elegiremos el transformador sumergido en aceite del fabricante Pauwels Trafo de 800 kVA con nivel de aislamiento de 24kV con las siguientes características:

Fabricante	Pauwels Trafo
Potencia asignada	800 kVA
Tensión nominal en el primario	690V
Tensión nominal en el secundario	20kV
Intensidad nominal en el primario	700 A
Intensidad nominal en el secundario	23,09 A
Conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío	1050W
Pérdidas en carga	8500W
Impedancia de cortocircuito	5,8%
Peso total	2530kg

Tabla 14 Características del transformador de media tensión.

Fuente: <https://www.mwps.world/wp-content/uploads/2011/09/Pauwels-Spec-transformers.pdf>



Figura 42 Imagen del transformador de media tensión.

Fuente: <https://www.mwps.world/wp-content/uploads/2011/09/Pauwels-Spec-transformers.pdf>

7.5.2 Celdas de media tensión

Cada uno de los conjuntos aerogenerador-transformador estará protegido mediante una celda que se instalará en el propio centro de transformación prefabricado al lado de la base de la torre.

Las celdas de media tensión son un conjunto de secciones verticales o celdas en las cuales se ubican los equipos de maniobra, medida y equipos de protección y control, montados en uno o más compartimientos insertos en una estructura metálica externa, y cumplen la función de recibir y distribuir energía eléctrica.

Optaremos por utilizar celdas modulares, que son ligeramente más caras, pero presentan ventajas en lo que respecta al mantenimiento ya que sus menores dimensiones facilitan el paso a la torre y, en caso de avería de un elemento, no será necesaria la sustitución de todo el conjunto de celdas. Además, serán celdas con aislamiento SF₆ debido a la reducción de dimensiones con respecto al aislamiento con aire, así como la inalterabilidad que presentan en su funcionamiento ante condiciones ambientales diversas, como por ejemplo el grado de humedad.

La configuración de dos de las celdas, las de los aerogeneradores 1 y 2, serán del tipo 0L+1L+1P, que se corresponde con entrada de línea, protección de línea y protección del transformador, pero también tendremos una del tipo 0L+1P para el aerogenerador 3, ya que se emplea a finales de línea. A continuación, tenemos un esquema eléctrico de una celda de media tensión del tipo 0L+1L+1P con un interruptor automático como protección.

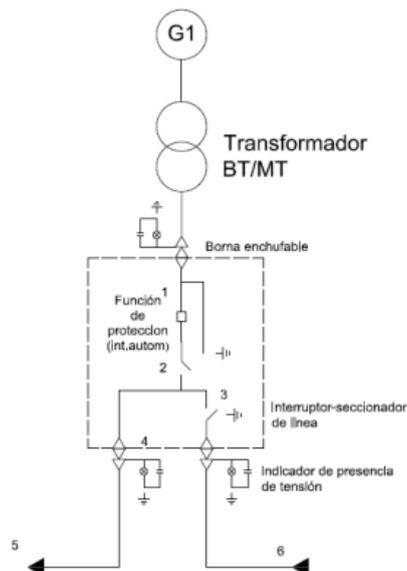


Figura 43 Esquema eléctrico de una celda de media tensión 0L+1L+1P con interruptor automático.

Fuente: "Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica"

Los números de la figura representan los siguientes elementos:

Número	Descripción
1	Protección del transformador
2	Interruptor-seccionador de maniobra
3	Interruptor-seccionador de línea
4	Indicador de presencia de tensión
5	Línea de media tensión
6	Línea de un aerogenerador a otro

Tabla 15 Leyenda del esquema eléctrico de la celda de media tensión.

Fuente: "Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica"

La función de protección la podrían cumplir tanto interruptores automáticos como fusible pero la configuración más recomendada para este caso sería la que contiene un interruptor automático. El fusible es un excelente elemento para cortar intensidades de cortocircuito, sin embargo, presenta la desventaja de que únicamente tiene un uso, y una vez que haya actuado habrá que reponerlo.

El equipo elegido será el modelo RM6 24 del fabricante Schneider Electric, se trata de celdas compactas con aislamiento SF6 y dimensiones reducidas e incluye una envolvente metálica de acero inoxidable sellada que contiene las parte activas, el interruptor-seccionador, el seccionador de tierra y el interruptor automático.

Estas celdas se han diseñado y han sido certificadas por las siguientes normas IEC:

- IEC 62271-1: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 1. Especificaciones comunes
- IEC 62271-200: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 200. Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV.
- IEC 62271-103: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 103. Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV.
- IEC 62271-100: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 100. Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- IEC 62271-105: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 105. Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna.
- IEC 62271-102: Aparamenta de Alta Tensión. Parte 102. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- IEC 60255: Relés de medida y equipos de protección.

Algunas de sus características son las siguientes:

Fabricante	Schneider Electric
Modelo	RM6 24
Tensión nominal	24kV
Intensidad nominal	400A
Frecuencia	50 Hz
Intensidad de cortocircuito	16kA
Duración de cortocircuito	1s
Capacidad de cierre del interruptor	40kA
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial	50 kV
Nivel de aislamiento a onda de impulso tipo rayo	125 kV
Aislamiento	SF6

Tabla 16 Características de las celdas de media tensión. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>



Figura 44 Imagen de la celda de media tensión RM6 24. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

7.6 Red subterránea de Media Tensión

La red eléctrica instalada en el interior del parque tendrá una tensión de 20kV, esta red subterránea conecta los aerogeneradores entre sí, permitiendo llevar la energía hasta las barras de media tensión de la subestación.

7.6.1 Cableado de media tensión

Los cables de red de media tensión serán unipolares, agrupados a tresbolillo y directamente enterrados a un metro de profundidad, como se muestra en la figura:

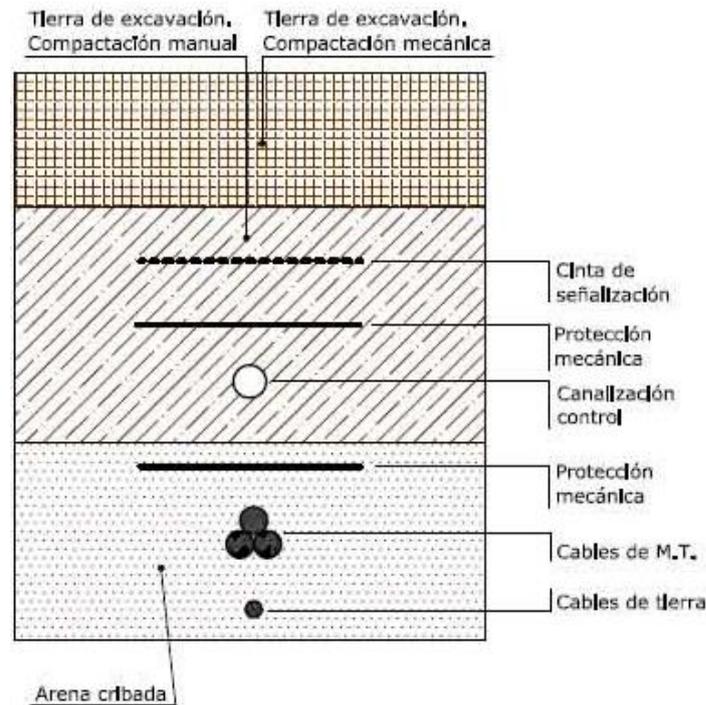


Figura 45 Esquema canalización enterrada MT.

Fuente: <http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/57.htm>

La composición de los cables utilizados en la red de media tensión de un parque eólico suele tener un conductor de aluminio de clase 2 obturado tipo OL, un aislamiento de XLPE o HEPR y una cubierta de poliolefina (Z1). Teniendo en cuenta estas condiciones elegimos el modelo de cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL del fabricante Topcable y la sección se calculará en el anexo 3 de acuerdo a tres criterios, el de intensidad máxima admisible por el cable, el de la caída de tensión y el de intensidad máxima de cortocircuito admisible. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Definición	Modelo	Voltaje (kV)	Sección (mm ²)	Intensidad admisible (A)	Longitud (m)
Cable del aerogenerador 3 al 2	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL	12/20	50	140	200
Cable del aerogenerador 2 al 1	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL	12/20	50	140	200
Cable del aerogenerador 1 a la subestación	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL	12/20	50	140	120

Tabla 17 Resumen de las características de los cables de la red subterránea de media tensión. Fuente: propia.

7.6.2 Canalizaciones

Las canalizaciones de media tensión deberán ser dispuestas y realizadas de acuerdo con el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión, considerando en la transición a las acometidas de instalaciones de alta tensión lo indicado en el apartado 5.2 de esta instrucción. Se tendrá en cuenta en su disposición el peligro de incendio, su propagación y consecuencias, para lo cual se procurará reducir al mínimo sus riesgos adoptando las medidas que a continuación se indican:

- a) Las canalizaciones no deberán disponerse sobre materiales combustibles no autoextinguibles, ni se encontrarán cubiertas por ellos.
- b) Los cables auxiliares de medida, mando, etc., se mantendrán separados de los cables con tensiones de servicio superiores a 1kV o deberán estar protegidos mediante tabiques de separación o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.
- c) Las galerías subterráneas, atarjeas, zanjas y tuberías para alojar conductores deberán ser amplias y con ligera inclinación hacia los pozos de recogida de aguas, o bien estarán provistas de tubos de drenaje.

Los cables aislados pueden estar directamente enterrados en zanja abierta en el terreno con lecho y relleno de arena debidamente preparado y es la opción por la que optaremos, al ser la más barata.

7.7 Subestación 66/20 kV

La subestación se encontrará unos 120 metros al sureste del aerogenerador 1 y ocupará una superficie de 20x20 m, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 46 Emplazamiento de los aerogeneradores y la subestación. Fuente: propia.

Su función principal es conectar los aerogeneradores con la línea de transporte de 66 kV y estará dividida en dos partes, la parte interior donde se alojan las celdas de media tensión de 20 kV a las que llegan la línea de los aerogeneradores, celda de salida para la evacuación de la potencia, el sistema de control, protección y medida, y la parte exterior, donde se encuentra la parte de evacuación a la red de alta tensión de 66 kV. En la subestación habrá un sistema de baja tensión, principalmente para alimentar los servicios auxiliares, un sistema de media tensión, un sistema de evacuación en alta tensión y la puesta a tierra, todos estos elementos se comentarán con más detalle a continuación.

7.7.1 Sistema de baja tensión

El sistema eléctrico de baja tensión está formado principalmente por los servicios auxiliares de la subestación que aseguran su funcionamiento. Se emplean para aportar energía a la aparamenta y equipos instalados, con el fin de garantizar el servicio y la seguridad necesarios, se alimenta desde los servicios auxiliares:

- Aparamenta de alta tensión.
- Mecanismos de maniobra motorizados.
- Equipos de control y mando.
- Equipos de protección.
- Sistema de comunicaciones.
- Alumbrado y fuerza.

Al igual que en las instalaciones de baja tensión de los aerogeneradores, no entraremos en más detalles en lo que respecta a los servicios auxiliares a excepción del transformador que los alimenta.

7.7.1.1 Transformador de servicios auxiliares

El transformador se instalará en el interior del edificio de control y mando y se conecta a su correspondiente celda de 20 kV y permitirá dar energía a la parte de baja tensión destinado al sistema de alumbrado, control, mando, protecciones, comunicaciones y otros. Optaremos por utilizar el transformador “24 kV: D₀C_k (AB’)” de 20/0,42 kV de 100kVA sumergido en dieléctrico líquido del fabricante Ormazabal.

En su diseño se ha aplicado la siguiente normativa:

- UNE 21428-1: Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 25 kVA a 3150 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV.
- IEC 60076-1: Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- IEC 60076-3: Transformadores de potencia. Parte 1: Niveles de aislamiento, ensayos

dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.

Sus características son las siguientes:

Fabricante	Ormazabal
Modelo	24 kV: D ₀ C _k (AB')
Potencia asignada	100 kVA
Tensión en el primario	20kV
Tensión en el secundario	420V
Pérdidas en vacío	260W
Pérdidas en carga	1750W
Impedancia de cortocircuito	4%
Caída de tensión a plena carga	1,81%
Rendimiento a plena carga	98,03%
Peso total	610kg

Tabla 18 Características del transformador de servicios auxiliares de la subestación. Fuente: <https://www.ormazabal.com/es>



Figura 47 Imagen del transformador de servicios auxiliares de la subestación. Fuente: <https://www.ormazabal.com/es>

7.7.2 Sistema de media tensión

El sistema de media tensión de la subestación comprende desde las celdas de media tensión del edificio de control y mando hasta el transformador de potencia de 66/20 kV, ambos se comentarán más detalladamente a continuación.

7.7.2.1 Celdas de media tensión

Las celdas de protección elegidas son las CBGS-0 24 kV del fabricante MESA, celdas con aislamiento en gas SF₆, diseñadas para su instalación en el interior de subestaciones. Estas celdas ocupan hasta un 50% menos que las celdas aisladas en aire, además requieren poco mantenimiento y presentan un diseño modular con posibilidad de combinar distintas unidades

funcionales entre las siguientes:

- Interruptor automático.
- Interruptor seccionador.
- Seccionador de tres posiciones.
- Interruptor seccionador con fusibles.
- Medida.
- Acoplamiento.

Las celdas han sido diseñadas para cumplir las siguientes normas:

- IEC 62271-1: Aparamenta de alta y media tensión.
- IEC 62271-100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- IEC 62271-102: Desconectores y puestas a tierra de corriente alterna.
- IEC 62271-103: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 5 e inferiores a 52 kV.
- IEC 62271-105: Combinados interruptor-fusible de corriente alterna para alta tensión.
- IEC 62271-200: Aparamenta de corriente alterna bajo envolvente metálica, para tensiones asignadas de más de 1 kV hasta 52 kV.
- IEC 60044-1: Transformadores de intensidad.
- IEC 60044-2: Transformadores de tensión.

Sus principales características son:

Fabricante	MESA
Modelo	CBGS-0 24
Tensión nominal	24kV
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial	50 kV
Nivel de aislamiento a onda de impulso tipo rayo	125 kV
Intensidad nominal del embarrado	...2000A
Intensidad nominal de las derivaciones	...2000A
Intensidad nominal de corte	25/31,5 kA
Capacidad de cierre en cortocircuito	63/80 kA
Intensidad nominal de corta duración	25/3-31,5/3 kA/s
Resistencia frente a arcos internos IAC AFL-AFLR	25/31,5 kA/s
Aislamiento	SF6
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C	0,30 bar

Grado de protección de compartimentos de AT	IP 65
Grado de protección de compartimentos de BT	IP3X-IP41

Tabla 19 Características de las celdas de media tensión de la subestación. Fuente: <http://www.mesa.es/es/index.php>



Figura 48 Imagen de las celdas de media tensión de la subestación. Fuente: <http://www.mesa.es/es/index.php>

En la sala de la subestación se instalarán las siguientes celdas de protección CBGS-0 de 24 kV:

- Una celda de entrada de línea para proteger la línea procedente de los aerogeneradores.
- Una celda de salida de línea hacia el transformador de potencia para maniobrar y proteger la barra a la que conectará el circuito de aerogeneradores y la línea del transformador.
- Una celda de protección del transformador de servicio auxiliares.

En las celdas se encontrarán los siguientes elementos de protección:

- Seccionador de tres posiciones: situado en el interior del compartimiento de la barra colectora y dispone de tres posiciones: cerrado, abierto o aislado y listo para conectar a tierra a través del interruptor automático.
- Interruptor-seccionador: emplea la técnica de corte de soplado autoneumático, caracterizado porque el soplado del gas SF₆ hacia la zona de separación de los contactos se produce por el movimiento horizontal muy rápido del contacto móvil del interruptor dentro de la caba de gas. Tendrá tres posiciones: abierto, cerrado y puesta a tierra y las maniobras de apertura y cierre serán realizadas a través de la palanca con enclavamientos para ejecutar maniobras de manera segura.
- Interruptor-seccionador con fusibles: los fusibles serán del tipo CF (según la normativa

DIN). Situado en el interior de la cuba de SF6. La posición del seccionador de puesta a tierra siempre queda enclavada con el acceso al compartimiento del fusible, de tal manera que no es posible abrir la cubierta de dicho compartimiento hasta que la posición de puesta a tierra esté cerrada. Además, como medida adicional, ambos lados del fusible están conectados a tierra.

7.7.2.2 Transformador de potencia

El siguiente elemento del que hablaremos será el transformador de potencia 66/20 kV de 2,5 MVA de potencia aparente, se instalará a la intemperie, en la parte exterior de la subestación.

$$S = \frac{3 \cdot P}{FP} = \frac{3 \cdot (750000 - 90000)}{0,9} = 2200000 \text{ VA} = 2,2 \text{ MVA} \rightarrow 2,5 \text{ MVA}$$

Al tratarse de una potencia tan elevada, el transformador a emplear deberá ser del tipo bañado en aceite. Las principales características que debería tener son las siguientes:

Tipo	Transformador trifásico bañado en aceite
Tensión en el primario	20 kV
Tensión en el secundario	66 kV
Potencia nominal	2,5 MVA
Frecuencia	50 Hz
Nivel de aislamiento	72,5 kV
Tensión de cortocircuito	10%

Tabla 20 Características del transformador de potencia de la subestación. Fuente: propia.

El transformador deberá estar equipado al menos con:

- Placa de características.
- Aceite de primer llenado más un pequeño porcentaje de reserva.
- Depósito de expansión con capacidad tal que el nivel de aceite no quede por debajo del nivel de los flotadores del relé.
- Cuba de cuerpo único de acero con al menos dos terminales para su puesta a tierra.
- Ruedas con pestañas que permitan el desplazamiento en las dos direcciones y con elementos de bloqueo.
- Dos válvulas de filtrado, dos válvulas de toma de muestras de aceite y una válvula de vaciado total.
- Elementos de refrigeración y su armario.
- Armario del cambiador de tomas.

Además, el diseño del transformador se deberá realizar de acuerdo a las siguientes normas:

- UNE-EN 60076-1: Transformadores de potencia. Generalidades.
- UNE-EN 60076-2: Transformadores de potencia. Calentamiento.
- UNE-EN 60076-3: transformadores de potencia. Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- UNE-EN 60076-5:2002 Transformadores de potencia. Aptitud para soportar cortocircuitos.
- UNE-EN 60296: Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión.

Por último, también se someterá previamente a los siguientes ensayos:

- Toma de datos del núcleo magnético (pérdidas de vacío, corriente de excitación), arrollamientos, reactancias de cortocircuito.
- Ensayos del aceite.
- Medida de relación de transformación y verificación del grupo de conexión.
- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de impulso tipo rayo.
- Ensayo de tensión aplicada e inducida de corta y larga duración.
- Ensayo de calentamiento en la toma de máxima intensidad.
- Ensayo de ruido.

7.7.3 Autoválvulas

Los pararrayos autoválvula Son dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, descargarían sobre los aisladores, perforando el aislamiento y ocasionando interrupciones, desperfectos en transformadores o generadores, etc. Se hallan permanentemente conectados entre la línea y tierra. La descarga de la sobretensión se hace a través de unas resistencias variables con el valor de la tensión. Se eligen de forma que actúen antes de que el valor de la sobretensión alcance el valor de la tensión de aislamiento de los elementos a proteger, pero nunca para los valores de tensión normales de funcionamiento (coordinación de aislamiento). En el lado de alta tensión (66 kV) del transformador de potencia se instalarán tres autoválvulas pararrayos de ZnO, una para cada fase, lo más cerca posible de las bornas del transformador para protegerlo contra sobretensiones.

Se ha elegido el modelo de autoválvula EXLIM R para una tensión nominal de 66kV y una tensión máxima de 72 kV, del fabricante ABB, su elección está justificada en el anexo 3 de cálculos eléctricos.



Figura 49 Imagen de la autoválvula EXLIM R. Fuente: <https://new.abb.com/es>

7.7.4 Sistema de evacuación en alta tensión a 66 kV

El conjunto de medida, control y protección de la parte de alta tensión de la subestación se llevará a cabo mediante un módulo compacto híbrido, concretamente el modelo PASS M00 de 72,5 kV del fabricante ABB, que combina todas las funciones típicas de una subestación tipo aisladas en aire. Incluye en un solo módulo el interruptor de potencia, seccionadores de barra y línea, puesta a tierra y transformador de tensión e intensidad por fase gracias a su diseño que combina técnicas de las subestaciones tipo aisladas en aire y aisladas en gas SF₆. Las principales ventajas que presenta son las siguientes:

- Es fácil de transportar y de montar, lo que reduce a su vez el coste y tiempo de montaje y de obra civil.
- Ocupa un espacio reducido debido a su compacto diseño, pudiendo llegar a estar instalado en medio día.
- Sus bajos costes de operación y mantenimiento, ya que todos los contactos de alta tensión están aislados en hexafluoruro de azufre (SF₆).
- Su diseño es compacto gracias a su tecnología de aislamiento en gas de hexafluoruro de azufre que viene completamente ensamblado de fábrica, lo que evita que haya fallos en la conexión de los elementos.

Todos estos factores hacen que, aunque el precio del módulo pueda ser superior a los componentes aislados en aire, si se tiene en cuenta el diseño, la construcción de la subestación, el mantenimiento, etc. Consideramos que el módulo PASS M00 será la opción más económica. El módulo se ha diseñado para cumplir la siguiente normativa:

- CENELEC EN 50052: Cast aluminum alloy enclosures for gas filled high voltage switchgear and control gear.
- ISO 9001, 14001: certificaciones de calidad.
- IEC 60694: Aparata de alta tensión.
- IEC 62271-203: Aparata bajo envolvente metálica con SF6.
- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V.
- IEC 60044-1: Transformadores de corriente.
- IEC 62271-102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- IEC 62271-100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.

Sus principales características son las siguientes:

Fabricante	ABB
Modelo	PASS M00
Tensión máxima	72,5kV
Frecuencia	50 Hz
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial	160 kV
Nivel de aislamiento a onda de impulso tipo rayo	375 kV
Intensidad nominal	2000A
Intensidad de cortocircuito eficaz	31,5 kA
Intensidad de cortocircuito cresta	80 kA
Tiempo de despeje de falta	3 s

Tabla 21 Características del módulo PASS M00 del fabricante ABB. Fuente: <https://new.abb.com/es>.



Figura 50 Imagen del módulo PASS M00 del fabricante ABB. Fuente: <https://new.abb.com/es>.

El módulo PASS M00 tiene los siguientes elementos de protección:

- Interruptor automático de tipo “self-blast”: en este tipo de interruptores automáticos se aprovecha la energía del propio arco para calentar el gas y aumentar su presión a diferencia de los interruptores de tipo “puffer” en los que la energía procede del mecanismo de operación.
- Seccionadores: está equipado con un seccionador de cinco posiciones cuyos contactos se encuentran en la misma cámara aislada con gas SF6 presurizado. Mediante una rotación permite desconectar la línea, desconectar la barra colectora y conectar a tierra la línea o la barra colectora a través del interruptor automático. Cada posición estaría señalizada en el exterior y también puede ser operado manualmente.
- Transformador de intensidad: sus principales funciones son convertir la intensidad de línea en una más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés, proteger la línea cuando ocurra algún fallo, evitando que llegue la alta intensidad existente al equipo de protección y proteger al personal de la subestación, de modo que la intensidad que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación.

A continuación, se muestra el esquema unifilar del módulo PASS M00 donde se pueden ver estos elementos de izquierda a derecha:

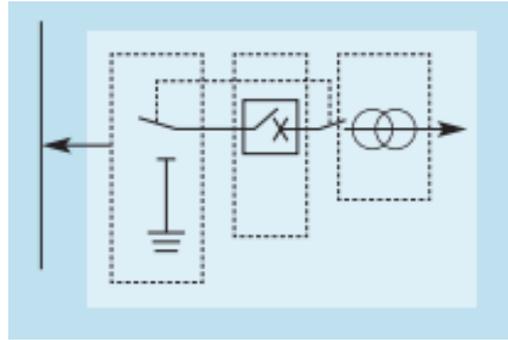


Figura 51 Esquema unifilar del módulo PASS M00. Fuente: <http://interelectricas.co/pdf/ABB/03-2004/18-21%203M872.pdf>.

7.7.5 Puesta a tierra

La puesta a tierra de una instalación consiste en la conexión metálica directa de los elementos de la subestación o el centro de transformación y electrodos enterrados en el suelo.

El sistema eléctrico del parque eólico debe disponer de una red de tierras de tal forma que se consiga que en el conjunto de instalaciones no existan diferencias de potencial superiores a las tensiones de paso y de contacto superiores admisibles, proporcionando un potencial de referencia permanente. Además, proporciona un circuito de baja impedancia a la instalación y fuerza la derivación al terreno de las corrientes que se pueden originar.

Tiene como objetivos no solo garantizar la seguridad de las personas, limitando la tensión con respecto a tierra que pueda darse en cualquier punto de las instalaciones en un momento dado, sino también la protección de las propias instalaciones, asegurando la actuación de las protecciones y disminuyendo el riesgo de avería de los materiales eléctricos empleados.

Para el diseño de la puesta a tierra, uno de los factores que influye resistencia de puesta a tierra, que depende principalmente de la resistividad del terreno en el cual se realizará la instalación. Por este motivo, es necesario un estudio previo sobre las características del terreno y mejorar en la medida que sea posible factores que influyen en esta como pueden ser su composición, la concentración de sales, humedad, temperatura, etc.

Las magnitudes eléctricas que caracterizan la puesta a tierra son:

- Tensión de paso: diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno separados por 1 metro de distancia, en la dirección del gradiente de potencial máximo.
- Tensión de contacto: diferencia de potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a un metro de distancia en la dirección del gradiente de potencial máximo.

Si dichas tensiones son puenteadas por una persona, la tensión a la que se ve sometida es menor debido a las resistencias del circuito que forma. Estas tensiones reciben el nombre de tensión de paso o contacto aplicada. Se definen en el Reglamento de Centrales Eléctricas,

Subestaciones y Centros de Transformación como:

- Tensión de paso aplicada: parte de la tensión que resulta aplicada entre los pies de una persona, teniendo en cuenta todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1000Ω .

$$V_{pa} = 10 \cdot V_{ca}$$

- Tensión de contacto aplicada: parte de la tensión que resulta directamente aplicada entre dos puntos del cuerpo humano, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1000Ω .

Se ha de diseñar una puesta a tierra tal que no se superen las tensiones aplicadas máximas admisibles como muestra la siguiente gráfica:

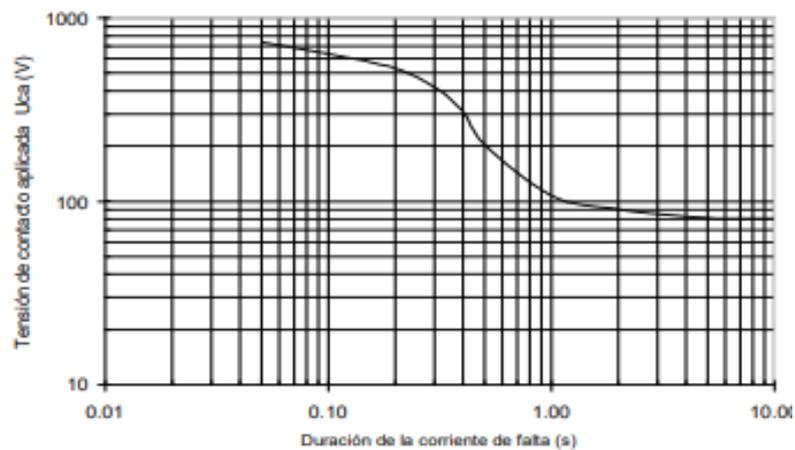


Figura 52 Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la duración de la corriente de falta. Fuente: ITC-RAT-13.

7.7.5.1 Puesta a tierra de los centros de transformación

Según el apartado 6.1 de la ITC-RAT-13, se conectarán a las tierras de protección las partes metálicas que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones: envolventes metálicas, vallas, etc.

A las tierras de servicio se conectarán los neutros de los transformadores de potencia y de medida, los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra, etc.

La malla de puesta a tierra de la subestación queda detallada en el anexo 3 de cálculos eléctricos y consiste en:

- Una malla metálica cuadrada de 4x4 metros de cable de cobre de 70 mm^2 de sección.
- 4 picas de cobre de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro colocadas en las esquinas de la malla.

Al finalizar la construcción de los centros de transformación, antes de su puesta en servicio, se

medirán las tensiones de paso y contacto y se comprobará que son inferiores a las tensiones de paso y contacto máximas admisibles.

Asimismo, se realizará una medición de la resistencia de puesta a tierra cada tres años para asegurar que sigue dentro de los márgenes.

7.7.5.2 Puesta a tierra de los centros de la subestación

Según el apartado 6.1 de la ITC-RAT-13, se conectarán a las tierras de protección las partes metálicas que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones: envolventes metálicas, vallas, etc.

A las tierras de servicio se conectarán los neutros de los transformadores de potencia y de medida, los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra, etc.

La malla de puesta a tierra de la subestación queda detallada en el anexo 3 de cálculos eléctricos y consiste en:

- Una malla metálica de 20x20 metros, con una retícula cuadrada de 2 metros de lado y cable de cobre de 70 mm² de sección.
- 65 picas de cobre de 8 metros de longitud y 14 mm de diámetro colocadas en la malla.

Al finalizar la construcción de la subestación, antes de su puesta en servicio, se medirán las tensiones de paso y contacto y se comprobará que son inferiores a las tensiones de paso y contacto máximas admisibles.

Asimismo, se realizará una medición de la resistencia de puesta a tierra cada tres años para asegurar que sigue dentro de los márgenes.

7.7.5.3 Puesta a tierra de la red subterránea y los aerogeneradores

En las zanjas por las que transcurrirán los conductores, se instalará también un conductor de cobre desnudo de 70 mm² que unirá las redes de tierra del parque eólico, además de unir también las redes de tierra de cada uno de los aerogeneradores.

La red de tierras de cada aerogenerador consiste en un conductor de cobre de 70 mm² colocado en forma de anillo circular de 5 metros de diámetro con cuatro picas de 2 metros de longitud y un diámetro de 14 milímetros, que rodea la planta de la torre del aerogenerador.

8. Resultados finales

En este apartado haremos un resumen de todo lo que hemos hablado hasta ahora a lo largo del proyecto en lo que respecta al parque eólico situado en el sur de Tenerife.

Al resultado final que hemos llegado es un parque eólico con tres aerogeneradores modelo LW 52/750 del fabricante Lagerwey de 750 kW situados en Punta de Abona, cada uno con su respectivo centro de transformación prefabricado al pie del aerogenerador. El aerogenerador LW 52/750 tiene un sistema eléctrico de cambio de paso, por lo que el cambio de paso de las palas se realizará mediante motores eléctricos, para reducir la tensión de salida del generador se utilizará el transformador de servicios auxiliares XMN 400/690V de 100kVA del fabricante Manumag. A la salida del generador se conectará el convertidor de potencia ACS800-67 del fabricante ABB para estabilizar los valores de tensión y frecuencia de la señal. Para el transporte de la energía eléctrica de un generador al siguiente será necesario elevar la tensión para así reducir las pérdidas de energía eléctrica, para esto se utilizará el transformador de Pauwels Trafo de 800 kVA y relación de transformación 20/0,69 kV, la salida del transformador estará conectada con las celdas de media tensión RM6 24 del fabricante Schneider Electric, que protegerán el transformador, la línea de entrada y de salida. Los aerogeneradores se conectarán entre sí mediante la red subterránea de media tensión y el último se conectará con la subestación, concretamente con las celdas de media tensión CBGS-0 24 de MESA a partir de las cuales un cable irá al transformador de servicios auxiliares 24 kV: D₀C_k (AB') de 100kVA y relación de transformación 20/0,42 kV del fabricante Ormazabal, y el segundo cable irá al transformador de potencia de 2,5 MVA y relación de transformación 66/20 kV, donde se elevará la tensión hasta 66 kV para posteriormente conectar el sistema a la red. Por último, la salida del transformador de potencia se conectará con el módulo compacto híbrido PASS M00 del fabricante ABB que incluye en un solo módulo el interruptor de potencia, seccionadores de barra y línea, puesta a tierra y transformador de tensión e intensidad por fase para realizar la evacuación de alta tensión.

9. Conclusiones

Como mencionábamos al principio de este proyecto, el principal objetivo de este trabajo de fin de máster es demostrar los conocimientos y competencias adquiridas a lo largo de los dos años correspondientes al Máster de Ingeniería Industrial, además de los adquiridos en el grado, especialmente en la rama de eléctrica, aunque también se han tocado las de oficina técnica, informática y gráfica, entre otras. Dentro de las capacidades que demostramos a lo largo del proyecto se encuentran la redacción, el manejo de normativas, reglamentos, datos, cálculos y la toma de decisiones, todas cualidades fundamentales de un ingeniero industrial.

Además de estos objetivos generales también se intentó hacer el estudio de las diferentes alternativas posibles, eligiendo la más óptima en cada caso y así obtener el resultado más rentable.

Como conclusión, el proyecto es un ejemplo de una instalación de aerogeneradores con su subestación y conexiones, que promueve la utilización de fuentes de energía renovables, concretamente la eólica, que, como comentamos en el proyecto, es bastante utilizada en España.

9.1 Conclusions

As we mentioned at the beginning of this project, the main objective of this master's thesis is to demonstrate the knowledge and skills acquired during the two years corresponding to the Master's Degree in Industrial Engineering, in addition to those acquired in the degree, especially in the branch of electricity, although we have also touched project planning, computer and graphic engineering, among others. Some of the skills that we demonstrate throughout the project are writing, the management of regulations, laws, data, calculations and decision making, all fundamental qualities of an industrial engineer.

In addition to these general objectives, we also tried to study the different possible alternatives, choosing the most optimal in each case and thus obtain the most profitable result.

In conclusion, the project is an example of a wind turbine installation with its substation and connections, which promotes the use of renewable energy sources, specifically wind energy, which, as we commented in the project, is quite used in Spain.

10. Orden de prioridad de los documentos básicos

Para evitar posibles inconcordancias en los documentos que conforman este proyecto, a continuación, se establece el orden de prioridad de estos:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Anexos
5. Memoria



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexos

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

Índice

1. Estimación del recurso eólico en el emplazamiento y elección del aerogenerador.....	15
1.1 Elección del emplazamiento.....	15
1.2 Estimación del recurso eólico.....	22
1.3 Elección del aerogenerador.....	33
1.3.1 Estudio de rentabilidad.....	35
2. Cálculo de la cimentación	46
2.1 Datos de partida.....	46
2.2 Acciones sobre la cimentación.....	48
2.3 Comprobación a vuelco.....	54
2.4 Comprobación a deslizamiento	56
2.5 Comprobación a hundimiento	57
2.6 Armadura radial.....	59
2.7 Armadura circular	62
2.8 Armadura a cortante	68
2.9 Punzonamiento	73
2.10 Armadura superior de flexión	75
2.11 Resumen de los resultados.....	77
3. Cálculos eléctricos.....	80
3.1 Motor y variador de velocidad	80
3.2 Líneas eléctricas	86
3.2.1 Cableado del generador al convertidor.....	87
3.2.2 Cableado de los motores al transformador de servicio auxiliares.....	89
3.2.3 Cableado del transformador de servicios auxiliares al convertidor	92
3.2.4 Cableado del convertidor al transformador MT/BT.....	94
3.2.5 Cableado entre el aerogenerador 3 y el aerogenerador 2	96
3.2.6 Cableado entre el aerogenerador 2 y el aerogenerador 1	99
3.2.7 Cableado entre el aerogenerador 1 y la subestación eléctrica.....	101

3.3 Intensidad de cortocircuito admisible de la red de MT	102
3.4 Puesta a tierra de los centros de transformación	105
3.5 Puesta a tierra de la subestación	110
3.6 Cableado de alta tensión.....	115
3.7 Autoválvulas	116
4. Catálogos de los componentes.....	120
4.1 Catálogo del motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB del fabricante ABB	121
4.2 Catálogo del variador electrónico de velocidad VAT300 U3SX045K0 del fabricante General Electric.....	123
4.3 Catálogo del convertidor de potencia ACS800-67 del fabricante ABB	125
4.4 Catálogo del cable XTREM H07RN-F del fabricante Topcable	128
4.5 Catálogo del cable POWERFLEX RV-K del fabricante Topcable	131
4.6 Catálogo del cable X-VOLT RHZ1 AL/OL/2OL del fabricante Topcable.....	134
4.7 Catálogo del cable VOLTALENE H AL RHZ1-0L 36/66kV del fabricante Prysmian Group.....	137
4.8 Catálogo del transformador sumergido en dieléctrico líquido del fabricante Ormazabal 24 kV: D ₀ C _k (AB').....	139
4.9 Catálogo del transformador XMN 400/690V del fabricante Manumag	141
4.10 Catálogo del transformador sumergido en aceite de 800 kVA y relación de transformación 20/0,69 kV del fabricante Pauwels Trafo.....	142
4.11 Catálogo del interruptor automático Compact NS800 del fabricante Schneider Electric	144
4.12 Catálogo del interruptor automático Compact NSX160 del fabricante Schneider Electric	146
4.13 Catálogo del interruptor automático Compact NS630b del fabricante Schneider Electric	149

4.14 Catálogo del protector contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC del fabricante Schneider Electric.....	151
4.15 Catálogo del contactor TeSys CV1B del fabricante Schneider Electric.....	153
4.16 Catálogo de la autoválvula pararrayos EXLIM R del fabricante ABB	158
4.17 Catálogo de las celdas de media tensión RM6 24 del fabricante Schneider Electric .	161
4.18 Catálogo de las celdas de media tensión CBGS-0 del fabricante ABB.....	169
4.19 Catálogo del módulo compacto híbrido PASS M00 del fabricante ABB	175
5.1 Prevención de riesgos laborales	178
5.1.1 Introducción.....	178
5.1.2 Derechos y obligaciones	178
5.1.2.1 Protección frente a riesgos laborales	178
5.1.2.2 Acción preventiva	178
5.1.2.3 Evaluación de los riesgos	179
5.1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección.....	179
5.1.2.5 Información y participación de los trabajadores	179
5.1.2.6 Formación preventiva de los trabajadores.....	179
5.1.2.7 Medidas de emergencia.....	180
5.1.2.8 Riesgo grave e inminente	180
5.1.2.9 Vigilancia de la salud	180
5.1.2.10 Documentación.....	180
5.1.2.11 Coordinación de actividades empresariales	181
5.1.2.12 Protección de trabajadores sensibles a determinados riesgos	181
5.1.2.13 Protección de la maternidad	181
5.1.2.14 Protección de menores	181
5.1.2.15 Relaciones con empresas de trabajo temporal.....	181
5.1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos	181
5.1.3 Servicios de prevención	182
5.1.3.1 Protección y prevención de riesgos profesionales.....	182
5.1.3.2 Servicios de prevención	182
5.1.4 Consulta y participación de trabajadores	182

5.1.4.1 Consulta de los trabajadores	182
5.1.4.2 Derechos de participación y presentación	183
5.2 Seguridad y salud en los lugares de trabajo	183
5.2.1 Introducción	183
5.2.2 Obligaciones del empresario	183
5.2.2.1 Condiciones constructivas	183
5.2.2.2 Orden y limpieza.....	185
5.2.2.3 Condiciones ambientales	185
5.2.2.4 Iluminación	185
5.2.2.5 Higiene y descanso	185
5.2.2.6 Material de primeros auxilios	186
5.3 Señalización de seguridad y salud en el trabajo	186
5.3.1 Introducción	186
5.3.2 Obligaciones generales del empresario	187
5.4 Seguridad y salud en la utilización de los equipos de trabajo	187
5.4.1 Introducción	187
5.4.2 Obligaciones generales del empresario	188
5.4.2.1 Equipos de trabajo generales	188
5.4.2.2 Equipos de trabajo móviles.....	188
5.4.2.3 Equipos de trabajo para elevación de cargas	189
5.4.2.4 Equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada	189
5.4.2.5 Maquinaria herramienta.....	190
5.5 Seguridad y salud en las obras de construcción	190
5.5.1 Introducción	190
5.5.2 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción	191
5.5.3 Medidas preventivas de carácter general	192
5.5.4 Medidas preventivas para cada oficio	193
5.5.4.1 Movimiento de tierras, excavación de pozos y zanjas.....	193
5.5.4.2 Relleno de tierras	194
5.5.4.3 Encofrados	194

5.5.4.4 Albañilería.....	195
5.5.4.5 Enfocados y enlucidos.....	195
5.5.4.6 Pinturas y barnizados	195
5.5.4.7 Instalación eléctrica provisional de obra.....	196
5.5.5 Proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión	197
5.6 Seguridad y salud en la utilización de equipos de protección individual	200
5.6.1 Introducción.....	200
5.6.2 Protectores de cabeza	200
5.6.3 Protectores de manos y brazos	201
5.6.4 Protectores de pie y piernas.....	201
5.6.5 Protectores del cuerpo	201
5.6.6 Protecciones para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de A.T.	201
5.7 Mediciones y presupuesto de elementos de seguridad y salud	202
5.7.1 Resumen del presupuesto.....	203
5.7.2 Presupuesto y mediciones.....	204
5.7.3 Cuadro de descompuestos.....	205
5.7.4 Cuadro de precios auxiliares.....	206

Índice de figuras

Figura 1 Recurso eólico de Tenerife.....	15
Figura 2 Situación de los aerogeneradores (Punta de Abona).....	16
Figura 3 Emplazamiento de los aerogeneradores.....	17
Figura 4 Referencia catastral de la parcela.....	20
Figura 5 Emplazamiento de los aerogeneradores.....	21
Figura 6 Rosa de vientos del aerogenerador 1.....	25
Figura 7 Rosa de vientos del aerogenerador2.....	26
Figura 8 Rosa de vientos del aerogenerador 3.....	28
Figura 9 Distribución de Weibull del aerogenerador 1.....	32
Figura 10 Distribución de Weibull del aerogenerador 2.....	32
Figura 11 Distribución de Weibull del aerogenerador 3.....	33
Figura 12 Comparación de las curvas de potencia de los aerogeneradores que cumplen los criterios.....	34
Figura 13 Flujo de caja acumulado de los aerogeneradores LW 52/750.....	44
Figura 14 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite Últimos.....	46
Figura 15 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio.....	47
Figura 16 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos.....	47
Figura 17 Relación entre la razón de velocidades en la hélice y el coeficiente de empuje.....	50
Figura 18 Coeficientes de arrastre para diferentes formas.....	51

Figura 19 Distribución de cargas en un aerogenerador.....	52
Figura 20 Esquema dimensiones de una zapata circular.....	53
Figura 21 Esquema del vuelco plástico de una zapata.....	54
Figura 22 Coeficientes de seguridad parciales.....	56
Figura 23 Esquema de distribución triangular de tensiones.....	58
Figura 24 Disposición de la armadura radial.....	59
Figura 25 Sección de referencia.....	59
Figura 26 Cuantías geométricas mínimas en tanto por mil.....	62
Figura 27 Disposición de la armadura circular.....	63
Figura 28 Vista en alzado y planta del cimiento anular.....	63
Figura 29 Caso 1: comportamiento cimiento infinitamente rígido.....	64
Figura 30 Caso 2: comportamiento cimiento infinitamente flexible.....	64
Figura 31 Caso 3: comportamiento cimiento real.....	65
Figura 32 Esquema de las dimensiones para el cálculo.....	65
Figura 33 Gráfica de los valores del coeficiente β	67
Figura 34 Perímetro a cortante.....	69
Figura 35 Descomposición de la ley de cortantes.....	70
Figura 36 Tensión en la sección de referencia.....	71
Figura 37 Esquema del perímetro de punzonamiento.....	74
Figura 38 Esquema del momento flector en la cara superior de la zona despegada.....	76
Figura 39 Imagen del cable XTREM H07RN-F de Topcable.....	83
Figura 40 Esquema de la línea eléctrica.....	86
Figura 41 Imagen del cable Powerflex RV-K de Topcable.....	88

Figura 42 Esquema canalización enterrada MT.....	97
Figura 43 Imagen del cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL de Topcable.....	99
Figura 44 Esquema del cortocircuito.....	104
Figura 45 Coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma a tierra.....	105
Figura 46 Imagen del cable de alta tensión.....	116

Índice de tablas

Tabla 1 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 1.....	18
Tabla 2 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 2.....	18
Tabla 3 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 3.....	19
Tabla 4 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 4.....	20
Tabla 5 Coordenadas de los aerogeneradores y los puntos de la cuadrícula.....	22
Tabla 6 Distancias de los aerogeneradores a los puntos de la cuadrícula.....	23
Tabla 7 Distancia total de los aerogeneradores a los puntos de la cuadrícula.....	23
Tabla 8 Pesos de la media ponderada.....	23
Tabla 9 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 1.....	25
Tabla 10 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 2.....	26
Tabla 11 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 3.....	27
Tabla 12 Factores de forma de los tres emplazamientos.....	29
Tabla 13 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 1.....	30
Tabla 14 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 2.....	30
Tabla 15 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 3.....	31
Tabla 16 Factores de escala de los tres emplazamientos.....	32
Tabla 17 Aerogeneradores que cumplen los criterios de selección.....	34
Tabla 18 Energía anual producida por los aerogeneradores que cumplen los criterios.....	34
Tabla 19 Aproximación del coste de los aerogeneradores E-53 y LW 52/750.....	35
Tabla 20 Costes de inversión de cada aerogenerador.....	36
Tabla 21 Costes de explotación anual por aerogenerador.....	36
Tabla 22 Pago anual para devolver el préstamo de ambos aerogeneradores.....	37

Tabla 23 Variación de los costes de explotación con los años.....	38
Tabla 24 Ingresos del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos.....	39
Tabla 25 Ingresos del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos.....	40
Tabla 26 Impuestos del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos.....	41
Tabla 27 Impuestos del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos.....	42
Tabla 28 Flujos de caja del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos.....	43
Tabla 29 Flujos de caja del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos.....	44
Tabla 30 Resumen de los parámetros del terreno.....	48
Tabla 31 Masas y pesos de los elementos del aerogenerador.....	49
Tabla 32 Dimensiones de la zapata circular.....	53
Tabla 33 Volúmenes y pesos de las partes de la zapata.....	53
Tabla 34 Resumen de la cimentación.....	78
Tabla 35 Especificaciones del motor elegido para el sistema de paso.....	80
Tabla 36 Características del cable que conecta el motor y el variador de velocidad.....	82
Tabla 37 Sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores.....	83
Tabla 38 Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.....	84
Tabla 39 Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas.....	85
Tabla 40 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir para canalizaciones fijas en superficie.....	85
Tabla 41 Características del variador electrónico de velocidad.....	86
Tabla 42 Características del cable que conecta el generador y el convertidor de potencia....	88
Tabla 43 Características del cable que conecta los motores al transformador de servicios auxiliares.....	91

Tabla 44 Características del cable que conecta el transformador de servicios auxiliares al convertidor.....	94
Tabla 45 Características del cable que conecta el convertidor con el transformador MT/BT.	96
Tabla 46 Características del cable que conecta los aerogeneradores 3 y 2.....	100
Tabla 47 Características del cable que conecta los aerogeneradores 2 y 1.....	101
Tabla 48 Características del cable que conecta el aerogenerador 1 y la subestación eléctrica.	103
Tabla 49 Valor máximo de intensidad de cortocircuito trifásico.....	103
Tabla 50 Tabla con la intensidad máxima de cortocircuito del cable.....	105
Tabla 51 Comprobación de las tensiones de paso de acceso.....	109
Tabla 52 Resistencias y tensiones de paso de varias configuraciones de picas.....	110
Tabla 53 Comprobación de las tensiones de paso y contacto.....	116
Tabla 54 Características del cable de alta tensión.....	117
Tabla 55 Características de la autoválvula EXLIM R.....	119



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexo I: Estimación del recurso eólico en el
emplazamiento y elección del aerogenerador

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

1. Estimación del recurso eólico en el emplazamiento y elección del aerogenerador

1.1 Elección del emplazamiento

Para poder elegir los modelos de los aerogeneradores que utilizaremos, primero será necesario elegir la zona en la que estarán situados que, lógicamente, deberá caracterizarse por ser un lugar ventoso y además se nos propuso la condición de que sea en el sur de la isla de Tenerife, que es donde están la gran mayoría de los parques eólicos de la isla. Para conocer el recurso eólico utilizaremos el visor de la página web de GRAFCAN, es una aplicación web en la que se pueden consultar una serie de datos de las islas como puede ser su cartografía, la caracterización del suelo, la ordenación del territorio, las áreas protegidas entre muchas otras, pero el apartado que nos interesa es el del recurso eólico del que obtenemos lo siguiente:

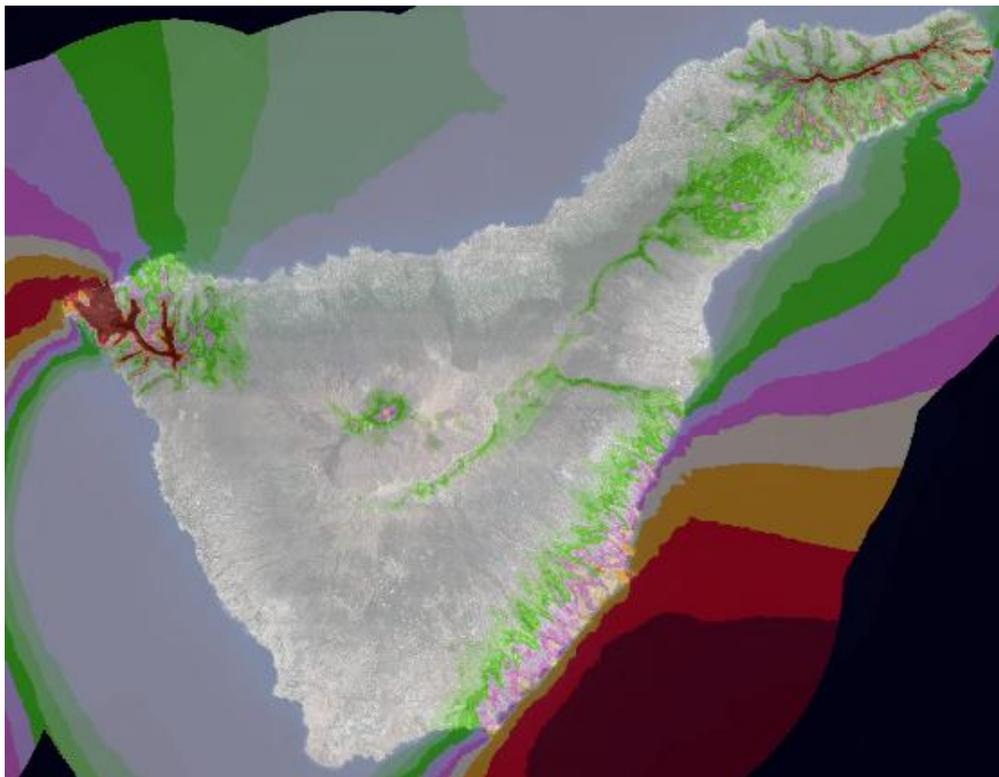


Figura 1 Recurso eólico de Tenerife. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

La aplicación consiste en un mapa sobre el que se superpone una cuadrícula de puntos de 2x2 kilómetros de los que se da la siguiente información:

- Velocidad media del viento
- Factor de forma de Weibull (k).
- Factor de escala de Weibull (C).
- Frecuencia del viento en cada dirección.
- Intensidad de turbulencia.
- Rugosidad del terreno

Además, también proporciona la mayoría de esta información para cualquier punto del mapa a excepción de la frecuencia del viento en cada dirección, que es exclusivo para los puntos de la cuadrícula. Saber la frecuencia del viento en cada dirección en los puntos donde se sitúen los aerogeneradores es de vital importancia ya que estos deben orientarse perpendicularmente a la dirección del viento predominante.

Lo siguiente que haremos será elegir la zona donde colocar los aerogeneradores, optaremos por la que mejor recurso eólico tiene, que corresponde con Punta de Abona en el municipio de Arico.

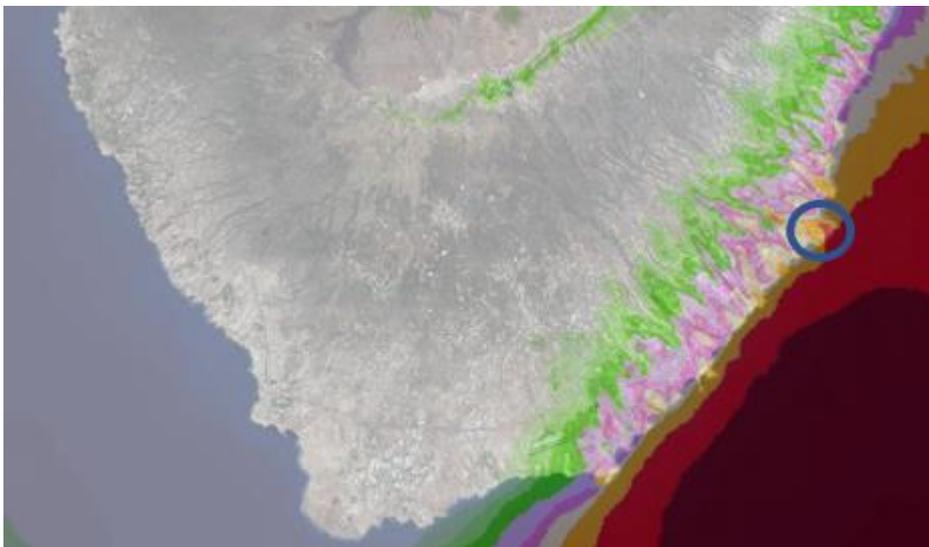


Figura 2 Situación de los aerogeneradores (Punta de Abona). Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

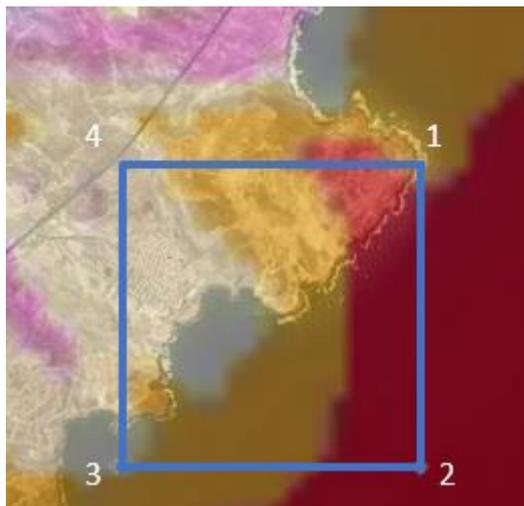


Figura 3 Emplazamiento de los aerogeneradores. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Antes de decidir las posiciones exactas de los tres aerogeneradores será necesario conocer la frecuencia del viento en cada dirección de los cuatro vértices que delimitan el emplazamiento y sus coordenadas para así mediante medias ponderadas aproximar las frecuencias en los puntos de los aerogeneradores. Como ya mencionamos no será necesario hacer esto con las constantes de Weibull, la velocidad media o la rugosidad ya que esos parámetros sí se pueden conseguir de la aplicación para cada punto del mapa.

Punto 1: Coordenadas UTM (m): 360050, 3114650			
Dirección	Frecuencia (%) a 40 metros	Frecuencia (%) a 60 metros	Frecuencia (%) a 80 metros
N	19,01	19,97	19,32
NNE	22,06	23,47	25,33
NE	21,14	20,67	20,38
ENE	6,44	6,33	5,93
E	3,24	3,28	3,29
ESE	3,10	3,21	3,20
SE	3,83	3,80	3,64
SSE	4,73	4,60	4,77
S	4,65	4,87	4,81
SSW	3,53	3,55	3,49
SW	2,12	1,88	1,98

WSW	1,29	1,43	1,55
W	0,86	0,87	0,70
WNW	0,93	0,66	0,46
NW	0,86	0,55	0,42
NNW	2,22	0,90	0,73

Tabla 1 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 1. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Punto 2: Coordenadas UTM (m): 360050, 3112650			
Dirección	Frecuencia (%) a 40 metros	Frecuencia (%) a 60 metros	Frecuencia (%) a 80 metros
N	15,08	15,77	15,28
NNE	22,67	24,05	25,78
NE	25,37	24,99	24,74
ENE	7,58	7,32	6,84
E	3,40	3,38	3,34
ESE	2,97	3,06	3,04
SE	3,57	3,52	3,38
SSE	4,22	4,14	4,28
S	4,07	4,23	4,19
SSW	3,26	3,27	3,21
SW	2,12	1,93	2,00
WSW	1,49	1,62	1,73
W	0,77	0,78	0,66
WNW	0,79	0,58	0,43
NW	0,74	0,48	0,38
NNW	1,92	0,88	0,71

Tabla 2 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 2. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Punto 3: Coordenadas UTM (m): 358050, 3112650			
Dirección	Frecuencia (%) a 40 metros	Frecuencia (%) a 60 metros	Frecuencia (%) a 80 metros
N	16,35	16,88	16,15
NNE	19,46	20,56	22,08
NE	22,98	22,92	23,09
ENE	9,59	9,49	9,01
E	4,34	4,39	4,40
ESE	3,59	3,68	3,64
SE	3,84	3,80	3,66
SSE	4,40	4,30	4,44
S	4,13	4,30	4,26
SSW	3,15	3,18	3,12
SW	2,03	1,81	1,90
WSW	1,43	1,58	1,69
W	0,98	1,00	0,87
WNW	0,94	0,73	0,58
NW	0,82	0,54	0,42
NNW	1,99	0,85	0,66

Tabla 3 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 3. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Punto 4: Coordenadas UTM (m): 358050, 3114650			
Dirección	Frecuencia (%) a 40 metros	Frecuencia (%) a 60 metros	Frecuencia (%) a 80 metros
N	20,15	21,13	20,39
NNE	21,08	22,45	24,30
NE	19,74	19,31	19,12
ENE	6,65	6,58	6,20
E	3,40	3,47	3,49
ESE	3,26	3,38	3,37
SE	3,95	3,93	3,77
SSE	4,91	4,76	4,93

S	4,80	5,04	4,98
SSW	3,58	3,60	3,54
SW	2,11	1,86	1,98
WSW	1,25	1,40	1,53
W	0,92	0,93	0,75
WNW	0,99	0,70	0,49
NW	0,90	0,57	0,44
NNW	2,31	0,89	0,72

Tabla 4 Frecuencia del viento en cada dirección del punto 4. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

Ahora que ya tenemos las frecuencias del viento en cada dirección de los cuatro puntos pasamos a elegir la localización de los aerogeneradores, para ello primero comprobaremos qué tipo de terrenos hay en esa zona y para qué tipo de actividades están reservados usando el registro catastral.

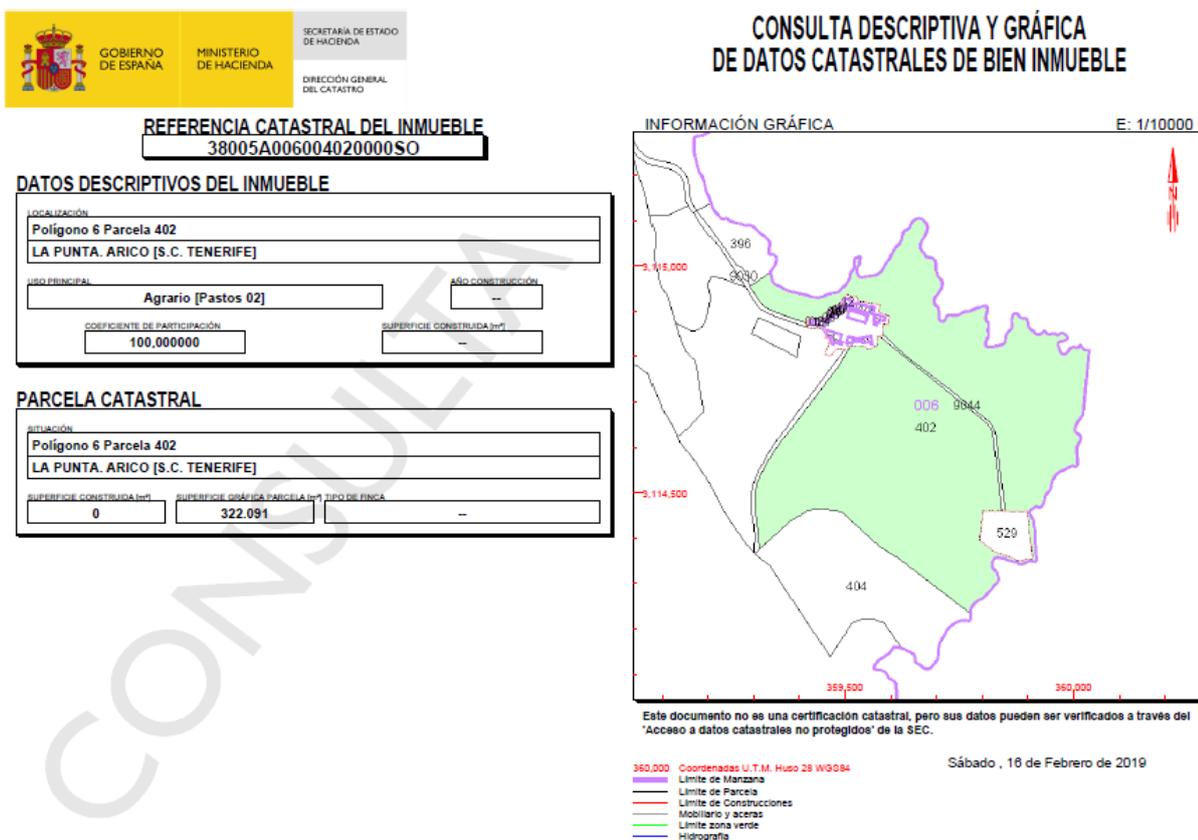


Figura 4 Referencia catastral de la parcela. Fuente: http://www.catastro.meh.es/esp/referencia_catastral.asp

Después de comprobar cada terreno de la zona, observamos que todos ellos estaban reservados para actividades agrarias por lo que sería necesario la recalificación del terreno para que se permitan actividades de carácter industrial en él si este proyecto fuera a llevarse a cabo.

Para elegir la localización de los aerogeneradores hay que tener en cuenta lo que dice el Decreto 32/2006 por el que se regula la instalación y explotación de los parques eólicos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias que establece que el área de sensibilidad eólica de un aerogenerador se define como la delimitada por un contorno cuyos vértices serán los puntos de intersección que se generarían al trazar dos líneas paralelas a la dirección del viento dominante a una distancia de dos diámetros a ambos lados del eje del rotor, y dos líneas perpendiculares a la dirección del viento dominante, una que pase a una distancia de ocho diámetros del eje de simetría del fuste del aerogenerador a sotavento y otra a una distancia de ocho diámetros a barlovento. Además, la distancia entre un aerogenerador y una vivienda no será inferior a 150 metros y a 250 metros de un núcleo habitado.

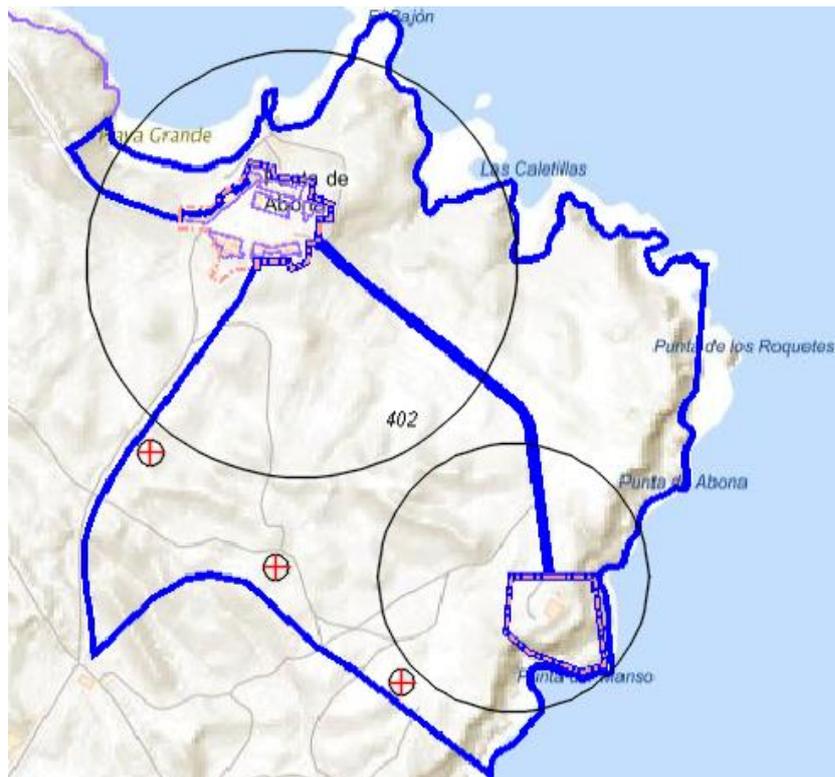


Figura 5 Emplazamiento de los aerogeneradores. Fuente: Propia

En la figura 5 están representadas las limitaciones espaciales de la distancia mínima al núcleo habitado de Punta de Abona de 250 metros y al faro de Abona, que consideramos una

vivienda, por lo que la distancia mínima será de 150 metros. Según el Decreto 32/2006, la distancia mínima entre las palas de los aerogeneradores en distintas líneas es de dos veces el diámetro por lo que la distancia entre torres será de tres veces el diámetro. Debido a las dimensiones de nuestra parcela, será necesario situar los aerogeneradores de forma paralela y con una separación de 200 metros, por lo que el modelo de aerogenerador que elijamos deberá tener un diámetro de rotor menor de 66 metros. En la figura 5 también está indicada la localización de cada aerogenerador representados por cruces rojas.

1.2 Estimación del recurso eólico

Ahora que ya tenemos las coordenadas donde se situarán los aerogeneradores podemos calcular la frecuencia del viento en cada dirección a la altura deseada partir de los datos de los cuatro vértices haciendo medias ponderadas. La altura para la que decidimos calcular los valores del viento fue de 70 metros, esta decisión se tomó en base a las alturas de las torres recomendadas para los aerogeneradores que estudiaremos más adelante. Lo primero que haremos será, a partir de las coordenadas de los aerogeneradores y de los cuatro puntos de la cuadrícula que los delimitan, calcular la distancia en ambos ejes de las posiciones de los aerogeneradores a los puntos en la cuadrícula.

	Eje x	Eje y
Coordenadas UTM del aerogenerador 1 (m)	359370	3114600
Coordenadas UTM del aerogenerador 2 (m)	359530	3114480
Coordenadas UTM del aerogenerador 3 (m)	359680	3114340
Coordenadas UTM del punto 1 (m)	360050	3114650
Coordenadas UTM del punto 2 (m)	360050	3112650
Coordenadas UTM del punto 3 (m)	358050	3112650
Coordenadas UTM del punto 4 (m)	358050	3114650

Tabla 5 Coordenadas de los aerogeneradores y los puntos de la cuadrícula. Fuente: propia.

	Aerogenerador 1		Aerogenerador 2		Aerogenerador 3	
	Eje x	Eje y	Eje x	Eje y	Eje x	Eje y
Distancia al punto 1 (m)	680	50	520	170	370	310
Distancia al punto 2 (m)	680	1950	520	1830	370	1690

Distancia al punto 3 (m)	1320	1950	1480	1830	1630	1690
Distancia al punto 4 (m)	1320	50	1480	170	1630	310

Tabla 6 Distancias de los aerogeneradores a los puntos de la cuadrícula. Fuente: propia.

Lo siguiente que haremos será calcular la distancia total que será la raíz de la suma de los cuadrados de las distancias en los ejes según el Teorema de Pitágoras.

$$\text{Distancia total} = \sqrt{(\text{Distancia en } x)^2 + (\text{Distancia en } y)^2}$$

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Distancia total al punto 1 (m)	681,84	547,08	482,70
Distancia total al punto 2 (m)	2065,16	1902,45	1730,03
Distancia total al punto 3 (m)	2354,76	2353,57	2347,98
Distancia total al punto 4 (m)	1320,95	1489,73	1659,22
Distancia total a los puntos (m)	6422,71	6292,83	6219,93

Tabla 7 Distancia total de los aerogeneradores a los puntos de la cuadrícula. Fuente: propia.

Una vez tenemos las distancias de cada aerogenerador a cada punto y la suma total de esas distancias podremos obtener los pesos de la media ponderada.

$$\text{Peso de la media ponderada} = \frac{\text{Distancia total al punto}}{\text{Distancia total a los puntos}}$$

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Peso de la media del punto 1 (%)	10,62	8,69	7,76
Peso de la media del punto 2 (%)	32,15	30,23	27,81
Peso de la media del punto 3 (%)	36,66	37,40	37,75
Peso de la media del punto 4 (%)	20,57	23,67	26,68
Total (%)	100,00	100,00	100,00

Tabla 8 Pesos de la media ponderada. Fuente: propia.

A continuación, multiplicaremos cada peso por los datos de su correspondiente punto y así aproximar la frecuencia del viento en cada dirección, la velocidad media, el factor de escala y de forma para la situación de los aerogeneradores.

$$\text{Dato}_{\text{aerogenerador}} = \text{Dato}_{\text{punto 1}} \cdot x_{\text{punto 1}} + \text{Dato}_{\text{punto 2}} \cdot x_{\text{punto 2}} + \text{Dato}_{\text{punto 3}} \cdot x_{\text{punto 3}} + \text{Dato}_{\text{punto 4}} \cdot x_{\text{punto 4}}$$

Además, como los datos de los cuatro puntos de la cuadrícula son para 40, 60 y 80 metros y decidimos que las torres de nuestros aerogeneradores sean de 70 metros habrá que hacer la media entre los valores obtenidos para 60 y 80 metros. Los resultados son los siguientes:

Aerogenerador 1: Coordenadas UTM (m): 359370, 3114600			
Dirección	Frecuencia (%) a 70 metros	Velocidad media a 40m (m/s)	8,11
N	18,82	Factor de escala © a 40m	8,84
NNE	23,85	Factor de forma (k) a 40m	1,918
NE	21,26	Velocidad media a 60m (m/s)	8,63
ENE	6,74	Factor de escala © a 60m	9,36
E	3,48	Factor de forma (k) a 60m	1,89
ESE	3,28	Velocidad media a 80m (m/s)	9,01
SE	3,71	Factor de escala © a 80m	9,91
SSE	4,61	Factor de forma (k) a 80m	1,805
S	4,71	Rugosidad (m)	0,1
SSW	3,44		
SW	1,93		
WSW	1,54		
W	0,81		
WNW	0,57		
NW	0,48		
NNW	0,80		

Tabla 9 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 1. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

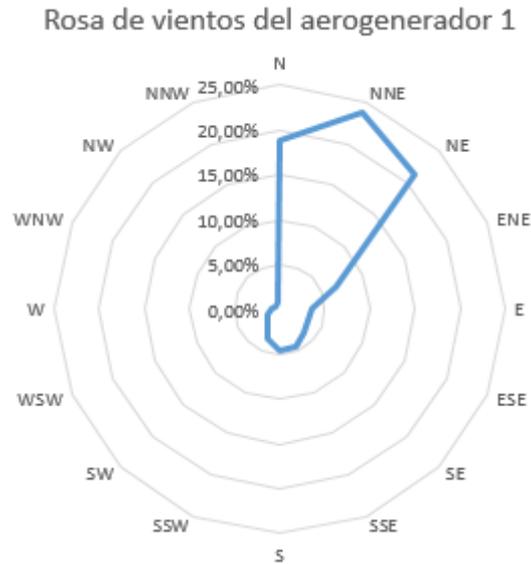


Figura 6 Rosa de vientos del aerogenerador 1. Fuente: propia

A partir de estas frecuencias podemos hacer la gráfica de la rosa de vientos en el punto donde se situará el aerogenerador 1, la rosa de vientos es una forma gráfica de representar la dirección predominante del viento y así conocer la orientación del aerogenerador. Podemos observar que el viento predominante es el de nornordeste correspondiente con los vientos alisios, por lo que el aerogenerador se deberá colocar perpendicularmente a esta dirección. A continuación, haremos esto mismo para los otros dos aerogeneradores.

Aerogenerador 2: Coordenadas UTM (m): 359530, 3114480			
Dirección	Frecuencia (%) a 70 metros	Velocidad media a 40m (m/s)	8,23
N	18,73	Factor de escala © a 40m	8,97
NNE	23,94	Factor de forma (k) a 40m	1,916
NE	21,37	Velocidad media a 60m (m/s)	8,76
ENE	6,70	Factor de escala © a 60m	9,51
E	3,46	Factor de forma (k) a 60m	1,888

ESE	3,26	Velocidad media a 80m (m/s)	9,16
SE	3,70	Factor de escala © a 80m	10,08
SSE	4,59	Factor de forma (k) a 80m	1,804
S	4,69	Rugosidad (m)	0,1
SSW	3,44		
SW	1,93		
WSW	1,54		
W	0,80		
WNW	0,57		
NW	0,48		
NNW	0,80		

Tabla 10 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 2. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

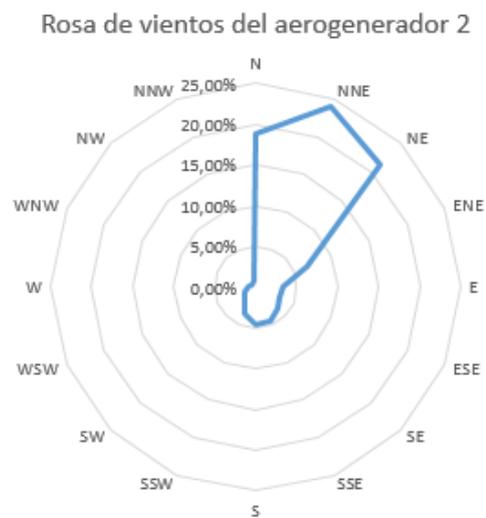


Figura 7 Rosa de vientos del aerogenerador 2. Fuente: propia

Aerogenerador 3: Coordenadas UTM (m): 359680, 3114340			
Dirección	Frecuencia (%) a 70 metros	Velocidad media a 40m (m/s)	8,15
N	18,61	Factor de escala © a 40m	8,89

NNE	24,01	Factor de forma (k) a 40m	1,913
NE	21,51	Velocidad media a 60m (m/s)	8,7
ENE	6,70	Factor de escala © a 60m	9,45
E	3,45	Factor de forma (k) a 60m	1,885
ESE	3,25	Velocidad media a 80m (m/s)	9,12
SE	3,68	Factor de escala © a 80m	10,04
SSE	4,58	Factor de forma (k) a 80m	1,804
S	4,68	Rugosidad (m)	0,1
SSW	3,43		
SW	1,93		
WSW	1,54		
W	0,79		
WNW	0,56		
NW	0,48		
NNW	0,80		

Tabla 11 Datos del viento en el emplazamiento del aerogenerador 3. Fuente: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>

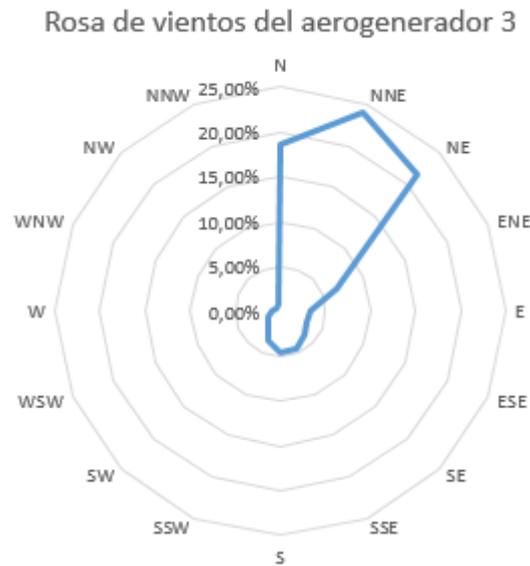


Figura 8 Rosa de vientos del aerogenerador 3. Fuente: propia

Lo siguiente que haremos será calcular la velocidad media del viento a 70 metros, para ello utilizaremos la ley logarítmica según la que, para una atmósfera neutra, se cumple lo siguiente:

$$V = V(z_r) \cdot \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)}$$

Donde:

V es la velocidad del viento a la altura z que queremos calcular.

$V(z_r)$ es la velocidad del viento que conocemos a la altura de referencia z_r .

z es la altura a la que queremos calcular la velocidad.

Z_0 es la rugosidad del terreno.

Z_r es la altura de referencia a la que conocemos la velocidad del viento $V(z_r)$.

Como conocemos la velocidad media a tres alturas distintas podremos calcular tres velocidades medias distintas y hacer la media entre ellas. También calcularemos las velocidades medias mediante la ley potencial que, aunque su fundamento teórico es menos riguroso su aplicación es más sencilla. Cuando tengamos las velocidades medias a 70 metros con ambas leyes, elegiremos el valor menor entre ambas, es decir, el más desfavorable.

$$V = V(z_r) \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha$$

Donde:

α es una variable que varía con la hora del día, la estación, el tipo de terreno, la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica. A pesar de esto su valor se puede aproximar con la siguiente expresión que depende únicamente de la rugosidad del terreno:

$$\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{15,25}{z_0}\right)} = \frac{1}{\ln\left(\frac{15,25}{0,1}\right)} = 0,199$$

El factor de forma también varía con la altura, pero varía casi linealmente por lo que se puede calcular muy fácilmente interpolando.

$$k_{aero1} = \frac{1,805 - 1,918}{80 - 40} \cdot (70 - 40) + 1,918 = 1,833$$

$$k_{aero2} = \frac{1,804 - 1,916}{80 - 40} \cdot (70 - 40) + 1,916 = 1,832$$

$$k_{aero3} = \frac{1,804 - 1,913}{80 - 40} \cdot (70 - 40) + 1,913 = 1,831$$

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Factor de forma (k)	1,833	1,832	1,831

Tabla 12 Factores de forma de los tres emplazamientos. Fuente: propia

Como tenemos las velocidades medias para 40, 60 y 80 metros, será posible calcular tres velocidades medias distintas por ley para 70 metros, por lo que haremos la media aritmética de los tres valores obtenidos para cada ley y compararemos ambos valores y elegiremos el valor más pequeño, que es el más desfavorable. Teniendo en cuenta todo lo que hemos comentado hasta ahora obtenemos los siguientes resultados:

Aerogenerador 1	
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=40m y V(zr)=8,11 m/s	8,867
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=60m y V(zr)=8,63 m/s	8,838
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=80m y V(zr)=9,01 m/s	8,830

Velocidad media a 70m según ley logarítmica	8,845
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=40\text{m}$ y $V(zr)=8,11\text{ m/s}$	9,065
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=60\text{m}$ y $V(zr)=8,63\text{ m/s}$	8,899
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=80\text{m}$ y $V(zr)=9,01\text{ m/s}$	8,774
Velocidad media a 70m según ley potencial	8,913
Velocidad media a 70m (m/s)	8,845

Tabla 13 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 1. Fuente: propia.

Aerogenerador 2	
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para $z=40\text{m}$ y $V(zr)=8,23\text{ m/s}$	8,999
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para $z=60\text{m}$ y $V(zr)=8,76\text{ m/s}$	8,971
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para $z=80\text{m}$ y $V(zr)=9,16\text{ m/s}$	8,977
Velocidad media a 70m según ley logarítmica	8,982
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=40\text{m}$ y $V(zr)=8,23\text{ m/s}$	9,199
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=60\text{m}$ y $V(zr)=8,76\text{ m/s}$	9,033
Velocidad media a 70m según ley potencial para $z=80\text{m}$ y $V(zr)=9,16\text{ m/s}$	8,920
Velocidad media a 70m según ley potencial	9,051
Velocidad media a 70m (m/s)	8,982

Tabla 14 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 2. Fuente: propia.

Aerogenerador 3	
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=40m y V(zr)=7,39 m/s	8,911
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=60m y V(zr)=7,92 m/s	8,910
Velocidad media a 70m según ley logarítmica para z=80m y V(zr)=8,31 m/s	8,938
Velocidad media a 70m según ley logarítmica	8,920
Velocidad media a 70m según ley potencial para z=40m y V(zr)=7,39 m/s	9,110
Velocidad media a 70m según ley potencial para z=60m y V(zr)=7,92 m/s	8,971
Velocidad media a 70m según ley potencial para z=80m y V(zr)=8,31 m/s	8,881
Velocidad media a 70m según ley potencial	8,987
Velocidad media a 70m (m/s)	8,920

Tabla 15 Velocidades medias a 70 metros en el emplazamiento del aerogenerador 3. Fuente: propia.

El siguiente paso es calcular el factor de escala para cada punto, para este parámetro no basta con realizar una interpolación, sino que se calcula a partir de la velocidad media, el factor de forma y la función gamma mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{V_{media}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

$$C_{aero1} = \frac{8,845}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{1,833}\right)} = 9,955$$

$$C_{aero2} = \frac{8,982}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{1,832}\right)} = 10,109$$

$$C_{aero3} = \frac{8,920}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{1,831}\right)} = 10,038$$

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Factor de escala (C) (m/s)	9,955	10,109	10,038

Tabla 16 Factores de escala de los tres emplazamientos. Fuente: propia

Una vez que ya tenemos el factor de forma y el factor de escala ya podemos realizar la distribución de Weibull que indica la probabilidad de que la velocidad del viento “V” exceda un valor límite “V₀” y si se multiplica por 8760, que es el número de horas en un año, se obtiene el número de horas a las que se supera la velocidad “V₀” en un año. Esta distribución es importante para la estimación de la producción energética de los aerogeneradores ya que sirve para predecir la velocidad del viento durante un largo periodo de tiempo. La ecuación de la distribución de Weibull es la siguiente:

$$F(V_0) = e^{-\left(\frac{V_0}{C}\right)^k}$$

Distribución de Weibull aerogenerador 1

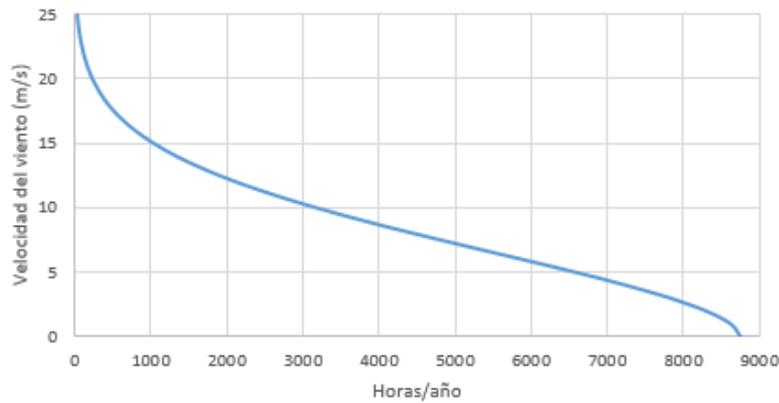


Figura 9 Distribución de Weibull del aerogenerador 1. Fuente propia.

Distribución de Weibull aerogenerador 2

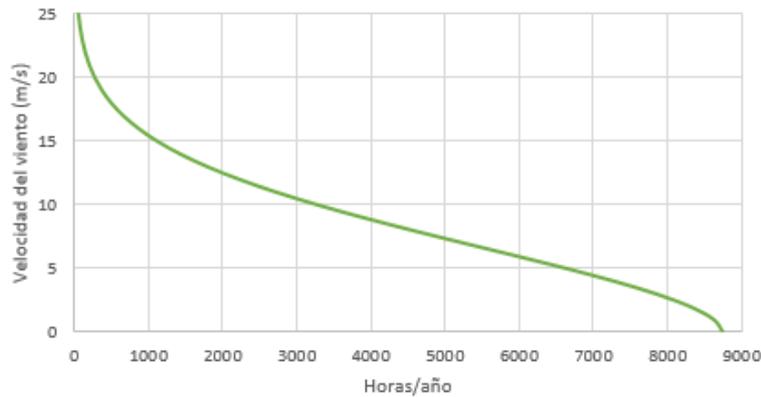


Figura 10 Distribución de Weibull del aerogenerador 2. Fuente propia.

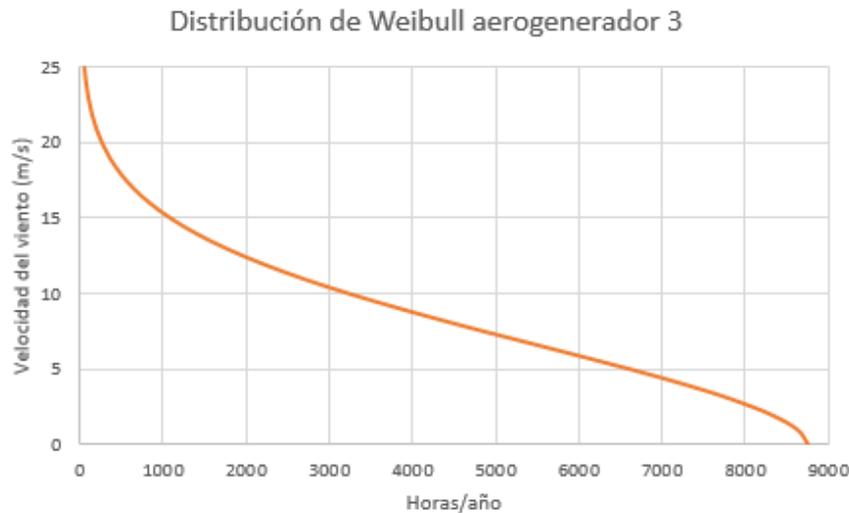


Figura 11 Distribución de Weibull del aerogenerador 3. Fuente propia.

1.3 Elección del aerogenerador

Una vez que ya conocemos el recurso eólico de los emplazamientos de los tres aerogeneradores pasamos a la elección del fabricante y modelo por el que optaremos, para ello hemos usado la aplicación web de wind-turbine-models.com para comparar las curvas de potencia de muchos modelos de aerogeneradores simultáneamente puesto que tiene un total de 228 en su base de datos. Los criterios que seguimos para hacer la criba son los siguientes:

- La velocidad de arranque tendrá que ser lo más baja posible, decidimos poner un mínimo de 3 m/s.
- La potencia del aerogenerador tendrá que ser menor de 1 MW para que la escala del proyecto sea reducida.
- Como ya vimos en la elección del emplazamiento, el diámetro del rotor no puede ser superior a 66 metros por las dimensiones de la parcela.
- Como hay bastantes aerogeneradores que cumplen los criterios anteriores optaremos por elegir los cinco que produzcan una mayor potencia a la velocidad mínima de 3 m/s porque sabemos que los aerogeneradores van a estar en esta situación más de 7000 horas al año.

Los cinco aerogeneradores que cumplen estos criterios son siguientes:

Fabricante	Modelo
Enercon	E-53
Lagerwey	LW 52/750
Unison	U54
Wincon	W755/48
Wind World	ww-53

Tabla 17 Aerogeneradores que cumplen los criterios de selección. Fuente: propia.

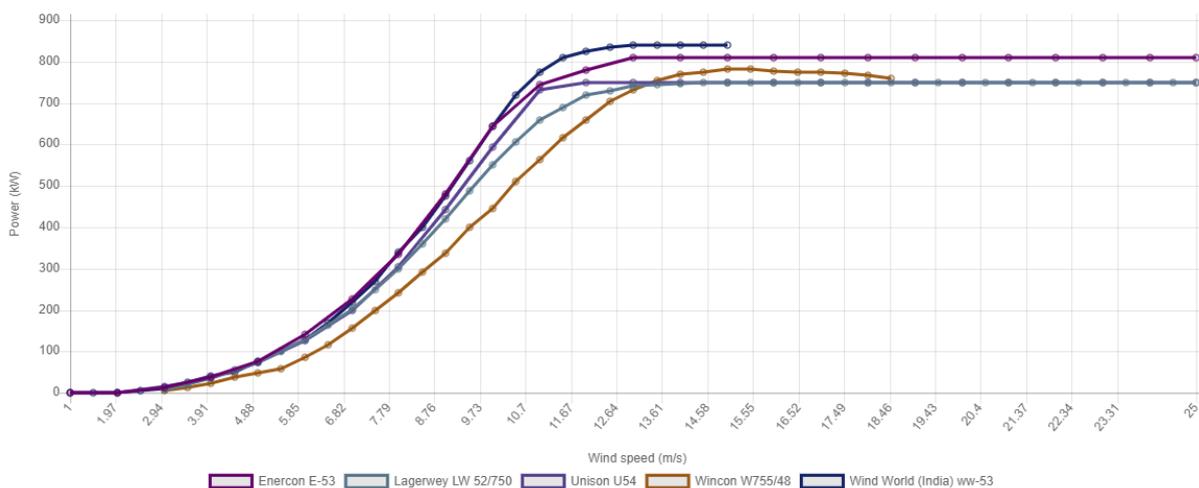


Figura 12 Comparación de las curvas de potencia de los aerogeneradores que cumplen los criterios. Fuente: <https://en.wind-turbine-models.com/powercurves>

Lo siguiente que haremos será calcular la energía anual que produce cada aerogenerador multiplicando el número de horas al año que hay una velocidad del viento por la potencia que genera para esa velocidad obtenida de su curva de potencia, ya que la energía es el producto de la potencia y el tiempo. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	Aerogenerador 1	Aerogenerador 2	Aerogenerador 3
Energía (KWh/año) E-53	3574215,56	3636985,84	3607783,35
Energía (KWh/año) LW 52/750	3203471,20	3257676,92	3232365,81
Energía (KWh/año) U54	3303943,76	3358386,53	3332912,35
Energía (KWh/año) W755/48	2908983,19	2966026,21	2939583,80
Energía (KWh/año) ww-53	3645040,33	3709339,24	3679402,54

Tabla 18 Energía anual producida por los aerogeneradores que cumplen los criterios. Fuente: propia.

Como podemos observar, el aerogenerador que más energía genera para nuestro emplazamiento es el modelo ww-53 de World Wind seguido del E-53 de Enercon, pero esto no es suficiente para concluir que es el que vamos a adquirir, para tomar esta decisión haremos un estudio de rentabilidad.

1.3.1 Estudio de rentabilidad

Para hacer el estudio de rentabilidad es necesario tener cierta información del precio de los aerogeneradores, lamentablemente, no fue posible encontrar información sobre el precio del modelo ww-53 de Wind World, del U54 de Unison ni del W755/48 de Wincon a pesar de contactar con cada uno de los fabricantes por lo que quedan descartados, aunque, si este proyecto se fuera a llevar a cabo seguramente sí proporcionarían la información y se tomarían en consideración en el estudio de rentabilidad. Por el contrario, sí fue posible encontrar el precio de los modelos E-53 de Enercon y del LW 52/750 de Lagerwey de segunda mano. Para hacer una aproximación del valor estando nuevo consideraremos una devaluación anual del 10%, por lo que sabiendo el precio al que lo venden y los años que llevan en funcionamiento podremos hacer una aproximación del coste original mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coste nuevo} = \text{Coste 2ª mano} \cdot (1 + \text{Devaluación})^{\text{años}}$$

$$\text{Coste nuevo}_{E-53} = 406657 \cdot (1 + 0,1)^8 = 871705,40 \text{ €}$$

$$\text{Coste nuevo}_{LW 52/750} = 120000 \cdot (1 + 0,1)^8 = 501269,78 \text{ €}$$

	Enercon E-53	Lagerwey LW 52/750
Coste de segunda mano (€)	406.657,00	120.000,00
Devaluación (%)	10	10
Años	8	15
Coste nuevo (€)	871.705,40	501.269,78

Tabla 19 Aproximación del coste de los aerogeneradores E-53 y LW 52/750. Fuente: propia.

A partir del coste del aerogenerador podemos aproximar el resto de costes de inversión, los porcentajes de los costes fueron sacados del libro “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica”.

	Porcentaje (%)	Enercon E-53	Lagerwey LW 52/750
Aerogenerador (€)	75	871.705,40	501.269,78
Evaluación de recursos eólicos (€)	1	11.622,74	6.683,60
Ingeniería, licencias y permisos (€)	4	46.490,95	26.734,39
Obra civil (€)	6	69.736,43	40.101,58
Infraestructura eléctrica (€)	9	104.604,65	60.152,37
Línea de evacuación (€)	5	58.113,69	33.417,99
Inversión total (€)	100	1.162.273,86	668.359,71

Tabla 20 Costes de inversión de cada aerogenerador. Fuente: propia.

Nota: hay que tener en cuenta que esto es para un aerogenerador sólo, lo hacemos así ya que para calcular los flujos de caja más adelante, la producción variará dependiendo de la localización de cada aerogenerador, por lo que separaremos los flujos de caja de cada aerogenerador y posteriormente los sumaremos para obtener el total.

Lo siguiente a tener en cuenta serán los costes de explotación, estos valores lo obtendremos del libro “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica” y corresponden con los costes de explotación promedio de un proyecto eólico en España.

	Coste (€/año)
Terrenos (alquiler)	22.000,00
Operación y mantenimiento	78.000,00
Gestión y administración	18.000,00
Seguros e impuestos	20.000,00
Explotación total	138.000,00

Tabla 21 Costes de explotación anual por aerogenerador. Fuente: Libro “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica”

La financiación de los costes de inversión va a ser a través de un préstamo de una entidad bancaria con un 3% de interés compuesto que se devolverá en diez años. La fórmula para calcular la cantidad total a pagar teniendo en cuenta el interés compuesto es la siguiente:

$$C_F = C_I \cdot (1 + r)^n$$

Donde:

C_F es el capital al final del enésimo periodo.

C_I es el capital inicial.

r es la tasa de interés.

n es el número de periodos.

Para calcular cuánto habrá que pagar anualmente para devolver el préstamo hay que dividir la cantidad total entre el número de año que habíamos dicho que serán diez años.

$$\text{Anualidad} = \frac{C_I \cdot (1 + r)^n}{n}$$

$$\text{Anualidad}_{E-53} = \frac{1.162.273,86 \cdot (1 + 0,03)^{10}}{10} = 156.199,89 \text{ €}$$

$$\text{Anualidad}_{LW 52/750} = \frac{668.359,71 \cdot (1 + 0,03)^{10}}{10} = 89.821,96 \text{ €}$$

	Enercon E-53	Lagerwey LW 52/750
Anualidad (€/año)	156.199,89	89.821,96

Tabla 22 Pago anual para devolver el préstamo de ambos aerogeneradores. Fuente: propia.

Como el valor del dinero cambia con el tiempo, tanto los ingresos como los costes de explotación variarán con el tiempo dependiendo del IPC o Índice de Precios de Consumo que es una media estadística que indica la evolución del conjunto de precios de los bienes y servicios básicos que consume la población de un país, por lo que señala la evolución del coste de la vida y resulta esencial para conocer la inflación. Para los cálculos posteriores consideramos que el incremento del IPC anual es 1,5%. Como los fabricantes suelen garantizar una vida útil de veinte años para sus aerogeneradores optamos por hacer el estudio de rentabilidad para este periodo.

$$\text{Costes de explotación}_n = \text{Costes de explotación}_i \cdot (1 + \text{IPC})^{n-1}$$

	Costes de explotación (€/año)
Año 1	138.000,00
Año 2	140.070,00
Año 3	142.171,05
Año 4	144.303,62
Año 5	146.468,17
Año 6	148.665,19
Año 7	150.895,17
Año 8	153.158,60
Año 9	155.455,98
Año 10	157.787,82
Año 11	160.154,63
Año 12	162.556,95
Año 13	164.995,31
Año 14	167.470,24
Año 15	169.982,29
Año 16	172.532,03
Año 17	175.120,01
Año 18	177.746,81
Año 19	180.413,01
Año 20	183.119,20

Tabla 23 Variación de los costes de explotación con los años. Fuente: propia.

Los ingresos que tendrían los aerogeneradores provendrían de la venta de energía eléctrica cuyo precio viene establecido en el artículo 36 del Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. El precio sería de 7,3228 céntimos de euro por kWh para los primeros veinte años y de 6,12 céntimos por kWh a partir de entonces. Como ya mencionamos, el valor del dinero varía con el tiempo por lo que habrá que tener en cuenta esto para calcular los ingresos anuales.

$$\text{Precio del kWh}_n = \text{Precio del kWh}_i \cdot (1 + \text{IPC})^{n-1}$$

$$\text{Ingresos}_n = \text{Precio del kWh}_n \cdot \text{kWh producidos}_n$$

Como los ingresos dependen de la energía producida, variarán entre ambos modelos de aerogeneradores y variarán según la localización 1, 2 o 3. También consideramos que los aerogeneradores tienen un factor de utilización del 90%, es decir, estarán en funcionamiento el 90% de las 8760 horas que tiene un año, esta suposición se hace ya que hay momentos del año en los que la velocidad del viento supera los límites recomendados para el aerogenerador o en los que este se encuentra en mantenimiento.

Enercon E-53	Precio del kWh (€/kWh)	Ingresos aerogenerador 1 (€)	Ingresos aerogenerador 2 (€)	Ingresos aerogenerador 3 (€)
Año 1	0,073228	235.559,39	239.696,28	237.771,68
Año 2	0,074326	239.092,78	243.291,72	241.338,26
Año 3	0,075441	242.679,17	246.941,10	244.958,33
Año 4	0,076573	246.319,36	250.645,22	248.632,71
Año 5	0,077722	250.014,15	254.404,90	252.362,20
Año 6	0,078887	253.764,36	258.220,97	256.147,63
Año 7	0,080071	257.570,83	262.094,28	259.989,85
Año 8	0,081272	261.434,39	266.025,70	263.889,69
Año 9	0,082491	265.355,91	270.016,08	267.848,04
Año 10	0,083728	269.336,25	274.066,32	271.865,76
Año 11	0,084984	273.376,29	278.177,32	275.943,75
Año 12	0,086259	277.476,93	282.349,98	280.082,90
Año 13	0,087553	281.639,09	286.585,23	284.284,15
Año 14	0,088866	285.863,67	290.884,01	288.548,41
Año 15	0,090199	290.151,63	295.247,27	292.876,63
Año 16	0,091552	294.503,90	299.675,98	297.269,78
Año 17	0,092925	298.921,46	304.171,11	301.728,83
Año 18	0,094319	303.405,29	308.733,68	306.254,76
Año 19	0,095734	307.956,36	313.364,69	310.848,58
Año 20	0,097170	312.575,71	318.065,16	315.511,31

Tabla 24 Ingresos del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Lagerwey LW 52/750	Precio del kWh (€/kWh)	Ingresos aerogenerador 1 (€)	Ingresos aerogenerador 2 (€)	Ingresos aerogenerador 3 (€)
Año 1	0,073228	211.125,41	214.697,85	213.029,72
Año 2	0,074326	214.292,29	217.918,32	216.225,16
Año 3	0,075441	217.506,68	221.187,09	219.468,54
Año 4	0,076573	220.769,28	224.504,90	222.760,57
Año 5	0,077722	224.080,82	227.872,47	226.101,98
Año 6	0,078887	227.442,03	231.290,56	229.493,50
Año 7	0,080071	230.853,66	234.759,92	232.935,91
Año 8	0,081272	234.316,46	238.281,32	236.429,95
Año 9	0,082491	237.831,21	241.855,53	239.976,40
Año 10	0,083728	241.398,68	245.483,37	243.576,04
Año 11	0,084984	245.019,66	249.165,62	247.229,68
Año 12	0,086259	248.694,95	252.903,10	250.938,13
Año 13	0,087553	252.425,38	256.696,65	254.702,20
Año 14	0,088866	256.211,76	260.547,10	258.522,73
Año 15	0,090199	260.054,93	264.455,31	262.400,57
Año 16	0,091552	263.955,76	268.422,14	266.336,58
Año 17	0,092925	267.915,09	272.448,47	270.331,63
Año 18	0,094319	271.933,82	276.535,19	274.386,60
Año 19	0,095734	276.012,83	280.683,22	278.502,40
Año 20	0,097170	280.153,02	284.893,47	282.679,94

Tabla 25 Ingresos del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Otro gasto a tener en cuenta son los impuestos, según la Ley 15/2012 el impuesto sobre el valor de la producción de energía eléctrica es del 7% de los ingresos producidos por la generación de energía eléctrica.

$$\text{Impuestos}_n = 0,07 \cdot \text{Ingresos}_n$$

Enercon E-53	Impuestos aerogenerador 1 (€)	Impuestos aerogenerador 2 (€)	Impuestos aerogenerador 3 (€)
Año 1	16.489,16	16.778,74	16.644,02
Año 2	16.736,49	17.030,42	16.893,68
Año 3	16.987,54	17.285,88	17.147,08
Año 4	17.242,36	17.545,17	17.404,29
Año 5	17.500,99	17.808,34	17.665,35
Año 6	17.763,51	18.075,47	17.930,33
Año 7	18.029,96	18.346,60	18.199,29
Año 8	18.300,41	18.621,80	18.472,28
Año 9	18.574,91	18.901,13	18.749,36
Año 10	18.853,54	19.184,64	19.030,60
Año 11	19.136,34	19.472,41	19.316,06
Año 12	19.423,39	19.764,50	19.605,80
Año 13	19.714,74	20.060,97	19.899,89
Año 14	20.010,46	20.361,88	20.198,39
Año 15	20.310,61	20.667,31	20.501,36
Año 16	20.615,27	20.977,32	20.808,88
Año 17	20.924,50	21.291,98	21.121,02
Año 18	21.238,37	21.611,36	21.437,83
Año 19	21.556,95	21.935,53	21.759,40
Año 20	21.880,30	22.264,56	22.085,79

Tabla 26 Impuestos del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Lagerwey LW 52/750	Impuestos aerogenerador 1 (€)	Impuestos aerogenerador 2 (€)	Impuestos aerogenerador 3 (€)
Año 1	14.778,78	15.028,85	14.912,08
Año 2	15.000,46	15.254,28	15.135,76
Año 3	15.225,47	15.483,10	15.362,80
Año 4	15.453,85	15.715,34	15.593,24

Año 5	15.685,66	15.951,07	15.827,14
Año 6	15.920,94	16.190,34	16.064,55
Año 7	16.159,76	16.433,19	16.305,51
Año 8	16.402,15	16.679,69	16.550,10
Año 9	16.648,18	16.929,89	16.798,35
Año 10	16.897,91	17.183,84	17.050,32
Año 11	17.151,38	17.441,59	17.306,08
Año 12	17.408,65	17.703,22	17.565,67
Año 13	17.669,78	17.968,77	17.829,15
Año 14	17.934,82	18.238,30	18.096,59
Año 15	18.203,85	18.511,87	18.368,04
Año 16	18.476,90	18.789,55	18.643,56
Año 17	18.754,06	19.071,39	18.923,21
Año 18	19.035,37	19.357,46	19.207,06
Año 19	19.320,90	19.647,83	19.495,17
Año 20	19.610,71	19.942,54	19.787,60

Tabla 27 Impuestos del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Por último, ya sólo quedaría calcular los flujos de caja sumando todos los ingresos y restando los gastos.

$$\text{Flujo de caja}_n = \text{Ingresos}_n - \text{Anualidad} - \text{Impuestos}_n - \text{Costes de explotación}_n$$

Enercon E-53	Flujos de caja aerogenerador 1 (€)	Flujos de caja aerogenerador 2 (€)	Flujos de caja aerogenerador 3 (€)
Año 1	-75.129,65	-71.282,35	-73.072,22
Año 2	-73.913,60	-70.008,58	-71.825,31
Año 3	-72.679,31	-68.715,72	-70.559,69
Año 4	-71.426,50	-67.403,45	-69.275,09
Año 5	-70.154,90	-66.071,51	-67.971,21
Año 6	-68.864,22	-64.719,58	-66.647,78
Año 7	-67.554,19	-63.347,38	-65.304,50

Año 8	-66.224,50	-61.954,59	-63.941,07	
Año 9	-64.874,87	-60.540,91	-62.557,19	
Año 10	-63.504,99	-59.106,02	-61.152,55	
Año 11	94.085,32	98.550,2	96.473,05	
Año 12	95.496,60	100.028,53	97.920,15	
Año 13	96.929,04	101.528,95	99.388,95	
Año 14	98.382,98	103.051,89	100.879,78	
Año 15	99.858,73	104.597,67	102.392,98	
Año 16	101.356,61	106.166,63	103.928,87	
Año 17	102.876,96	107.759,13	105.487,81	
Año 18	104.420,11	109.375,52	107.070,12	
Año 19	105.986,41	111.016,15	108.676,18	
Año 20	107.576,21	112.681,39	110.306,32	
Total	312.642,22	401.606,05	360.217,59	1.074.465,86

Tabla 28 Flujos de caja del aerogenerador E-53 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Lagerwey LW 52/750	Flujos de caja aerogenerador 1 (€)	Flujos de caja aerogenerador 2 (€)	Flujos de caja aerogenerador 3 (€)
Año 1	-31.475,32	-28.152,96	-29.704,32
Año 2	-30.600,12	-27.227,92	-28.802,56
Año 3	-29.711,80	-26.289,01	-27.887,26
Año 4	-28.810,14	-25.336,02	-26.958,24
Año 5	-27.894,97	-24.368,73	-26.015,29
Año 6	-26.966,06	-23.386,93	-25.058,19
Año 7	-26.023,22	-22.390,40	-24.086,73
Año 8	-25.066,24	-21.378,93	-23.100,70
Año 9	-24.094,91	-20.352,29	-22.099,89
Año 10	-23.109,00	-19.310,24	-21.084,05
Año 11	67.713,65	71.569,39	69.768,97
Año 12	68.729,35	72.642,93	70.815,50
Año 13	69.760,29	73.732,58	71.877,74

Año 14	70.806,70	74.838,56	72.955,90	
Año 15	71.868,80	75.961,14	74.050,24	
Año 16	72.946,83	77.100,56	75.161,00	
Año 17	74.041,03	78.257,07	76.288,41	
Año 18	75.151,65	79.430,92	77.432,74	
Año 19	76.278,92	80.622,39	78.594,23	
Año 20	77.423,11	81.831,72	79.773,14	
Total	450.968,53	527.793,85	491.920,63	1.470.683,01

Tabla 29 Flujos de caja del aerogenerador LW 52/750 en los tres emplazamientos. Fuente: propia.

Por lo tanto, como los ingresos totales del modelo LW 52/750 son mayores que los del modelo E-53, podemos concluir que es por el que optaremos en nuestro proyecto. Por último, haremos una gráfica de la evolución del flujo de caja acumulado por los tres aerogeneradores LW 52/750 en los veinte años.



Figura 13 Flujo de caja acumulado de los aerogeneradores LW 52/750. Fuente: propia.



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexo II: Cálculo de la cimentación

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

2. Cálculo de la cimentación

2.1 Datos de partida

Las zapatas de los aerogeneradores pueden ser de diferentes geometrías, ya que no se ha establecido un tipo de zapata normalizada que sea la mejor opción. En la actualidad, se está incrementando la utilización de zapatas redondas, ya que se han mejorado los procesos de producción del armado de forma radial. Las cimentaciones circulares son las que menos cantidad de acero necesitan, además, las dimensiones para las mismas cargas son menores, por lo que también lo es la cantidad de hormigón. Por lo tanto, es la opción más económica y por eso se ha optado por su utilización. Se ha optado por la utilización de una zapata circular de canto variable, ya que la cantidad de material es menor que las de canto no variable, siendo la opción más óptima.

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta la estructura al suelo. Esto debe lograrse de forma que no se rebase la capacidad portante del suelo y que las deformaciones producidas en este, sean admisibles para la estructura. Para realizar una correcta cimentación se deberá tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y se deberá dimensionar el propio cimiento como elemento de hormigón de modo que se cumplan los estados límite último y de servicio. Los criterios de diseño adoptados son los considerados en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 en relación a los diferentes estados límite. Primero estableceremos los factores de seguridad que será necesario aplicar tanto para las propiedades de los materiales como para los valores de las cargas.

Tipo de acción	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Figura 14 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite Últimos.

Fuente: EHE-08

Tipo de acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	Armadura pretesa	$\gamma_P = 0,95$	$\gamma_P = 1,05$
	Armadura postesa	$\gamma_P = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$
Permanente de valor no constante		$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Figura 15 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio. Fuente: EHE-08

Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

Figura 16 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos. Fuente: EHE-08.

Las cargas transmitidas a la cimentación se pueden dividir en dos tipos distintos:

- Cargas gravitatorias: son cargas estáticas y dinámicas que resultan de la acción de las vibraciones, la rotación de las palas, la gravedad y de la actividad sísmica que actúa sobre la estructura.
- Cargas aerodinámicas: son cargas estáticas y dinámicas resultantes de la acción del flujo de aire y su interacción con las partes de la estructura. El flujo de aire depende de la velocidad media del viento, la intensidad de la turbulencia, la densidad del aire y las formas aerodinámicas de los componentes de la turbina.

En lo que respecta a los parámetros del terreno, las cimentaciones más comunes en la construcción de aerogeneradores son las de tipo superficial, que pueden estar o no reforzadas mediante pilotes. A falta de datos del terreno, consideraremos que estará compuesto por arena medianamente densa sin cohesión con las características que se muestran en la siguiente tabla:

Presión admisible (σ_{adm})	0,25 MPa
Presión máxima ($1,25 \cdot \sigma_{adm}$)	0,325 MPa
Peso específico (γ_N)	18 kN/m ³
Cohesión (c)	0

Ángulo de rozamiento interno (ϕ)	30°
Módulo de balasto (k_{30})	4 kg/cm ³

Tabla 30 Resumen de los parámetros del terreno. Fuente: Propia.

Como emplazamiento de los aerogeneradores será en un sitio cercano del mar, podremos concluir que la humedad será elevada, por lo tanto, tendrá una exposición de clase IIa y la resistencia mínima del hormigón recomendada según la norma EHE-08 será de 25 N/mm² y el recubrimiento mínimo será de 25mm, aunque a este valor se le añadirán otros 10mm por ser una construcción in-situ con un control de ejecución normal. Por último, hay que mencionar que el acero elegido para las armaduras será del tipo B-500S.

2.2 Acciones sobre la cimentación

En este apartado se determinarán los valores de las distintas fuerzas y momentos que se utilizarán para el correcto dimensionamiento de la cimentación. En los valores de las cargas fijas se contemplan tanto los valores del peso de la góndola, de la torre y del rotor. Como el fabricante no nos proporciona el peso de los elementos haremos una aproximación tomando los de un modelo de dimensiones similares, pero de un fabricante distinto, usaremos los pesos del aerogenerador G52/850 del fabricante Gamesa, que son los siguientes:

	Masa (kg)	Peso (N)
Góndola	23000	225630
Torre	91000	892710
Rotor	10000	98100
Total	124000	1216440

Tabla 31 Masas y pesos de los elementos del aerogenerador.

Fuente: https://www.thewindpower.net/turbine_es_42_gamesa_g52-850.php

Lo siguiente que haremos será calcular la fuerza del viento en el rotor que se puede obtener de forma aproximada mediante la siguiente expresión:

$$F_{rotor} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{aire} \cdot \pi \cdot v_{viento}^2 \cdot R_{rotor}^2 \cdot C_T(\lambda)$$

Donde:

F_{rotor} es la fuerza del viento ejercida en el rotor.

ρ_{aire} es la densidad del aire (1,225 kg/m³).

v_{viento} es la velocidad del viento considerada.

R_{rotor} es el radio del rotor.

$C_T(\lambda)$ es el coeficiente de empuje en función de λ .

λ es la razón de velocidades en la hélice.

Para los cálculos usaremos la velocidad del viento más desfavorable, para ello nos fijaremos en la distribución de Weibull, la probabilidad de una velocidad del viento superior a 35 m/s es del 0% así que dimensionaremos la cimentación para esta velocidad. La razón de velocidades en la hélice “ λ ”, como su propio nombre indica es la relación entre la velocidad del rotor y la del viento, según el fabricante del aerogenerador la velocidad máxima de la punta de la pala es de 76 m/s, que es la más desfavorable.

$$\lambda = \frac{v_{rotor}}{v_{viento}} = \frac{76}{35} = 2,171$$

Una vez que ya tenemos esta relación podemos obtener el coeficiente de empuje gráficamente.

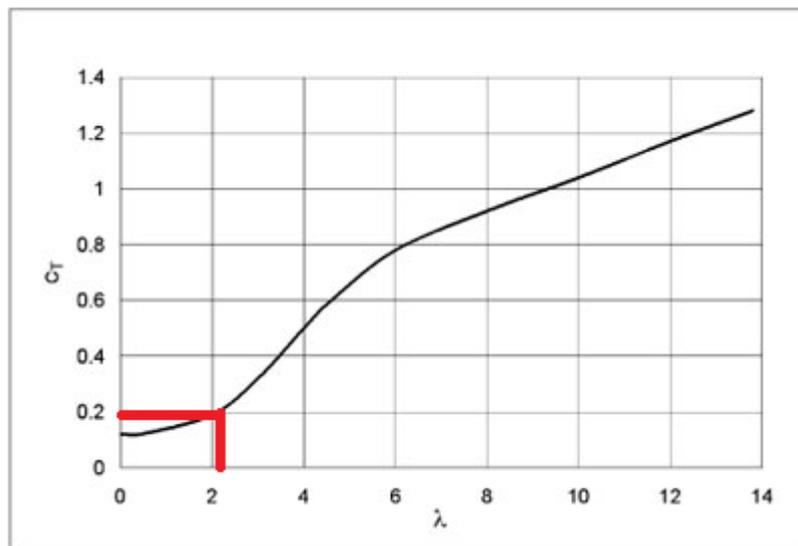


Figura 17 Relación entre la razón de velocidades en la hélice y el coeficiente de empuje.

Fuente: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000100002

Como podemos observar, el coeficiente de empuje sería de aproximadamente 0,2 y con esto ya tendríamos todo lo que necesitamos para calcular la fuerza del viento en el rotor.

$$F_{rotor} = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot \pi \cdot (35)^2 \cdot (25,75)^2 \cdot 0,2 = 312591,03N$$

A continuación, pasamos al cálculo de la fuerza del viento sobre la torre que se puede aproximar con la siguiente ecuación:

$$F_{torre}(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho_{aire} \cdot D_{torre} \cdot v_{viento}^2(z) \cdot C_a$$

Donde:

$F_{torre}(z)$ es la fuerza del viento ejercida en la torre en función de la altura.

D_{torre} es el diámetro de la torre.

$V_{viento}(z)$ es la velocidad del viento en función de la altura.

C_a es el coeficiente de arrastre.

Como el diámetro de la torre varía, siendo este más grande en la base del aerogenerador y más pequeño en la parte superior, elegiremos el más desfavorable, que es el más grande. Observando algunas imágenes de aerogeneradores LW 52/750 en funcionamiento podemos aproximar un diámetro en la parte inferior de 4,5 metros y de 1,5 en la parte superior. Por otro lado, el coeficiente de arrastre es una cantidad adimensional que se usa para cuantificar la resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua y que está asociado con una superficie. En la siguiente figura se muestran los valores de los coeficientes de arrastre para distintas formas, para nuestros cálculos elegiremos el de mayor valor correspondiente con una forma cilíndrica corta.

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Figura 18 Coeficientes de arrastre para diferentes formas. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_arrastre.

$$F_{torre}(z) = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 4,5 \cdot 35^2 \cdot 1,15 = 3882,87 \text{ N/m}$$

Para calcular la fuerza puntual total que ejerce el viento sobre la torre habrá que multiplicar esta fuerza por unidad de longitud por la altura de la torre, que como mencionamos en el anexo 1 será de 70 metros.

$$F_{torre} = F_{torre}(z) \cdot h = 3882,87 \cdot 70 = 271800,70 \text{ N}$$

Para calcular el momento que produce esta fuerza será necesario saber dónde está el centro de gravedad de la torre, dada la forma de esta la aproximaremos a un cono truncado. La expresión para calcular la altura del centro de gravedad de un cono truncado es la siguiente:

$$h_{CG} = \frac{h \cdot (R^2 + 2 \cdot R \cdot r + 3 \cdot r^2)}{4 \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2)} = \frac{70 \cdot (4,5^2 + 2 \cdot 4,5 \cdot 1,5 + 3 \cdot 1,5^2)}{4 \cdot (4,5^2 + 4,5 \cdot 1,5 + 1,5^2)} = 24,23 \text{ m}$$

Con estos datos ya tenemos las acciones a las que va a estar sometida nuestra estructura, la carga vertical a compresión (N) causada por el propio peso del aerogenerador, la fuerza horizontal (V) causada por el empuje del viento sobre el rotor y sobre la torre y el momento flector (M) causado también por el empuje del viento sobre el rotor y la torre.

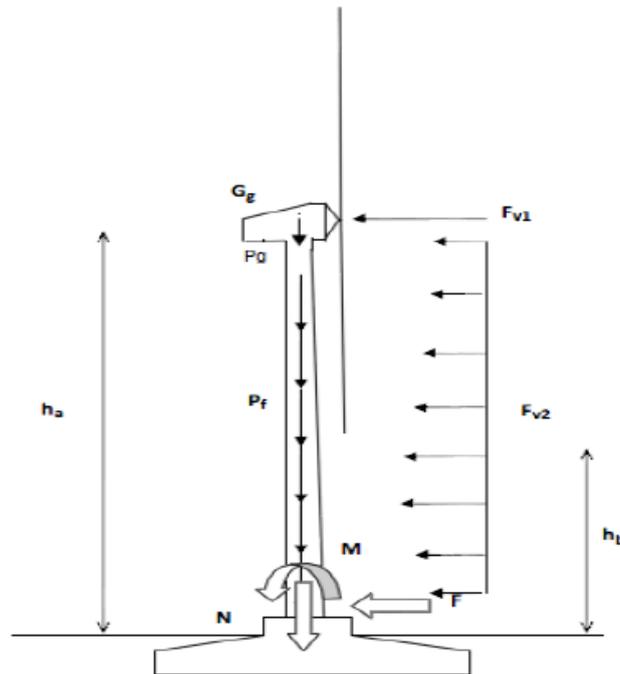


Figura 19 Distribución de cargas en un aerogenerador. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" Víctor Herrando Germán.

$$N = P_{g\acute{o}ndola} + P_{rotor} + P_{torre} = 225630 + 892710 + 98100 = 1216440 \text{ N}$$

$$V = F_{rotor} + F_{torre} = 312591,03 + 271800,70 = 584391,74 \text{ N}$$

$$M = F_{rotor} \cdot h + F_{torre} \cdot h_{CG} = 312591,03 \cdot 70 + 271800,70 \cdot 24,23 = 28467312,48 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Estas serían las acciones sobre el aerogenerador, pero las que deberá soportar la cimentación son algo distintas, el momento y el cortante son iguales, pero a la carga vertical habrá que sumarle el propio peso de la zapata, calculado a partir de su volumen y de la densidad del hormigón. Para hacer esto, primero habrá que darle a la zapata unas dimensiones iniciales y con las comprobaciones que haremos más adelante veremos si son aceptables o hay que modificarlas.

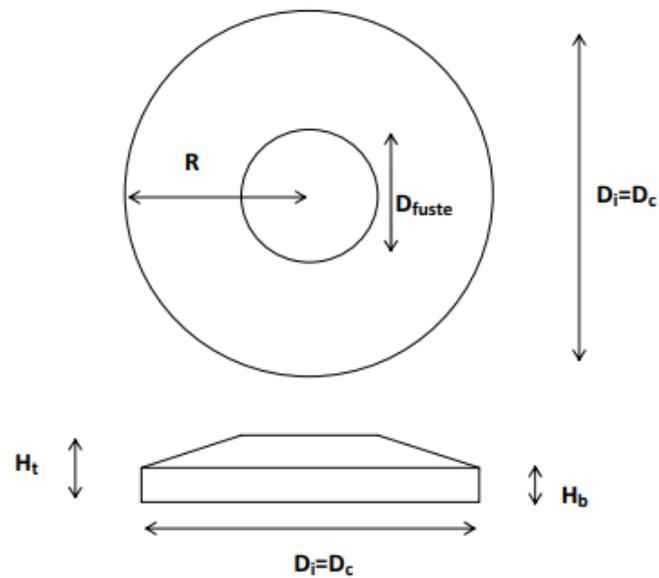


Figura 20 Esquema dimensiones de una zapata circular. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" Victor Herrando Germán.

R (m)	D _i (m)	D _c (m)	D _{fuste} (m)	H _t (m)	H _b (m)
9	18	18	4,5	2	1

Tabla 32 Dimensiones de la zapata circular. Fuente: propia.

Para calcular el peso de la zapata diferenciaremos dos partes, la primera es la parte cilíndrica y la segunda es la parte cónica truncada, y se obtendrá a partir de los volúmenes de ambos y sabiendo que la densidad del hormigón es de 2500 kg/m³.

	Volumen (m ³)	Peso (N)
Parte cilíndrica	254,47	6240852,35
Parte cónica truncada	111,33	2730372,90
Total	365,80	8971225,25

Tabla 33 Volúmenes y pesos de las partes de la zapata. Fuente: propia

Habrá que añadir la carga vertical correspondiente al peso de la zapata a la carga vertical que soporta el aerogenerador para obtener la carga vertical que tendrá que soportar la zapata.

$$N_{\text{cimentación}} = N + \text{Peso zapata} = 1216440 + 8971225,25 = 9095225,25 \text{ N}$$

Una vez que tenemos las acciones sobre la cimentación pasamos a hacer las comprobaciones de esta.

2.3 Comprobación a vuelco

Conocidas las dimensiones provisionales de la zapata, se procede a la verificación a vuelco, en este estudio se deben tener en cuenta las cargas que tienden a volcar la estructura, esta es debida a las cargas laterales a las que es sometida, para ello se deberá tener en cuenta también el factor de seguridad, con el fin de asegurar la correcta estabilidad de la misma.

Para asegurar la estabilidad frente a vuelco, se calculará un factor de seguridad que deberá ser mayor de la unidad, si las dimensiones no hacen que esto se cumpla, se modificarán hasta conseguirlo.

Optaremos por valorar la seguridad al vuelco según criterios plásticos, el vuelco rígido se produce al suponer que el eje de giro es la propia arista de la cimentación mientras que el vuelco plástico limita el valor de las tensiones retranqueando el eje una cierta distancia respecto a la arista de cimentación, esta suposición es más realista que la definida mediante el vuelco rígido, que exige presiones infinitas en el terreno en el momento de vuelco, que tan solo se produciría si éste fuera infinitamente rígido y resistente.

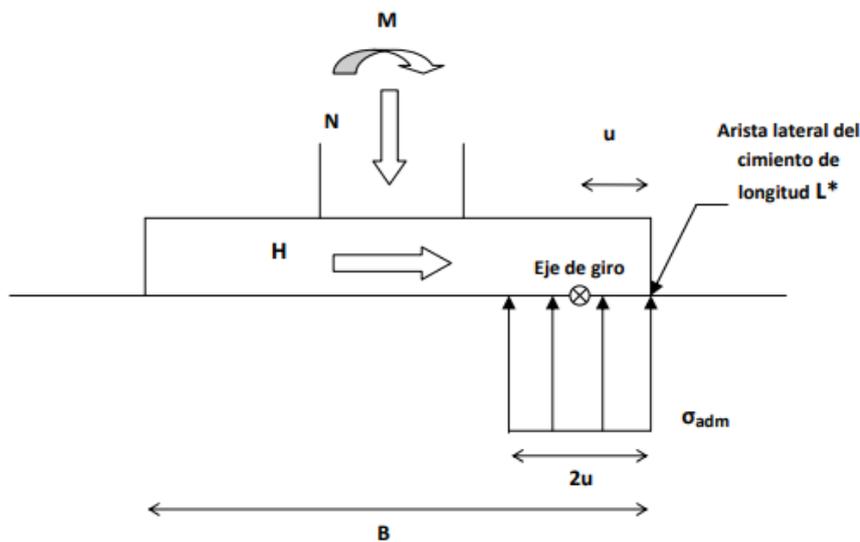


Figura 21 Esquema del vuelco plástico de una zapata. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" Víctor Herrando Germán.

El retranqueo " u " es la distancia desde la arista del cimiento hasta el eje de giro y se calcula con la siguiente expresión:

$$u = \frac{0,5 \cdot N}{3 \cdot \sigma_{adm} \cdot 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - u)^2}} = \frac{0,5 \cdot 9095225,25}{3 \cdot 250000 \cdot 2 \cdot \sqrt{9^2 - (9 - u)^2}} \rightarrow u = 0,823 \text{ m}$$

Según el apartado 2.4.2.2 de verificación de la estabilidad del Documento Básico de Seguridad Estructural de Cimientos, el equilibrio de la cimentación a vuelco quedará verificado, si para las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple que el efecto es de las acciones estabilizadoras es mayor que el de las desestabilizadoras.

A continuación, se deberá calcular el factor de seguridad que es el cociente entre los momentos que tienden a estabilizar la zapata multiplicados por su factor de seguridad entre los momentos desestabilizadores multiplicados por su factor de seguridad.

$$FS_{vuelco} = \frac{M_{estab} \cdot \gamma_{estab}}{M_{desestab} \cdot \gamma_{desestab}}$$

Donde:

M_{estab} es el momento creado por las cargas estabilizadoras, es decir, la carga axial multiplicada por la distancia del centro al eje de giro.

γ_{estab} es el factor de seguridad parcial para las cargas estabilizadoras, al ser permanentes y de peso propio tendrá un valor de 0,9, se obtuvo de la tabla 2.1 de coeficientes de seguridad parciales del Documento Básico SE-C.

$M_{desestab}$ es el momento creado por las cargas desestabilizadoras, es decir, las cargas que ejercen las fuerzas laterales del viento.

$\gamma_{desestab}$ es el factor de seguridad para las cargas desestabilizadoras que, al ser variable, ya que deriva del viento, tendrá un valor de 1,8, se obtuvo de la tabla 2.1 de coeficientes de seguridad parciales del Documento Básico SE-C.

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 ⁽¹⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 ⁽³⁾	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,6 ⁽⁵⁾	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Estabilidad fondo excavación	1,0	2,5 ⁽⁶⁾	1,0	1,0
	Sifonamiento	1,0	2,0	1,0	1,0
	Rotación o traslación				
Equilibrio limite	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0	
Modelo de Winkler	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0	
Elementos finitos	1,0	1,5	1,0	1,0	
Extraordinaria	Hundimiento	2,0 ⁽⁸⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,1 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,2	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,2	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,0	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	2,3	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	2,3	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Rotación o traslación				
	Equilibrio limite	-	-	-	-
	Modelo de Winkler	1,0	1,0	0,8	1,0
Elementos finitos	1,0	1,2	1,0	1,0	

Figura 22 Coeficientes de seguridad parciales. Fuente: Código Técnico de la Edificación DB SE-C.

$$FS_{vuelco} = \frac{9095225,25 \cdot \left(\frac{18}{2} - 0,823\right) \cdot 0,9}{28467312,48 \cdot 1,8} = 1,31 > 1 \rightarrow \text{Cumple a vuelco}$$

Como se observa, el factor de seguridad a vuelco es de 1,31, que es mayor que el mínimo permitido de 1 por lo que las dimensiones iniciales de la zapata cumplen a vuelco.

2.4 Comprobación a deslizamiento

El deslizamiento es el caso en el que las cargas laterales tienden a arrastrar la estructura fuera de su posición, esto es causado por las fuerzas cortantes debidas a las cargas del viento sobre la torre y el rotor.

La comprobación a deslizamiento se hará de acuerdo al artículo 6.3.3.2.3 del Documento Básico de Seguridad Estructural de Cimientos en la que se establece que, para que no ocurra esta situación, es necesario que se cumpla lo siguiente para terrenos arenosos:

$$C_{sd} = \frac{N \cdot \operatorname{tg}(\phi_d)}{V} \geq 1,5$$

$$\phi_d = \frac{2}{3} \cdot \phi$$

Donde:

N es la carga vertical que tiene que soportar la zapata.

V es la carga cortante que tiene que soportar la zapata.

ϕ es el ángulo de rozamiento interno del terreno que se suele considerar 30° .

$$\phi_d = \frac{2}{3} \cdot 30^\circ = 20^\circ$$

$$C_{sd} = \frac{9095225,25 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ)}{584391,74} = 5,66 > 1,5 \rightarrow \text{Cumple a deslizamiento}$$

Como se puede observar, el factor de seguridad frente a deslizamiento es bastante mayor que el permitido de 1,5, obtenido de la tabla 2.1 del DB SE-C, por lo que las dimensiones de zapata son válidas tanto para vuelco como para deslizamiento.

2.5 Comprobación a hundimiento

En un cimiento, la aplicación de una carga vertical da lugar a un asiento creciente, mientras la carga sea pequeña o moderada, el asiento crecerá de manera aproximadamente proporcional a la carga aplicada, sin embargo, si la carga sigue aumentando, llegará finalmente una situación en la que puede sobrepasarse la capacidad portante del terreno, agotando su resistencia al corte y produciéndose movimientos inadmisibles, situación que se identifica con el hundimiento.

Para hacer la comprobación a hundimiento primero será necesario conocer el tipo de distribución de tensiones que habrá en nuestra zapata, las posibles distribuciones pueden ser constante, trapezoidal o triangular. Para conocer cuál es nuestro caso habrá que calcular la excentricidad que es la relación entre el momento aplicado en la zapata y la carga vertical, si es

ceros, estaríamos en la primera situación, si la excentricidad es menor o igual que un sexto del diámetro de la zapata nos encontraríamos en la segunda y, por último, si es mayor estaríamos en la tercera.

$$e = \frac{M}{N} = \frac{28467312,48}{9095225,25} = 3,13 \text{ m} > \frac{D}{6} = 3 \text{ m} \rightarrow \text{Distribución triangular}$$

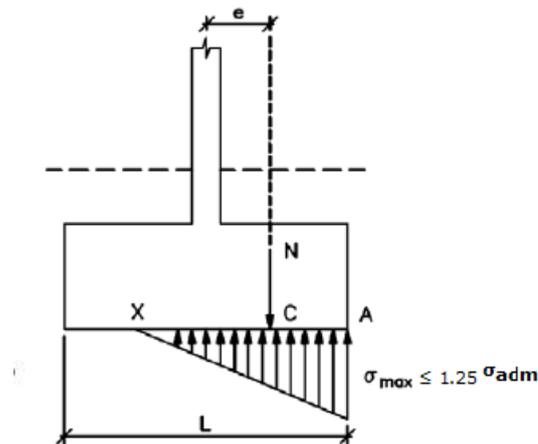


Figura 23 Esquema de distribución triangular de tensiones. Fuente:

https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Cimentaciones2011.pdf

Lo siguiente que haremos será calcular la tensión máxima que actúa sobre la zapata y tendrá que ser menor que 1,25 veces la admisible por el terreno para concluir que esta aguanta a hundimiento, en el caso de la distribución de tensiones triangular.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4 \cdot N}{3 \cdot (D - 2 \cdot e) \cdot D} = \frac{4 \cdot 9095225,25}{3 \cdot (18 - 2 \cdot 3,13) \cdot 18} = 57385,95 \text{ Pa}$$

$$1,25 \cdot \sigma_{adm} = 1,25 \cdot 250000 = 312500 \text{ Pa} > \sigma_{m\acute{a}x} \rightarrow \text{Cumple a hundimiento}$$

Como se puede observar, la tensión máxima es bastante mayor que la máxima admisible por el terreno por lo que las dimensiones de zapata son válidas tanto para vuelco como para deslizamiento como para hundimiento por lo que concluiremos que las dimensiones elegidas de la zapata son correctas y pasaremos a calcular la armadura necesaria.

2.6 Armadura radial

La armadura radial estará dispuesta como se muestra en la siguiente figura:

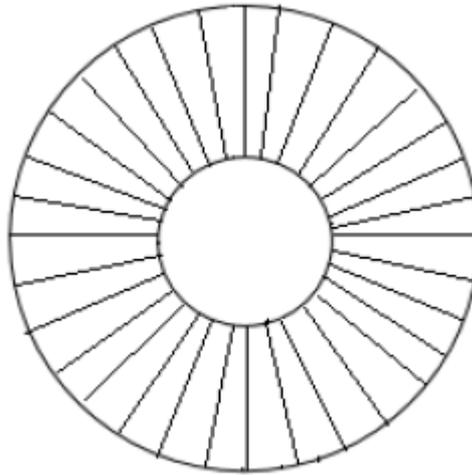


Figura 24 Disposición de la armadura radial.

Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador" Iñaki Núñez Ayala.

Para estimar la armadura necesaria a flexión, el artículo 58.4.2.1.1 del la EHE-08 estipula que la sección de referencia "S₁" es la situada a una distancia de 0,15a hacia el interior del soporte, siendo "a" la dimensión de dicho soporte, como se muestra en la figura.

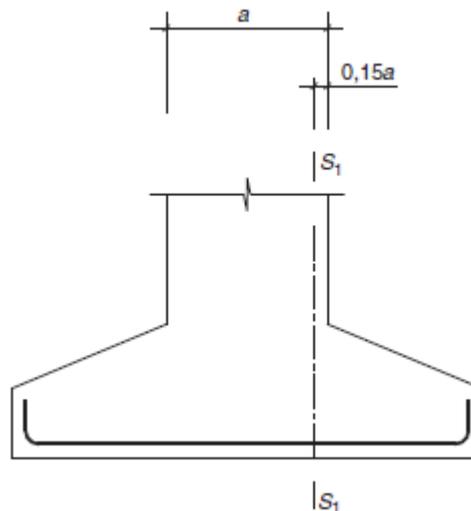


Figura 25 Sección de referencia. Fuente: EHE-08

Sabiendo que la dimensión del soporte es el diámetro de la parte inferior de la torre, que tiene un valor de 4,5 metros, la sección de referencia estará a 0,15a hacia el interior.

$$S_1 = 0,15 \cdot a = 0,15 \cdot 4,5 = 0,675 \text{ m}$$

Según la EHE-08, para hormigones con f_{ck} menores de 50 MPa la profundidad límite es:

$$x_l = 0,625 \cdot d$$

Donde:

d es el valor del canto útil, siendo la distancia desde la superficie hasta el centro de las barras de la armadura, sabiendo que el recubrimiento mínimo es de 25mm y hay que añadir a este valor otros 10mm por ser una construcción in situ. Por lo que:

$$d = H_t - r_{\min} - r_{in \text{ situ}} = 2000 - 25 - 10 = 1965 \text{ mm}$$

$$x_l = 0,625 \cdot 1965 = 1228,13 \text{ mm}$$

Para el hormigón con una resistencia característica $f_{ck} = 25$ MPa, el coeficiente de seguridad, al ser cargas persistentes será de 1,5, por lo que el valor de la resistencia del material minorada valdrá:

$$f_{cd} = \frac{25}{1,5} = 16,37 \text{ MPa}$$

Por otro lado, se calcularán también los valores para la resistencia característica del acero, sabiendo que $f_{yk} = 500$ MPa, el coeficiente de seguridad al ser carga persistente será de 1,15 y el valor de la resistencia del material minorada será de:

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ahora pasamos a calcular la cuantía mecánica mínima a flexión. Para evitar la rotura frágil con piezas armadas, en las que el agotamiento del acero se produce antes de la fisuración del hormigón, es necesario colocar una mínima cantidad de armadura en la zona traccionada, de esta forma se evita la rotura frágil que podría sobrevenir. Según el artículo 3.1.2 del anejo 7 de la EHE-08, existen dos casos para la determinación de la misma.

Primer caso: $M_d \leq 0,375 \cdot U_0 \cdot d$

$$U_{s2} = 0$$

$$U_{s1} = U_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_d}{U_0 \cdot d}} \right)$$

Segundo caso: $M_d > 0,375 \cdot U_0 \cdot d$

$$U_{s2} = \frac{M_d - 0,375 \cdot U_0 \cdot d}{d - d'}$$

$$U_{s1} = 0,5 \cdot U_0 + U_{s2}$$

Donde:

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d = 16,67 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 1965 = 589500000 \text{ N}$$

A continuación, veremos en qué caso nos encontramos para calcular la fuerza que deberá soportar la armadura radial.

$$0,375 \cdot U_0 \cdot d = 0,375 \cdot 589500000 \cdot 1,965 = 434387813 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_d = 28467312,48 < 434387813 \rightarrow \text{Primer caso}$$

Como estamos en el primer caso, la cuantía mecánica a compresión “ U_{s2} ” es nula por lo que no será necesaria, mientras que a tracción sí.

$$U_{s2} = 0$$

$$U_{s1} = 589500000 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 28467312,48}{589500000 \cdot 1,965}} \right) = 14669709,8 \text{ N}$$

Además, se sabe que la cuantía mecánica mínima a flexión “ U_{s1} ” es:

$$U_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{14669709,8}{434,78} = 33740,53 \text{ mm}^2$$

Por otro lado, la cuantía geométrica mínima se obtiene de la tabla 42.3.5 de la EHE-08, en ella se dice que la cuantía geométrica mínima de las armaduras para zapatas será el mismo que para losas y es un 1,8 por mil de la sección transversal de hormigón.

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas ⁽¹⁾		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾		3,3	2,8
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

Figura 26 Cuantías geométricas mínimas en tanto por mil. Fuente: EHE-08.

$$A_{s1} \geq 0,0018 \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 18000 \cdot 1965 = 63666 \text{ mm}^2$$

Como la cuantía geométrica mínima es mayor que la necesaria para el cálculo de flexión, pues será esta la que utilizaremos. Para la cantidad de armadura necesaria se calcularán el número de barras de acero corrugado, elegiremos barras de 20 mm de diámetro.

$$n^{\circ} \text{ de barras} = \frac{A_{s1}}{\text{Área de la barra}} = \frac{63666}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 202,66 \approx 203$$

Una vez determinado el número de barras, se deberá calcular la separación entre las mismas para que cubran la totalidad de la cimentación de una manera equitativa.

$$\text{Separación} = \frac{\text{Área superficie} - n^{\circ} \text{ de barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ de barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 9000 - 203 \cdot 20}{203 - 1} = 259,84 \text{ mm}$$

Esta separación cumple con lo establecido en la norma EHE-08 de separación máxima en la que dice que ésta no puede llegar a 300mm.

2.7 Armadura circular

La armadura circular será necesaria además de la radial para soportar los esfuerzos de flexión a los que está sometida la zapata. Para el cálculo de esta armadura, se ha seguido lo especificado en el libro “Cálculo de Estructuras de Cimentación” de José Calavera Ruiz. Se realizará el estudio de acuerdo al capítulo 15 de “Cimentaciones anulares de construcciones con simetría de revolución”. La armadura estará distribuida como se muestra la siguiente figura:

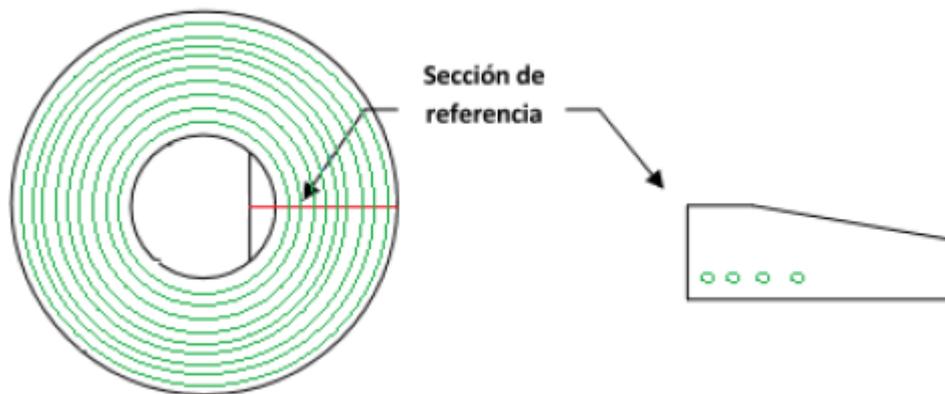


Figura 27 Disposición de la armadura circular.

Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador" Iñaki Núñez Ayala.

Se parte del caso general de cimiento anular y se supone que el radio r_0 de la superficie media de apoyo de la construcción en anillo coincide con la circunferencia del lugar geométrico de los centros de gravedad de los sectores anulares correspondientes a un ángulo $d\varphi$, como se muestra en la figura.

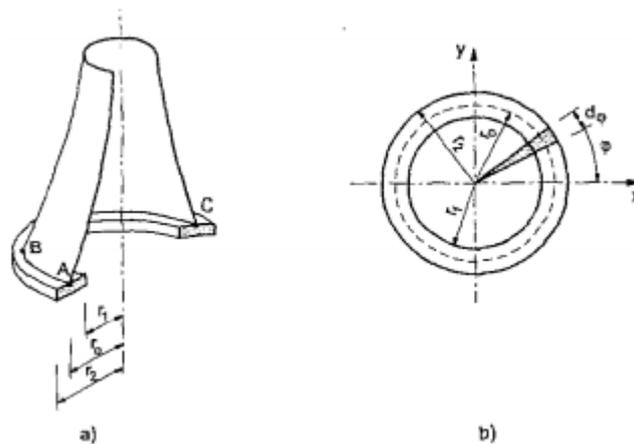


Figura 28 Vista en alzado y planta del cimiento anular. Fuente: "Cálculo de Estructuras de Cimentación" José Calavera Ruiz

Esto conduce a que la sección recta del anillo no experimente rotaciones debidas a la reacción del suelo correspondiente a cargas verticales, ni a las acciones verticales de la estructura sobre el cimiento.

Bajo acciones horizontales, además de las verticales, podemos considerar tres casos:

1. Si el cimiento puede considerarse como infinitamente rígido, gira conjunta y solidariamente con la estructura un ángulo α , con reacción del suelo linealmente variable y flexión del cimiento exclusivamente radial.

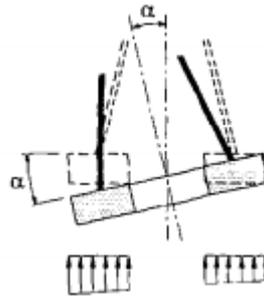


Figura 29 Caso 1: comportamiento cimiento infinitamente rígido.

Fuente: "Cálculo de Estructuras de Cimentación" José Calavera Ruiz

2. Si el cimiento puede considerarse como infinitamente flexible, la estructura gira un ángulo α como cuerpo rígido pero la zapata se torsiona para conservar la horizontalidad correspondiente a una reacción uniforme del suelo.

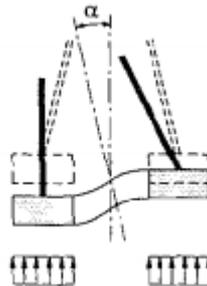


Figura 30 Caso 2: comportamiento cimiento infinitamente flexible.

Fuente: "Cálculo de Estructuras de Cimentación" José Calavera Ruiz

3. En la práctica, se está en un caso intermedio en que la rigidez, aun siendo elevada, es finita, y además de la flexión radial aparecen esfuerzos de flexión longitudinal, tangenciales y de torsión.

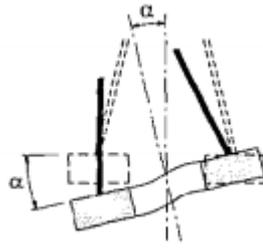


Figura 31 Caso 3: comportamiento cimiento real. Fuente: "Cálculo de Estructuras de Cimentación" José Calavera Ruiz

Tras imponer las condiciones de equilibrio del elemento diferencial del anillo y desarrollar un extenso cálculo relacionando las deformaciones con las solicitaciones deduce, para la armadura circular, el proceso de cálculo siguiente:

- a) En primer lugar, establecer las dimensiones de la zapata para el cálculo.

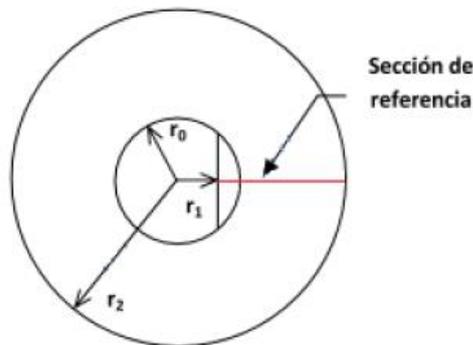


Figura 32 Esquema de las dimensiones para el cálculo.

Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador" Iñaki Núñez Ayala.

Donde:

r_2 es el radio exterior de la zapata (9 metros).

r_1 es la distancia del centro de la zapata hasta la sección de referencia.

r_0 es el radio de la torre en la base (2,25 metros).

$$r_1 = r_0 - S_1 = 2,25 - 0,675 = 1,575 \text{ m}$$

Una vez tenemos estos datos, se calcularán todos los valores necesarios como se establece en el libro de José Calavera.

b) Evaluación del módulo de balasto K_c mediante la siguiente ecuación:

$$K_c = K_{30} \cdot \left(\frac{b + 0,3}{2 \cdot b} \right)^2$$

Donde:

K_{30} es el coeficiente de balasto medido con plataforma de 30x30cm. Su valor para estructuras horizontales localizadas en terrenos arenosos puede encontrarse entre 1 kg/cm³ para arena floja y 16 kg/cm³ para arena densa, nosotros consideraremos una arena media de 4 kg/cm³.

b es la diferencia entre los radios r_1 y r_2 .

$$b = r_2 - r_1 = 9 - 1,575 = 7,425 \text{ m}$$

$$K_c = 39240000 \cdot \left(\frac{7,425 + 0,3}{2 \cdot 7,425} \right)^2 = 10618741,97 \text{ N/m}^3$$

c) Cálculo de ξ con las siguientes expresiones:

$$\xi = \frac{\pi \cdot (E \cdot I + G \cdot J)}{r_0 \cdot \left(I_s - \frac{r_0^2 \cdot A}{2} \right)}$$

Donde:

E es el módulo de elasticidad del hormigón que será $30 \cdot 10^6$ kN/m².

I es el momento de inercia de la zapata.

$$I = \frac{1}{12} \cdot d_1 \cdot d_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 7,425 \cdot 2^3 = 4,95 \text{ m}^4$$

G es el módulo de elasticidad transversal para el hormigón que consideramos que será $12,6 \cdot 10^6$ kN/m².

I_s es el momento de inercia del anillo.

$$I_s = \frac{\pi}{4} \cdot (r_2^4 - r_1^4) = \frac{\pi}{4} \cdot (9^4 - 1,575^4) = 5148,16 \text{ m}^4$$

A es el área del anillo.

$$A = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2) = \pi \cdot (9^2 - 1,575^2) = 246,66 \text{ m}^2$$

Siendo J:

$$J = \beta \cdot d_1 \cdot d_2^3$$

Donde:

β es un coeficiente en función de las dimensiones de la sección.

d_1 es la diferencia de radios r_1 y r_2 .

d_2 es la altura total de la zapata (2 metros).

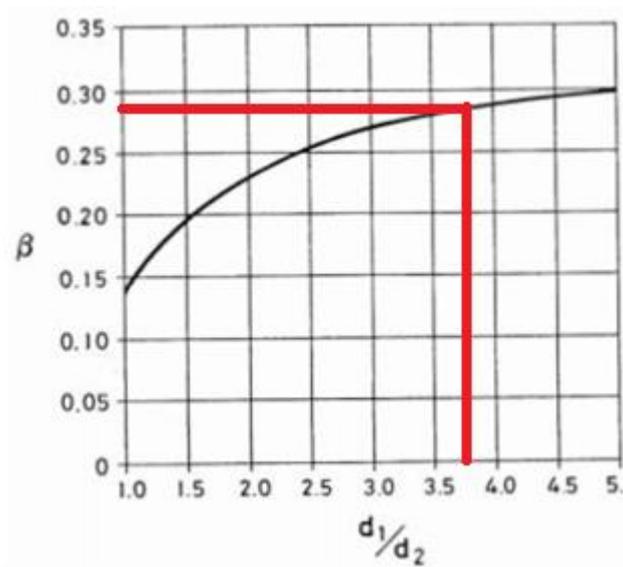


Figura 33 Gráfica de los valores del coeficiente β . Fuente: "Cálculo de Estructuras de Cimentación" José Calavera Ruiz

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{7,425}{2} = 3,71 \rightarrow \beta \approx 0,28$$

$$J = 0,28 \cdot 7,425 \cdot 2^3 = 16,632 \text{ m}^4$$

Sustituyendo todo en la expresión original obtenemos:

$$\xi = \frac{\pi \cdot (30000000000 \cdot 4,95 + 12600000000 \cdot 16,632)}{2,25 \cdot \left(5148,16 - \frac{2,25^2 \cdot 246,66}{2}\right)} = 110516444,9$$

d) Cálculo del giro máximo del eje de la estructura " θ_0 ".

$$\theta_0 = \frac{M_d}{\xi \cdot I_s + K_c \cdot \frac{r_0^2 \cdot A}{2}} = \frac{1,5 \cdot 28467312,48}{110516444,9 \cdot 5148,16 + 10618741,97 \cdot \frac{2,25^2 \cdot 246,66}{2}} = 0,000074187$$

e) Se calculará la inclinación del cimienta “ α ”.

$$\alpha' = \theta_0 \cdot \left(1 + \frac{\xi}{K_c}\right) = 0,000074187 \cdot \left(1 + \frac{110516444,9}{10618741,97}\right) = 0,0008463$$

f) Por último, habrá que calcular el valor del momento “ $M\phi$ ”.

$$M\phi = \frac{E \cdot I \cdot \theta_0}{r_0} = \frac{30000000000 \cdot 4,95 \cdot 0,000074187}{2,25} = 4896328,77 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Una vez determinado el valor del momento ya se podrá determinar la cuantía de armadura necesaria.

$$U_s = \frac{M\phi}{d} = \frac{4896328,77}{1,965} = 2491770,37 \text{ N}$$

Conociendo la capacidad mecánica se puede hallar el valor del área de armadura necesaria.

$$A = \frac{U_s}{f_{yd}} = \frac{2491770,37}{434,78} = 5731,07 \text{ mm}^2$$

Una vez determinada la cantidad de armadura necesaria, se calcularán el número de barras de acero corrugado de un diámetro de 16mm.

$$n^\circ \text{ de barras} = \frac{A}{\text{Área de cada barra}} = \frac{5731,07}{\frac{\pi \cdot 16^2}{4}} = 28,5 \approx 29$$

Una vez determinado el número de barras, se deberá calcular la separación entre ellas para que cubran toda la cimentación de manera equitativa, por lo que:

$$\text{Separación} = \frac{\text{Longitud a cubrir} - n^\circ \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^\circ \text{ de barras} - 1} = \frac{7425 - 29 \cdot 16}{29 - 1} = 248,61 \text{ mm}$$

Esta separación cumple con lo establecido por la norma EHE-08 de separación máxima de 300mm, por lo que damos por válido el valor obtenido.

2.8 Armadura a cortante

La cuantía de armadura a cortante se calculará mediante lo que expone el apartado 3.2.3.2 del artículo 44 de la EHE-08 del “Estado límite de agotamiento frente a cortante”. Siguiendo

dicha instrucción, la resistencia a tensiones tangenciales en zapatas flexibles debe comprobarse a cortante como elemento lineal y a punzonamiento.

La sección de referencia para determinar la armadura a cortante se situará a una distancia igual al canto útil “d”, contando a partir de la cara de la torre, además deberá ser plana y perpendicular a la base de la zapata. En la siguiente figura se muestra el perímetro resistente a cortante indicado.

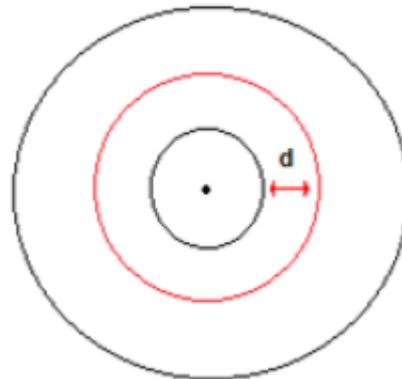


Figura 34 Perímetro a cortante. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador” Iñaki Núñez Ayala.

Ya hemos calculado anteriormente el canto útil “d” de la zapata que será:

$$d = H_t - r_{\text{mín}} - r_{\text{in situ}} = 2000 - 25 - 10 = 1965 \text{ mm}$$

El esfuerzo cortante de diseño, será el producido por la distribución de tensiones del terreno bajo el módulo en cuestión, además, a esta tensión habrá que restarle la carga cortante debida al peso propio de las tierras y el hormigón que contrarresta a la de diseño. La distribución de tensiones del terreno es la que se muestra en la siguiente figura:

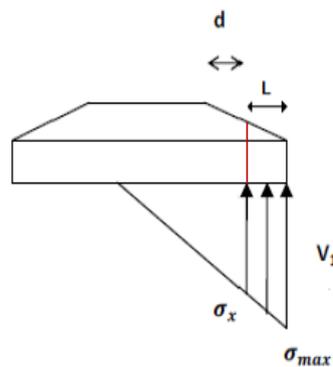


Figura 35 Descomposición de la ley de cortantes. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador” Iñaki Núñez Ayala.

Teniendo en cuenta lo comentado anteriormente:

$$V_{rd} = V_1 - V_{pp}$$

Siendo:

$$V_1 = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_x}{2} \cdot L \cdot b$$

Donde:

$\sigma_{m\acute{a}x}$ es el valor de la tensión máxima que ya la calculamos en apartados anteriores y tiene un valor de 57385,95 Pa.

σ_x es el valor de la tensión en la sección de referencia, para obtener este valor se utilizó el programa informático Solidworks que calcula las tensiones en una estructura mediante el método de elementos finitos a partir de establecer la geometría de esta, sus restricciones y sus cargas. El valor que obtuvimos fue $1,055 \cdot 10^5$ Pa.

L es la distancia desde la periferia hasta la sección de referencia.

$$L = R - d - R_{fuste} = 9 - 1,965 - 2,25 = 4,785 \text{ m}$$

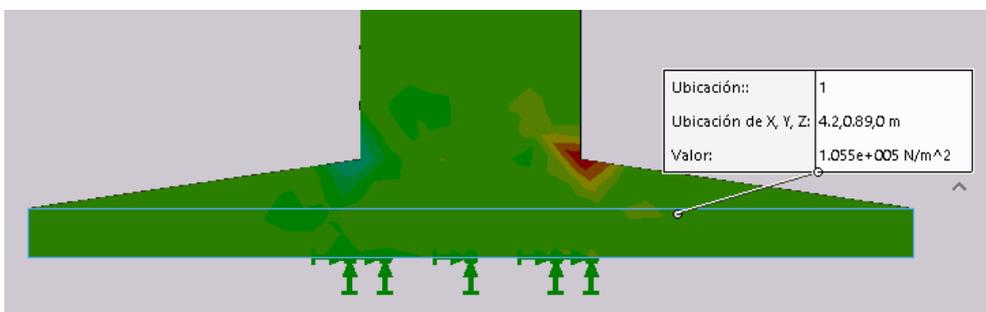


Figura 36 Tensión en la sección de referencia. Fuente: propia.

Sustituyendo los valores obtendremos:

$$V_1 = \frac{57385,95 + 1,055 \cdot 10^5}{2} \cdot 4,785 \cdot 18 = 7014683,31 \text{ N}$$

Ahora pasamos a calcular el cortante producido por el peso propio de la zapata y la tierra.

$$V_{pp} = A_{m\acute{o}dulo} \cdot (\gamma_h \cdot h + \gamma_t \cdot h) \cdot \gamma_G$$

Donde:

$A_{módulo}$ es el área de la zapata que contribuye al cortante.

$$A_{módulo} = L \cdot b$$

γ_h es el peso específico del hormigón que es 24525 N/m³.

γ_t es el peso específico de las tierras que es 18000 N/m³.

h es la altura de la cantidad de hormigón y de tierra que es 1 metro.

γ_G es el factor de mayoración de los pesos de tierra y el hormigón que es de 1,35.

$$V_{pp} = 4,785 \cdot 18 \cdot (24525 \cdot 1 + 18000 \cdot 1) \cdot 1,35 = 4944615,64 \text{ N}$$

$$V_{rd} = 7014683,31 - 4944615,64 = 2070067,67 \text{ N}$$

El estado límite último por esfuerzo cortante puede alcanzarse por:

1. El agotamiento por compresión oblicua en el alma (V_{u1}) correspondiente al agotamiento del hormigón.
2. El agotamiento por tracción en el alma (V_{u2}) correspondiente a la tracción en los estribos.

Se deberán hacer las siguientes comprobaciones:

1. $V_d \leq V_{U1}$
2. $V_d \leq V_{U2}$

Empezaremos haciendo la comprobación del agotamiento por tracción en el alma.

$$V_{rd} = V_{U2} = V_{CU} + V_{SU}$$

Donde:

V_{CU} es la contribución del hormigón al cortante.

V_{SU} es la contribución del acero al cortante.

El cálculo de V_{CU} se realiza con la siguiente fórmula:

$$V_{CU} = \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d$$

Donde:

γ_c es el coeficiente parcial de seguridad, con un valor de 1,5.

ρ_l es la cuantía geométrica de la armadura longitudinal traccionada anclada a una distancia mayor del canto útil a partir de la sección de estudio, es decir, las armaduras radial y circular.

f_{ck} es la resistencia característica del hormigón que consideramos 25 N/mm².

$$\rho_l = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{29 \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4} + 203 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4}}{18000 \cdot 1965} = 0,00197$$

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1965}} = 1,319$$

Por lo tanto, sustituyendo en la expresión original obtenemos:

$$V_{CU} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,319 \cdot (100 \cdot 0,00197 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \cdot 18000 \cdot 1965 = 7934854,92 \text{ N}$$

Una vez determinados los valores de V_{U2} y V_{CU} , se puede obtener el valor de V_{SU} .

$$V_{SU} = V_{U2} + V_{CU} = 2070067,67 - 7934854,92 = -5864787,24 \text{ N}$$

Como es negativa, nos indica que teóricamente no haría falta colocar estribos que soporten el esfuerzo cortante, pero como esto no cumpliría con la separación mínima entre armaduras, optaremos por colocar la mínima que cumpla con ese criterio. Según la EHE-08, la separación “ S_t ” entre armaduras transversales deberá cumplir las siguientes condiciones:

$$S_t \leq 0,75 \cdot d (\leq 600 \text{ mm}), \text{ si } V_d \leq 0,2 \cdot V_{U1}$$

$$S_t \leq 0,6 \cdot d (\leq 450 \text{ mm}), \text{ si } 0,2 \cdot V_{U1} < V_d \leq 0,66 \cdot V_{U1}$$

$$S_t \leq 0,3 \cdot d (\leq 300 \text{ mm}), \text{ si } V_d \geq 0,66 \cdot V_{U1}$$

El valor del agotamiento del hormigón es el siguiente:

$$V_{U1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot 16,67 \cdot 18000 \cdot 1965 = 176850000 \text{ N}$$

$$2070067,67 = V_d \leq 0,2 \cdot V_{U1} = 35370000$$

Como $0,75 \cdot d$ supera el valor máximo permitido de separación entre estribos optaremos por una separación de 600mm. Para asegurar el correcto anclaje de las barras encargadas de las armaduras, se colocarán estribos en cuatro disposiciones diferentes a lo largo de la cimentación

para diferentes valores de radio, concretamente para 3 metros, 4 metros, 5 metros y 6 metros. Todos estos estribos tendrán un diámetro de 20mm.

Para la circunferencia de 3 metros de radio:

$$S = 600 = \frac{\text{Longitud} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3000 - n^{\circ} \text{ barras} \cdot 20}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$n^{\circ} \text{ barras} = 31,37 \approx 32$$

Para la circunferencia de 4 metros de radio:

$$S = 600 = \frac{\text{Longitud} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4000 - n^{\circ} \text{ barras} \cdot 20}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$n^{\circ} \text{ barras} = 40,76 \approx 41$$

Para la circunferencia de 5 metros de radio:

$$S = 600 = \frac{\text{Longitud} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5000 - n^{\circ} \text{ barras} \cdot 20}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$n^{\circ} \text{ barras} = 49,97 \approx 50$$

Para la circunferencia de 6 metros de radio:

$$S = 600 = \frac{\text{Longitud} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6000 - n^{\circ} \text{ barras} \cdot 20}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$n^{\circ} \text{ barras} = 58,92 \approx 59$$

2.9 Punzonamiento

El punzonamiento es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en la superficie. Para su comprobación es esencial conocer el perímetro de punzonamiento “ u_1 ” que se muestra en la siguiente figura donde “ r ” es el radio de la torre y “ R ” es el radio crítico que es la suma del radio de la torre y dos veces el canto útil “ d ”.

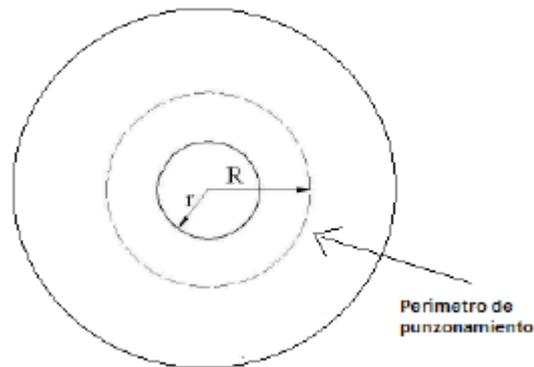


Figura 37 Esquema del perímetro de punzonamiento.

Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador" Iñaki Núñez Ayala

$$R = r + 2 \cdot d = 2250 + 2 \cdot 1965 = 6180 \text{ mm}$$

$$u_1 = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot 6,18 = 38,83 \text{ m}$$

Para que la zapata cumpla el artículo 46.3 de la EHE-08 a punzonamiento se debe dar que:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd}$$

Donde:

τ_{sd} es la tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico.

τ_{rd} es la tensión tangencial máxima resistente.

Para calcular la tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico primero hay que obtener el esfuerzo de punzonamiento de cálculo que es el producto de la carga vertical en la base de la torre y el coeficiente de mayoración, que será de 1,5.

$$F_{sd} = N \cdot \gamma_f = 124000 \cdot 1,5 = 186000 \text{ N}$$

A partir de esto calculamos el esfuerzo efectivo de punzonamiento de cálculo, que es el producto del esfuerzo de punzonamiento de cálculo y el coeficiente "β" que tiene en cuenta el momento y vale 1,5.

$$F_{sd,ef} = \beta \cdot F_{sd} = 1,5 \cdot 186000 = 279000 \text{ N}$$

Con esto, ya podemos calcular la tensión tangencial nominal de cálculo que compararemos con la máxima resistente para comprobar si hay punzonamiento.

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd,ef}}{u_1 \cdot d} = \frac{279000}{38,83 \cdot 1,965} = 3656,57 \text{ Pa}$$

Ahora pasamos a calcular la tensión tangencial máxima resistente en el perímetro crítico, que, según el artículo 46.3 de la EHE-08 se calcula mediante:

$$\tau_{rd} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{cv})^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

ρ_l es la cuantía geométrica de la armadura (su área transversal total), que ya calculamos anteriormente.

γ_c es un coeficiente de minoración de valor 1,5.

f_{cv} es la resistencia efectiva del hormigón, en nuestro caso es de 25 MPa.

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1965}} = 1,319$$

Por lo que quedaría:

$$\tau_{rd} = \frac{0,18}{1,5} \cdot 1,319 \cdot (100 \cdot 0,00197 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} = 0,269 \text{ MPa} = 269206,27 \text{ Pa}$$

$$\tau_{rd} > \tau_{sd} \rightarrow \text{Cumple a punzonamiento}$$

Así observamos que el punzonamiento no supondrá ningún problema a la hora de calcular la armadura de cimentación.

2.10 Armadura superior de flexión

A causa de un posible despegue de la zapata, la zona de esta que se levanta estaría sometida a un momento flector “ M_{pp} ” generado por su propio peso y el de las tierras situadas sobre ella. Las solicitaciones de la estructura de cimentación debidas a este fenómeno son muy similares a las producidas en un voladizo, esto exige la colocación de armadura en la parte superior de la zapata, capaz de resistir dichas solicitaciones a flexión.

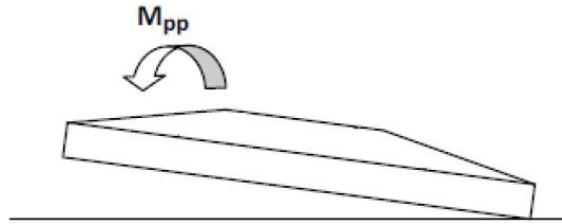


Figura 38 Esquema del momento flector en la cara superior de la zona despegada. Fuente:

Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador" Iñaki Núñez Ayala

Estos esfuerzos de flexión son mucho menores que los producidos en la cara inferior de la zapata y se dimensionará de acuerdo al anejo 7 de la EHE-08 para el dimensionamiento a flexión simple. Por considerarse una acción desfavorable y permanente, se debe aplicar el coeficiente de seguridad correspondiente de 1,35, además sabemos que la densidad del hormigón tiene un valor de 2500 kg/m^3 y que el único momento que deberá soportar esta armadura es el producido por el peso de la zapata.

$$M_d = \rho_{\text{hormigón}} \cdot V_{\text{zapata}} \cdot \gamma = 2500 \cdot 9,81 \cdot 365,8 \cdot 1,35 = 12111154,08 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Una vez calculado el momento de cálculo M_d , se deberá calcular el valor de la cuantía U_0 , que, como ya se expuso anteriormente es:

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d = 16,67 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 1,965 = 589500000 \text{ N}$$

A continuación, habrá que determinar el caso al que pertenece, para ello se deberá calcular el valor de $0,375 \cdot U_0 \cdot d$ y compararlo con el momento de cálculo M_d .

$$0,375 \cdot U_0 \cdot d = 0,375 \cdot 589500000 \cdot 1,965 = 434387813 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_d = 12111154,08 < 434387813 \rightarrow \text{Primer caso}$$

Sabiendo que pertenece al primer caso, se calcularán los valores de las cuantías del acero:

$$U_{s2} = 0$$

$$U_{s1} = 589500000 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12111154,08}{589500000 \cdot 1,965}} \right) = 6195999,03 \text{ N}$$

Como se observa la cuantía mecánica a compresión "Us2" es nula por lo que no será necesaria, por otro lado, se sabe que la cuantía mecánica mínima a flexión "Us1" es:

$$U_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{6195999,03}{434,78} = 14250,8 \text{ mm}^2$$

Por otro lado, la cuantía geométrica mínima se obtiene de la tabla 42.3.5 de la EHE-08, en ella se dice que la cuantía geométrica mínima de las armaduras para zapatas será el mismo que para losas y es un 1,8 por mil de la sección transversal de hormigón.

$$A_{s1} \geq 0,0018 \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 18000 \cdot 1965 = 63666 \text{ mm}^2$$

Como la cuantía geométrica mínima es mayor que la necesaria para el cálculo de flexión, pues será esta la que utilizaremos. Para la cantidad de armadura necesaria se calcularán el número de barras de acero corrugado, elegiremos barras de 20 mm de diámetro.

$$n^{\circ} \text{ de barras} = \frac{A_{s1}}{\text{Área de la barra}} = \frac{63666}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 202,66 \approx 203$$

Una vez determinado el número de barras, se deberá calcular la separación entre las mismas para que cubran la totalidad de la cimentación de una manera equitativa.

$$\text{Separación} = \frac{\text{Área superficie} - n^{\circ} \text{ de barras} \cdot \phi_{barras}}{n^{\circ} \text{ de barras} - 1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 9000 - 203 \cdot 20}{203 - 1} = 259,84 \text{ mm}$$

Esta separación cumple con lo establecido en la norma EHE-08 de separación máxima en la que dice que ésta no puede llegar a 300mm.

2.11 Resumen de los resultados

Una vez realizados todos los cálculos se hará un resumen de los resultados más significativos para el montaje de la cimentación en la siguiente tabla:

Dimensiones de la zapata						
R(m)	Di (m)	Dc (m)	Df (m)	Ht (m)	Hb (m)	A (m ²)
9	18	18	4,5	2	1	254,47
Acciones						
Lugar de la acción		N (N)		V (N)		M (N·m)
En la base de torre		124000		584391,74		28467312,48
En la base de la cimentación		9095225,25		584391,74		28467312,48
Estabilidad y hundimiento						
FS _{vuelco}		FS _{deslizamiento}			σ _{máx} (Pa)	
1,306		6,45			57385,95	
Armadura a flexión						
Dirección	M _d (N·m)	U _{s1} (N)	A _{s,nec} (mm ²)	φ (mm)	S (mm)	Nº de barras
Radial inferior	28467312,48	14669709,82	63666	20	259,84	203
Circular inferior	4896328,77	2491770,37	5731,1	16	248,61	29
Radial superior	12111154,08	6195999,03	63666	20	259,84	203
Circular superior	4896328,77	2491770,37	5731,1	16	248,61	29
Armadura a cortante						
V _{rd} (N)		V _{su} (N)		A _{st,nec} (mm ²)	φ (mm)	S (mm)
2070067,67		-5864787,24		0	20	600

Tabla 34 Resumen de la cimentación. Fuente: propia.



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexo III: Cálculos eléctricos

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

3. Cálculos eléctricos

3.1 Motor y variador de velocidad

Como ya comentamos, el sistema de paso será accionado mediante un motor de inducción unido a un variador de velocidad que hará girar cada una de las palas del aerogenerador. Para elegir el motor primero habrá que conocer la tensión a la que funcionará el generador que sabemos que será 400V en línea. El motor elegido para accionar cada una de las palas será un motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB del fabricante ABB y sus especificaciones son las siguientes:

P_N	30 kW
V_N	400 V
f_N	50 Hz
n_N	2948 rpm
I_N	54 A
Número de polos	2
Factor de potencia	0,88
Par nominal	97 Nm
Rendimiento	91,1 %
Peso	160 kg

Tabla 35 Especificaciones del motor elegido para el sistema de paso. Fuente: <https://new.abb.com/es>

La intensidad que tendrá que soportar este motor será:

$$I = \frac{P_N}{U_N \cdot \sqrt{3} \cdot FP} = \frac{30000}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,88} = 49,21 \text{ A}$$

Como vemos, la intensidad es menor que la intensidad nominal “ I_N ” del motor de 54 A, por lo que en condiciones nominales no habrá ninguna sobretensión. Lo siguiente que haremos será determinar la sección y el cable que utilizaremos para conectar el motor de inducción con el variador de velocidad. Calcularemos la intensidad según dos criterios, el primero es el de la intensidad admisible del cable y el segundo criterio es el del cálculo de la sección teniendo en cuenta la caída máxima de tensión permitida. Según la ITC-BT-47, los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor, por lo tanto:

$$I_{conductor} = 1,25 \cdot I = 1,25 \cdot 49,21 = 61,51 A$$

Lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar un factor de corrección de temperatura a los cables:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$

Donde:

F_t es el factor de corrección de temperatura.

θ_a es la temperatura de servicio.

θ_s es la temperatura máxima de servicio que nos indica el fabricante, aunque también se puede encontrar en la tabla A de la ITC-BT-07.

$$F_t = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = 0,894$$

Aplicando el factor de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t} = \frac{61,51}{0,894} = 85,96 A$$

Los cables de conexión al generador, situado en la góndola, y el cuadro de baja tensión, situado en la base de la torre, deben poseer una flexibilidad que permita el funcionamiento adecuado del sistema de orientación. Por esta razón, se emplean cables de clase de rigidez mecánica 5 o 6. Por lo tanto usaremos un cable del tipo H07RN-F, que es un cable flexible para instalación fija, de clase 5, con aislamiento de goma y cubierta de neopreno (polipropileno) con una tensión nominal de 450/750V, del fabricante Topcable. El primer cable cuya intensidad admisible supera la de diseño al aire libre es el de 16 mm², por lo que comprobaremos este cable para el criterio de caída de tensión.

Según la ITC-BT-19, la caída de tensión máxima para usos que no sean de alumbrado o del interior de viviendas es del 5%, por lo que la sección mínima según este criterio se calculará con la siguiente expresión para líneas trifásicas:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Donde:

S es la sección del cable.

P es la potencia activa prevista en la línea.

L es la longitud del cable, que será de 3 metros.

γ es la conductividad del conductor, varía con la temperatura, pero consideraremos el más desfavorable que para el cobre es $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.

e es la caída de tensión permitida, que como ya comentamos es del 5%.

U es la tensión nominal de la línea, para trifásica es de 400V.

$$S = \frac{1,25 \cdot 30000 \cdot 3}{44 \cdot 0,05 \cdot 400 \cdot 400} = 0,32 \text{ mm}^2$$

Como vemos, cumple sobradamente el criterio de caída de tensión por lo que el cable elegido para conectar el motor de inducción y el variador de velocidad tendrá las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	XTREM H07RN-F
Aislamiento	Goma
Cubierta	Polipropileno
Conductor	Clase 5 (flexible)
Voltaje	450/750V
Sección	16 mm^2
Intensidad admisible	101A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 36 Características del cable que conecta el motor y el variador de velocidad. Fuente: <https://www.topcable.com/>

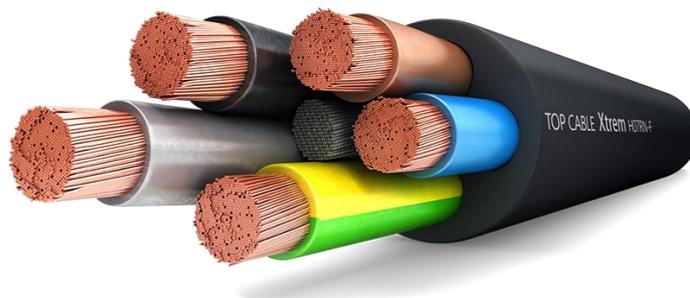


Figura 39 Imagen del cable XTREM H07RN-F de Topcable. Fuente: <https://www.topcable.com/>

Según el apartado 1 de cables de la ITC-BT-07, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será la misma a la de los conductores de fase cuando hay dos o tres conductores y, si hay cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla que aparece a continuación:

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla 37 Sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores. Fuente: REBT ITC-BT-07

Como tendremos, además del conductor neutro, tres conductores de fase y uno de protección, utilizaremos el valor de sección del neutro recomendado por la tabla, como los conductores de fase son de 16 mm² y de cobre, la sección del neutro será de 10 mm² y según la norma IEC 60446, su color será azul claro.

Por último, para decidir la sección del conductor de protección es necesario mirar la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, en la que se establece la sección mínima de los conductores de protección y que dice lo siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla 38 Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: REBT ITC-BT-18

En este caso, como la sección del cable de fase es de 16 mm², la sección mínima del conductor de protección será igual a la sección de los conductores de fase de la instalación, por lo que también será de 16 mm² y, de acuerdo a la norma IEC 60446, el color del conductor de protección será verde-amarillo.

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie, los tubos rígidos son aquellos que requieren de técnicas especiales para su curvado, están previstos para instalaciones superficiales y sus cambios de dirección se pueden realizar mediante accesorios específicos como curvas o derivaciones en T. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la norma UNE-EN 60423. En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC-BT-21 del REBT.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 39 Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas. Fuente: REBT ITC-BT-21

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC-BT-21 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 40 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir para canalizaciones fijas en superficie. Fuente: REBT ITC-BT-21

Como ya indicamos anteriormente, el número de conductores que habrá en cada tubo será cinco, tres conductores de fase, el neutro y el de protección y la sección de los conductores de fase es de 16 mm², por lo que, según la tabla, necesitaremos un tubo de 32 mm de diámetro.

Si se quiere que la velocidad de giro de las palas sea variable, esto puede lograrse de dos maneras:

1. Tener dos generadores con sus respectivas reductoras que funcionen a velocidades distintas.
2. Contar con un sistema de variación de velocidad de giro.

Se ha optado por un sistema con el que pueda controlar la velocidad de giro de las palas, de esta manera, se podrán realizar modificaciones del ángulo a la velocidad deseada para poder corregir con la máxima precisión la posición de las palas.

El variador electrónico de velocidad que se ha elegido es el modelo VAT300 del fabricante General Electric y sus características son las siguientes:

Modelo	VAT300 U3SX045K0
Tensión nominal	400V
Servicio normal: capacidad	60kVA
Servicio normal: corriente continua máxima	87A
Servicio normal: potencia máxima del motor	45kW
Peso	25kg

Tabla 41 Características del variador electrónico de velocidad. Fuente: <https://www.ge.com/es/>

El variador, mediante un control tensión-frecuencia, controla la velocidad del motor de inducción para que este a su vez controle la velocidad de giro de las palas. Por último, mencionaremos que el variador VAT300 tiene unas pérdidas de potencia de aproximadamente unos 3000W, estas pérdidas se deben al autoconsumo del variador para funciones como la ventilación o las pérdidas eléctricas ya que su rendimiento no es del 100%.

3.2 Líneas eléctricas

La línea del tercer aerogenerador se conectará con las celdas de media tensión del segundo y la línea que sale del segundo con las celdas de media tensión del primero, desde el cual se realizará el transporte hasta la subestación eléctrica, todo esto se llevará a cabo a media tensión. El transporte se realiza a media tensión, a una tensión de 20kV, en corriente alterna con el objetivo de reducir las pérdidas y la caída de tensión en la línea, también se podría haber realizado a alta tensión, pero al tratarse de una línea de poca longitud no es necesario. El esquema de la línea eléctrica es el siguiente:

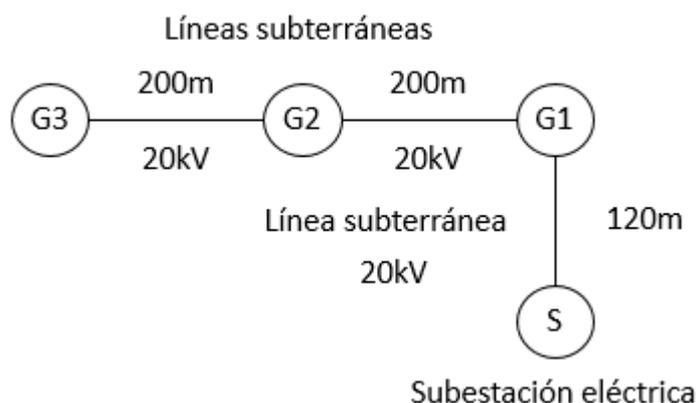


Figura 40 Esquema de la línea eléctrica. Fuente: propia.

3.2.1 Cableado del generador al convertidor

El generador posee una tensión nominal de línea de 690V, por lo que la intensidad que circulará a la salida del generador en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{750000}{\sqrt{3} \cdot 690 \cdot 0,9} = 697,28 \text{ A}$$

Lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar un factor de corrección de temperatura a los cables:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = 0,894$$

Aplicando el factor de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t} = \frac{697,28}{0,894} = 779,59 \text{ A}$$

Utilizaremos un tipo de cable distinto al que conecta el motor de inducción con el variador de velocidad porque la tensión y la intensidad que tendrá que soportar es mayor, optaremos por el modelo RV-K, también del fabricante Topcable, de características similares en lo que respecta a flexibilidad al modelo H07NR-F, pero con una tensión nominal de 0,6/1 kV, en este caso la sección necesaria será de 400 mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{750000 \cdot 75}{44 \cdot 0,05 \cdot 690 \cdot 690} = 53,7 \text{ mm}^2$$

Como vemos, cumple sobradamente el criterio de caída de tensión por lo que el cable elegido para conectar el motor de inducción y el variador de velocidad tendrá las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	Powerflex RV-K
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	PVC (flexible)
Conductor	Clase 5 (flexible)
Voltaje	0,6/1kV
Sección	400 mm ²
Intensidad admisible	823A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 42 Características del cable que conecta el generador y el convertidor de potencia.

Fuente: <https://www.topcable.com/>



Figura 41 Imagen del cable Powerflex RV-K de Topcable. Fuente: <https://www.topcable.com/>

Según el apartado 1 de cables de la ITC-BT-07, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será la misma a la de los conductores de fase cuando hay dos o tres conductores y, si hay cuatro conductores, que es nuestro caso, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1 de la ITC-BT-07 del REBT por lo que la sección del conductor neutro será de 185 mm² y según la norma IEC 60446, su color será azul claro.

A continuación, para decidir la sección del conductor de protección es necesario mirar la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, en la que se establece la sección mínima de los conductores de protección. En este caso, como la sección del cable de fase es de 400 mm², la sección mínima del conductor de protección será igual a la mitad de la sección de los

conductores de fase de la instalación, por lo que será de 200 mm², como no existen cables de esa sección para nuestro modelo optaremos por la inmediatamente superior de 240 mm², de acuerdo a la norma IEC 60446 el color del conductor de protección será verde-amarillo.

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC-BT-21 del REBT.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC-BT-21 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Como ya indicamos anteriormente, el número de conductores que habrá en cada tubo será cinco, tres conductores de fase, el neutro y el de protección y la sección de los conductores de fase es de 400 mm², en este caso la sección supera los valores de la tabla, por lo que utilizaremos un tubo suficientemente grande de 160 mm de diámetro.

3.2.2 Cableado de los motores al transformador de servicio auxiliares

Como la tensión necesaria para el funcionamiento de los motores es de 400V, pero la tensión de salida del generador es de 690V será necesario el uso de un transformador que reduzca la tensión, en este apartado calcularemos la sección del cable que conecta este transformador con los motores. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{3 \cdot 30000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 144,34 \text{ A}$$

Según la ITC-BT-47, los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga de los motores, por lo tanto:

$$I_{conductor} = 1,25 \cdot I_L = 1,25 \cdot 144,34 = 180,42 \text{ A}$$

Lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar un factor de corrección de temperatura a los cables:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = 0,894$$

Aplicando el factor de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t} = \frac{180,42}{0,894} = 201,72 \text{ A}$$

Utilizaremos el mismo tipo de cable que conecta el motor de inducción con el variador de velocidad, pero, aunque el tipo de cable sea el mismo, la intensidad que necesita soportar es distinta por lo que la sección también lo será, en este caso la sección necesaria será de 50 mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{1,25 \cdot 90000 \cdot 75}{44 \cdot 0,05 \cdot 400 \cdot 400} = 23,97 \text{ mm}^2$$

Como vemos, cumple sobradamente el criterio de caída de tensión por lo que el cable elegido para conectar el motor de inducción y el variador de velocidad tendrá las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	XTREM H07RN-F
Aislamiento	Goma
Cubierta	Polipropileno
Conductor	Clase 5 (flexible)
Voltaje	450/750V
Sección	50 mm ²
Intensidad admisible	207A

Máxima temperatura de servicio	90°C
--------------------------------	------

Tabla 43 Características del cable que conecta los motores al transformador de servicios auxiliares.

Fuente: <https://www.topcable.com/>

Según el apartado 1 de cables de la ITC-BT-07, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será la misma a la de los conductores de fase cuando hay dos o tres conductores y, si hay cuatro conductores, que es nuestro caso, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1 de la ITC-BT-07 del REBT por lo que la sección del conductor neutro será de 25 mm² y según la norma IEC 60446, su color será azul claro.

Por último, para decidir la sección del conductor de protección es necesario mirar la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, en la que se establece la sección mínima de los conductores de protección. En este caso, como la sección del cable de fase es de 50 mm², la sección mínima del conductor de protección será igual a la mitad de la sección de los conductores de fase de la instalación, por lo que será de 25 mm², de acuerdo a la norma IEC 60446 el color del conductor de protección será verde-amarillo.

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC-BT-21 del REBT.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC-BT-21 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Como ya indicamos anteriormente, el número de conductores que habrá en cada tubo será cinco, tres conductores de fase, el neutro y el de protección y la sección de los conductores de fase es de 50 mm², por lo que, según la tabla, necesitaremos un tubo de 50 mm de diámetro.

3.2.3 Cableado del transformador de servicios auxiliares al convertidor

El convertidor hará que la tensión y la frecuencia sean constantes una vez hayan pasado por él, de este componente saldrán dos cables, uno hacia el transformador de media tensión y otro hacia el transformador de los servicios auxiliares, en este apartado dimensionaremos el cableado que lleva la energía eléctrica al transformador de servicios auxiliares. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{3 \cdot 30000}{\sqrt{3} \cdot 690 \cdot 0,9} = 83,67 \text{ A}$$

Según la ITC-BT-47, los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga de los motores, por lo tanto:

$$I_{conductor} = 1,25 \cdot I_L = 1,25 \cdot 83,67 = 104,59 \text{ A}$$

Lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 40°C, como este cableado no se encuentra en la góndola supondremos que la temperatura máxima de operación será de 40°C, resultando en el siguiente factor de corrección de temperatura:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 40}} = 1$$

Aplicando el factor de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t} = \frac{104,59}{1} = 104,59 \text{ A}$$

Utilizaremos el mismo tipo de cable que conecta el generador con el convertidor de potencia, pero, aunque el tipo de cable sea el mismo, la intensidad que necesita soportar es distinta por lo que la sección también lo será, en este caso la sección necesaria será de 35 mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{1,25 \cdot 90000 \cdot 5}{44 \cdot 0,05 \cdot 690 \cdot 690} = 0,54 \text{ mm}^2$$

Como vemos, cumple sobradamente el criterio de caída de tensión por lo que el cable elegido para conectar el motor de inducción y el variador de velocidad tendrá las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	Powerflex RV-K
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	PVC (flexible)
Conductor	Clase 5 (flexible)
Voltaje	0,6/1kV
Sección	35 mm ²
Intensidad admisible	169A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 44 Características del cable que conecta el transformador de servicios auxiliares al convertidor.

Fuente: <https://www.topcable.com/>

Según el apartado 1 de cables de la ITC-BT-07, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será la misma a la de los conductores de fase cuando hay dos o tres conductores y, si hay cuatro conductores, que es nuestro caso, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1 de la ITC-BT-07 del REBT por lo que la sección del conductor neutro será de 16 mm² y según la norma IEC 60446, su color será azul claro.

Por último, para decidir la sección del conductor de protección es necesario mirar la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, en la que se establece la sección mínima de los conductores de protección. En este caso, como la sección del cable de fase es de 35 mm², la sección mínima del conductor de protección será de 16 mm², de acuerdo a la norma IEC 60446 el color del conductor de protección será verde-amarillo.

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. En las canalizaciones

superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC-BT-21 del REBT.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC-BT-21 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Como ya indicamos anteriormente, el número de conductores que habrá en cada tubo será cinco, tres conductores de fase, el neutro y el de protección y la sección de los conductores de fase es de 35 mm^2 , por lo que, según la tabla, necesitaremos un tubo de 50 mm de diámetro.

3.2.4 Cableado del convertidor al transformador MT/BT

Como ya dijimos anteriormente, el convertidor hará que la tensión y la frecuencia sean constantes una vez hayan pasado por él, ajustándolos a los valores de 690V y 50Hz, en este apartado dimensionaremos el cable que lleva la energía eléctrica desde este hasta el transformador de media tensión donde se aumentará la tensión desde 690V a 20kV. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{750000 - 90000}{\sqrt{3} \cdot 690 \cdot 0,9} = 613,61 \text{ A}$$

Lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 40°C , como este cableado no se encuentra en la góndola supondremos que la temperatura máxima de operación será de 40°C , resultando en el siguiente factor de corrección de temperatura:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 40}} = 1$$

Aplicando el factor de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{\text{diseño}} = \frac{I_{\text{conductor}}}{F_t} = \frac{697,28}{1} = 613,61 \text{ A}$$

Utilizaremos el mismo tipo de cable que conecta el generador con el convertidor de potencia, pero, aunque el tipo de cable sea el mismo, la intensidad que necesita soportar es distinta por lo que la sección también lo será, en este caso la sección necesaria será de 300 mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{750000 \cdot 5}{44 \cdot 0,05 \cdot 690 \cdot 690} = 3,58 \text{ mm}^2$$

Como vemos, cumple sobradamente el criterio de caída de tensión por lo que el cable elegido para conectar el motor de inducción y el variador de velocidad tendrá las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	Powerflex RV-K
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	PVC (flexible)
Conductor	Clase 5 (flexible)
Voltaje	0,6/1kV
Sección	300 mm ²
Intensidad admisible	703A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 45 Características del cable que conecta el convertidor con el transformador MT/BT.

Fuente: <https://www.topcable.com/>

Según el apartado 1 de cables de la ITC-BT-07, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será la misma a la de los conductores de fase cuando hay dos o tres conductores y, si hay cuatro conductores, que es nuestro caso, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1 de la ITC-BT-07 del REBT por lo que la sección del conductor neutro será de 150 mm² y según la norma IEC 60446, su color será azul claro.

Por último, para decidir la sección del conductor de protección es necesario mirar la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, en la que se establece la sección mínima de los conductores de protección. En este caso, como la sección del cable de fase es de 300 mm², la sección mínima

del conductor de protección será igual a la mitad de la sección de los conductores de fase de la instalación, por lo que será de 150 mm², de acuerdo a la norma IEC 60446 el color del conductor de protección será verde-amarillo.

Las canalizaciones de los cables se realizarán en tubos rígidos de PVC en montaje fijo en superficie. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC-BT-21 del REBT.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC-BT-21 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Como ya indicamos anteriormente, el número de conductores que habrá en cada tubo será cinco, tres conductores de fase, el neutro y el de protección y la sección de los conductores de fase es de 300 mm², en este caso la sección supera los valores de la tabla, por lo que utilizaremos un tubo suficientemente grande de 160 mm de diámetro.

3.2.5 Cableado entre el aerogenerador 3 y el aerogenerador 2

Como el aerogenerador 1 es el más cercano a la subestación eléctrica, se conectará el aerogenerador 3 con la salida del transformador de media tensión del aerogenerador 2, la tensión que circulará por el cable será de 20kV, que es la recomendada para aerogeneradores de nuestra potencia. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{750000 - 90000}{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 0,9} = 21,17 A$$

Según la ITC-LAT 06, lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 25°C si están enterrado, como este cableado no se encuentra en la góndola supondremos que la temperatura máxima de operación será de 40°C, un valor bastante conservador, resultando en el siguiente factor de corrección de temperatura:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 25}} = 0,877$$

El siguiente factor de corrección que habría que aplicar para este cableado de media tensión es el relacionado con la profundidad de la instalación, en la siguiente figura se muestra un esquema de la canalización enterrada.

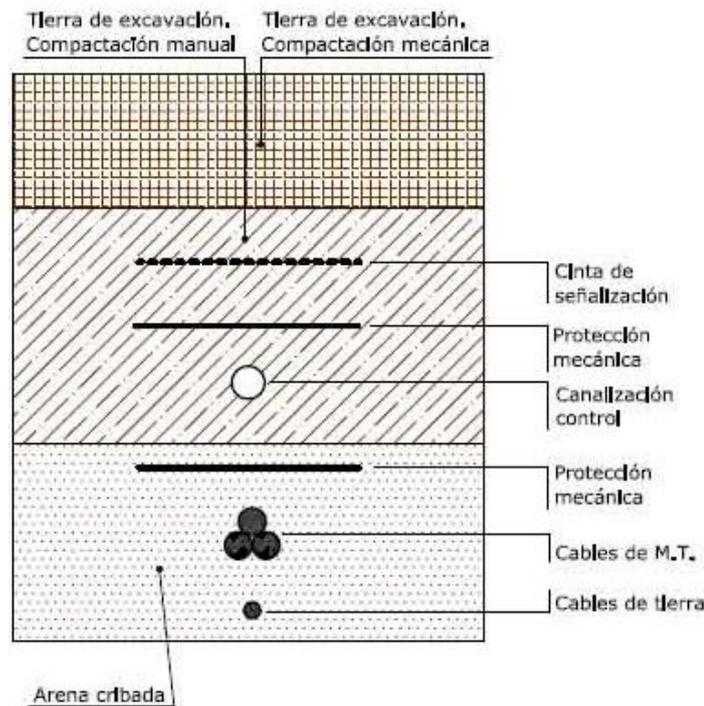


Figura 42 Esquema canalización enterrada MT.

Fuente: <http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/57.htm>

Según el libro “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica”, los cables de media tensión se encontrarán enterrados 1 metro bajo el suelo, por lo que según la tabla 11 de la ITC-LAT 06 su factor de corrección será 1, siempre que la sección del cable sea menor de 185 mm².

Por otro lado, consideraremos que la resistividad térmica del terreno es 1,5 K·m/W, por lo que según la tabla 8 de la ITC-LAT 06 el factor de corrección para la resistividad térmica del terreno será también 1.

Aplicando los factores de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t \cdot F_p \cdot F_{ter}} = \frac{21,17}{0,877 \cdot 1 \cdot 1} = 24,14 \text{ A}$$

La composición de los cables utilizados en la red de media tensión de un parque eólico suele tener un conductor de aluminio de clase 2 obturado tipo OL, un aislamiento de XLPE o HEPR y una cubierta de poliolefina (Z1). Teniendo en cuenta estas condiciones elegimos el modelo de cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL del fabricante Topcable y la primera sección de cable cuya intensidad admisible supera la de diseño es de 50 mm².

Lo siguiente que haremos será calcular la caída de tensión en el cableado mediante la siguiente expresión:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi)}{U_L} \cdot 100$$

Donde:

e es el porcentaje de la caída de tensión.

L es la longitud de la línea.

I es la intensidad que circula por la línea.

R es la resistencia del conductor.

X es la reactancia del conductor que nos lo dará el fabricante y para nuestro cable es 0,137 Ω/km.

Como vemos, para calcular la caída de tensión primero tendremos que calcular la resistencia del conductor a la temperatura más desfavorable que esperamos tener, consideraremos un valor bastante conservador de 40°C.

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20)) = 0,641 \cdot (1 + 0,00403 \cdot (40 - 20)) = 0,693 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Por lo tanto, sustituyendo en la expresión original tendríamos:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,2 \cdot 24,14 \cdot (0,693 \cdot 0,9 + 0,137 \cdot 0,436)}{20000} \cdot 100 = 0,029\%$$

Como podemos observar la caída de tensión es muy pequeña, por lo que el cable elegido cumple ambos criterios y tiene las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Poliolefina
Conductor	Clase 2
Voltaje	12/20kV
Sección	50 mm ²
Intensidad admisible	140A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 46 Características del cable que conecta los aerogeneradores 3 y 2. Fuente: <https://www.topcable.com/>



Figura 43 Imagen del cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL de Topcable. Fuente: <https://www.topcable.com/>

3.2.6 Cableado entre el aerogenerador 2 y el aerogenerador 1

En este apartado se dimensionará el cable que conectará el aerogenerador 2 con la salida del transformador de media tensión del aerogenerador 1. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{2 \cdot (750000 - 90000)}{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 0,9} = 42,34 \text{ A}$$

Según la ITC-LAT 06, lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 25°C si están enterrado, como este cableado no se encuentra en la góndola supondremos que la temperatura máxima de operación

será de 40°C, un valor bastante conservador, resultando en el siguiente factor de corrección de temperatura:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 25}} = 0,877$$

Al igual que en la línea que conecta los aerogeneradores 3 y 2, los factores de corrección debido a la profundidad de los cables y a la resistividad térmica del terreno serán la unidad, por lo que, aplicando los factores de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t \cdot F_p \cdot F_{ter}} = \frac{42,34}{0,877 \cdot 1 \cdot 1} = 48,28 \text{ A}$$

Utilizaremos el mismo tipo de cable que conecta el aerogenerador 3 y 2, pero, aunque el tipo de cable sea el mismo, la intensidad que necesita soportar es distinta, en este caso la sección necesaria será la misma de 50mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,2 \cdot 48,28 \cdot (0,693 \cdot 0,9 + 0,137 \cdot 0,436)}{20000} \cdot 100 = 0,057\%$$

Como podemos observar la caída de tensión es muy pequeña, por lo que el cable elegido cumple ambos criterios y tiene las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Poliolefina
Conductor	Clase 2
Voltaje	12/20kV
Sección	50 mm ²
Intensidad admisible	140A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 47 Características del cable que conecta los aerogeneradores 2 y 1. Fuente: <https://www.topcable.com/>

3.2.7 Cableado entre el aerogenerador 1 y la subestación eléctrica

En este apartado se dimensionará el cable que conectará el aerogenerador 1 con la subestación eléctrica. La intensidad que circulará por este cable en condiciones normales será:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{3 \cdot (750000 - 90000)}{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 0,9} = 63,51 \text{ A}$$

Según la ITC-LAT 06, lo siguiente que hay que tener en cuenta es que la intensidad admisible de los cables viene diseñada para trabajar a 25°C si están enterrado, como este cableado no se encuentra en la góndola supondremos que la temperatura máxima de operación será de 40°C, un valor bastante conservador, resultando en el siguiente factor de corrección de temperatura:

$$F_t = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 25}} = 0,877$$

Al igual que en la línea que conecta los aerogeneradores entre sí, los factores de corrección debido a la profundidad de los cables y a la resistividad térmica del terreno serán la unidad, por lo que, aplicando los factores de corrección obtendremos la intensidad de diseño para sacar la sección del cable necesaria y posteriormente comprobar si se cumple el segundo criterio de caída de tensión.

$$I_{diseño} = \frac{I_{conductor}}{F_t \cdot F_p \cdot F_{ter}} = \frac{63,51}{0,877 \cdot 1 \cdot 1} = 72,42 \text{ A}$$

Utilizaremos el mismo tipo de cable que conecta los aerogeneradores, pero, aunque el tipo de cable sea el mismo, la intensidad que necesita soportar es distinta, en este caso la sección necesaria será la misma de 50mm² y, al igual que con el anterior, comprobaremos que cumple según el criterio de caída de tensión admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,12 \cdot 72,42 \cdot (0,693 \cdot 0,9 + 0,137 \cdot 0,436)}{20000} \cdot 100 = 0,051\%$$

Como podemos observar la caída de tensión es muy pequeña, por lo que el cable elegido cumple ambos criterios y tiene las siguientes características:

Fabricante	Topcable
Modelo	X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Poliolefina
Conductor	Clase 2
Voltaje	12/20kV
Sección	50 mm ²
Intensidad admisible	140A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 48 Características del cable que conecta el aerogenerador 1 y la subestación eléctrica.

Fuente: <https://www.topcable.com/>

3.3 Intensidad de cortocircuito admisible de la red de MT

Conociendo la intensidad de cortocircuito de la red es posible calcular las impedancias del sistema y comprobar la validez de la sección por el criterio de intensidad de cortocircuito admisible. El dato de la intensidad de cortocircuito de la red lo obtendremos de la página de Red Eléctrica de España en la que aparece lo siguiente:

Sistema eléctrico	Tensión (kV)	Nudo	2017 (kA)	2016 (kA)
Gran Canaria	220	Santa Águeda	4.25	4.8 ⁽¹⁾
	66	Guía	4.8	4.6 ⁽²⁾
Tenerife	220	Candelaria	4.5	4.5 ⁽³⁾
	66	Guía Isora	4.8	4.7 ⁽⁴⁾
Lanzarote-Fuerteventura	66	Matas Blancas	1.1	1.1 ⁽⁵⁾

Tabla 49 Valor máximo de intensidad de cortocircuito trifásico. Fuente: <https://www.ree.es/es>

Con la intensidad de cortocircuito de la red se podrá obtener la potencia de cortocircuito de la red:

$$S_{cc,red} = \sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 17300 = 1977,66 \text{ MVA}$$

Las bases que se emplearán para el cálculo de la corriente de cortocircuito son:

$$S_{base} = \frac{n_{aerogeneradores} \cdot P_{aerogenerador}}{FP} = \frac{3 \cdot 750}{0,9} = 2500 \text{ kVA} = 2,5 \text{ MVA}$$

$$U_{base} = 20 \text{ kV}$$

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot U_{base}} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20000} = 72,17 \text{ A}$$

$$Z_{base} = \frac{U_{base}^2}{S_{base}} = \frac{20000^2}{2,5 \cdot 10^6} = 160 \Omega$$

Seguidamente, se procede al cálculo de las impedancias de cortocircuito sabiendo que:

$$Z_{A, en \text{ base}} = Z_A \cdot \frac{S_{base}}{S_A}$$

- Impedancia de la red:

$$Z_{cc, red} = \frac{S_{base}}{S_{cc, red}} = \frac{2,5}{1977,66} = 0,00126 \text{ pu}$$

- Impedancia del transformador 66/20 kV:

$$Z_{cc, TAT} = u_{cc, TAT} \cdot \frac{S_{base}}{S_{cc, TAT}} = 0,1 \cdot \frac{2,5}{2,5} = 0,1 \text{ pu}$$

- Impedancia del transformador 20/0,69 kV:

$$Z_{cc, TMT} = u_{cc, TMT} \cdot \frac{S_{base}}{S_{cc, TMT}} = 0,058 \cdot \frac{2,5}{0,8} = 0,181 \text{ pu}$$

- Impedancia del aerogenerador, considerando $z''_d=20\%$:

$$z''_{d, aero} = z''_d \cdot \frac{S_{base}}{S_{aero}} = 0,2 \cdot \frac{2,5}{0,8} = 0,625 \text{ pu}$$

La impedancia total del conjunto aerogenerador y transformador es de 0,806 pu. Para calcular las intensidades de cortocircuito despreciaremos las impedancias de las líneas ya que sus longitudes son cortas. Por tanto, una vez obtenidos los valores de las impedancias, se procede a elaborar el esquema de impedancias de cortocircuito y de él se deducen las corrientes de cortocircuito como se muestra a continuación:

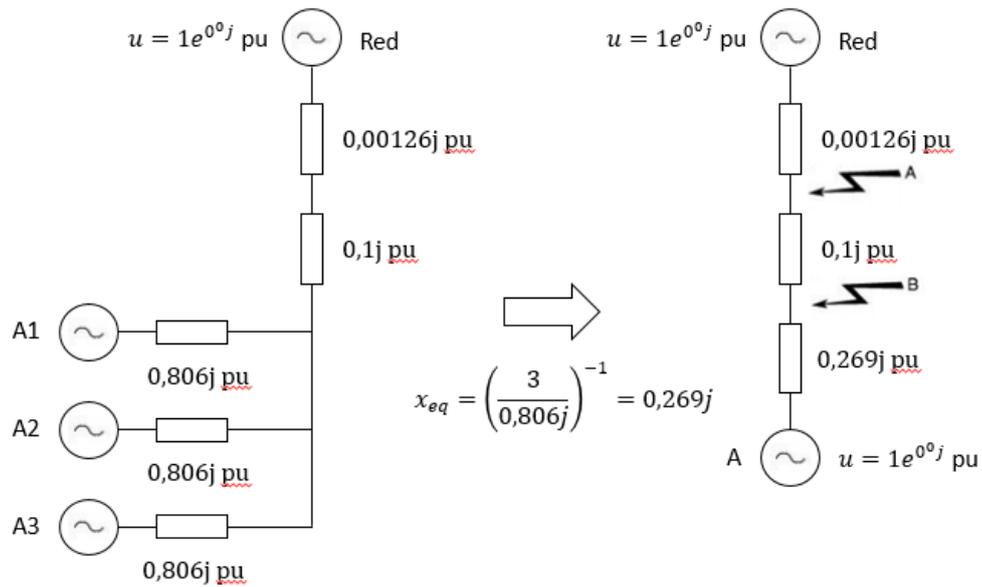


Figura 44 Esquema del cortocircuito. Fuente: propia.

Continuamos calculando las intensidades de cortocircuito en los puntos A y B:

$$I_{cc,A} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 66 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{1}{0,00126} + \frac{1}{0,1 + 0,269} \right) = 17359,31 \text{ A}$$

$$I_{cc,B} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{1}{0,00126 + 0,1} + \frac{1}{0,269} \right) = 981,21 \text{ A}$$

1x SECCIÓN CONDUCTOR (A) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO EL TUBO Y ENTERRADO* (A)		INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)		INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA DURANTE 1s*** (A)	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV (pant, 16 mm ²)	18/30 kV (pant, 25 mm ²)
1 x 50/16	135	145	180	4700	3130	4630
1 x 95/16 (1)	200	215	275	8930	3130	4630
1 x 150/16 (1)	255	275	360	14100	3130	4630
1 x 240/16 (1)	345	365	495	22560	3130	4630
1 x 400/16 (1)	450	470	660	37600	3130	4630
1 x 630/16 (2)	590	615	905	59220	3130	4630

Tabla 50 Tabla con la intensidad máxima de cortocircuito del cable. Fuente: <https://www.topcable.com/>

Como se puede observar, la intensidad de cortocircuito en el punto B es mucho menor que la intensidad máxima de cortocircuito del conductor de 50 mm², que es la sección que obtuvimos para los cables de media tensión según los otros dos criterios, por lo que daremos por buena esa sección, ya que cumple los tres criterios de dimensionado.

3.4 Puesta a tierra de los centros de transformación

Para determinar la puesta a tierra de las instalaciones de los centros de transformación, se partirá de los siguientes datos:

- Tensión nominal: 20 kV.
- Red con neutro a través de una reactancia en zigzag de 500A en la subestación.
- Factor de reparto considerado: 0,5.
- Tiempo de actuación de las protecciones: 0,5 s.
- Resistividad media del terreno: $60 \Omega \cdot m$.
- Resistividad de la acera perimetral de hormigón: $3000 \Omega \cdot m$.
- Dimensiones 4m x 4m.
- El anillo perimetral será de cobre desnudo de 70 mm^2 de sección enterrado a 0,85 m y separado de las paredes de centro de transformación 1 m, con 4 picas de 2 m cada una de longitud, situadas en las esquinas del anillo.

A continuación, se describen los pasos que se han seguido para obtener la configuración final, todo de acuerdo a lo que establece la ITC-RAT-13 de instalaciones de puesta a tierra. Dadas estas características del anillo perimetral tendremos que usar la siguiente tabla para obtener los coeficientes para cálculos posteriores:

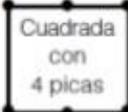
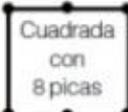
Configuración	Lp (m)	R Kr	U _{paso} Kp	U _{contacto} Kc	Referencia
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,117	0,0176	0,0717	40-40/8/00
	2	0,089	0,0144	0,0447	40-40/8/42
	4	0,073	0,0114	0,0323	40-40/8/44
	6	0,062	0,0094	0,0250	40-40/8/46
	8	0,054	0,0079	0,0203	40-40/8/48
	2	0,079	0,0130	0,0359	40-40/8/82
	4	0,061	0,0096	0,0233	40-40/8/84
	6	0,051	0,0075	0,0169	40-40/8/86
	8	0,044	0,0062	0,0131	40-40/8/88

Figura 45 Coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma a tierra.

Fuente: <https://es.slideshare.net/aicvigo1973/puestas-a-tierra>

Una vez ya tenemos estos coeficientes podemos proceder con los cálculos.

1. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra:

$$R_T = K_r \cdot \rho$$

Donde:

R_T es la resistencia de puesta a tierra.

K_r es la resistencia de la configuración del anillo perimetral y las picas.

ρ es la resistividad media del terreno.

$$R_T = 0,089 \cdot 60 = 5,34 \Omega$$

2. Cálculo de la reactancia equivalente:

$$X_{LTH} = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot I_{máx,d}}$$

Donde:

X_{LTH} es el valor de la reactancia equivalente.

U_N es la tensión nominal.

$I_{máx,d}$ es la intensidad máxima de corriente de defecto a tierra, que es un dato que se obtiene de la compañía eléctrica y habíamos fijado en 500A.

$$X_{LTH} = \frac{1,1 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot 500} = 25,4 \Omega$$

3. Cálculo de la intensidad de defecto de tierra:

$$I_d = \frac{1,1 \cdot U_N}{r_e \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r_e}\right)^2}}$$

Donde:

r_e es el factor de reparto considerado.

$$I_d = \frac{1,1 \cdot 20000}{0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{18,9^2 + \left(\frac{25,4}{0,5}\right)^2}} = 497,26 A$$

4. Cálculo de la máxima tensión de contacto admisible:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho}{1000}\right)$$

Donde:

U_c es la tensión de contacto máxima admisible.

U_{ca} es la tensión de contacto aplicada (según la tabla 1 de la ITC-RAT-13 para una duración de corriente de falta de 0,5 s será de 204V).

R_{a1} es la resistencia del calzado y tiene un valor de 2000Ω .

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 60}{1000} \right) = 426.36 V$$

5. Cálculo de las tensiones de paso:

La tensión de paso aplicada admisible es igual a 10 veces la tensión de contacto aplicable admisible, por tanto:

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 10 \cdot 204 = 2040 V$$

La tensión de paso máxima admisible es:

$$U_p = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 2 \cdot R_{a2}}{Z_B} \right)$$

Donde:

R_{a2} es la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno y es 3 veces la resistividad del terreno.

Z_B es la impedancia del cuerpo humano, se suele considerar un valor de 1000Ω .

$$U_p = 2040 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 1000 + 2 \cdot 3 \cdot 60}{1000} \right) = 10934,4 V$$

En el supuesto de que una persona pudiera estar en contacto con dos superficies con diferentes resistividades, se calculará la tensión máxima de paso de acceso admisible según:

$$U_{p,acceso} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_{s1} + 3 \cdot \rho_{s2}}{Z_B} \right)$$

$$\rho_{s2} = C_s \cdot \rho_h$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{terreno}}{\rho_{capa}}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

Donde:

ρ_{s1} es la resistividad de la primera superficie de contacto (60Ω).

ρ_{s2} es la resistividad de la segunda superficie de contacto.

ρ_h es la resistividad de la capa superficial de hormigón.

C_s es el coeficiente reductor de resistividad de la capa superficial.

h_s es el espesor de la capa superficial.

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{60}{3000}}{2 \cdot 0,15 + 0,106} \right) = 0,744$$

$$\rho_{s2} = 0,744 \cdot 3000 = 2232,41 \Omega \cdot m$$

$$U_{p,acceso} = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 60 + 3 \cdot 2232,41}{1000} \right) = 24229,57 V$$

A continuación, pasaremos a calcular la fracción de la intensidad de puesta a tierra, teniendo en cuenta el factor de reparto:

$$I_E = r_E \cdot I_d = 0,5 \cdot 497,26 = 248,63 A$$

La tensión máxima de paso que se presenta en la instalación será:

$$U'_{p,exterior} = K_p \cdot \rho_s \cdot I_E = 0,0144 \cdot 60 \cdot 248,63 = 214,82 V$$

La tensión de paso de acceso será equivalente a la tensión de contacto exterior, ya que existe una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra.

$$U'_{p,acceso} = K_c \cdot \rho_s \cdot I_E = 0,0447 \cdot 60 \cdot 248,63 = 666,83 V$$

La tensión de defecto será:

$$U'_d = R_T \cdot I_E = 5,34 \cdot 248,63 = 1327,69 V$$

Se comprueba que los valores calculados para la puesta a tierra de protección de los centros de transformación, con la medida adicional adoptada y la consideración sobre la tensión de paso de acceso, son inferiores a los valores máximos admisibles para esta instalación.

$U_{p,acceso}$ (V)	$U'_{p,acceso}$ (V)	$U_{p,exterior}$ (V)	$U'_{p,exterior}$ (V)
24229,57	666,83	10934,4	214,82

Tabla 51 Comprobación de las tensiones de paso de acceso. Fuente: propia.

Seguimos haciendo la comprobación del nivel de aislamiento de la instalación de baja tensión de los centros de transformación.

$$U_{aisl-BT-CT} \geq \overline{U'_d} + \overline{U_{TR}} + \overline{U_0}$$

Donde:

$U_{aisl-BT-CT}$ es el nivel de aislamiento de los cuadros de baja tensión que, según el apartado 4.3.3.5 de la ITC-RAT-14 será como mínimo de 10 kV.

U_{TR} es la tensión transferida, con un valor de 1000V.

U_0 es la tensión entre fase y neutro, con un valor de 400V.

$$U_{aisl-BT-CT} \geq 1327,69 - 1000 + 400 = 727,69 V \rightarrow Cumple$$

Para garantizar que la tensión transferida sea igual o inferior a 1000V, la distancia mínima entre ambas puestas a tierra será:

$$D = \frac{\rho \cdot I_E}{2 \cdot 1000 \cdot \pi} = \frac{60 \cdot 248,63}{2 \cdot 1000 \cdot \pi} = 2,37 m$$

El criterio de dimensionamiento de la puesta a tierra del neutro de baja tensión es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 kV cuando existe un defecto a tierra en una instalación de baja tensión protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA, por ello, la resistencia en puesta a tierra del neutro de baja tensión debe ser inferior a:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24000}{0,65} = 36,92 \Omega$$

El embarrado de neutro del cuadro de baja tensión de los centros de transformación se conectará a dos picas en hilera de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, unidas por un conductor horizontal, debiéndose garantizar que la resistencia total de puesta a tierra del neutro de la red de distribución de baja tensión sea inferior a 36,92 Ω .

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,194	0,0253	8/22
3	0,130	0,0170	8/32
4	0,100	0,0127	8/42
6	0,0707	0,00833	8/62
8	0,0556	0,00255	8/82

Tabla 52 Resistencias y tensiones de paso de varias configuraciones de picas.

Fuente: <http://imseingenieria.blogspot.com/2015/06/separacion-de-las-puestas-tierra-de-los.html>

La geometría que se escoge para esta puesta a tierra es 8/22, la cual tiene un valor de resistencia de 0,194 $\Omega/\Omega \cdot m$. Por tanto:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0,194 \cdot 60 = 11,64 \Omega < 36,92 \Omega \rightarrow \text{Cumple}$$

3.5 Puesta a tierra de la subestación

Para determinar la puesta a tierra de las instalaciones de la subestación, se partirá de los siguientes datos:

- Tensión nominal de la instalación: 66 kV.
- Resistividad media del terreno: $60 \Omega \cdot \text{m}$ (Como ya hemos comentado nuestro terreno será arenoso y según la tabla 2 de la ITC-RAT-13 el valor de resistividad para este tipo de terrenos variará entre $50 \Omega \cdot \text{m}$ y $500 \Omega \cdot \text{m}$, por lo que optaremos por elegir un valor bastante conservador).
- Resistividad del terreno natural en el exterior de la valla: $150 \Omega \cdot \text{m}$.
- Resistividad de la capa superficial de grava: $4000 \Omega \cdot \text{m}$.
- Resistividad de la capa superficial de asfalto para los pasillos de la subestación: $3500 \Omega \cdot \text{m}$.
- Resistividad de la capa superficial para la acera perimetral de hormigón: $3000 \Omega \cdot \text{m}$.
- Tiempo de actuación de las protecciones para defectos a tierra en la subestación: 0,5s.
- Profundidad de la malla: 0,85 m.
- Separación media entre conductores: 2 m.
- Superficie de la malla: $20\text{m} \times 20\text{m} = 400 \text{m}^2$.
- Número de conductores: $11 + 11 = 22$.
- Longitud de los conductores enterrados: $22 \times 20 = 440 \text{m}$.
- Usaremos conductor desnudo de cobre de 70mm^2 de sección.
- Características del terreno: el terreno de la subestación estará cubierto por una capa de grava con un espesor mínimo de 15 cm, excepto los viales, donde se aplicará una capa de 6 cm de asfalto.
- En el perímetro exterior de la valla que rodea la subestación, si es necesario, se puede construir una acera de hormigón de 10 cm de espesor y 1 m de ancho.
- Intensidad de falta a tierra: 17359,31 A

Se partirá de un diseño que consiste en una malla y se calcularán las tensiones de paso y de contacto en la subestación. Si estas fueran superiores a las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles, se procedería a modificar el diseño y tomar medidas adicionales. Acto

seguido, se realiza de nuevo el proceso descrito con el nuevo diseño hasta que las tensiones de paso y de contacto sean inferiores a las máximas admisibles.

A continuación, se describen los pasos que se han seguido para obtener la configuración final, todo de acuerdo a lo que establece la ITC-RAT-13 de instalaciones de puesta a tierra:

1. Cálculo de las resistividades superficiales aparentes:

$$\rho_{aparente} = \rho^* \cdot C_s$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

Donde:

C_s es el coeficiente reductor de resistividad de la capa superficial.

h_s es el espesor de la capa superficial.

ρ es la resistividad del terreno natural.

ρ^* es la resistividad de la capa superficial.

- Interior de la subestación (zonas recubiertas con grava de 15 cm de espesor):

$$\rho_{aparente(grava)} = 4000 \cdot \left[1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{60}{4000}}{2 \cdot 0,15 + 0,106} \right) \right] = 2971 \Omega \cdot m$$

- Viales de la subestación (asfalto con 6 cm de espesor):

$$\rho_{aparente(asfalto)} = 3500 \cdot \left[1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{60}{3500}}{2 \cdot 0,06 + 0,106} \right) \right] = 1886 \Omega \cdot m$$

- Perímetro de la subestación (sin acera):

$$\rho_{(terreno)} = 150 \Omega \cdot m$$

- Perímetro de la subestación (con acera de hormigón de 10 cm de espesor):

$$\rho_{aparente(hormigón)} = 3000 \cdot \left[1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{60}{3000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) \right] = 1981 \Omega \cdot m$$

2. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{aparente}}{1000} \right)$$

$$U_p = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{aparente}}{1000} \right)$$

Donde:

U_c es la tensión de contacto máxima admisible.

U_p es la tensión de paso máxima admisible.

U_{ca} es la tensión de contacto aplicada (según la tabla 1 de la ITC-RAT-13 para una duración de corriente de falta de 0,5 s será de 204V).

U_{pa} es la tensión de paso aplicada (será diez veces la tensión de contacto aplicada por lo que tendrá un valor de 2040V).

R_{a1} es la resistencia del calzado y tiene un valor de 2000Ω.

- Interior de la subestación (exceptuando viales):

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 2971}{1000} \right) = 1317 V$$

$$U_p = 2040 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 2971}{1000} \right) = 46565 V$$

- Viales en la subestación:

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1886}{1000} \right) = 985 V$$

$$U_p = 2040 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 1886}{1000} \right) = 33291 V$$

- Perímetro vallado sin acera:

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 150}{1000} \right) = 454 V$$

$$U_p = 2040 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150}{1000} \right) = 12036 V$$

- Perímetro vallado de la subestación con acera de hormigón:

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1981}{1000} \right) = 1014 V$$

$$U_p = 2040 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 1981}{1000} \right) = 34454 V$$

3. Cálculo del número de conductores en paralelo:

$$n = \frac{2 \cdot L_c}{L_p}$$

Donde:

n es el número de conductores en paralelo en una malla cuadrada.

L_c es la longitud total de los conductores enterrados.

L_p es la longitud del perímetro de la malla.

$$n_{cuadrada} = \frac{2 \cdot 440}{80} = 11$$

4. Cálculo de los parámetros “ K_h ” y “ K_{ii} ”

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot n)^{\frac{2}{n}}}$$

Donde:

h es la profundidad de la maya.

h_0 es la profundidad de referencia de las mallas de tierra (1 m).

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{0,85}{1}} = 1,36$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot 11)^{\frac{2}{11}}} = 0,57$$

5. Cálculo del factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de contacto:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

D es la separación entre los conductores.

d es el diámetro de los conductores que se calcular a partir de su sección.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{2^2}{16 \cdot 0,85 \cdot 0,009} + \frac{(2 + 2 \cdot 0,85)^2}{8 \cdot 2 \cdot 0,009} - \frac{0,85}{4 \cdot 0,009} \right) + \frac{0,57}{1,36} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 11 - 1)} \right) \right] = 0,59$$

6. Cálculo del factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de paso:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 0,85} + \frac{1}{2 + 0,85} + \frac{1}{2} \cdot (1 - 0,5^{11-2}) \right] = 0,458$$

7. Cálculo del factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla:

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 0,644 + 0,148 \cdot 11 = 2,272$$

8. Cálculo de la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto:

$$L_m = L_c + L_R \cdot \left(1,55 + 1,22 \cdot \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right)$$

Donde:

L_r es la longitud de una pica.

L_x es la longitud de la malla en la dirección x.

L_y es la longitud de la malla en la dirección y.

L_R es la longitud total de todas las picas. Después de probar con varios números, el valor mínimo que cumple las comprobaciones más adelante es 65, así que es el número de picas que usaremos.

$$L_m = 440 + 65 \cdot 8 \cdot \left(1,55 + 1,22 \cdot \frac{8}{\sqrt{20^2 + 20^2}} \right) = 1425,44 \text{ m}$$

9. Cálculo de la longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso:

$$L_s = 0,75 \cdot L_c + 0,85 \cdot L_R = 0,75 \cdot 440 + 0,85 \cdot 65 \cdot 8 = 772 \text{ m}$$

10. Cálculo de las tensiones de contacto y paso presentes en la subestación:

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_m}$$

$$E_s = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_s \cdot K_i}{L_s}$$

Donde:

E_m es la tensión de contacto presente en la subestación.

E_s es la tensión de paso presente en la subestación.

I_G es la intensidad de falta a tierra.

$$E_m = \frac{60 \cdot 17359,31 \cdot 0,59 \cdot 2,272}{1425,44} = 981,22 \text{ V}$$

$$E_s = \frac{60 \cdot 17359,31 \cdot 0,458 \cdot 2,272}{772} = 1403,22 \text{ V}$$

Por último, comprobamos que las tensiones de paso y contacto calculadas en la subestación son inferiores a los valores máximos admisibles.

	U_c (V)	E_m (V)	U_p (V)	E_s (V)
Interior de la subestación	1317	981,22	46569	1403,22
Viales en la subestación	985	981,22	33291	1403,22
Perímetro vallado sin acera	454	981,22	12036	1403,22
Perímetro vallado con acera	1014	981,22	34454	1403,22

Tabla 53 Comprobación de las tensiones de paso y contacto. Fuente: propia.

Como se puede observar, la tensión de contacto admisible correspondiente al perímetro vallado sin acera es inferior a la de cálculo, por lo que podemos concluir que será necesario construir la acera de hormigón para cumplir con la tensión de contacto ($981,22 < 1014 \text{ V}$).

3.6 Cableado de alta tensión

La sección a determinar en el lado de alta tensión será sólo el del tramo comprendido entre el transformador de potencia hasta el módulo PASS M00. La intensidad que circula por dicho tramo es:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot FP} = \frac{3 \cdot 750000}{\sqrt{3} \cdot 66000 \cdot 0,9} = 21,87 \text{ A}$$

Como Topcable no ofrece la venta de cables de alta tensión, se optará por usar los del fabricante PRYSMIAN GROUP, concretamente el modelo AL VOLTALENE H 36/66 kV (AL RHZ1-0L) y la primera sección cuya intensidad admisible al aire libre es mayor que la de cálculo es 35 mm^2 , para este cable no consideramos necesario comprobar de acuerdo al criterio de máxima caída de tensión permitida ya que la longitud del cable es muy pequeña y la tensión muy alta y el fabricante no nos ofrece los datos de la corriente de cortocircuito máxima permitida, por lo que únicamente dimensionaremos el cable de acuerdo al criterio de la intensidad máxima admisible, y las características de este cable son las siguientes:

Fabricante	Prysmian Group
Modelo	AL VOLTALENE H AL RHZ1-0L
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Polioléfina termoplástica
Conductor	Clase 2
Voltaje	36/66kV
Sección	35 mm ²
Intensidad admisible	134A
Máxima temperatura de servicio	90°C

Tabla 54 Características del cable de alta tensión. Fuente: <https://es.prysmiangroup.com/>



Figura 46 Imagen del cable de alta tensión. Fuente: <https://es.prysmiangroup.com/>

3.7 Autoválvulas

Para la elección de las autoválvulas a instalar en el lado de alta tensión del transformador de potencia 66/20 kV, lo primero es determinar sus niveles de aislamiento especificados en la ITC-RAT-12 sobre aislamiento.

A una tensión de 66 kV le corresponde una tensión más elevada para el material de 72,5 kV, una tensión soportada nominal a frecuencia industrial de 140 kV y una tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo de 325 kV de cresta. Además, consideraremos la duración máxima de falta de 1 segundo para calcular la capacidad frente a sobretensiones temporales. Con esto, ya podemos determinar los requerimientos de las autoválvulas a instalar siguiendo los siguientes pasos:

1. Elección de la corriente nominal y clase de descarga: 10 kV, clase 1 o 2.
2. Cálculo de la tensión de funcionamiento continuo:

$$U_c \geq \frac{U_s}{\sqrt{3}} = \frac{72,5}{\sqrt{3}} = 41,86 \text{ kV}$$

3. Cálculo de la capacidad frente a sobretensiones temporales:

$$TOV_c \geq k \cdot U_c \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0,02}$$

Donde:

k es el factor de falta a tierra, que en el peor de los casos vale 1,4.

U_c es la tensión máxima del sistema.

T_t es el tiempo de despejes de faltas a tierra.

$$TOV_c(10s) \geq 1,4 \cdot 41,86 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02} = 55,96 \text{ kV}$$

4. Cálculo de la tensión residual con un margen de protección de 1,2, que es el valor mínimo:

$$U_{res} \leq \frac{U_{m\acute{a}x}}{1,2} = \frac{325}{1,2} = 270,83 \text{ kV}$$

5. Cálculo de la distancia máxima entre la autoválvula y el transformador de potencia:

$$L = V \cdot \frac{U_{res} - U_{ais}}{2 \cdot S}$$

Donde:

V es la velocidad de propagación de la onda, en líneas aéreas suele ser 300 m/ μ s.

U_{ais} es el nivel de aislamiento básico del transformador.

U_{res} es la tensión residual.

S es la pendiente de onda de sobretensión (1000 kV/ μ s).

$$L = 300 \cdot \frac{270,83 - 72,5}{2 \cdot 1000} = 29,75 \text{ m}$$

Por último, ya sólo quedaría la elección del modelo de autoválvula, optaremos por el modelo EXLIM R de 60 kV de tensión nominal del fabricante ABB, que tiene las siguientes características:

Fabricante	ABB
Modelo	EXLIM R
Tensión máxima del sistema	72 kV
Tensión nominal	66 kV
Tensión de funcionamiento continuo máxima	53 kV
TOV (10s)	68,1 kV
Tensión residual (10 kA)	171 kV
Margen de protección	1,6
Distancia máxima entre autoválvula y trafo	7,85 m

Tabla 55 Características de la autoválvula EXLIM R. Fuente: <https://new.abb.com/es>



ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexo IV: Catálogos de los componentes

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

4. Catálogos de los componentes

En este anexo se incluirán los catálogos de la aparamenta eléctrica que se utilizará en el proyecto para el correcto funcionamiento del parque eólico.

4.1 Catálogo del motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB del fabricante ABB



Motores para prestaciones estándar de aluminio

Datos técnicos para motores trifásicos de jaula de ardilla, cerrados, de una velocidad



IP 55 – IC 411 – Aislamiento clase F, incremento de temperatura clase B
Clase de eficiencia IE1 según IEC 60034-30; 2008

Potencia kW	Tipo de motor	Código de producto	Velocidad rpm	Eficiencia IEC 60034-2-1; 2007		Eficiencia IEC 60034-2; 1996		Factor de potencia cos φ 100%	Intensidad		Par			Momento de inercia J = 1/4 GD ² kgm ²	Peso kg	Nivel de presión de sonido LP dB(A)
				Carga completa 100%	3/4 carga 75%	Carga completa 100%	3/4 carga 75%		I _N A	I _s I _N	T _N Nm	T _s T _N	T _{max} T _N			
3.000 rpm = 2 polos																
400 V 50 Hz																
Diseño básico																
0,09	M2AA 56 A	3GAA 051 001-••A	2820	59,8	53,3	60,2	53,7	0,69	0,32	3,9	0,31	2,9	2,7	0,00011	3,2	48
0,12	M2AA 56 B	3GAA 051 002-••A	2840	67,2	63,8	67,5	64,1	0,64	0,41	4,1	0,41	3,2	2,8	0,00012	3,4	48
0,18	M2AA 63 A	3GAA 061 001-••C	2820	73,7	70,6	74,2	71,0	0,64	0,56	4,2	0,62	3,5	3,1	0,00013	3,9	54
0,25	M2AA 63 B	3GAA 061 002-••C	2810	77,5	75,8	78,0	76,1	0,71	0,66	4,5	0,87	3,6	3,3	0,00016	4,4	54
0,37	M2AA 71 A	3GAA 071 001-••E	2780	74,5	74,5	74,9	74,9	0,80	0,9	4,6	1,27	2,4	2,4	0,00035	4,9	58
0,55	M2AA 71 B	3GAA 071 002-••E	2800	76,2	76,0	76,5	76,4	0,80	1,3	4,8	1,87	2,6	2,6	0,00045	5,9	58
0,75	M2AA 80 A	3GAA 081 001-••E	2820	77,0	77,5	77,2	77,9	0,82	1,75	5,3	2,54	2,6	3,0	0,00069	8,5	60
1,1	M2AA 80 B	3GAA 081 002-••E	2840	80,0	80,5	80,2	80,8	0,83	2,4	5,8	3,7	2,7	3,0	0,0009	10,5	60
1,5	M2AA 90 S	3GAA 091 001-••E	2870	78,9	76,8	80,1	76,2	0,82	3,35	5,5	5	2,4	3,0	0,0019	13	63
2,2	M2AA 90 L	3GAA 091 002-••E	2885	82,1	82,5	83,6	83,9	0,87	4,37	6,0	7,5	2,5	3,0	0,0024	16	63
3	M2AA 100 L	3GAA 101 001-••E	2900	85,2	85,4	86,0	84,1	0,88	5,95	7,5	10	2,7	3,6	0,0041	21	65
4	M2AA 112 M	3GAA 111 101-••E	2895	84,8	85,2	85,6	86,2	0,89	7,6	7,2	13,2	2,7	3,3	0,0061	26	67
5,5	M2AA 132 SA	3GAA 131 001-••E	2845	85,8	86,4	86,2	87,0	0,87	10,8	6,8	18,5	2,8	3,2	0,014	38	75
7,5	M2AA 132 SB	3GAA 131 002-••E	2860	87,0	88,0	88,3	89,0	0,89	14	7,2	25,1	3,0	3,4	0,016	43	73
11	M2AA 132 SMA	3GAA 131 005-••E	2875	88,5	89,2	89,5	89,7	0,90	19,9	8,1	36,5	2,8	3,4	0,0165	63	69
15	M2AA 132 SMC	3GAA 131 006-••E	2900	90,5	90,8	91,6	91,8	0,88	27,5	8,5	49,4	3,3	4,0	0,02	81	69
18,5	M2AA 132 SMD	3GAA 131 007-••E	2890	90,0	90,8	90,5	91,2	0,90	33,5	8,5	61	3,4	3,7	0,02356	89	68
11	M2AA 160 MLA	3GAA 161 041-••G	2916	88,0	88,5	88,6	89,1	0,89	20,5	6,8	36	2,1	2,7	0,039	82	73
15	M2AA 160 MLB	3GAA 161 042-••G	2914	89,1	89,7	89,9	90,5	0,90	27	7,5	49	2,5	3,1	0,049	96	73
18,5	M2AA 160 MLC	3GAA 161 043-••G	2935	89,8	90,1	90,5	90,8	0,91	32,5	7,2	60	2,2	3,2	0,054	104	73
22	M2AA 180 MLA	3GAA 181 041-••G	2928	90,4	90,6	91,0	91,2	0,90	39	7,7	72	2,8	3,3	0,059	118	75
30	M2AA 200 MLA	3GAA 201 041-••G	2948	91,1	91,1	91,8	91,8	0,88	54	7,7	97	2,8	3,6	0,093	160	75
37	M2AA 200 MLB	3GAA 201 042-••G	2949	91,6	92,0	92,4	92,8	0,92	63	7,9	120	2,5	3,4	0,118	185	75
45	M2AA 225 SMA	3GAA 221 041-••G	2948	92,1	92,3	92,9	93,1	0,91	78	7,7	146	2,7	2,9	0,198	236	75
55	M2AA 250 SMA	3GAA 251 041-••G	2964	92,4	92,4	93,3	93,3	0,91	94	7,3	177	2,3	2,3	0,281	295	75
3.000 rpm = 2 polos																
400 V 50 Hz																
Diseño de alta potencia																
12	¹⁾ M2AA 132 SME	3GAA 131 008-••E	2895	90,0	90,5	91,0	91,5	0,88	40	9,0	72	3,8	3,8	0,02559	95	69
1.500 rpm = 4 polos																
400 V 50 Hz																
Diseño básico																
0,06	M2AA 56 A	3GAA 052 001-••A	1340	51,1	45,8	51,3	46,2	0,67	0,26	2,5	0,43	2,2	2,2	0,00017	3,2	36
0,09	M2AA 56 B	3GAA 052 002-••A	1370	55,5	50,2	55,7	50,5	0,62	0,38	2,8	0,63	2,9	2,9	0,00018	3,4	36
0,12	M2AA 63 A	3GAA 062 001-••C	1400	63,7	58,4	64,0	58,6	0,59	0,46	3,1	0,82	2,6	2,6	0,00019	4	40
0,18	M2AA 63 B	3GAA 062 002-••C	1380	65,6	62,1	65,8	62,4	0,64	0,63	3,1	1,25	2,5	2,6	0,00026	4,5	40
0,25	M2AA 71 A	3GAA 072 001-••E	1375	66,0	65,5	66,2	65,8	0,78	0,72	3,8	1,74	2,1	1,9	0,00066	5,2	45
0,37	M2AA 71 B	3GAA 072 002-••E	1375	67,8	67,6	68,0	67,8	0,78	1,05	3,8	2,57	2,1	2,0	0,0008	5,9	45
0,55	M2AA 80 A	3GAA 082 001-••E	1390	73,0	73,5	73,3	73,8	0,80	1,45	4,4	3,78	1,9	2,4	0,0013	8,5	50
0,75	M2AA 80 B	3GAA 082 002-••E	1405	74,5	73,8	74,7	74,1	0,80	1,85	5,1	5,1	2,2	2,4	0,0019	10	50
1,1	M2AA 90 S	3GAA 092 001-••E	1410	76,8	75,9	77,5	76,4	0,81	2,59	5,0	7,5	2,2	2,7	0,0032	13	50
1,5	M2AA 90 L	3GAA 092 002-••E	1420	79,1	77,8	80,3	78,1	0,79	3,45	5,0	10	2,4	2,9	0,0043	16	50
2,2	M2AA 100 LA	3GAA 102 001-••E	1430	82,2	81,9	83,0	82,7	0,81	4,8	5,5	15	2,4	2,7	0,0069	21	64
3	M2AA 100 LB	3GAA 102 002-••E	1430	84,0	83,0	85,0	83,9	0,81	6,48	5,5	20	2,5	2,9	0,0082	24	66
4	M2AA 112 M	3GAA 112 101-••E	1430	85,0	86,3	84,9	85,9	0,82	8,4	6,2	26,8	2,3	2,8	0,01	29	60
5,5	M2AA 132 S	3GAA 132 001-••E	1455	86,3	87,0	87,5	88,0	0,80	12	6,0	36	2,2	2,8	0,031	42	66
7,5	M2AA 132 M	3GAA 132 002-••E	1450	88,5	89,0	89,0	89,6	0,80	15,6	6,0	49,4	2,4	2,9	0,038	49	66
11	M2AA 132 SMA	3GAA 132 005-••E	1455	88,4	88,6	88,9	89,3	0,81	22,5	6,5	72	2,3	3,0	0,0381	76	69
15	M2AA 132 SMC	3GAA 132 006-••E	1455	89,2	89,4	89,8	90,0	0,80	30,5	7,3	98	2,4	3,0	0,0485	88	69
11	M2AA 160 MLA	3GAA 162 041-••G	1459	88,2	89,0	89,0	89,8	0,81	22,5	6,5	72	2,3	2,6	0,068	84	62
15	M2AA 160 MLB	3GAA 162 042-••G	1462	89,2	89,8	89,9	90,5	0,82	29,5	7,1	98	2,6	3,3	0,085	98	62
18,5	M2AA 180 MLA	3GAA 182 041-••G	1465	89,8	90,3	90,5	91,0	0,82	36	7,7	121	3,2	3,5	0,103	116	64
22	M2AA 180 MLB	3GAA 182 042-••G	1463	90,4	90,9	91,0	91,5	0,83	42	8,3	144	3,3	3,9	0,122	131	64
30	M2AA 200 MLA	3GAA 202 041-••G	1475	91,1	91,5	91,8	92,2	0,83	57	7,7	194	2,7	3,2	0,22	187	67
37	M2AA 225 SMA	3GAA 222 041-••G	1477	91,6	91,9	92,4	92,7	0,84	69	6,9	239	2,3	2,7	0,317	231	68
45	M2AA 225 SMB	3GAA 222 042-••G	1478	92,1	92,4	92,9	93,2	0,84	84	7,4	291	2,4	3,0	0,374	257	68
55	M2AA 250 SMA	3GAA 252 041-••G	1478	92,4	92,7	93,3	93,6	0,85	100	7,8	355	2,7	2,7	0,485	297	68
1.500 rpm = 4 polos																
400 V 50 Hz																
Diseño de alta potencia																
18,5	¹⁾ M2AA 132 SMD	3GAA 132 007-••E	1445	89,3	88,5	90,2	89,7	0,81	37,5	6,7	122	2,3	2,6	0,05166	92	69

¹⁾ Incremento de temperatura clase F.

Los valores de eficiencia indicados corresponden a las normas IEC/EN 60034-2-1; 2007 e IEC 60034-2; 1996.

Recuerde que los valores no son comparables sin conocer el método de prueba. ABB ha calculado los nuevos valores de eficiencia mediante métodos indirectos. Pérdidas dispersas (pérdidas adicionales) determinadas por medición.

Las dos columnas del código de producto indican las opciones de posición de montaje, tensión y código de frecuencia (consulte la página de información para cursar pedidos).

4.2 Catálogo del variador electrónico de velocidad VAT300 U3SX045K0 del fabricante General Electric

GE Consumer & Industrial
Power Protection



VAT300

Variador de velocidad
Manual de Usuario



GE imagination at work

Apéndice

■ Serie 400V VAT300 U3SX000K7 al U3SX055K0

Equipo		Especificaciones																	
Sistema		400V Serie																	
Tipo (VT300 U3SX0_)		00K7	01K5	02K2	04K0	05K5	07K5	11K0	15K0	18K0	22K0	3K0	37K0	45K0	55K0				
Valores del variador	Servicio normal	Capacidad [kVA] (Nota 1)	1.7	2.5	3.8	6.0	9.0	12	16	21	26	30	42	51	60	75			
		Corriente continua máx. [A] (Nota 2)	2.5	3.6	5.5	8.6	13	17	23	31	37	44	60	73	87	108			
		Potencia máx. aplicable motor [kW] (Nota 3)	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55			
		Frecuencia portadora (Nota 4)	1 hasta 15kHz (Valor por defecto : "Soft sound" 4kHz)																
		Corriente de sobrecarga	120% durante 1 min., 140% durante 2.5 segundos																
	Servicio duro	Capacidad [kVA] (Nota 1)	1.0	1.7	2.5	3.8	6.0	9.0	12	16	21	26	30	42	51	60			
		Corriente máx. [A] (Nota 2)	1.5	2.5	3.6	5.5	8.6	13	17	23	31	37	44	60	73	87			
		Potencia máx. aplicable motor [kW] (Nota 3)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45			
		Frecuencia portadora (Nota 4)	1 a 15kHz (Valor por defecto: "Soft sound" 4kHz)																
		Corriente de sobrecarga	150% durante 1 min., 175% durante 2.5 segundos																
Alimentación	Tensión entrada : Frecuencia entrada	380 ~ 480V 50 o 60Hz ±5%																	
	Salida	Tensión de salida (Nota 5) (Nota 6)	380 ~ 480V (Máx.)																
		Frecuencia de salida	0,1 ~ 440Hz																
Partes del circuito de potencia	Filtro EMC	Incorporado (opción)										Externo (opción)							
	Reactancia CC	Externa (opción)										Incorporada (opción)							
	Frenado dinámico	Incorporado (estándar)										Externa (opción)							
	Resistencia frenado dinámico	Incorporada (opción)										Externa (opción)							
Construcción	Estructura	Montaje en panel										Montaje en panel (estándar) Tipo libre (opción)							
	Envoltorio	IP20										IP00 (estándar) IP20 (opción)							
	Método de refrigeración	Ventilación natural	Ventilación forzada																
	Peso aprox. (kg.)	3					5					12				25		35	
	Color pintura	Munsell N4.0																	
Ámbito de trabajo		Interiores, Temperatura ambiente: -10 hasta 50°C (Nota 7) Humedad relativa: máximo 95% RH (sin condensación), Altitud: 1000m o menor, Vibración: inferior a 4.9m/s ² Libre de gases corrosivos o explosivos, vapor, polvo, aceite o hebras de algodón																	

4.3 Catálogo del convertidor de potencia ACS800-67 del fabricante ABB

ABB low voltage wind turbine converters ACS800 0.6 to 6 MW



ABB low voltage wind turbine converters are designed to increase turbine energy production through high availability, grid code compliance and long life cycles.

Doubly-fed and full converters

ABB low voltage wind turbine converters are available for doubly-fed and full power converter electrical drivetrain concepts. In case of grid faults, full converters decouple the generator from the grid and provide dynamic and flexible response to fault conditions. Both full power and doubly-fed converters provide active and reactive power control, and have very low total harmonic distortion (THD) levels.

The converters are available with air or liquid cooling and are suitable for nacelle or tower installation.

Designed for high availability

ABB wind turbine converters are designed for reliable operation in the harshest environments. The ACS800 full power converter over 2 MW offers a redundancy design option for parallel connected sub-converters.

Fast generator control

The converters use ABB's direct torque control (DTC) for generator control. DTC monitors generator torque 40,000 times per second, ensuring immediate reaction and control.

Advanced grid code compliance

ABB's low voltage wind turbine converters are subjected to comprehensive fault ride-through and power quality tests in ABB's multi-megawatt grid code laboratory before being shipped to the customer. This simplifies turbine certification and reduces on-site testing costs.

Global manufacturing and service

ABB's converters are designed for long life and ease of maintenance. A complete set of life cycle services including pre-purchase engineering, training, spare part management and preventive maintenance plans helps turbine manufacturers and wind farm operators produce more kilowatt-hours.

ABB manufacturing capacity ensures that global products are produced locally according to the same high quality standards. This provides the high-volume, high-quality production supporting customers around the world.

Highlights

- Converters for doubly-fed and full power electrical drivetrain concepts
- Air or liquid cooling
- All components installed inside an IP54 cabinet
- Grid side contactor or breaker for safe connection and disconnection
- IGBT power modules with integrated DC capacitors and control electronics
- Very low total harmonic distortion
- Full generator control with DTC
- Optional parallel connected sub-converter configuration for redundancy
- Global manufacturing, service and support

Power and productivity
for a better world™



Technical data

Converter model	ACS800-67	ACS800-67LC	ACS800-77LC	ACS800-87LC
Converter type	Converter for doubly-fed induction generator (DFIG)		Full power converter for permanent magnet and asynchronous generators	
Generator power range	0.9 to 2.2 MW	1 to 3.8 MW	0.6 to 3.3 MW	1.5 to 6 MW
Optional sub-converter configuration			Available from 1.9 MW	Available from 3.6 MW
Cooling	Air cooling with enclosed cabinet	Liquid cooling with totally enclosed cabinet		
Control principle	direct torque control (DTC)			
Electrical data				
Rated grid voltage	525 to 690 V AC, 3 ph, $\pm 10\%$			
Rated generator voltage	According to generator, up to 12 kV		0 to 750 V AC	
Nominal frequency	50 \pm 3 Hz / 60 \pm 3 Hz			
Rotor connection	3-phase symmetrical AC, 0 to max 750 V, frequency 0 to 100 Hz			
Efficiency at converter's rated point	$\geq 98\%$	$\geq 97\%$	$\geq 96.5\%$	
Generator side du/dt	1.0 to 1.4 kV/ μ s			
Grid harmonics	Max 3% with DFIG generator current		Max 4%	
Total harmonic current distortion (n = 2 to 40)				
Environmental limits				
Ambient temperature	Transport -40 to +70 °C Storage -40 to +70 °C Operation -30 to +40 °C		Transport -40 to +70 °C Storage -40 to +70 °C Operation -30 to +50 °C	
Optional high ambient temperature	Up to 50 °C			
Coolant inlet temperature		+5 to +45 °C	+5 to +50 °C	+5 to +45 °C
Optional high coolant inlet temperature		Up to +50 °C	Up to +55 °C	
Altitude	0 to 1,000 m			
Optional high altitude	Up to 4,000 m			
Degree of protection	IP54R / UL type 12 with air outlet duct IP23		Totally enclosed cabinet IP54 / UL type 12	
Cabling connections	Bottom		Top or bottom	
Cooling connections			Left or right side	
Cabinet configuration	In-line		In-line, back-to-back or several separate	
Control				
Field bus interface	EtherCAT, PROFINET IO, PROFIBUS-DP, CANopen and Modbus, ControlNet, InterBus-S, DeviceNet			
Ethernet interface	Ethernet interface with PC browser is included			
Control tool link	Optical DDCS communication link for communication with PC tools as standard			
Converter supports wind turbine to comply with grid code requirements				
Transmission code 2007, Germany	FRT Grid support*	FRT Grid support*	FRT Grid support	FRT Grid support
REE P.O. 12.3, Spain	FRT Grid support*	FRT Grid support	FRT Grid support	FRT Grid support
Technical regulations TF 3.2.6, Denmark	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
National Grid Electricity Transmission, Issue 3, Revision 21, July 2007, USA	FRT Grid support* Active current/power**	FRT Grid support* Active current/power**	FRT Grid support Active current/power	FRT Grid support Active current/power
111 FERC 61,252	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
111 FERC 61,353, USA	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
CEPRI WED-QR-C01-E-06, China	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
Product compliance				
Product markings	CE UL Classified with IEC standard 61400-1		CE	
Optional	UL508A, UL508C, CSA C22.2 No 14-05			
EMC EN 61800-3/ A11 (2000), EN 61800-3 (2004)	2 nd environment, unrestricted distribution, category C3			
Quality assurance system	ISO 9001			
Environmental system	ISO 14001			

* when $U_{gp} > 20\% U_n$ ** with symmetrical fault when $U_{gp} > 50\% U_n$

*** grid code does not require grid support

FRT = fault ride-through

Doubly-fed converters



ACS800-67, 0.6 to 2.2 MW

- Air cooled
- Small and light weight
- Lowest harmonics and highest efficiency at rated point

Typical generator rating kW	Rated generator current A	Rated grid current A	Rated grid apparent power kVA	Module setup	Cabinet width with 690 V power cabinet mm	Cabinet weight with power cabinet kg
1,000	486	400	478	1 + 1	2,200	1,800
1,500	645	400	478	1 + 2	2,500	1,900
2,200	953	400	478	1 + 2	2,500	1,900

Cabinet height 1,800 mm and depth 600 mm



ACS800-67LC, 1.7 to 3.8 MW

- Liquid cooled
- Small and light weight
- Lowest harmonics and highest efficiency at rated point

Typical generator rating kW	Rated generator current A	Rated grid current A	Rated grid apparent power kVA	Module setup	Cabinet width with 690 V power cabinet mm	Cooling flow rate with power cabinet l/min	Cabinet weight with power cabinet kg
1,700	898	480	570	1 + 2	2,200	92	2,000
2,250	1,143	480	570	1 + 2	2,200	92	2,000
2,600	1,143	941	1,125	2 + 2	2,400	100	2,200
3,000	1,334	720	860	2 + 3	2,600	113	2,500
3,800	1,697	941	1,120	2 + 3	2,600	113	2,500

Cabinet height 2,000 mm and depth 600 mm

Converter options

- Removable cabinet doors
- Cabling direction
- Cooling connections
- Low voltage ride-through options
- Redundancy (parallel) sub-converter connections
- Pulse encoder interface
- Power cabinet including stator contactor and stator breaker

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/converters-inverters
www.abb.com/windpower

© Copyright 2013 ABB. All rights reserved.
 Specifications subject to change without notice.

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

3AAUA0000076460 REV/B EN 2013

4.4 Catálogo del cable XTREM H07RN-F del fabricante Topcable



XTREM H07RN-F

Cable flexible de goma, para uso industrial.

UNE-EN 50525-2-21 / IEC 60245-4

DISEÑO

1. Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228

2. Aislamiento

Goma EPR.

La identificación normalizada de los conductores aislados es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde
6 ó más cond	Negros numerados + Amarillo/Verde

3. Cubierta

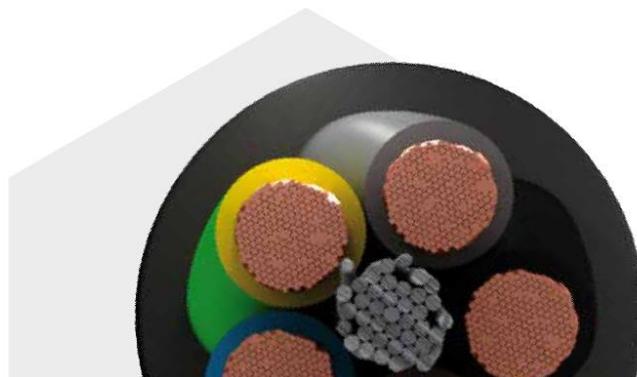
Goma flexible de color negro.

APLICACIONES

Gracias a su extraordinaria flexibilidad y resistencia, el cable Xtrem H07RN-F es ideal para uso industrial tanto en instalación fija como en servicio móvil. Este cable de goma ha sido fabricado usando polímeros mejorados respecto a las especificaciones de norma, lo que lo convierte en un cable altamente polivalente, con una temperatura y tensión de servicio superiores a los indicados en las normativas internacionales. Se admite empleo hasta 1.000 V en montaje fijo protegido. Los cables H07RN-F de Top Cable están diseñados para suministrar energía a todo tipo de equipos eléctricos, incluidos motores y bombas sumergibles en instalaciones de aguas profundas (AD8).

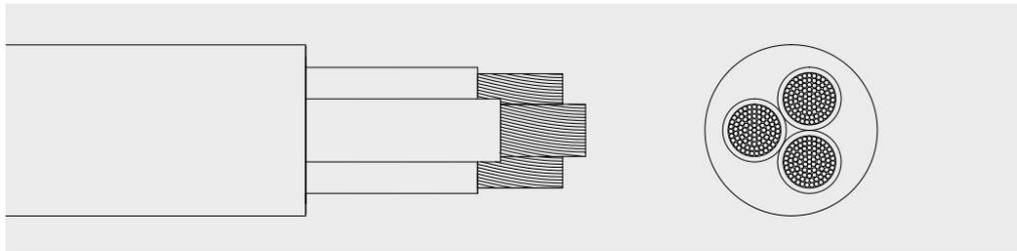


Este render es un ejemplo de las diversas configuraciones de este cable. Puede ser suministrado en diversas secciones y número de conductores.



XTREM H07RN-F

110



CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 450/750 V



Norma de referencia

UNE-EN 50525-2-21 / IEC 60245-4



ITC y certificaciones

ITC: 29/30/31/32/33/34/41/42

Certificados

CE
SEC
HAR
AENOR
DNV
RoHS



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).
Temp. mínima de servicio: -40°C (estático con protección) y -25°C (servicio móvil).



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x \varnothing exterior hasta 12 mm de \varnothing y 4 x \varnothing exterior a partir de 12 mm de \varnothing .
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



Presencia de agua

Presencia de agua: AD8 sumergida.
Apto para bombas sumergibles.
Apto para pozos profundos.
Apto para agua potable.



Otros

Marcaje: metro a metro.



Condiciones de instalación

Al aire.



Aplicaciones

Uso industrial.
Servicio móvil.
Robótica.
Aerogeneradores.
Provisionales y temporales de obra.



Embalaje

Disponible en rollos con film retráctilado (longitudes de 50 y 100 m) y bobinas.



111

XTREM H07RN-F



DIMENSIONES

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Instalación fija a 30°C (A)	Servicio móvil a 30°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 1,5	5,9	48	21	16	26,7
1 x 2,5	6,5	62	29	20	16,6
1 x 4	7,5	88	40	30	9,95
1 x 6	8,3	116	53	38	6,63
1 x 10	10,1	182	74	53	3,84
1 x 16	11,4	250	101	71	2,43
1 x 25	13,4	361	135	94	1,57
1 x 35	14,7	469	169	117	1,11
1 x 50	17,5	671	207	148	0,776
1 x 70	19,6	892	268	185	0,546
1 x 95	22,0	1.140	328	222	0,414
1 x 120	24,2	1.420	383	260	0,323
1 x 150	26,6	1.760	444	300	0,259
1 x 185	28,8	2.090	510	341	0,213
1 x 240	32,2	2.710	607	407	0,161
1 x 300	34,9	3.310	703	468	0,129
1 x 400	39,3	4.270	823	553	0,0976
1 x 500	43,1	5.390	946	634	0,0772
2 x 1	8,3	92	21	10	45,2
2 x 1,5	8,7	109	26	16	30,9
2 x 2,5	10,6	162	36	25	18,5
2 x 4	12,0	220	49	34	11,5
2 x 6	13,7	295	63	43	7,66
2 x 10	18,1	522	86	60	4,43
2 x 16	21,6	738	115	79	2,81
2 x 25	25,7	1.052	149	105	1,81
3 G 1	8,9	111	21	10	45,2
3 G 1,5	9,7	137	26	16	30,9
3 G 2,5	11,4	198	36	25	18,5
3 G 4	13,1	276	49	35	11,5
3 G 6	14,8	370	63	44	7,66
3 G 10	20,1	668	86	62	4,43
3 G 16	22,6	906	115	82	2,81
3 G 25	27,4	1.360	149	109	1,81
3 G 35	29,7	1.700	185	135	1,29
3 G 50	35,4	2.410	225	169	0,896
3 G 70	39,6	3.180	289	211	0,631
3 G 95	45,2	4.070	352	250	0,478
3 G 120	48,7	5.002	410	292	0,373
4 G 1	9,7	134	17	10	39,2

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Instalación fija a 30°C (A)	Servicio móvil a 30°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
4 G 1,5	10,7	169	23	16	26,7
4 G 2,5	12,6	244	32	20	16
4 G 4	14,4	343	42	30	9,95
4 G 6	16,7	474	54	37	6,63
4 G 10	21,6	822	75	52	3,84
4 G 16	24,6	1.120	100	69	2,43
4 G 25	30,7	1.730	127	92	1,57
4 G 35	33,2	2.180	158	114	1,11
4 G 50	39,2	3.060	192	143	0,776
4 G 70	43,4	4.040	246	178	0,546
4 G 95	50,5	5.300	298	210	0,414
4 G 120	52,6	6.331	346	246	0,323
4 G 150	60,1	7.928	399	282	0,259
5 G 1	10,5	162	17	10	39,2
5 G 1,5	11,6	206	23	16	26,7
5 G 2,5	14	299	32	20	16
5 G 4	16,3	431	42	30	9,95
5 G 6	18,4	585	54	38	6,63
5 G 10	24,2	1.010	75	54	3,84
5 G 16	27,1	1.380	100	71	2,43
5 G 25	33,3	2.052	127	94	1,57
5 G 35	36,6	2.677	158	114	1,11
5 G 50	42,7	3.696	192	143	0,776
5 G 70	48,3	4.917	246	178	0,546
5 G 95	55,3	6.448	298	210	0,414
5 G 120	59,7	7.883	346	246	0,323
7 G 1,5	14,8	307	26	16	30,9
7 G 2,5	17	434	36	25	18,5
7 G 4	20,1	618	49	34	11,5
8 G 1,5	16,3	379	26	16	30,9
8 G 2,5	18,4	525	36	25	18,5
8 G 4	22,2	767	49	34	11,5
12 G 1,5	17,5	456	26	16	30,9
12 G 2,5	20,4	654	36	25	18,5
16 G 1,5	19,6	605	26	16	30,9
16 G 2,5	23,1	880	36	25	18,5
18 G 1,5	20,7	646	26	16	30,9
18 G 2,5	24,3	939	36	25	18,5
24 G 1,5	23,7	830	26	16	30,9
24 G 2,5	27,7	1.207	36	25	18,5

Intensidades máximas admisibles según IEC 60364-5-52.

Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en el anexo de este catálogo.

Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable.

Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.

Para más información: ventas@topcable.com



4.5 Catálogo del cable POWERFLEX RV-K del fabricante Topcable



POWERFLEX RV-K

Cable flexible de potencia para uso industrial.

IEC 60502-1 - UNE 21123-2

DISEÑO

1. Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228

2. Aislamiento

Poliétileno reticulado (XLPE).

La identificación normalizada de los conductores aislados es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde

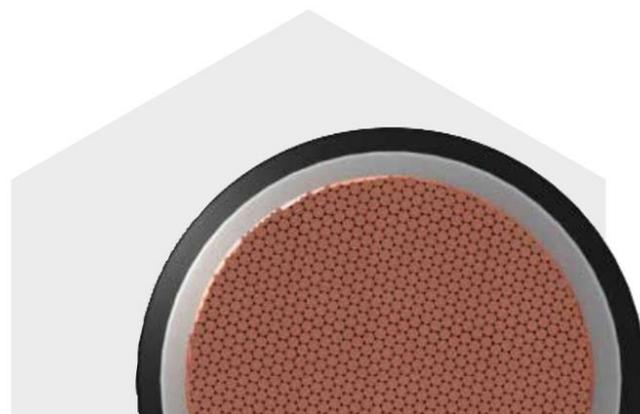
3. Cubierta

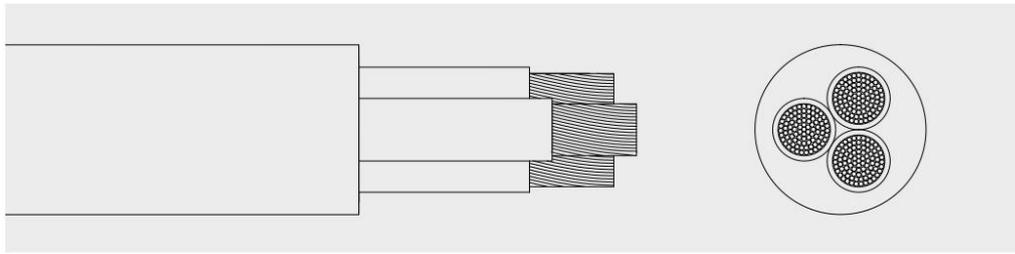
PVC flexible de color negro.

APLICACIONES

El cable Powerflex RV-K es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios, etc. Su flexibilidad lo hace particularmente adecuado en trazados difíciles. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD7), sin que perjudique la vida útil del cable.

Este render es un ejemplo de las diversas configuraciones de este cable. Puede ser suministrado en diversas secciones y número de conductores.





CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 0,6/1kV



Norma de referencia

IEC 60502-1 - UNE 21123-2



ITC y certificaciones

ITC: 9/20/30/31

Certificados:

CE
SEC
BUREAU VERITAS
AENOR
RoHS



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C.
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)
Temp. mínima de servicio: -40°C
(estático con protección).



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.
Reducida emisión de halógenos. Cloro < 15%.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 5 x diámetro exterior
Resistencia a los impactos: AG2 Medio



Características químicas

Resistencia a los ataques químicos: Buena
Resistencia a los rayos ultravioleta: UNE 211605.



Presencia de agua

Presencia de agua: AD7 Inmersión



Otros

Marcaje: metro a metro



Condiciones de instalación

Al aire.
Enterrado.
Entubado.



Aplicaciones

Uso industrial.
Alumbrado exterior.



Embalaje

Disponible en rollos de 100m -con film retractilado- y bobinas.



27 POWERFLEX RV-K



DIMENSIONES

Sección (mm2)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
1x 1,5	5,7	42	23	22	29,50
1x 2,5	6,2	54	29	29	17,70
1x 4	6,7	70	40	37	11,00
1x 6	7,3	90	53	46	7,32
1x 10	8,2	133	74	61	4,23
1x 16	9,2	189	101	79	2,68
1x 25	11,0	284	135	101	1,73
1x 35	12,1	381	169	122	1,23
1x 50	13,8	517	207	144	0,86
1x 70	15,7	712	268	178	0,603
1x 95	17,6	923	328	211	0,457
1x 120	19,2	1.165	383	240	0,357
1x 150	21,5	1.446	444	271	0,286
1x 185	23,9	1.748	510	304	0,235
1x 240	26,9	2.280	607	351	0,178
1x 300	29,6	2.829	703	396	0,142
1x 400	33,8	3.731	823	464	0,108
1x 500	37,4	4.776	946	525	0,085
1x 630	42,7	6.276	1.088	596	0,064
2 x 1,5	8,2	90	26	26	34,00
2 x 2,5	9,2	120	36	34	20,40
2 x 4	10,3	161	49	44	12,70
2 x 6	11,3	211	63	56	8,45
2 x 10	13,2	316	86	73	4,89
2 x 16	14,9	450	115	95	3,10
2 x 25	20,8	806	149	121	1,99
3 G 1,5	8,9	108	26	26	34,00
3 G 2,5	9,8	144	36	34	20,40
3 G 4	11	198	49	44	12,70
3 G 6	12,1	263	63	56	8,45
3 G 10	14,3	405	86	73	4,89
3 x 16	16,4	593	100	79	2,68
3 x 25	21,3	975	127	101	1,73
3 x 35	24,1	1.319	158	122	1,23
3 x 50	27,8	1.812	192	144	0,86
3 x 70	30,8	2.463	246	178	0,603
3 x 16 + 1 x 10	17,6	696	100	79	2,68
3 x 25 + 1 x 16	22,7	1.136	127	101	1,73
3 x 35 + 1 x 16	25	1.461	158	122	1,23

Sección (mm2)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
3 x 50 + 1 x 25	29,1	2.033	192	144	0,86
3 x 70 + 1 x 35	33,8	2.834	246	178	0,603
3 x 95 + 1 x 50	38,2	3.702	298	211	0,457
3 x 120 + 1 x 70	42,1	4.723	346	240	0,357
3 x 150 + 1 x 70	46,8	5.779	399	271	0,286
3 x 185 + 1 x 95	53,5	7.202	456	304	0,235
3 x 240 + 1 x 120	60,4	9.306	538	351	0,178
3 x 300	62,3	10.050	621	396	0,142
4 G 1,5	9,7	129	23	22	29,50
4 G 2,5	10,7	175	32	29	17,70
4 G 4	12	243	42	37	11,00
4 G 6	13,4	328	54	46	7,32
4 G 10	15,7	505	75	61	4,23
4 x 16	18,2	749	100	79	2,68
4 x 25	24,1	1.245	127	101	1,73
4 x 35	26,3	1.671	158	122	1,23
4 x 50	31,3	2.313	192	144	0,86
4 x 70	36,1	3.204	246	178	0,603
4 x 95	40,2	4.126	298	211	0,457
4 x 120	44,6	5.245	346	240	0,357
4 x 150	49,8	6.573	399	271	0,286
4 x 185	56,1	8.050	456	304	0,235
4 x 240	64,5	10.695	538	351	0,178
5 G 1,5	10,4	153	23	22	29,50
5 G 2,5	11,6	213	32	29	17,70
5 G 4	13,2	298	42	37	11,00
5 G 6	14,7	403	54	46	7,32
5 G 10	17,1	624	75	61	4,23
5 G 16	20,2	931	100	79	2,68
5 G 25	26,6	1.555	127	101	1,73
5 G 35	29,3	2.076	158	122	1,23
5 G 50	34,5	2.895	192	144	0,86
5 G 70	38,7	3.929	246	178	0,603
5 G 95	44,6	5.189	298	211	0,457
5 G 120	49,7	6.560	346	240	0,357
5 G 150	55,6	8.144	399	271	0,286
5 G 185	62,5	9.971	456	304	0,235
5 G 240	71,8	13.206	538	351	0,178

Intensidades máximas admisibles según IEC 60364-5-52.
 Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en el anexo de este catálogo.
 Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable.
 Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.

Para más información: ventas@topcable.com



4.6 Catálogo del cable X-VOLT RHZ1 AL/OL/2OL del fabricante Topcable



X-VOLT RHZ1 AL/OL/2OL

Cable de Media Tensión de aluminio, con aislamiento de XLPE, libre de halógenos.

Norma de referencia: UNE-HD 620-10E (tipo 10E-1) / IEC 60502-2.

DISEÑO

1. Conductor

Conductor de aluminio, clase 2, según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Opcionalmente, con obturación longitudinal (cables tipo -2OL).

2. Pantalla semiconductora interna

Material semiconductor termoestable aplicado sobre el conductor.

3. Aislamiento

Poliétileno reticulado (XLPE), en catenaria de atmósfera seca, mediante proceso de triple extrusión.

4. Pantalla semiconductora externa

Material semiconductor aplicado sobre el aislamiento. Pelable.

4. Pantalla metálica

Corona de alambres de cobre y contraespira de cobre, con una sección mínima de 16 mm².

5. Obturación longitudinal

Cinta higroscópica recubriendo totalmente la pantalla (cables tipo -OL y -2OL).

6. Cubierta exterior

Polioléfina libre de halógenos, de color rojo.

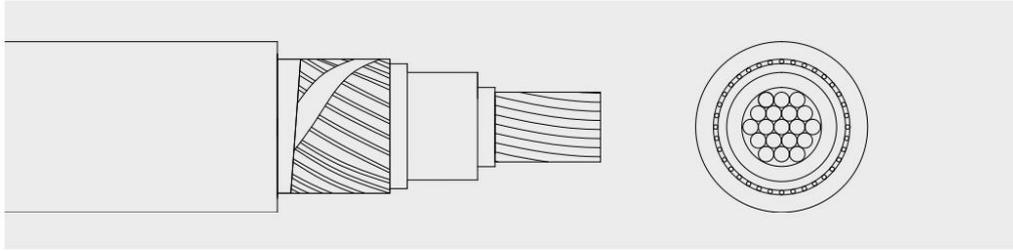
APLICACIONES

Cable de aluminio para el transporte y distribución de energía en redes de media tensión. Libre de halógenos.



131

X-VOLT RHZI AL / OL / 2OL



CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

MEDIA TENSIÓN 6/10 kV, 8,7/15 kV, 12/20 kV y 18/30 kV.



Norma de referencia

UNE-HD 620-10E (tipo 10E-1) / IEC 60502-2.



Normas y certificaciones

Certificados
AENOR



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C.
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).
Temp. mínima de servicio: -15°C.



Características frente al fuego

Libre de halógenos: según UNE-EN 60754.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 15 x diámetro exterior.
Resistencia a abrasión
Resistencia al desgarro



Características químicas

Resistencia a los rayos ultravioleta: UNE 211605.



Otros

Marcaje: metro a metro.



Condiciones de instalación

Al aire
Enterrado
Entubado



Aplicaciones

Redes de distribución.



Intensidades máximas admisibles según UNE 211 435.
Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en la Norma UNE 211 435.
Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable.
Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.



Para más información: ventas@topcable.com

DIMENSIONES

6 / 10 kV

Sección (mm ²)	DIMENSIONES			Peso (Kg/Km)	DATOS ELÉCTRICOS		INTENSIDADES MÁXIMAS	
	Ø Cond. (mm)	Ø Ais. (mm)	Ø Ext. (mm)		X (Ω/km a 50 Hz)	C (μzF/km)	Al aire (40°C) (A)	Enterrados (25°C) (A)
1x50	8,3	16,5	24,6	675	0,127	0,245	170	140
1x70	9,8	18,0	26,1	764	0,121	0,275	210	170
1x95	11,3	19,5	27,6	860	0,115	0,304	255	205
1x120	12,6	20,8	28,9	964	0,111	0,329	295	235
1x150	14,0	22,2	30,3	1055	0,108	0,357	335	260
1x185	15,6	23,8	32,9	1256	0,106	0,388	385	295
1x240	18,0	26,2	35,3	1455	0,101	0,434	455	345
1x300	20,3	28,5	37,6	1678	0,098	0,478	520	390
1x400	23,4	31,6	40,7	1974	0,094	0,538	610	445
1x500	27,0	35,2	44,3	2337	0,090	0,608	720	510
1x630	32,0	40,2	49,3	2897	0,086	0,704	840	580
1x800	34,0	42,2	51,3	3347	0,085	0,742	975	665
1x1000	39,0	47,2	56,3	4098	0,082	0,838	1130	755

8,7 / 15 kV

1x50	8,3	18,7	26,8	721	0,133	0,199	170	140
1x70	9,8	20,2	28,3	812	0,126	0,221	210	170
1x95	11,3	21,7	29,8	911	0,120	0,243	255	205
1x120	12,6	23,0	31,5	1035	0,117	0,263	295	235
1x150	14,0	24,4	32,9	1130	0,113	0,283	335	260
1x185	15,6	26,0	35,1	1309	0,110	0,307	385	295
1x240	18,0	28,4	37,5	1511	0,105	0,342	455	345
1x300	20,3	30,7	39,8	1737	0,101	0,376	520	390
1x400	23,4	33,8	42,9	2038	0,097	0,421	610	445
1x500	27,0	37,4	46,5	2406	0,093	0,474	720	510
1x630	32,0	42,4	51,5	2973	0,089	0,547	840	580
1x800	34,0	44,4	53,5	3427	0,088	0,576	975	665
1x1000	39,0	49,4	58,5	4186	0,085	0,648	1130	755

12 / 20 kV

1x50	8,3	20,7	28,8	796	0,137	0,172	170	140
1x70	9,8	22,2	30,7	910	0,131	0,191	210	170
1x95	11,3	23,7	32,2	1014	0,125	0,209	255	205
1x120	12,6	25,0	34,1	1155	0,122	0,225	295	235
1x150	14,0	26,4	35,5	1255	0,118	0,242	335	260
1x185	15,6	28,0	37,1	1409	0,114	0,261	385	295
1x240	18,0	30,4	39,5	1618	0,109	0,290	455	345
1x300	20,3	32,7	41,8	1851	0,105	0,318	520	390
1x400	23,4	35,8	44,9	2161	0,100	0,355	610	445
1x500	27,0	39,4	48,5	2539	0,096	0,398	720	510
1x630	32,0	44,4	53,5	3121	0,091	0,458	840	580
1x800	34,0	46,4	55,5	3580	0,090	0,482	975	665
1x1000	39,0	51,4	60,5	4353	0,087	0,542	1130	755

18 / 30 kV

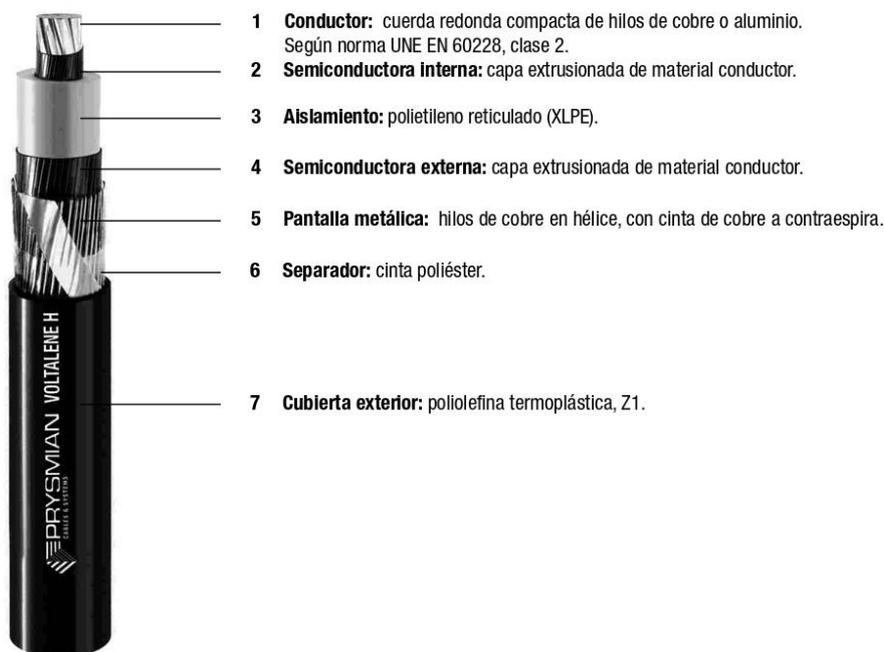
1x50	8,3	25,7	34,2	1031	0,148	0,134	170	140
1x70	9,8	27,2	36,3	1170	0,141	0,147	210	170
1x95	11,3	28,7	37,8	1286	0,135	0,160	255	205
1x120	12,6	30,0	39,1	1408	0,130	0,171	295	235
1x150	14,0	31,4	40,5	1518	0,126	0,183	335	260
1x185	15,6	33,0	42,1	1683	0,122	0,197	385	295
1x240	18,0	35,4	44,5	1910	0,116	0,217	455	345
1x300	20,3	37,7	46,8	2159	0,112	0,236	520	390
1x400	23,4	40,8	49,9	2492	0,107	0,262	610	445
1x500	27,0	44,4	53,5	2896	0,102	0,292	720	510
1x630	32,0	49,4	58,5	3514	0,097	0,333	840	580
1x800	34,0	51,4	60,5	3988	0,095	0,350	975	665
1x1000	39,0	56,4	65,5	4797	0,092	0,391	1130	755

4.7 Catálogo del cable VOLTALENE H AL RHZ1-0L 36/66kV del fabricante Prysmian Group.

CABLE VOLTALENE H 26/45 kV, 36/66 kV

Tipo: RHZ1 (con conductor de cobre); AL RHZ1 (con conductor de aluminio)
Tensión nominal: 26/45 kV, 36/66 kV
Norma: UNE HD 632-3A

Composición:



NOTA: Ver datos de este diseño en páginas siguientes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	26/45 kV	36/66 kV
Tensión nominal simple, U ₀ (kV)	26	36
Tensión nominal entre fases, U (kV)	45	66
Tensión máxima entre fases, U _m (kV)	52	72,5
Tensión a impulsos, U _p (kV)	250	325
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90	90
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250	250

DATOS TÉCNICOS DEL CABLE AL VOLTALENE H 36/66 kV (conductor de aluminio)
 AL RHZ1

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES (Valores aproximados)

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm ²)	Código	conductor (mm)	aislamiento (mm)	pantalla (mm)	cable (mm)	Peso (kg/km)	Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)
36/66 kV								
1x35/25	20117867	6,8	34,7	39,2	45,4	1900	726	908
1x50/25	20117868	8	35,8	40,4	46,5	2000	744	930
1x70/25	20117869	9,8	37,8	42,3	48,5	2180	776	970
1x95/25	20104573	11,2	39,1	43,6	49,8	2310	797	996
1x120/25	20094047	12,6	39,4	44	50,1	2380	802	1002
1x150/25	20000781	14	39,8	44,3	50,5	2460	808	1010
1x185/25	20980166	15,6	40,3	44,9	51	2560	816	1020
1x240/25	37019644	18	40,7	45,3	51,4	2690	822	1028
1x300/25	20001498	20,3	42,6	46,6	52,7	2940	843	1054
1x400/25	20000768	22,9	46	49,8	55,9	3330	894	1118
1x500/25	20997040	26,3	48,4	52,2	58,3	3730	933	1166
1x630/25	20990024	30,2	52,3	56,1	62,2	4280	995	1244
1x800/25	20000769	34	55,1	58,9	65	4930	1040	1300
1x1000/25	20117870	38,4	59,5	63,3	70	5830	1120	1400

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	36/66 kV
Tensión nominal simple, U ₀ (kV)	36
Tensión nominal entre fases, U (kV)	66
Tensión máxima entre fases, U _m (kV)	72,5
Tensión a impulsos, U _p (kV)	325
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250

(Valores aproximados)

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm ²)	Intensidad máxima admisible enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)	Capacidad (μF/km)
36/66 kV					
1x35/25	130	134	0,868	0,179	0,100
1x50/25	154	160	0,641	0,170	0,107
1x70/25	190	200	0,443	0,159	0,117
1x95/25	227	241	0,32	0,153	0,127
1x120/25	259	278	0,253	0,146	0,138
1x150/25	291	316	0,206	0,140	0,150
1x185/25	330	363	0,164	0,134	0,164
1x240/25	385	430	0,125	0,125	0,192
1x300/25	437	494	0,1	0,119	0,219
1x400/25	501	575	0,0778	0,115	0,244
1x500/25	575	673	0,0605	0,109	0,278
1x630/25	659	788	0,0469	0,105	0,308
1x800/25	746	911	0,0367	0,100	0,351
1x1000/25	835	1040	0,0291	0,097	0,386

*Condiciones de instalación: una terna de cables directamente enterrada o bajo tubo a 1,2 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1 K·m/W.

**Condiciones de instalación: una terna de cables al aire (a la sombra) a 40 °C.

NOTA: valores obtenidos para una terna de cables al trespelillo y en contacto. Para el cálculo de la reactancia inductiva con los conductores en cualquier disposición aplicar la fórmula de la página 214.

IMPORTANTE: Para los valores concretos de intensidades máximas según los conexionados de pantalla se ruega contactar con Prysmian.



4.8 Catálogo del transformador sumergido en dieléctrico líquido del fabricante Ormazabal 24 kV: D₀ C_k (AB')



Transformadores de MT/BT para
Soluciones de la Red de Distribución

Transformadores de distribución

Hasta 36 kV y hasta 5 MVA Normas IEC

Reliable innovation. Personal solutions.
www.ormazabal.com



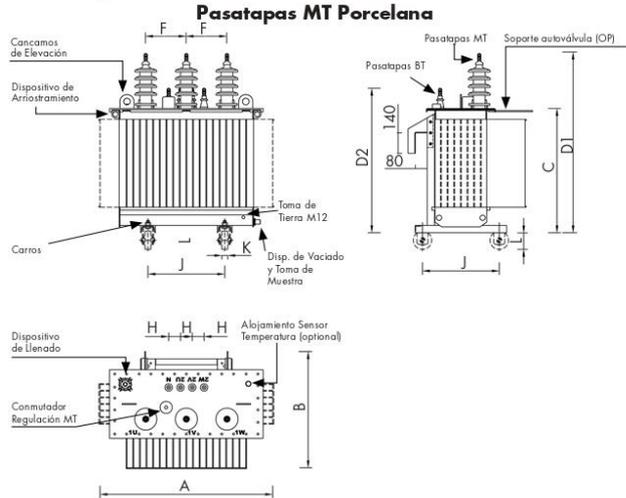
Transformadores herméticos de llenado integral



Características 24 kV: D₀ C_K (AB')

Desde 25 hasta 160 kVA • Nivel de Aislamiento 24 kV

Transformadores Sumergidos en Dieléctrico Líquido



Características eléctricas		24 kV: D ₀ C _K (AB')				
Potencia asignada [kVA]		25	50	100	160	
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]	20				
	Secundaria en vacío [V]	420				
Grupo de Conexión		Yzn11/Dyn11				
Pérdidas en Vacío - Po [W]	Lista D ₀	95	145	260	375	
Pérdidas en Carga - Pk [W]	Lista C _K	700	1100	1750	2350	
Impedancia de Cortocircuito [%] a 75°C		4	4	4	4	
Nivel de Potencia Acústica LwA [dB]		47	50	54	57	
Caída de tensión a plena carga [%]	CARGA 100%	cosφ=1	2.84	2.26	1.81	1.54
		cosφ=0.8	3.96	3.77	3.57	3.43
	CARGA 75%	cosφ=1	96.92	97.57	98.03	98.33
		cosφ=0.8	96.18	96.98	97.55	97.92
Rendimiento [%]	CARGA 75%	cosφ=1	97.46	98.00	98.37	98.61
		cosφ=0.8	96.84	97.52	97.97	98.26

Dimensiones [mm]		25	50	100	160
Potencia asignada [kVA]		25	50	100	160
A (Largo)		888	888	1006	1205
B (Ancho)		704	704	796	848
C (Alto a tapa)		768	810	889	847
D1 (Alto a MT con Porcelana MT)		1153	1195	1274	1232
D3 (Alto a MT Borna enchufable MT)		857	899	978	936
D2 (Alto a BT con Palas)		918	960	1039	997
F (separación MT)		275	275	275	275
H (separación entre BT)		80	80	80	80
J (Distancia entre ruedas)		520	520	520	520
K (ancho rueda)		40	40	40	40
Ø (diámetro rueda)		125	125	125	125
L (Rueda)		110	110	110	110
Distance between pole mounting brackets		530	530	530	530
Volumen Aceite [Litros]		100	105	155	200
Peso total [Kg]		360	435	610	770



4.9 Catálogo del transformador XMN 400/690V del fabricante Manumag

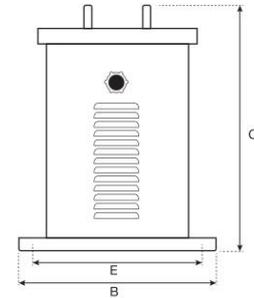
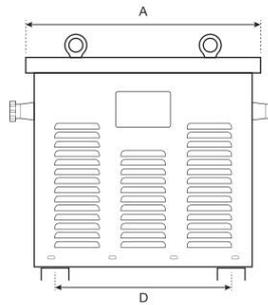
**XMN
SERIES**

P. 54

AUTO-TRANSFORMADORES
TRIFÁSICOS

STEP UP-DOWN THREE-PHASE
AUTOTRANSFORMERS

XMN SERIES | 400V / 690Vac



REVERSIBLES VOLTAGES: 400V - 690Vac

STANDARD: ACCORDING TO EN 61558-2-13
 FREQUENCIES: 50 / 60Hz
 PROTECTION DEGREE: IP23
 PROTECTION CLASS: I
 ISOLATION CLASS: T40/F
 NON-SHORT-CIRCUIT PROOF

Input and output voltages derive from a common winding (Class H 180°C) without galvanic isolation.

They are designed to step up or down the network voltage in order to supply the needed voltage for equipment intended to be associated.

TENSIONES REVERSIBLES: 400V - 690Vac

NORMATIVA: CONFORME A EN 61558-2-13
 FRECUENCIAS: 50 / 60Hz
 GRADO DE PROTECCIÓN: IP23
 CLASE DE PROTECCIÓN: I
 CLASE DE AISLAMIENTO: T40/F
 NO RESISTENTE A CORTO - CIRCUITOS

Las tensiones de entrada y salida derivan de un bobinado común (Clase H 180°C) sin aislamiento galvánico.

Están diseñados para elevar o reducir la tensión de red con el fin de proveer el voltaje necesario para los equipos a los que están asociados.

Power Potencia (KVA)	Code Código	Dimensions Dimensiones (mm)					Net weight Peso neto (kg)
		A	B	C	D	E	
1	XMNO2210963	265	145	195	-	-	7,2
3	XMNO2230963	322	230	260	200	200	15
5	XMNO2250963	322	230	260	200	200	20,5
7,5	XMNO2275963	372	250	260	270	220	28,5
10	XMNO2310963	372	250	400	270	220	37,5
15	XMNO2315963	455	280	470	330	250	47
20	XMNO2320963	455	280	470	330	250	53
25	XMNO2325963	455	280	470	330	250	59
30	XMNO2330963	510	400	560	370	345	81
40	XMNO2340963	510	430	560	370	380	91
50	XMNO2350963	510	430	560	370	380	98
60	XMNO2360963	640	490	695	470	430	126
75	XMNO2375963	640	490	695	470	430	160
100	XMNO2410963	660	520	695	470	460	225
125	XMNO2412963	780	580	845	560	515	235
160	XMNO2416963	780	630	845	560	564	238
200	XMNO2420963	780	630	845	560	564	290
250	XMNO2425963	920	800	1030	620	770	325
300	XMNO2430963	920	800	1030	620	770	370

* Any other powers and voltages available on request | * Otras potencias y tensiones bajo demanda

4.10 Catálogo del transformador sumergido en aceite de 800 kVA y relación de transformación 20/0,69 kV del fabricante Pauwels Trafo

Transformer manual
Nr
96.1.4910-4913



V. TECHNICAL CHARACTERISTICS

1. GENERAL

Standard(s) : BS 171
 Type denomination : TSC
 Cooling medium : Mineral oil.
 Temperature rise : 60 K oil top
 65 K coils (by resistance method)

Permitted load according to "Loading Guide" IEC354

2. ELECTRICAL

Nominal power : 800 kVA
 Number of phases : 3
 Frequency : 50 Hz
 Nominal voltages (U_{nom}) : HV₁ 20000 V $\pm 2,5\% \pm 5\%$
 LV₁ 660 V
 Nominal currents (I_{nom}) HV₁ 23,09 A
 LV₁ 700 A
 Connection symbol : HV : delta
 LV : star
 Connection : Dyn11
 No-load loss : (P₀) 1050 W (tol. +15 %)
 Load loss (at 75 °C) : (P_k) 8500 W (tol. + 15 %) by 20000/660 V 800 kVA
 Impedance voltage (at 75 °C) : (U_k) 5,8 % (tol. $\pm 10\%$) by 20000/660 V 800 kVA

Section 5

Transformer manual
Nr
96.1.4910-4913



V. TECHNICAL CHARACTERISTICS

Nominal voltage stand Un (eff) (kV)	Highest voltage for the material Um (eff) (kV)	Rated voltage withstand network frequency (eff) (kV)	Impulse voltage with- (peak) (kV)
20	24	50	125
0,66	1,1	3	-

3. MECHANICAL

3.1. DIMENSIONS

Length : 1845 mm

Width : 990 mm

Height : 1680 mm

3.2. WEIGHT

Removable part : 1370 kg

Cooling medium : 665 kg

Total : 2530 kg

Section 5

4.11 Catálogo del interruptor automático Compact NS800 del fabricante Schneider Electric

Hoja de características del producto

Características

33423

Interruptor-seccionador Compact NS800 NA - 800 A - 4 polos



Principal

Nombre del producto	Compact NS
Nombre corto del dispositivo	Compact NS800 NA
Tipo de producto o componente	Interruptor seccionador
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de oferta	C4
Número de polos	4P
Tipo de red	AC
Poder de corte	NA
Poder de seccionamiento	Sí según IEC 60947-3

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
[Ie] Corriente nominal de empleo	AC-23A : 800 A AC 50/60 Hz 220/240 V AC-23A : 800 A AC 50/60 Hz 380/415 V AC-23A : 800 A AC 50/60 Hz 440/480 V AC-23A : 800 A AC 50/60 Hz 500/525 V AC-23A : 800 A AC 50/60 Hz 660/690 V
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV according to IEC 60947-3
[Ith] Corriente térmica convencional	800 A (60 °C)
[Icw] Corriente temporal admisible	25 kA (0.5 s) according to IEC 60947-3 4 kA (20 s) according to IEC 60947-3
[Icm] Capacidad nominal de cortocircuito	52 kA 690 V CA 50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
Indicador de posición del contacto	Sí
Corte visible	No
Durabilidad mecánica	6000 ciclos de acuerdo con IEC 60947-3
Durabilidad eléctrica	1000 cycles 440 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
Paso de conexión	70 mm
Altura	327 mm

11-may-2019

Life is On | Schneider Electric

1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Anchura	280 mm
Profundidad	147 mm
Peso del producto	18 kg

Entorno

Normas	IEC 60947-3
Certificaciones de producto	ASEFA ASTA
Grado de contaminación	3 according to IEC 60947-3
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C

Información Logística

País de Origen	Francia
----------------	---------

Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

4.12 Catálogo del interruptor automático Compact NSX160 del fabricante Schneider Electric

Hoja de características del producto

Características

LV430650

Interruptor automático Compact NSX160F - TMD
- 160 A - 4 polos 4R



Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact NSX
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Nombre corto del dispositivo	Compact NSX160F
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	4P
Descripción de polos protegidos	4t
Posición de neutro	Izquierda
Tipo de red	AC
Frecuencia de red	50/60 Hz
[In] Corriente nominal	160 A (40 °C)
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V AC 50/60 Hz
Breaking capacity code	F - tipo de cable: 36 kA) AC
Capacidad de corte	8 kA Icu en 660/690 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 22 kA Icu en 525 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 35 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 36 kA Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 85 kA Icu en 220/240 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 30 kA Icu en 500 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 10 kA en 600 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508 35 kA en 480 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508 85 kA en 240 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508
[Ics] poder de corte en servicio	Ics 22 kA 525 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 30 kA 500 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 35 kA 440 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 36 kA 380/415 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 8 kA 660/690 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 85 kA 220/240 V CA 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Sí de acuerdo con EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60947-2

11-may-2019

Life to On Schneider Electric

1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

Categoría de empleo	Categoría A
Unidad de control	TM-D
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Funciones de protección de unidad de control	LI
Calibre de la unidad de disparo	160 A (40 °C)
Tipo de protección	Protección contra sobrecarga (térmica) L Protección contra cortocircuitos (magnética) I
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60664-1

Complementario

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Placa posterior
Conexión superior	Frontal
Conexión hacia abajo	Parte frontal
Composición de los contactos auxiliares	Sin
Durabilidad mecánica	40000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos 440 V In/2 de acuerdo con IEC 60947-2 15000 ciclos 690 V In/2 de acuerdo con IEC 60947-2 20000 ciclos 440 V In de acuerdo con IEC 60947-2 7500 ciclos 690 V In de acuerdo con IEC 60947-2
Paso de conexión	35 mm
Señalizaciones en local	Indicación de contacto positivo
Ajuste protección de neutro	1 x Ir 4t
Tipo de ajuste de detección a largo plazo Ir	Ajustable
Intervalo de ajuste de detección a largo plazo	0,7...1 x In
Tipo de ajuste de retardo de larga duración	Fijo
[Tr] ajuste de retardo de larga duración	15 s 6 x Ir 120...400 s 1,5 x In
Tipo de ajuste de detección de Isd de corto retardo	Fijo
[Isd] intervalo de ajuste de detección a corto plazo	1250 A
Tipo de ajuste de retardo de corta duración	Fijo
Altura	161 mm
Anchura	140 mm
Profundidad	86 mm
Peso del producto	2,6 kg

Entorno

Categoría de sobretensión	Clase II
Clase de protección contra descargas eléctricas	Clase II
Normas	EN/IEC 60947 UL 508
Certificaciones de producto	CCC Marine EAC
Grado de protección IP	IP40 acorde a IEC 60529
Grado de protección IK	IK07 acorde a IEC 62262

Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-55...85 °C

Sostenibilidad de la oferta

Estado de la oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Conforme - desde 0819 - Declaración de conformidad de Schneider Electric Declaración de conformidad de Schneider Electric
REACH	La referencia no contiene SVHC La referencia no contiene SVHC
Perfil ambiental del producto	Disponible
Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	DISPONIBLE

Información Logística

Pais de Origen	Francia
----------------	---------

Garantía contractual

Warranty period	18 months 18 months
-----------------	---------------------

4.13 Catálogo del interruptor automático Compact NS630b del fabricante Schneider Electric

Hoja de características del producto 33420

Características

Interruptor-seccionador Compact NS630b NA - 630 A - 3 polos



Principal

Nombre del producto	Compact NS
Nombre corto del dispositivo	Compact NS630b NA
Tipo de producto o componente	Interruptor seccionador
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de oferta	C4
Número de polos	3P
Tipo de red	AC
Poder de corte	NA
Poder de seccionamiento	Sí según IEC 60947-3

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
[Ie] Corriente nominal de empleo	AC-23A : 630 A AC 50/60 Hz 220/240 V AC-23A : 630 A AC 50/60 Hz 380/415 V AC-23A : 630 A AC 50/60 Hz 440/480 V AC-23A : 630 A AC 50/60 Hz 500/525 V AC-23A : 630 A AC 50/60 Hz 660/690 V
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV according to IEC 60947-3
[Ith] Corriente térmica convencional	630 A (60 °C)
[Icw] Corriente temporal admisible	25 kA (0,5 s) according to IEC 60947-3 4 kA (20 s) according to IEC 60947-3
[Icm] Capacidad nominal de cortocircuito	52 kA 690 V CA 50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
Indicador de posición del contacto	Sí
Corte visible	No
Durabilidad mecánica	6000 ciclos de acuerdo con IEC 60947-3
Durabilidad eléctrica	1000 cycles 440 V AC 50/60 Hz according to IEC 60947-3
Paso de conexión	70 mm
Altura	327 mm

11-may-2019

Life Is On | Schneider Electric

1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Anchura	210 mm
Profundidad	147 mm
Peso del producto	14 kg

Entorno

Normas	IEC 60947-3
Certificaciones de producto	ASEFA ASTA
Grado de contaminación	3 according to IEC 60947-3
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C

Información Logística

País de Origen	España
----------------	--------

Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

4.14 Catálogo del protector contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC del fabricante Schneider Electric

Product data sheet Characteristics

A9L40271

iPRD-DC 40r 800PV modular surge arrester - 2P - 840VDC - with remote transfert



Main

Range of product	Acti 9
Product name	Acti 9 iPRD PV-DC
Device short name	iPRD PV-DC
Product or component type	Surge arrester with pluggable cartridge
Poles description	2P
Output type	Contact (volt-free)
Signal contacts composition	1 SD (1 C/O)
Surge arrester type	Electrical distribution network

Complementary

Surge arrester class type	Type 2
Surge arrester technology	MOV
[Ue] rated operational voltage	800 V (+/- 10 %) DC
[In] nominal discharge current	15 kA
[Imax] maximum discharge current	40 kA
[Ucpv] maximum continuous operating voltage	Differential mode : 800 V L+/L- Common mode : 800 V L+/PE Common mode : 800 V L-/PE
[Up] voltage protection level	<= 3 kV type 2 differential mode L+/L- <= 3 kV type 2 common mode L+/PE <= 3 kV type 2 common mode L-/PE
Disconnecter device type	Integrated disconnecter
Local signalling	Flag color: white/red
Signalling circuit voltage	AC : 250 V 50/60 Hz
Signalling output current	0.25 A
Mounting mode	Clip-on
Mounting support	DIN rail
9 mm pitches	6

May 12, 2019

Life Is On | Schneider
Electric

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for, and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

Height	85 mm
Width	54 mm
Depth	69 mm
Product weight	400 g
Colour	White (RAL 9003)
Response time	<= 25 ns
Connections - terminals	Tunnel type terminal 2.5...16 mm² flexible Tunnel type terminal 2.5...16 mm² flexible stranded Tunnel type terminal 2.5...25 mm² rigid
Wire stripping length	14 mm
Tightening torque	3.5 N.m

Environment

Standards	EN 50539-11 : 2013 UTE C 61740-51
Product certifications	CE
IP degree of protection	On front face : IP40 On terminal : IP20
IK degree of protection	IK03
Relative humidity	5...95 %
Operating altitude	2000 m
Ambient air temperature for operation	-25...60 °C
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS (date code: YYWW)	Compliant - since 0844 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available Product Environmental Profile
Product end of life instructions	Available End of Life Information

Contractual warranty

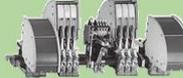
Warranty period	18 months
-----------------	-----------

4.15 Catálogo del contactor TeSys CV1B del fabricante Schneider Electric

TeSys Control and Protection Components

Bar mounted contactors
TeSys B

Chapter
B10

Pre defined composition contactors – TeSys B		
Type of product	Range	Pages
High performance & power - 1000 V TeSys LC1B	From 750 to 1800 A - AC-3 From 800 to 2750 A - AC-1	 B10/2
Magnetic latching - 1000 V TeSys CR1B	From 750 to 1800 A - AC-3 From 800 to 2750 A - AC-1	 B10/10
For control of DC excitation circuit of synchronous motors - 1200 V DC TeSys CRXB, CVXB, CWXB	From 80 to 2750 A - DC	 B10/13
Variable composition contactors – TeSys B		
Standard - 690 V TeSys CV1B Composition to be defined by customer	From 80 to 700 A - AC-3 From 80 to 1000 A - AC-1	 B10/16
High performance - 1000 V TeSys CV3B Composition to be defined by customer	From 80 to 1800 A - AC-3 From 80 to 2750 A - AC-1	 B10/17
Variable composition contactors - ordering process		B10/18
All details and composition list in the TeSys B dedicated catalogue		 <p>Catalogue ref: DIA1ED2070702EN</p> <p>Free download on the web</p>
On request – TeSys B		
For induction heating applications - 3000 V TeSys B	From 80 to 16300 A - AC-1	 On request
Technical Data for Designers		B10/23

Bar mounted contactors

Presentation - TeSys CV1 B, CV3 B Variable composition contactors

The variable composition contactor range is split into 3 groups:

■ **Low power switching contactors:**

- type CV1 B●, 80 to 1000 A
- type CV3 B●, 80 to 500 A.

For motor control, the references of the CV1 and CV3 contactors are given on catalogue DIA2070702EN.

For other applications, the composition of the commercial references is described on Symbol combination table, see pages B10/18 and B10/21 or use the configuration software "bar contactor soft-customer.xls" to download on: www.schneider-electric.com.

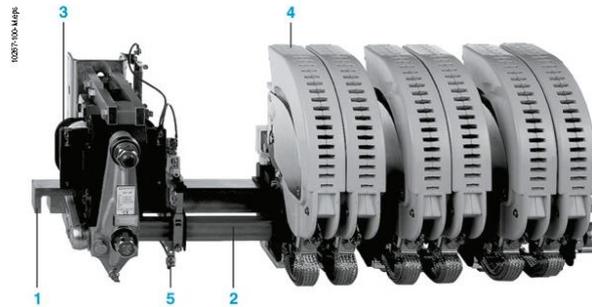
■ **Increased power switching contactors:**

- type LC1 B●, 800 to 2750 A. References shown on B10/2.

■ **Specific contactors** (large number of main poles, pole arrangement, customised fixing and dimensions, component referencing, etc.):

- type CV1●B, 80 to 1000 A
- type CV3●B, 80 to 2750 A.

To order these contactors, complete the Order form on catalogue DIA2070702EN.



- 1 Mounting bar
- 2 Rotating armature shaft
- 3 Electromagnet
- 4 Main pole
- 5 Instantaneous auxiliary contacts, type GM

Variable composition contactors are particularly suited for switching a.c. or d.c. motors and other circuits and are capable of providing a high number of operating cycles. Their variable composition design allows them to be built to customer specification.

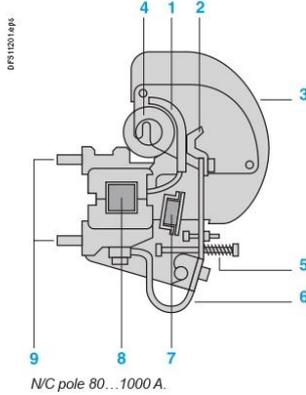
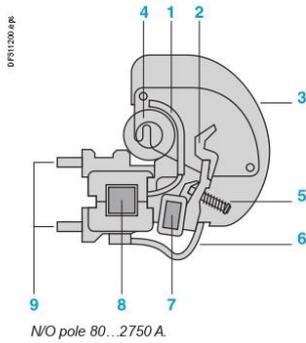
Applications

These variable composition contactors are ideally suited for the most frequently encountered applications:

- Switching a.c. squirrel cage and slip-ring motors in all utilisation categories (AC-2, AC-3, AC-4).
 - Switching d.c. motors in all utilisation categories (DC-2, DC-3, DC-4, DC-5).
 - Switching a.c. resistive loads (category AC-1) and d.c. resistive loads (category DC-1).
 - Switching distribution circuits (category AC-1).
 - Short-circuiting of rotor resistors.
 - Switching capacitors, power factor correction.
 - Switching transformer primaries.
 - Switching inductive circuits with high time constant ($L/R > 15$ ms)
- Example: alternator excitation circuit.
- Severe duty requirements and main pole arrangements comprising 1 to 6 N/O and/or N/C poles.

Bar mounted contactors

Presentation - TeSys CV1 B, CV3 B
Variable composition contactors



- 1 Fixed contact
- 2 Moving contact
- 3 Arc chamber
- 4 Blow-out coil
- 5 Pole pressure spring
- 6 Braided conductor
- 7 Rotating armature shaft (moving contact actuator)
- 8 Mounting bar
- 9 Terminal lugs

Bar mounted contactors

Power circuit

The principal function of a main pole is to make and break the supply current. It is designed to continuously carry its nominal operational current.

Making the current

On energisation of the electromagnet coil, the armature shaft rotates and the moving contact makes with the fixed contact. The contact pressure, maintained by the pole pressure spring, is sufficient to overcome the electrodynamic forces of transient current peaks (e.g.: switching a transformer, starting a motor, etc.).

Breaking the current

On de-energisation of the electromagnet coil, the contacts separate and electrical arcing is dissipated by the blow-out coil and arc chamber. To optimise the performance of the magnetic blow-out, the blow-out coil can be selected to suit the operational current, which is particularly important when switching d.c. The N/C pole operates in a reverse manner to the N/O pole, i.e. the contacts are closed whilst the electromagnet coil is de-energised and open during energisation.

CV1 contactors

■ 690 V ~, 220 V ~ / pole

- N/O poles 80...1000 A (PN1)
- N/C poles 80...1000 A (PR1).

■ Variants:

- no-load breaking poles
- N/O poles 80...1000 A (PN5)
- N/C poles 80...1000 A (PR5).
- arc chambers with splitters for dispersing the electric arc: 1000 V ~ / 440 V ~ per pole
- N/O poles 500...1000 A (PN3)
- N/C poles 500...1000 A (PR3).

CV3 contactors

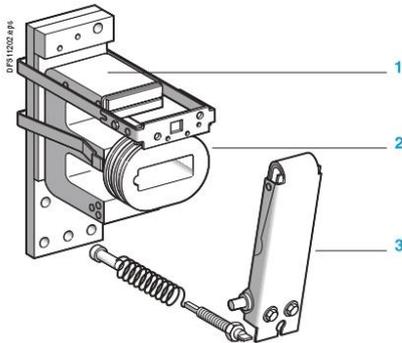
■ 1000 V ~, 440 V ~ / pole

- N/O poles 0...500 A (PA3)
- N/C poles 80...500 A (PR3)
- N/O poles 750...2750 A (PA1).

■ Variants:

- high making capacity poles 750...2750 A (PA2)
- high breaking capacity poles and poles with reduced safety clearances (arc chambers with closed splitters) 750...2750 A (PA1PX8)
- no-load breaking poles
- N/O poles 750...2750 A (PA5).

Presentation - TeSys CV1 B, CV3 B
Variable composition contactors



Electromagnet EB1 or EC1
1 Electromagnet core
2 Coil
3 Electromagnet armature

Control circuit

- 2 types of electromagnet: E shaped core and U shaped core.
- 2 types of coil: type WB1 and type WB2.

Electromagnet with E shaped core and coil type WB1

- **Electromagnet with E shaped laminated iron core, type EB or EC ⁽¹⁾**
 - with central air gap machined in armature,
 - with single coil type **WB1** fitted on centre limb of core.

The upper limb incorporates a shading ring, the armature rotates.

- **Coil - direct a.c. 50 or 60 Hz supply**
 - 20 to 600 V
 - 1200 operations/hour.

At the moment of inrush, with the armature open, the coil impedance is low and power consumption is high. In the sealed state the armature is closed, the coil impedance increases and power consumption is low.

The inrush current is 6 to 10 times higher than the sealed current.

- **Electromagnet directly DC powered or via individual rectifier (50-400 Hz):**
 - the electromagnet is mounted with the reduction in consumption
 - 12 to 500 V
 - 120 operations/hour.

- **Electromagnet powered via individual rectifier (50-400 Hz):**
 - the electromagnet is mounted with the reduction in consumption
 - 12 to 500 V
 - 120 operations/hour.

At the moment of inrush, the full actuating voltage is applied to the coil and the inrush current is determined by the coil resistance. In the sealed state an additional resistor is switched automatically in series with the coil, so as to reduce power consumption. This economy resistor is switched by a N/C auxiliary contact which is adjusted to open only when the armature is fully closed. The inrush current is 15 to 40 times higher than the sealed current.

Coils type WB1, used in conjunction with laminated iron cores, have a much higher inrush current than sealed current, whatever the nature of the supply current.

When establishing the current and selecting the supply voltage rating, it is important to take into account the line voltage drop due to the inrush current.

Electromagnet with U shaped core and coil type WB2 for d.c. supply

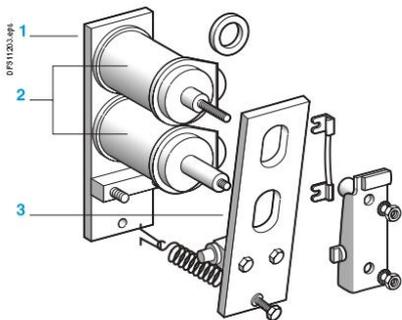
- **Electromagnet with U shaped solid iron core, type EK:**
 - 2 similar coils type **WB2** connected in series, one coil being fitted to each limb of the core
 - the armature rotates.

- **Electromagnet for d.c. supply**
 - 12 to 600 V
 - 1200 operations/hour.

The coils for this type of electromagnet have a considerable number of turns so as to obtain sufficient magnetic flux to attract the armature.

Due to its simplicity and relatively slow movements the assembly is very robust and, therefore, has increased mechanical durability.

⁽¹⁾ For contactor compositions requiring an increased number of poles, use EC electromagnets.



Electromagnet EK
1 Electromagnet core
2 Coil
3 Electromagnet armature

Bar mounted contactors

Presentation - TeSys CV1 B, CV3 B

Variable composition contactors

Instantaneous and time delay auxiliary contacts

Signalling, electrical interlocking and slave functions can be achieved by using auxiliary contacts.

Instantaneous auxiliary contacts suitable for use with all contactor types are available in 2 versions:

- 1 N/O instantaneous contact, reference ZC4 GM1.
- 1 N/C instantaneous contact, reference ZC4 GM2.
- 1 block of 3 instantaneous N/O contacts and 2 N/C instantaneous contacts, reference LA1BN32A.

Delayed auxiliary contacts can be mounted onto contactors CV1 and CV3:

- 1 N/O contact + 1 N/C contact, ON-delay, reference ZC2 GG1 (delay from 0.2 to 180 s)
- 1 N/O contact + 1 N/C contact, OFF-delay, reference ZC2 GG5 (delay from 0.2 to 180 s)
- On the block LA1 BN32A, 1 block of N/O ON-delayed contact + 1 N/C ON-delayed contact, references LADT0 (delay from 0.1 to 3 s), LADT2 (0.1 to 30 s), LADT4 (10 to 180 s)
- On the block ref. LA1 BN32A: 1 block of N/O OFF-delayed contact + 1 N/C OFF-delayed contact, references LADR0 (delay from 0.1 to 3 s), LADR4 (10 to 180 s).

The delayed contacts are established or separate some time after the closing or opening of the contactor which operates them. This time is adjustable.

On the block LA1 BN32A all TeSys D contactors additives can be mounted, with the exception of LA6DK, LAD6K and LAD8N

Assembling reversing/changeover contactor pairs

Mounting accessories

For applications involving the switching of reversing motors or changeover circuits, contactors of different ratings can easily be mounted vertically and interlocked. Mechanical interlock kits are available and auxiliary contacts can be used for electrical interlocking.

Bar
mounted
contactors

4.16 Catálogo de la autoválvula pararrayos EXLIM R del fabricante ABB

Zinc Oxide Surge Arrester EXLIM R

Protection of switchgear, transformers and other equipment in high voltage systems against atmospheric and switching overvoltages. For use when requirements of lightning intensity, energy capability and pollution are moderate.



Other data can be ordered on request. Please contact your local sales representative.

Brief performance data

Arrester classification as per IEC 60099-4 Ed 3.0	Station; SL
Arrester classification as per IEEE Std C62.11-2012	Station
System voltages (U_s)	52 - 170 kV
Rated voltages (U_r)	42 - 168 kV
Nominal discharge current (IEC)	10 kA _{peak}
Lightning impulse classifying current (ANSI/IEEE)	10 kA _{peak}
Charge, energy and current withstand:	
Repetitive charge transfer rating, Q_{rs} (IEC)	1.2 C
Thermal energy rating, W_{th} (IEC)	5 kJ/kV (U_r)
Single impulse energy capability (2 ms to 4 ms impulse)	2.5 kJ/kV (U_r)
Discharge current withstand strength:	
High current 4/10 μ s	100 kA _{peak}
Low current 2000 μ s, (based on Q_{rs})	600 A _{peak}
Energy class as per IEEE standard (switching surge energy rating)	-
Single-impulse withstand rating as per IEEE standard	1.2 C
Repetitive charge transfer test value - sample tests on all manufactured block batches	1.5 C
Short-circuit/Pressure relief capability	50 kA _{rms(sym)}
Mechanical strength:	
Specified long-term load (SLL)	3000 Nm
Specified short-term load (SSL)	7500 Nm
Service conditions:	
Ambient temperature	-50 °C to +45 °C
Design altitude	max. 1000 m
Frequency	15 - 62 Hz
Line discharge class (as per IEC60099-4, Ed. 2.2)	Class 2

Further data according to the IEEE standard can be supplied on request



EXLIM R

Guaranteed protective data

Max. system voltage U_s kV _{rms}	Rated voltage U_r kV _{rms}	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave						
		as per IEC U_c kV _{rms}	as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms}	1 s kV _{rms}	10 s kV _{rms}	30/60 μ s			8/20 μ s			
						0.5 kA kV _{peak}	1 kA kV _{peak}	2 kA kV _{peak}	5 kA kV _{peak}	10 kA kV _{peak}	20 kA kV _{peak}	40 kA kV _{peak}
36³⁾	24	19.2	19.5	26.3	24.7	49.4	51.3	53.8	58.7	62.2	69.7	79.6
	30	24.0	24.4	32.9	30.9	61.7	64.2	67.2	73.3	77.7	87.1	99.5
	33	26.4	26.7	36.2	34.0	67.9	70.6	73.9	80.6	85.5	95.8	110
	36	28.8	29.0	39.5	37.1	74.1	77.0	80.6	88.0	93.3	105	120
	39	31.2	31.5	42.8	40.2	80.3	83.4	87.3	95.3	102	114	130
52	42	34	34.0	46.1	43.3	86.4	89.8	94.0	103	109	122	140
	45	36	36.5	49.4	46.4	92.6	96.2	101	110	117	131	150
	48	38	39.0	52.7	49.5	98.8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41.3	56.0	52.6	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	43.0	59.3	55.7	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48.0	65.9	61.9	124	129	135	147	156	175	199
72	54	43	43.0	59.3	55.7	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48.0	65.9	61.9	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53.4	72.5	68.1	136	142	148	162	171	192	219
	72	58	58.0	79.1	74.3	149	154	162	176	187	209	239
	75	60	60.7	82.4	77.4	155	161	168	184	195	218	249
100	84	67	68.0	92.3	86.7	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72.0	98.9	92.9	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77.0	105	99.1	198	206	215	235	249	279	319
	123	90	72	72.0	98.9	92.9	186	193	202	220	234	262
123	96	77	77.0	105	99.1	198	206	215	235	249	279	319
	108	78	84.0	118	111	223	231	242	264	280	314	359
	120	78	98.0	131	123	247	257	269	294	311	349	398
	132	78	106	145	136	272	283	296	323	342	383	438
	138	78	111	151	142	284	295	309	338	358	401	458
	145	108	86	86.0	118	111	223	231	242	264	280	314
145	120	92	98.0	131	123	247	257	269	294	311	349	398
	132	92	106	145	136	272	283	296	323	342	383	438
	138	92	111	151	142	284	295	309	338	358	401	458
	144	92	115	158	148	297	308	323	352	373	418	478
	170	106	106	145	136	272	283	296	323	342	383	438
170	108	115	158	148	297	308	323	352	373	418	478	478
	108	131	178	167	334	347	363	396	420	470	538	538
	108	131	184	173	346	359	376	411	436	488	557	557

1) The continuous operating voltages U_c (as per IEC) and MCOV (as per IEEE) differ only due to deviations in type test procedures. U_c has to be considered only when the actual system voltage is higher than the tabulated. Any arrester with U_c higher than or equal to the actual system voltage divided by $\sqrt{3}$ can be selected.

2) With prior duty equal to the thermal energy rating of 5 kJ/kV (U_r).

3) Arresters for system voltages 36 kV or below can be supplied, on request, when the order also includes arresters for higher system voltages.

Arresters with lower or higher rated voltages may be available on request for special applications.

EXLIM R

Technical data for housings

Max. system voltage U_s	Rated voltage U_r	Housing	Creepage distance	External insulation *)			Dimensions				
				1.2/50 μ s dry	50 Hz wet (60s)	250/2500 μ s wet	Mass	A_{max}	B	C	Fig.
kV_{rms}	kV_{rms}		mm	kV_{peak}	kV_{rms}	kV_{peak}	kg	mm	mm	mm	
52	42-60	CV052	1615	275	129	212	45	725	-	-	1
72	54-75	CM072	1615	275	129	212	46	725	-	-	1
	54-84	CV072	2651	394	221	320	62	997	-	-	1
100	75-96	CH100	2651	394	221	320	63	997	-	-	1
	84-96	CV100	3685	537	287	433	78	1268	-	-	1
123	90-108	CM123	2651	394	221	320	64	997	-	-	1
	90-138	CH123	3685	537	287	433	81	1268	-	-	1
	90-96	CV123	4266	669	350	532	103	1697	600	300	3
	108-138	CV123	4266	669	350	532	103	1697	-	-	2
145	108-144	CH145	3685	537	287	433	82	1268	-	-	1
	108-144	CV145	5302	788	442	640	119	1969	600	300	3
170	132-144	CM170	3685	537	287	433	82	1268	-	-	1
	132-144	CH170	4266	669	350	532	105	1697	600	300	3
	162-168	CH170	4266	669	350	532	105	1697	-	-	2
	132-168	CV170	5302	788	442	640	120	1969	600	300	3
Neutral-ground arresters											
52	30-36	CN052	1615	275	129	212	43	725	-	-	1
72	42-54	CN072	1615	275	129	212	45	725	-	-	1
	60	CN100	1615	275	129	212	45	725	-	-	1
123	72	CN123	1615	275	129	212	62	725	-	-	1
	84-108	CN123	2651	394	221	320	64	997	-	-	1
	120	CN123	3685	537	287	433	79	1268	-	-	1
145	84	CN145	2651	394	221	320	62	997	-	-	1
	90-108	CN145	2651	394	221	320	64	997	-	-	1
	120	CN145	3685	537	287	433	79	1268	-	-	1
170	96-108	CN170	2651	394	221	320	64	997	-	-	1
	120	CN170	3685	537	287	433	79	1268	-	-	1

*) Sum of withstand voltages for empty units of arrester.

4.17 Catálogo de las celdas de media tensión RM6 24 del fabricante Schneider Electric

RM6 24 / Flusarc 36

Distribución Media Tensión

Celdas MT aisladas en SF₆

Catálogo 2014



RM6 24 kV

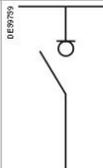
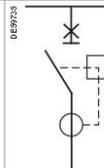
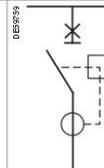
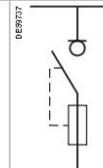
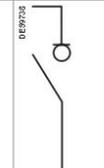
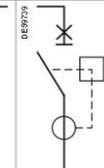
Una amplia elección de funciones

Gama RM6

Funciones RM6

La gama RM6 ofrece las siguientes funciones en Media Tensión:

- Conexión, alimentación o protección a un transformador en red en antena o anillo ya sea por medio de **interruptor automático** o **interruptor ruptofusible**
- Protección de líneas por **interruptor automático**
- Otras funciones como remonte de cables

Funciones RM6						
Función	Línea de red	Salida línea	Protección a transformador		Acople de barras	Remonte de cables
Unidad funcional	L	D	D	P	S	DR
Aparato	Interruptor hasta 630 A	Interruptor automático hasta 630 A	Interruptor automático hasta 630 A	Interruptor ruptofusible 200 A	Interruptor	Interruptor automático hasta 630 A
Esquema unifilar						

Denominación					
Tipo de cuba	Configuración multifunción				Monofunciones
NE: no extensible	L	L	L	L	L
DE: derecha extensible	D	L	D	L	D
IE: izquierda extensible	P	L	P	L	P
TE: totalmente extensible					S
					DR
					R
	Nº 4	Nº 3	Nº 2	Nº 1	Nº 1
Ejemplos de denominación	RM6 NE DLDL RM6 DE LDL RM6 TE LLL				RM6 TE L RM6 NE D RM6 TE P

RM6 24 kV

Características principales

Características



Características eléctricas

Tensión nominal	Ur	(kV)	24
Frecuencia	f	(Hz)	50 o 60
Frecuencia industrial 50 Hz 1 min	Aislamiento	Up	(kV rms) 50
	Seccionamiento	Ud	(kV rms) 60
Impulso tipo rayo 1,2 / 50 µs	Aislamiento	Up	(kV pico) 125
	Seccionamiento	Up	(kV pico) 145

Condiciones climáticas

Temperatura	(°C)	40	45	50	55	60
Embarrados 630 A	Ir (A)	630	575	515	460	425
Embarrados 400 A	Ir (A)	400	400	400	355	
Funciones: L, R, D (con pasatapas tipo C)	(A)	630	575	515	460	425
Función D (con pasatapas tipo B o C)	(A)	200	200	200	200	200
Función P	(A)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)

(1) Dependiendo de la elección del fusible.
 (2) Consúltelos.



Opciones globales

- Manómetro o presostato
- Pletina adicional de tierra en compartimento de cables
- Cajón de cables para arco interno 20 kA 1 s para funciones L y D

Accesorios

- Zócalo de elevación
- Conjunto de fusibles MT
- Comparador de fases
- Dispositivo de verificación de relés (VAP6)
- Palanca adicional de maniobra
- Manuales de operación adicionales

Opción para la operación

- Indicadores de tensión:
- VPIS
 - VDS

Terminales de conexión

- Terminales para 630 A
- Terminales para 400 A
- Terminales para 250 A

Grado de protección

- Cuba con partes en tensión: IP67
- Compartimento baja tensión: IP3X
- Cara frontal y mecanismos: IP3X
- Compartimento de cables: IP2XC
- Protección contra impacto mecánico: IK07

RM6 24 kV

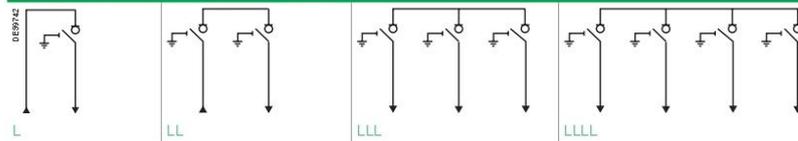
Características principales de cada función

Características

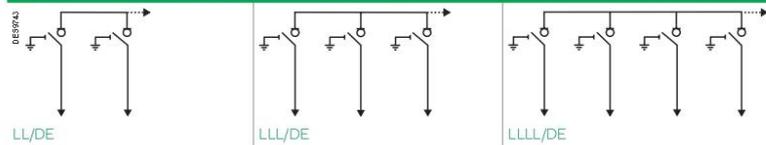
Prestaciones de la función interruptor seccionador (función L)				
Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad de corta duración	Ik	(kA rms)	16	20
	tk	Duración (s)	1	1 o 3
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	400	630

Función de línea (L)				
Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte	Carga	Iload	(A)	400
	Defecto	Ief1	(A)	320
	Cables en vacío	Icc	(A)	110
Capacidad de cierre del interruptor y seccionador de puesta a tierra	Ima	(kA pico)	40	50
Pasatapas			B o C	C

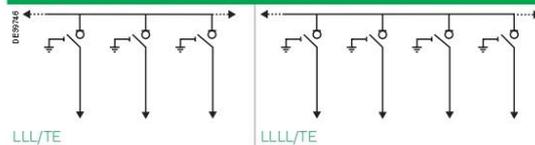
Ejemplo de compactas no extensibles



Ejemplo de compactas derecha extensibles



Ejemplo de compactas totalmente extensibles



Accesorios y opciones (función L)

Operación remota

Motorización con contactos auxiliares (2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat).

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat (esta opción está incluida con la operación remota).

Puerta frontal en el compartimento de conexión de cables

- Atornillada
- Extraíble con enclavamiento en el spat
- Extraíble con enclavamiento en el spat y en el interruptor

Detector de paso de falta y amperímetro

- Gama Flair (21D/ 22D / 23D / 23DM / 23DV / 21D)
- Amperímetro Amp 21D

Enclavamiento por cerradura

- Tipo R1
- Tipos R2

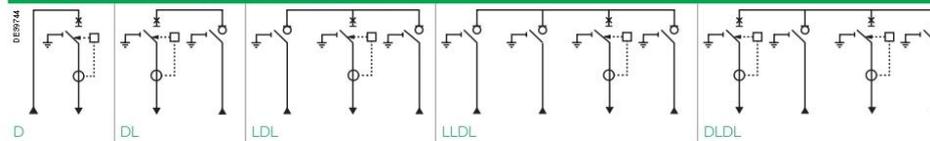
RM6 24 kV

Características principales de cada función (continuación)

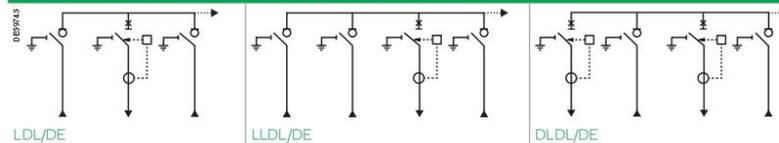
Características

Prestaciones de la función interruptor automático (función D)				
Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad de corta duración admisible	Ik	(kA rms)	16	20
	tk	Duración (s)	1	1 o 3
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	400	630
Función de línea (L)				
Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte	Carga	Iload	(A)	630
	Defecto	Ief1	(A)	320
	Cables en vacío	Icc	(A)	110
Capacidad de cierre del interruptor y seccionador de puesta a tierra	Ima	(kA pico)	40	50
Pasatapas			B o C	C
Función interruptor automático (D)				
Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte transformador en vacío	I3	(A)	16	16
Capacidad de corte en cortocircuito	Isc	(kA)	16	20
Capacidad de cierre	Ima	(kA pico)	40	50
Pastapas			B o C	C

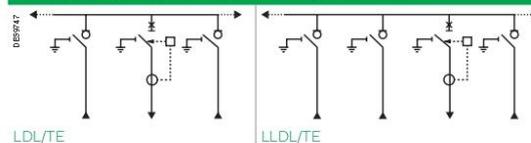
Ejemplo de compactas no extensibles



Ejemplo de compactas derecha extensibles



Ejemplo de compactas totalmente extensibles



Accesorios y opciones (función D)

Operación remota

Motorización incluyendo bobina de disparo con contactos auxiliares (2NA-2NC en interruptor automático y 1 A/C en spat)

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor automático y 1 A/C en spat (esta opción está incluida con la operación remota).

Puerta frontal en el compartimento de conexión de cables

- Atornillada
- Extraíble con enclavamiento en el spat
- Extraíble con enclavamiento en el spat y en el interruptor automático

Bobina de disparo

- 24 Vcc
- 48/60 Vcc
- 120 Vca
- 110/125 Vcc – 220 Vca
- 220 Vcc/ 380 Vca

Bobina de mínima

- 24 Vcc
- 48Vcc
- 125 Vcc
- 110-230 Vca

Relé de protección a transformador

(VIP 400, VIP 410 o relé Sepam)

Contacto NC prohibición cierre en falta

Contacto auxiliar disparo interruptor automático

Enclavamiento por cerradura

- Tipo R1
- Tipos R2
- Tipo R6
- Tipos R7
- Tipo R8

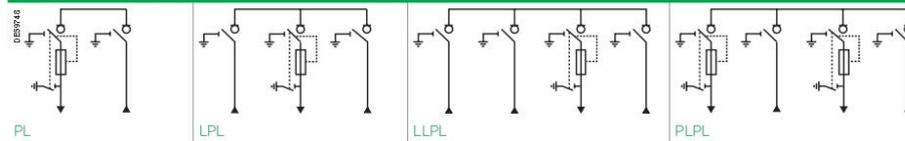
RM6 24 kV

Características principales de cada función (continuación)

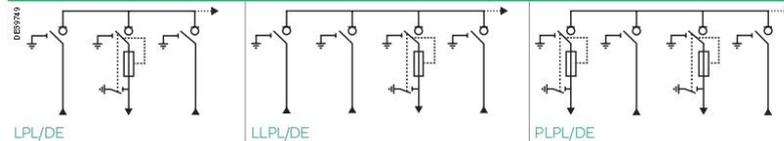
Características

Prestaciones de la función interruptor ruptofusible (función P)					
Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24	
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	400	630	
Función de línea (L)					
Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630	
Capacidad de corte	Carga	Iload	(A)	400	630
	Defecto	Ief1	(A)	320	320
	Cables en vacío	Icc	(A)	110	110
Intensidad de corta duración admisible		Ik	(kA rms)	16	20
		tk	Duración (s)	1	1 o 3
Capacidad de cierre del interruptor y seccionador de puesta a tierra	Ima	(kA pico)	40	50	
Pasatapas			B o C	C	
Función interruptor ruptofusible (P)					
Intensidad nominal	Ir	(A)	200	200	
Capacidad de corte transformador en vacío	I3	(A)	16	16	
Capacidad de corte en cortocircuito	Isc	(kA)	16	20	
Capacidad de cierre	Ima	(kA pico)	40	50	
Pasatapas			A	A	

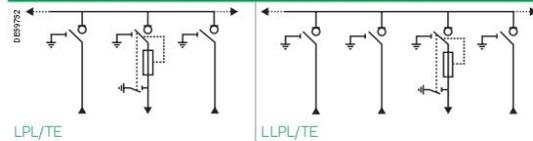
Ejemplo de compactas no extensibles



Ejemplo de compactas derecha extensibles



Ejemplo de compactas totalmente extensibles



Accesorios y opciones (función P)

Operación remota

Motorización incluyendo contactos auxiliares (2NA-2NC) en interruptor ruptofusible.

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor ruptofusible (esta opción está incluida con la operación remota).

Contacto auxiliar fusión fusibles

Bobina de disparo

- 24 Vcc
- 48/60 Vcc
- 120 Vca
- 110/125 Vcc – 220 Vca
- 220 Vcc/ 380 Vca

Bobina de mínima

- 24 Vcc
- 48Vcc
- 125 Vcc
- 110-230 Vca

Enclavamiento por cerradura

- Tipo R6
- Tipos R7
- Tipo R8

RM6 24 kV

Características principales de cada función (continuación)

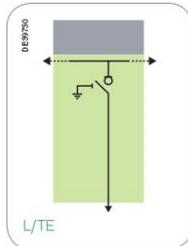
Características

Función modular interruptor (L)

Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad de corta duración admisible	Ik	(kA rms)	16	20
	tk	Duración (s)	1	1 o 3
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	630	630

Función de línea (L)

Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte	Carga	Iload	(A)	400
	Defecto	Ief1	(A)	320
	Cables en vacío	Icc	(A)	110
Capacidad de cierre del interruptor y seccionador de puesta a tierra	Ima	(kA pico)	40	50
Pasatapas			B o C	C



Accesorios y opciones

Operación remota

Motorización con contactos auxiliares (2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat)

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat (esta opción está incluida con la operación remota)

Puerta frontal en el compartimento de conexión de cables

- Atornillada
- Extraíble con enclavamiento en el spat
- Extraíble con enclavamiento en el spat y en el interruptor

Detector de paso de falta y amperímetro

- Gama Flair (21D/ 22D / 23D / 23DM / 23DV / 21D)
- Amperímetro Amp 21D

Enclavamiento por cerradura

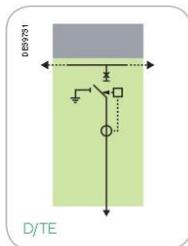
- Tipo R1
- Tipos R2

Función modular interruptor automático (D)

Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad de corta duración admisible	Ik	(kA rms)	16	20
	tk	Duración (s)	1	1 o 3
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	630	630

Función interruptor automático (D)

Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte transformador en vacío	I3	(A)	16	16
Capacidad de corte en cortocircuito	Isc	(kA)	16	20
Capacidad de cierre	Ima	(kA pico)	40	50
Pasatapas			B o C	C



Accesorios y opciones

Operación remota

Motorización incluyendo bobina de disparo con contactos auxiliares (2NA-2NC en interruptor automático y 1 A/C en spat)

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor automático y 1 A/C en spat (esta opción está incluida con la operación remota)

Puerta frontal en el compartimento de conexión de cables

- Atornillada
- Extraíble con enclavamiento en el spat
- Extraíble con enclavamiento en el spat y en el interruptor automático

Bobina de disparo

- 24 Vcc
- 48/60 Vcc
- 120 Vca
- 110/125 Vcc – 220 Vca
- 220 Vcc/ 380 Vca

Bobina de mínima

- 24 Vcc
- 48Vcc
- 125 Vcc
- 110-230 Vca

Relé de protección a transformador

(VIP 40, VIP 45, VIP 400, VIP 410 o relé Sepam)

Contacto NC prohibición cierre en falta

Contacto auxiliar disparo interruptor automático

Enclavamiento por cerradura

- Tipo R1
- Tipos R2
- Tipo R6
- Tipos R7
- Tipo R8

RM6 24 kV

Características principales de cada función (continuación)

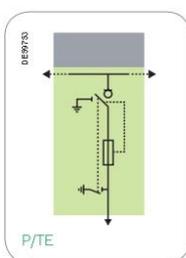
Características

Función modular interruptor ruptofusible (P)

Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	630	630

Función interruptor ruptofusible (P)

Intensidad nominal	Ir	(A)	200	200
Capacidad de corte transformador en vacío	I3	(A)	16	16
Capacidad de corte en cortocircuito	Isc	(kA)	16	20
Capacidad de cierre	I _{ma}	(kA pico)	40	50
Pasatapas			A	A



Accesorios y opciones

Operación remota

Motorización incluyendo contactos auxiliares en interruptor ruptofusible (2NA-2NC)
 Contactos auxiliares independientes
 Posición 2NA-2NC en interruptor ruptofusible (esta opción está incluida con la operación remota)

Contacto auxiliar fusión fusibles

Bobina de disparo

- 24 Vcc
- 48/60 Vcc
- 120 Vca
- 110/125 Vcc – 220 Vca
- 220 Vcc/ 380 Vca

Bobina de mínima

- 24 Vcc
- 48 Vcc
- 125 Vcc
- 110/230 Vca

Enclavamiento por cerradura

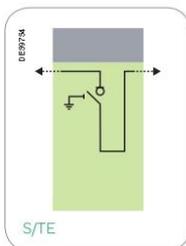
- Tipo R6
- Tipos R7
- Tipo R8

Función modular partición barras por interruptor (S)

Tensión nominal	Ur	(kV)	24	24
Intensidad de corta duración admisible	Ik	(kA rms)	16	20
	tk	Duración (s)	1	1 o 3
Intensidad nominal del embarrado	Ir	(A)	630	630

Función partición barras (S)

Intensidad nominal	Ir	(A)	400	630
Capacidad de corte	Carga	Iload	(A)	400
	Defecto	Ief1	(A)	320
	Cables en vacío	Icc	(A)	110
Capacidad de cierre del interruptor y seccionador de puesta a tierra	I _{ma}	(kA pico)	40	50



Accesorios y opciones

Operación remota

Motorización con contactos auxiliares (2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat)

Contactos auxiliares independientes

Posición 2NA-2NC en interruptor y 1 A/C en spat (esta opción está incluida con la operación remota)

Puerta frontal en el compartimento de conexión de cables

- Atornillada
- Extraíble con enclavamiento en el spat
- Extraíble con enclavamiento en el spat y en el interruptor

Enclavamiento por cerradura

- Tipo R1
- Tipos R2

Posibilidad con o sin puesta a tierra

4.18 Catálogo de las celdas de media tensión CBGS-0 del fabricante ABB

M
mesa

Celdas de distribución primaria
221

CBGS-0
Celdas blindadas con aislamiento en SF6
24/36kV - 1250/1600/2000A - 25/31,5kA

CBGS-0 Presentación general

Normas

IEC 62271-1

Cláusulas comunes a las normas aplicables a la aparata de Alta Tensión.

IEC 62271-100

Interruptores automáticos de corriente alterna para AT.

IEC 62271-200

Aparata bajo envoltorio metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV.

IEC 62271-102

Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna para Alta Tensión.

IEC 62271-103

Interruptores de Alta Tensión - Parte 1: interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores a 52kV.

IEC 62271-105

Combinados interruptor-fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

IEC 60044-1

Transformadores de Intensidad.

IEC 60044-2

Transformadores de Tensión.

ANSI

Solución CBGS-0 de acuerdo a normativa ANSI (a consultar).



Descripción básica

Tensión nominal (kV)	24 ⁽⁴⁾	36 ⁽⁴⁾	
Nivel de aislamiento (kV)	A frecuencia industrial, 50 Hz (kV eficaces)	50	70
	A onda de choque tipo rayo (kV cresta)	125	170
Intensidad nominal (A)	Embarado	...2000	
	Derivaciones	630	
		1250	
		1600	
		2000	
Intensidad nominal de corte (kA)	25/31,5		
Capacidad de cierre en cortocircuito (kA cresta)	63/80		
Intensidad nominal de corta duración (kA/s)	Max 25/3-31,5/3		
Resistencia frente a arcos internos IAC AFL-AFLR (kA/1s)	25/31,5		
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C (bar)	0,30		
Grado de protección	Compartimentos de AT	IP65	
	Compartimento de BT	IP3X-IP41	

La aparata bajo envoltorio metálica puede presentar diferentes posibilidades de acceso en las distintas caras de la envoltorio de acuerdo a la clasificación de resistencia a arcos internos. A efectos de identificación de las diferentes caras, se utilizará el siguiente código (con arreglo a la norma IEC 62271-200).

A: acceso restringido a personal autorizado

F: acceso a cara frontal

L: acceso a cara lateral

R: acceso a cara posterior

Condiciones de funcionamiento

Condiciones normales de funcionamiento ⁽¹⁾, con arreglo a la IEC 62271-1 para aparata en interiores:

- **Temperatura ambiente:**
 - Inferior o igual a 40 °C.
 - Inferior o igual a 35 °C de media a lo largo de 24 horas.
 - Superior o igual a -5 °C.
- **Vibraciones:** ausencia de vibraciones por causas externas a la propia celda ⁽²⁾.
- **Altitud:**
 - Inferior a 1000 m sobre el nivel del mar ⁽³⁾.
- **Atmósfera:**
 - Sin polvo, humo, gas y vapor corrosivo o inflamable, sal, etc. (aire industrial limpio).
- **Humedad:**
 - Humedad relativa media en un período de 24 horas: 95%.
 - Humedad relativa media en un período de 1 mes: 90%.
 - Presión del vapor media en un período de 24 horas: 2,2 kPa.
 - Presión del vapor media en un período de 1 mes: 1,8 kPa.

Condiciones específicas de funcionamiento (consúltenos)

CBGS-0 ha sido desarrollado para cumplir las siguientes condiciones específicas:

- Temperaturas extremas de funcionamiento.
- Atmósferas corrosivas.
- Altitud superior a 1000 m.s.n.m.

⁽¹⁾ Para otras condiciones, por favor consultar a MESA.

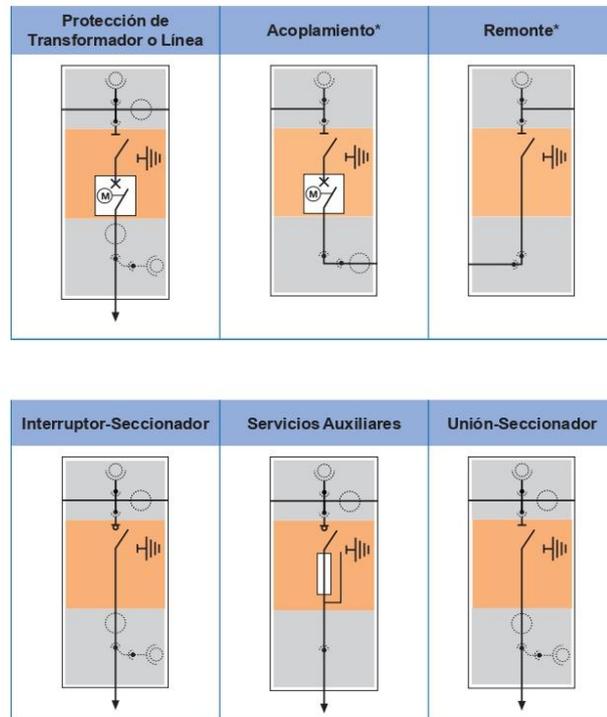
⁽²⁾ Para celdas con ensayo sísmico, por favor consultar a MESA.

⁽³⁾ Para altitudes superiores, por favor consultar a MESA.

⁽⁴⁾ Hasta 27kV / 38kV (ANSI / IEEE).

CBGS-0
Presentación general

Unidades funcionales

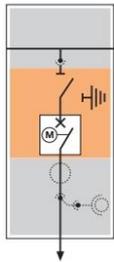
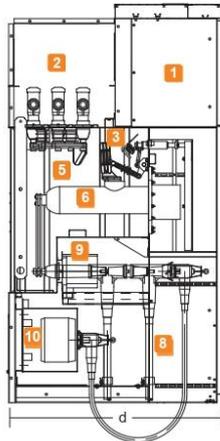
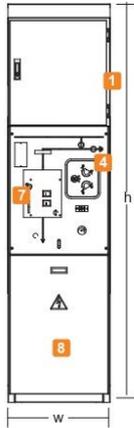


* Dos opciones: conexión por barra o conexión por cable.



CBGS-0
Unidades funcionales

Protección de transformador



1. Cajón de Baja Tensión.
2. Sistema general de barras colectoras (Pág. 24).
3. Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Puesto a tierra) (Pág. 16).
4. Mando del seccionador (Pág. 16).
5. Cuba metálica llena de SF6.
6. Interruptor Automático (Pág. 20).
7. Mando del Interruptor Automático (Pág. 21).
8. Compartimento de cables de potencia (Pág. 25).
9. Transformadores de Intensidad (opcional) (Pág. 14).
10. Transformadores de Tensión (opcional) (Pág. 15).

		IX-S			
Tensión nominal	kV	12	17,5	24	36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min	28	38	50	70
	kV impulso 1,2/50 μs	75	95	125	170
Intensidad nominal (barras)	A	1250	■	■	■
		1600	□	□	□
		2000	□	□	□
Intensidad nominal (derivaciones)	A	630	■	■	■
		1250	□	□	□
		1600	□	□	□ ⁽¹⁾
		2000	□ ⁽¹⁾	□ ⁽²⁾	□ ⁽²⁾
Capacidad de interrupción	kA	25/31,5			
Corr. corta duración admisible	kA.rms 3 s	25/31,5			
(w) Ancho	mm	600			
(h) Altura ⁽¹⁾	mm	2350			
(d) Profundidad ⁽²⁾	mm	1250			
Peso aproximado	Kg	650			
Peso aproximado 2000A	Kg	1250			

⁽¹⁾ 2500 mm con Transformadores de Tensión para barras de 2000A.

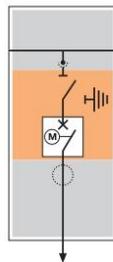
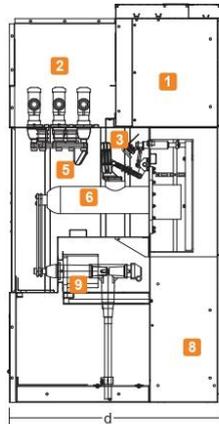
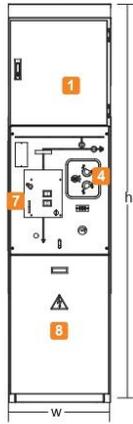
⁽²⁾ 1400 mm para la opción con protección de arco interno.

⁽³⁾ 1200 mm de ancho.



CBGS-0
Unidades funcionales

Protección de línea



1. Cajón de Baja Tensión.
2. Sistema general de barras colectoras (Pág. 24).
3. Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Puesto a tierra) (Pág. 16).
4. Mando del seccionador (Pág. 16).
5. Cuba metálica llena de SF6.
6. Interruptor Automático (Pág. 20).
7. Mando del Interruptor Automático (Pág. 21).
8. Compartimento de cables de potencia (Pág. 25).
9. Transformadores de Intensidad (opcional) (Pág. 14).

		IX-S			
Tensión nominal	kV	12	17,5	24	36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min	28	38	50	70
	kV impulso 1,2/50 μs	75	95	125	170
Intensidad nominal (barras)	A	1250	■	■	■
		1600	□	□	□
		2000	□	□	□
Intensidad nominal (derivaciones)	A	630	■	■	■
		1250	□	□	□
		1600	□	□	□ ⁽¹⁾
		2000	□ ⁽²⁾	□ ⁽³⁾	□ ⁽³⁾
Capacidad de interrupción	kA	25/31,5			
Corr. corta duración admisible	kA rms 3 s	25/31,5			
(w) Ancho	mm	600			
(h) Altura ⁽¹⁾	mm	2350			
(d) Profundidad ⁽²⁾	mm	1250			
Peso aproximado	Kg	650			

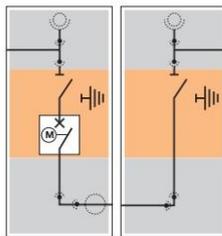
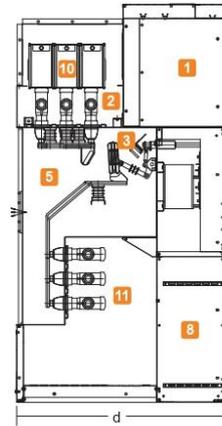
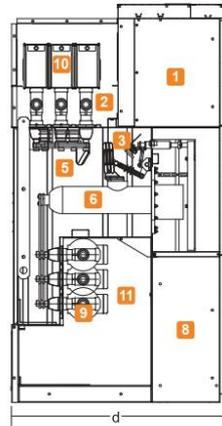
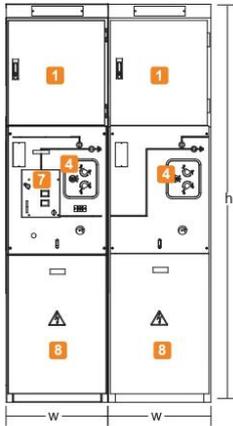
⁽¹⁾ 2500 mm con Transformadores de Tensión para barras de 2000A.

⁽²⁾ 1400 mm para la opción con protección de arco interno.

⁽³⁾ 1200 mm de ancho.

CBGS-0
Unidades funcionales

Acoplamiento-Remonte



1. Cajón de Baja Tensión.
2. Sistema general de barras colectoras (Pág. 24).
3. Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Puesto a tierra) (Pág. 16).
4. Mando del seccionador (Pág. 16).
5. Cuba metálica llena de SF6.
6. Interruptor Automático (Pág. 20).
7. Mando del Interruptor Automático (Pág. 21).
8. Compartimento de embarrado de potencia (Pág. 24).
9. Transformadores de Intensidad (opcional) (Pág. 14).
10. Transformadores de Tensión (opcional) (Pág. 15).
11. Sistema de barras colectoras inferior (Pág. 24).

		BR			
		12	17,5	24	36
Tensión nominal	kV	12	17,5	24	36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min	28	38	50	70
	kV impulso 1,2/50 µs	75	95	125	170
Intensidad nominal (barras)	A	1250	■	■	■
		1600	□	□	□
		2000	□	□	□
Intensidad nominal (derivaciones)	A	630	■	■	■
		1250	□	□	□
		1600	□	□	□ ⁽¹⁾
		2000	□ ⁽²⁾	□ ⁽³⁾	□ ⁽³⁾
Capacidad de interrupción	kA	25/31,5			
Corr. corta duración admisible	kArms 3 s	25/31,5			
(w) Ancho	mm	600			
(h) Altura ⁽¹⁾	mm	2350			
(d) Profundidad ⁽²⁾	mm	1250			
Peso aproximado	Kg	650			
Peso aproximado 2000A	Kg	450			

⁽¹⁾ 2500 mm con Transformadores de Tensión para barras de 2000A.

⁽²⁾ 1400 mm para la opción con protección de arco interno.

⁽³⁾ 1200 mm de ancho.

Función acoplamiento remonte mediante cable de potencia (opcional)



4.19 Catálogo del módulo compacto híbrido PASS M00 del fabricante ABB

PASS M00 Multifunctional modules
for high voltage substations
... 100 kV; ... 2000 A; ... 31,5 kA



ABB

Installation method

The installation sequence illustrated in the photos on this page show how versatile PASS M00 is and how easily it can be handled.

The module reaches the building site in a standard vehicle, to which the local control panel and power module are fixed.

1. The module reaches the building site in a standard vehicle, in two parts: the main stand, to which the local control panel is fixed, and the power module.
2. The stand is unloaded and installed on site by means of chemical anchors or rods. After this, the module is unloaded from the vehicle and positioned on the stand by the crane attachment on the vehicle itself.
3. The module can now be fixed in place and the panel's power conductors and auxiliary equipment connected.
4. Once the conductors and auxiliary equipment have been connected, the module is ready for functional tests. It can then be powered and operated.

The entire installation can be completed in less than half a day. There's no need to make comparisons with the time it takes to install a conventional bay: PASS M00 is certainly the winning technology.

Conclusions

The advantages of PASS M00 are briefly outlined below:

- use of standard components for applications of the GIS type
- operating functions insulated in SF₆
- small size and highly versatile use
- quick to install and minimum maintenance required
- highly compatible with the environment as compared to conventional solutions
- lower life cycle cost than conventional installations.

Technical specifications

Electrical specifications (1)			
Rated voltage	kV	72.5	100
Frequency	Hz	60	50
Withstand voltage at industrial frequency			
<i>phase-phase and phase-earth</i>	kV	140	185
<i>across insulating distance</i>	kV	160	210
<i>between circuit-breaker poles</i>	kV	160	210
Impulse withstand voltage			
<i>phase-phase and phase-earth</i>	kV	325	450
<i>across insulating distance</i>	kV	375	520
<i>between circuit-breaker poles</i>	kV	375	520
Rated current	A	2000	2000
Short-time current	kA	31,5	20
Short-time peak current	kA	80	50
Short-circuit time	s	3	3
Nominal operating cycle		O - 0.3" - CO - 1' - CO	

Operating conditions		
Type of installation		Outdoors/Indoors
Operating temperature	°C	- 30 / + 40
Relative humidity	%	100
Wind pressure at 34 m/s	Pa	700
Sun radiation (IEC60694)	W/m ²	1000
Seismic degree (IEC61166)	g	0,5 (AF5)
Pollution level (IEC60815)		IV Heavy
Overall weight	kg	1160 (2) 1160 (3)
SF ₆ content	kg	8 (2) 10 (3)

(1) Consult Technical Specification UA600870 for further information
 (2) Single bus-bar.
 (3) Double bus-bar.



Fig.1 The vehicle arrives



Fig.2 The stand and control panel are fixed in place.



Fig. 3 The module is assembled on the stand.



Fig. 4 The module operating.

2GJA700039 - 7



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Anexo V: Estudio de seguridad y salud

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE**

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

5.1 Prevención de riesgos laborales

5.1.1 Introducción

La ley 31/1995, tiene como objetivo la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades necesario para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

La ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas. Dichas normas están orientadas a las disposiciones mínimas de seguridad y salud en:

- Lugares de trabajo.
- Materia de señalización.
- Utilización, por los trabajadores, de los equipos de trabajo.
- Obras de construcción.
- Utilización, por los trabajadores, de los equipos de protección individual.

5.1.2 Derechos y obligaciones

5.1.2.1 Protección frente a riesgos laborales

Todos los trabajadores que estén involucrados en la construcción de este proyecto tienen el derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

El empresario informará de las pertinentes prevenciones de los riesgos laborales en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, así como la actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente.

5.1.2.2 Acción preventiva

Las medidas preventivas pertinentes que llevará a cabo el empresario siguen los siguientes principios:

- Evitar los riesgos y evaluar estos en caso de que no se puedan evitar.
- Tomar medidas que antepongan la protección de todos los trabajadores.
- Sólo los trabajadores calificados podrán acceder a las zonas de riesgo grave.

5.1.2.3 Evaluación de los riesgos

El empresario planificará la acción preventiva a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. Se tendrá en cuenta la naturaleza de la actividad y las actividades que impliquen un riesgo especial. Las causas de los riesgos las podríamos clasificar de la siguiente manera:

- Empleo indebido de maquinaria y equipos de trabajo.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas.
- Insuficiente calificación profesional de algún trabajador de la obra.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

5.1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección

En el caso de que un equipo de trabajo presente algún tipo de riesgo para la seguridad y la salud, el empresario tomará las medidas necesarias como que la utilización de dicho equipo quede reservada para trabajadores calificados. A los trabajadores que manipulen esos equipos se les proporcionará equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones. En todo caso, se proporcionará los medios de protección pertinentes para cada equipo de trabajo.

5.1.2.5 Información y participación de los trabajadores

El empresario mantendrá informados a todos los trabajadores en todo momento en aspectos como los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo o las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Por otro lado, los trabajadores podrán proponer mejoras al empresario en aspectos como los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización, etc.

5.1.2.6 Formación preventiva de los trabajadores

El empresario garantizará que cada uno de los trabajadores reciba una formación teórica y práctica en materia preventiva.

5.1.2.7 Medidas de emergencia

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en prácticas estas medidas y comprobando periódicamente su correcto funcionamiento.

5.1.2.8 Riesgo grave e inminente

En el caso de que los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente, el empresario estará obligado a:

- Informar a los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que los trabajadores puedan interrumpir su actividad y poder adoptar medidas de seguridad.

5.1.2.9 Vigilancia de la salud

El empresario estará obligado a garantizar a los trabajadores la vigilancia continua de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

5.1.2.10 Documentación

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo.
- Medidas de protección y prevención.
- Resultado de los controles de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

5.1.2.11 Coordinación de actividades empresariales

En el caso de que en un mismo centro de trabajo se desarrollen actividades con trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

5.1.2.12 Protección de trabajadores sensibles a determinados riesgos

El empresario deberá garantizar, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, sean sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

5.1.2.13 Protección de la maternidad

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto.

5.1.2.14 Protección de menores

Antes de la incorporación al trabajo de menores de 18 años y, previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismo, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

5.1.2.15 Relaciones con empresas de trabajo temporal

Los trabajadores que provengan de las empresas de trabajo temporal o que tengan un contrato temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa.

5.1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar por su seguridad y salud en el trabajo y por la de los trabajadores que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el

trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario. Los trabajadores deberán:

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, etc.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección.
- No poner fuera de funcionamiento los dispositivos de seguridad.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud.

5.1.3 Servicios de prevención

5.1.3.1 Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará este servicio a una entidad ajena a la empresa.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

5.1.3.2 Servicios de prevención

En caso de que el grupo de trabajadores para la realización de las actividades de prevención fuera insuficiente, habría que contratar dicho servicio a una compañía externa. Se entenderá como servicio de prevención al conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas.

5.1.4 Consulta y participación de trabajadores

5.1.4.1 Consulta de los trabajadores

En este caso el empresario, deberá consultar a los trabajadores la adopción de nuevas decisiones:

- Planificación y organización del trabajo en la empresa
- Organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud.
- Designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

5.1.4.2 Derechos de participación y presentación

Los trabajadores tendrán derecho a participar en la empresa en cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo. En la empresas o centro de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

5.2 Seguridad y salud en los lugares de trabajo

5.2.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiendo como tales áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

5.2.2 Obligaciones del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza, etc.

5.2.2.1 Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de caídas, choques contra objetos, derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores. Para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo,

llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso de fácil limpieza, las paredes serán lisas, pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de pasillos será de 1 m.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y en caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8% y un 12%. La anchura mínima será de 0,55 m para las escaleras de servicio y de 1 m para las de uso general.

En caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura y estas se colocarán formando un ángulo de 75 grados con la horizontal.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

5.2.2.2 Orden y limpieza

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo deberán permanecer libres de obstáculos. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente.

5.2.2.3 Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. Obligaciones:

- La temperatura de trabajo deberá estar comprendida entre 17 y 27 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre 30 y 70 %.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos a continuas corrientes de aire.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³.

5.2.2.4 Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los niveles mínimos de iluminación son:

- Áreas de uso ocasional/habitual: 50 /100 lux.
- Vías de circulación de uso ocasional/habitual: 25 /50lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con moderadas exigencias visuales: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas/muy altas: 500/1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de las luminarias.

5.2.2.5 Higiene y descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidades suficientes y fácilmente accesible por los trabajadores.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros

sistemas de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración.

5.2.2.6 Material de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, un lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsas de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

5.3 Señalización de seguridad y salud en el trabajo

5.3.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades precisas para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa.

5.3.2 Obligaciones generales del empresario

La elección del tipo de señal y el número y emplazamiento de las señales se instalarán de la forma más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos que haya que señalar.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

5.4 Seguridad y salud en la utilización de los equipos de trabajo

5.4.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

5.4.2 Obligaciones generales del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse. Para la elección de los equipos de trabajo se deberán tener en cuenta:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores.
- Las adaptaciones necesarias para su utilización por discapacitados.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, y las conclusiones que se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los mismos.

5.4.2.1 Equipos de trabajo generales

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad. Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación. Las zonas de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de trabajadores.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

5.4.2.2 Equipos de trabajo móviles

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y al aprisionamiento por las mismas.

Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta.

Las carretillas elevadoras deberán ser acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

5.4.2.3 Equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con pestillos de seguridad y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de un metro de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberán instalarse a modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

5.4.2.4 Equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia delante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno. No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajando por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales.

5.4.2.5 Maquinaria herramienta

Las máquinas herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos. Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical del puesto de trabajo.

En la soldadura oxiacetilénica no se mezclarán las botellas de gases distintos, estas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antiretroceso de llama.

5.5 Seguridad y salud en las obras de construcción

5.5.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como

tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una obra civil de uso industrial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación:

- Excavación y movimiento de tierras.
- Construcción.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados.
- Acondicionamiento de instalaciones.
- Transformación.
- Desmantelamiento.
- Trabajos de pintura y de limpieza.
- Saneamiento.

5.5.2 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los oficios más comunes en las obras de construcción son los que se presentan a continuación:

- Movimiento, excavación y relleno de tierras.
- Trabajos con ferralla y encofrados.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica y prefabricados.
- Albañilería, solados con mármoles, terrazos, etc.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más comunes dentro de todos los oficios que han sido mencionados antes son:

- Deslizamiento o desprendimientos de tierras.
- Riesgos derivados del manejo de máquinas herramienta y pesada-
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria.
- Caídas de personas, materiales y útiles.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados.
- Cuerpos extraños en los ojos.

- Golpes.
- Deficiente iluminación.
- Incendio y explosiones.

5.5.3 Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos, así como las medidas preventivas previstas. Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles.

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable. Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo. Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad. Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación del aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada, vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares. Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no

accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

5.5.4 Medidas preventivas para cada oficio

5.5.4.1 Movimiento de tierras, excavación de pozos y zanjas

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno. Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad. Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros. Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados. Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m para vehículos ligeros y de 4 m para pesados. Se conservarán

los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras. El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos. Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes. En presencia de líneas eléctricas en servicio:

- Se solicitará a la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
- La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.
- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m, en zonas accesibles durante la construcción.
- Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

5.5.4.2 Relleno de tierras

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior. Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso. Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. En torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento. Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad.

5.5.4.3 Encofrados

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias. Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas

horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas. Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección. Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo. Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1,50 m. Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se haya consolidado de forma adecuada. Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

5.5.4.4 Albañilería

Los escombros se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

5.5.4.5 Enfocados y enlucidos

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios y los tropezones entre obstáculos.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas. Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

5.5.4.6 Pinturas y barnizados

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas. Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

5.5.4.7 Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos. El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos. La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad. Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales. Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad. Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra. Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante. Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie. La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos. Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA para alimentación a la maquinaria.
- 30 mA para alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra. El neutro de la instalación estará puesto a tierra. La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general. El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos. La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzado con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua. No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes. No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

5.5.5 Proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión

Los oficios más comunes en las instalaciones de alta tensión se presentan a continuación:

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores cerámicos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte.
- Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.

- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).
- Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.

Los riesgos más frecuentes durante los oficios que han sido mencionados son los siguientes:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos.
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria.
- Caídas de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón.
- Golpes y cortes.
- Incendio y explosiones. Electrocutaciones y quemaduras.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno).
- Contacto directo con una parte del cuerpo humano y a través de herramientas.
- Contacto a través de maquinaria de gran altura.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista. Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc. no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m. Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la

proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura. Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno. En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla. Los mandos de los interruptores, seccionadores, deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga. En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales.

La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador. El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para

efectuar maniobras de rutina. Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras. Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

5.6 Seguridad y salud en la utilización de equipos de protección

individual

5.6.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo. Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores.

Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.6.2 Protectores de cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y anti-polvo.
- Mascarilla anti-polvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.6.3 Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.6.4 Protectores de pie y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas.
- Botas de protección impermeable.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.6.5 Protectores del cuerpo

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones anti-vibraciones.
- Pértiga.
- Banqueta aislante clase I para maniobra.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

5.6.6 Protecciones para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de A.T.

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.

- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg y bien ajustado.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar.
- Placa de primeros auxilios.

5.7 Mediciones y presupuesto de elementos de seguridad y salud

En un estudio de seguridad y salud es obligatorio incluir un capítulo con el presupuesto de los elementos que se necesitarán para llevar a cabo el proyecto de forma segura y de acuerdo a la normativa vigente de protección de riesgos laborales.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Instalación Eólica Punta de Abona

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
D	Seguridad y salud.....	18.443,57	100,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	18.443,57	
	13,00 % Gastos generales.....	2.397,66	
	6,00 % Beneficio industrial	1.106,61	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3.504,27	
	7,00 % I.V.A.	1.536,35	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	23.484,19	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	23.484,19	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTITRES MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS

PUNTA DE ABONA, a 21 de mayo de 2019.

El promotor

La dirección facultativa

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO D Seguridad y salud									
D1	Sistemas de protección colectiva								
							1,00	10.244,48	10.244,48
D2	Medicina preventiva y primeros auxilios								
							1,00	4.524,40	4.524,40
D3	Señalización provisional de obras								
							1,00	551,48	551,48
D4	Equipos de protección individual								
							1,00	3.123,21	3.123,21
TOTAL CAPÍTULO D Seguridad y salud									18.443,57
TOTAL									18.443,57

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO D Seguridad y salud

D1 Sistemas de protección colectiva

D1.1	1,000		Valla provisional de solar con vallas trasladables	10.244,48	10.244,48	
------	-------	--	--	-----------	-----------	--

TOTAL PARTIDA 10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D2 Medicina preventiva y primeros auxilios

D2.1	1,000		Botiquín de urgencia	4.524,40	4.524,40	
------	-------	--	----------------------	----------	----------	--

TOTAL PARTIDA 4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D3 Señalización provisional de obras

D3.1	1,000		Señal provisional de obra	215,86	215,86	
------	-------	--	---------------------------	--------	--------	--

D3.2	1,000		Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición	36,48	36,48	
------	-------	--	---	-------	-------	--

D3.3	1,000		Cartel general indicativo de riesgos	299,14	299,14	
------	-------	--	--------------------------------------	--------	--------	--

TOTAL PARTIDA 551,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4 Equipos de protección individual

D4.1	1,000		Casco	28,28	28,28	
------	-------	--	-------	-------	-------	--

D4.2	1,000		Protector ocular	158,28	158,28	
------	-------	--	------------------	--------	--------	--

D4.3	1,000		Mascarilla autofiltrante	35,12	35,12	
------	-------	--	--------------------------	-------	-------	--

D4.4	1,000		Ropa de protección	474,92	474,92	
------	-------	--	--------------------	--------	--------	--

D4.5	1,000		Bolsa portaherramientas	294,24	294,24	
------	-------	--	-------------------------	--------	--------	--

D4.6	1,000		Juego de orejeras	119,99	119,99	
------	-------	--	-------------------	--------	--------	--

D4.7	1,000		Par de guantes	417,88	417,88	
------	-------	--	----------------	--------	--------	--

D4.8	1,000		Calzado de seguridad, protección y trabajo	1.594,50	1.594,50	
------	-------	--	--	----------	----------	--

TOTAL PARTIDA 3.123,21

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO VEINTITRES EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D1			Sistemas de protección colectiva			
D1.1	1,000		Valla provisional de solar con vallas trasladables	10.244,48	10.244,48	
TOTAL PARTIDA.....						10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D1.1			Valla provisional de solar con vallas trasladables			
D1.1.1	1,000	ud	Materiales	8.610,00	8.610,00	
D1.1.2	1,000	h	Mano de obra	1.433,60	1.433,60	
D1.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	100,44	200,88	
TOTAL PARTIDA.....						10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D1.1.1		ud	Materiales			
D1.1.1.1	200,000	ud	Valla trasladable de 3,50x2,00 m	30,75	6.150,00	
D1.1.1.2	400,000	ud	Base prefabricada de hormigón de 65x24x12 cm	4,80	1.920,00	
D1.1.1.3	200,000	m	Pletina de acero laminado de 20x4 mm	0,79	158,00	
D1.1.1.4	200,000	m2	Malla tupida de polietileno de alta densidad	0,44	88,00	
D1.1.1.5	200,000	ud	Anclaje mecánico con taco de expansión de acero	1,47	294,00	
TOTAL PARTIDA.....						8.610,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL SEISCIENTOS DIEZ EUROS

D1.1.2		h	Mano de obra			
D1.1.2.1	40,000	h	Oficial 1ª seguridad y salud	18,56	742,40	
D1.1.2.2	40,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	691,20	
TOTAL PARTIDA.....						1.433,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

D2			Medicina preventiva y primeros auxilios			
D2.1	1,000		Botiquín de urgencia	4.524,40	4.524,40	
TOTAL PARTIDA.....						4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D2.1			Botiquín de urgencia			
D2.1.1	1,000	ud	Materiales	288,48	288,48	
D2.1.2	1,000	h	Mano de obra	4.147,20	4.147,20	
D2.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	44,36	88,72	
TOTAL PARTIDA.....						4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D2.1.1		ud	Materiales			
D2.1.1.1	3,000	ud	Botiquín de urgencia	96,16	288,48	
TOTAL PARTIDA.....						288,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D2.1.2		h	Mano de obra			
D2.1.2.1	240,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	4.147,20	
TOTAL PARTIDA.....						4.147,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL CIENTO CUARENTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D3			Señalización provisional de obras			
D3.1	1,000		Señal provisional de obra	215,86	215,86	
D3.2	1,000		Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición	36,48	36,48	
D3.3	1,000		Cartel general indicativo de riesgos	299,14	299,14	
TOTAL PARTIDA.....						551,48

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.1			Señal provisional de obra			
D3.1.1	1,000	ud	Materiales	194,34	194,34	
D3.1.2	1,000	h	Mano de obra	17,28	17,28	
D3.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,12	4,24	
TOTAL PARTIDA.....						215,86

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS QUINCE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

D3.1.1		ud	Materiales			
D3.1.1.1	6,000	ud	Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado	24,49	146,94	
D3.1.1.2	6,000	ud	Caballete portátil de acero galvanizado	7,90	47,40	
TOTAL PARTIDA.....						194,34

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

D3.1.2		h	Mano de obra			
D3.1.2.1	1,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	17,28	
TOTAL PARTIDA.....						17,28

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D3.2			Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición			
D3.2.1	1,000	ud	Materiales	18,48	18,48	
D3.2.2	1,000	h	Mano de obra	17,28	17,28	
D3.2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	0,36	0,72	
TOTAL PARTIDA.....						36,48

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.2.1		ud	Materiales			
D3.2.1.1	6,000	ud	Señal de prohibición de PVC serigrafiado de 297x210mm	3,05	18,30	
D3.2.1.2	6,000	ud	Brida de nylon de 4,8x200mm	0,03	0,18	
TOTAL PARTIDA.....						18,48

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.2.2		h	Mano de obra			
D3.2.2.1	1,000		Peón seguridad y salud	17,28	17,28	
TOTAL PARTIDA.....						17,28

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D3.3			Cartel general indicativo de riesgos			
D3.3.1	1,000	ud	Materiales	258,72	258,72	
D3.3.2	1,000	h	Mano de obra	34,56	34,56	
D3.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,93	5,86	
TOTAL PARTIDA.....						299,14

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D3.3.1		ud	Materiales			
D3.3.1.1	24,000	ud	Cartel general indicativo de riesgos	10,75	258,00	
D3.3.1.2	24,000	ud	Brida de nylon de 4,8x200mm	0,03	0,72	
TOTAL PARTIDA.....						258,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

D3.3.2		h	Mano de obra			
D3.3.2.1	2,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	34,56	
TOTAL PARTIDA.....						34,56

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

D4			Equipos de protección individual			
D4.1	1,000		Casco	28,28	28,28	
D4.2	1,000		Protector ocular	158,28	158,28	
D4.3	1,000		Mascarilla autofiltrante	35,12	35,12	
D4.4	1,000		Ropa de protección	474,92	474,92	
D4.5	1,000		Bolsa portaherramientas	294,24	294,24	
D4.6	1,000		Juego de orejeras	119,99	119,99	
D4.7	1,000		Par de guantes	417,88	417,88	
D4.8	1,000		Calzado de seguridad, protección y trabajo	1.594,50	1.594,50	
TOTAL PARTIDA.....						3.123,21

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO VEINTITRES EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

D4.1			Casco			
D4.1.1	1,000	ud	Materiales	27,72	27,72	
D4.1.2	2,000	%	Costes directos complementarios	0,28	0,56	
TOTAL PARTIDA.....						28,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D4.1.1		ud	Materiales			
D4.1.1.1	12,000	ud	Casco contra golpes, EPI de categoría II	2,31	27,72	
TOTAL PARTIDA.....						27,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

D4.2			Protector ocular			
D4.2.1	1,000	ud	Materiales	155,16	155,16	
D4.2.2	2,000	%	Costes directos complementarios	1,56	3,12	
TOTAL PARTIDA.....						158,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D4.2.1		ud	Materiales			
D4.2.1.1	12,000	ud	Gafas de protección con montura universal	12,93	155,16	
TOTAL PARTIDA.....						155,16

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

D4.3			Mascarilla autofiltrante			
D4.3.1	1,000	ud	Materiales	34,44	34,44	
D4.3.2	2,000	%	Costes directos complementarios	0,34	0,68	
TOTAL PARTIDA.....						35,12

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO EUROS con DOCE CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D4.3.1		ud	Materiales			
D4.3.1.1	12,000	ud	Mascarilla autofiltrante contra partículas	2,87	34,44	
TOTAL PARTIDA.....						34,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

D4.4			Ropa de protección			
D4.4.1	1,000	ud	Materiales	465,60	465,60	
D4.4.2	2,000	%	Costes directos complementarios	4,66	9,32	
TOTAL PARTIDA.....						474,92

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

D4.4.1		ud	Materiales			
D4.4.1.1	12,000	ud	Mono de protección, EPI de categoría I	38,80	465,60	
TOTAL PARTIDA.....						465,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

D4.5			Bolsa portaherramientas			
D4.5.1	1,000	ud	Materiales	288,48	288,48	
D4.5.2	2,000	%	Costes directos complementarios	2,88	5,76	
TOTAL PARTIDA.....						294,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

D4.5.1		ud	Materiales			
D4.5.1.1	12,000	ud	Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II	24,04	288,48	
TOTAL PARTIDA.....						288,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4.6			Juego de orejeras			
D4.6.1	1,000	ud	Materiales	118,80	118,80	
D4.6.2	1,000	%	Costes directos complementarios	1,19	1,19	
TOTAL PARTIDA.....						119,99

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECINUEVE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

D4.6.1		ud	Materiales			
D4.6.1.1	12,000	ud	Juego de orejeras estándar con atenuación acústica de 15dB	9,90	118,80	
TOTAL PARTIDA.....						118,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECIOCHO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

D4.7			Par de guantes			
D4.7.1	1,000	ud	Materiales	409,68	409,68	
D4.7.2	2,000	%	Costes directos complementarios	4,10	8,20	
TOTAL PARTIDA.....						417,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS DIECISIETE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4.7.1		ud	Materiales			
D4.7.1.1	12,000	ud	Par de guantes contra riesgos mecánicos EPI de categoría II	13,36	160,32	
D4.7.1.2	6,000	ud	Par de guantes para trabajos eléctricos de baja tensión	41,56	249,36	
TOTAL PARTIDA.....						409,68

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NUEVE EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación Eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D4.8			Calzado de seguridad, protección y trabajo			
D4.8.1	1,000	ud	Materiales	1.563,24	1.563,24	
D4.8.2	2,000	%	Costes directos complementarios	15,63	31,26	
TOTAL PARTIDA.....						1.594,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

D4.8.1		ud	Materiales			
D4.8.1.1	12,000	ud	Par de zapatos de seguridad con puntera resistente a impacto	37,56	450,72	
D4.8.1.2	6,000	ud	Par de botas altas de seguridad aislantes	185,42	1.112,52	
TOTAL PARTIDA.....						1.563,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS SESENTA Y TRES EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Planos

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

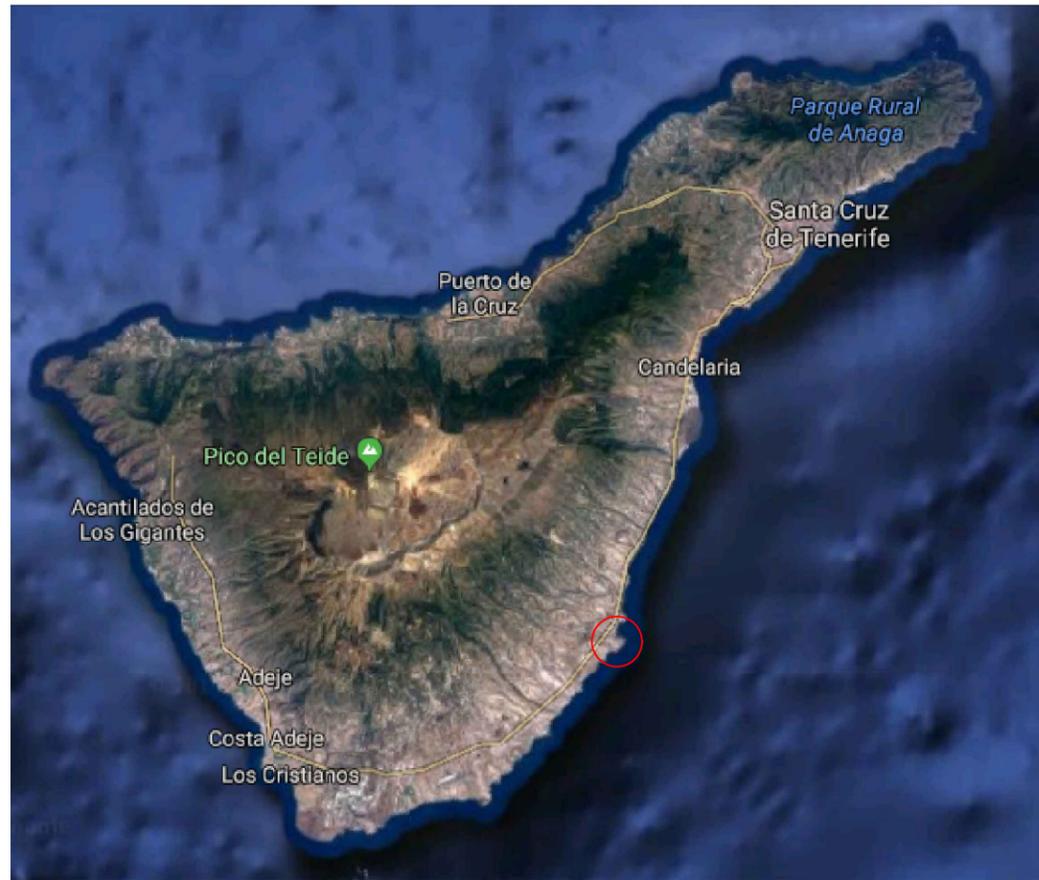
Índice

1. Planos	4
1.1 Plano nº 1: Situación.....	5
1.2 Plano nº 2: Emplazamiento.....	6
1.3 Plano nº 3: Esquema unifilar.....	7
1.4 Plano nº 4: Equipos de protección individual.....	8
1.5 Plano nº 5: Detalles casco y botas.....	9
1.6 Plano nº 6: Detalles gafas y máscara antipolvo.....	10
1.7 Plano nº 7: Detalles cinturón de seguridad.....	11
1.8 Plano nº 8: Señales de advertencia de peligro.....	12
1.9 Plano nº 9: Señales de prohibición y uso obligatorio.....	13
1.10 Plano nº 10: Señales de riesgos.....	14
1.11 Plano nº 11: Señales de seguridad.....	15
1.12 Plano nº 12: Señales (1).....	16
1.13 Plano nº 13: Señales (2).....	17
1.14 Plano nº 14: Señales luminosas.....	18
1.15 Plano nº 15: Señal de peligro de obra.....	19
1.16 Plano nº 16: Paneles direccionales.....	20
1.17 Plano nº 17: Centros de transformación.....	21

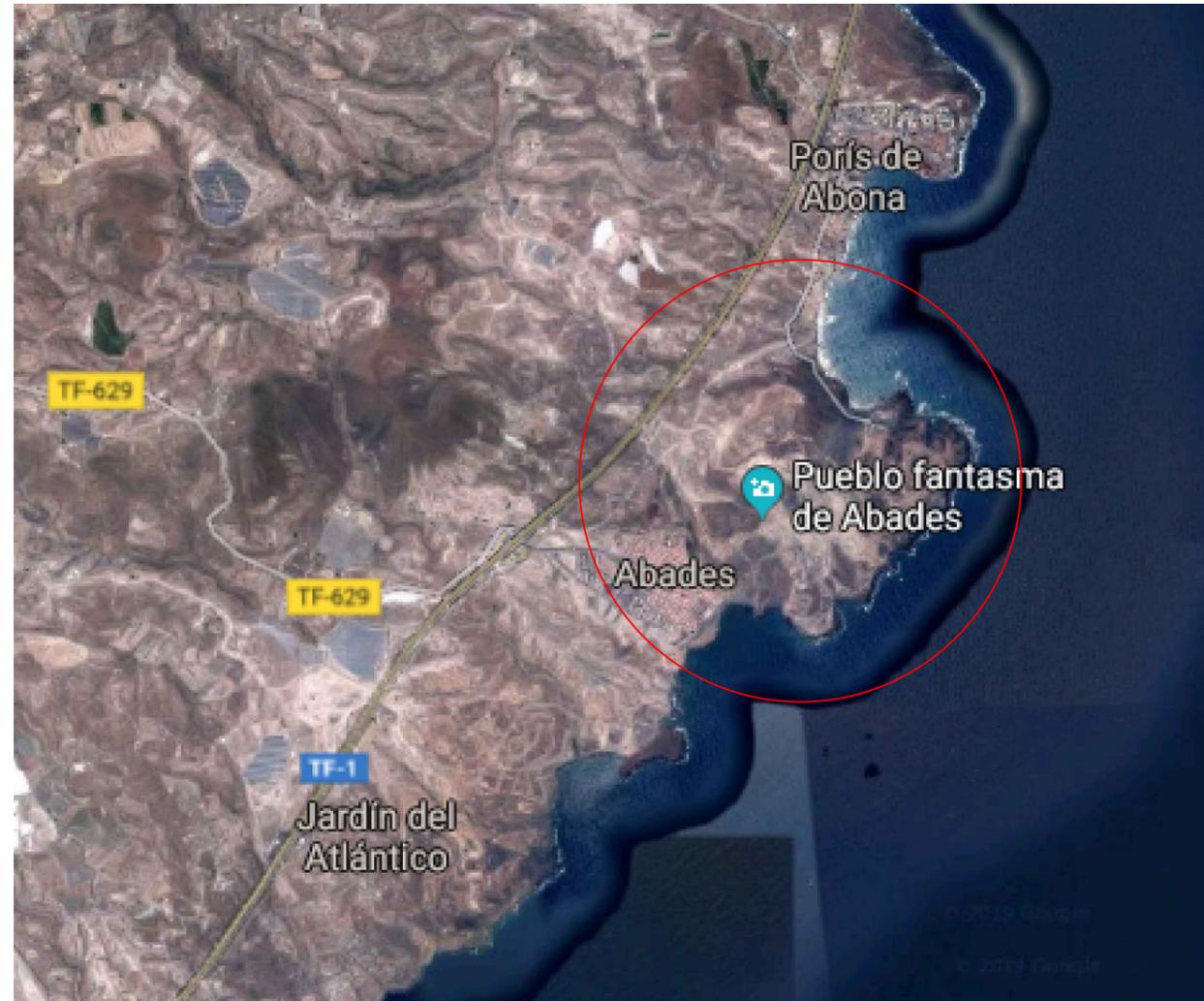
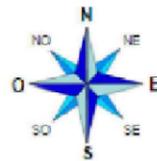
1. Planos

En este documento se recogen los planos de la situación, el emplazamiento y el esquema unifilar del parque eólico, así como las medidas de los centros de transformación prefabricados y los planos de diversos elementos de seguridad y salud que se utilizarán en el proyecto.

- Plano nº 1: Situación.
- Plano nº 2: Emplazamiento.
- Plano nº 3: Esquema unifilar.
- Plano nº 4: Equipos de protección individual.
- Plano nº 5: Detalles casco y botas.
- Plano nº 6: Detalles gafas y máscara antipolvo.
- Plano nº 7: Detalles cinturón de seguridad.
- Plano nº 8: Señales de advertencia de peligro.
- Plano nº 9: Señales de prohibición y uso obligatorio.
- Plano nº 10: Señales de riesgos.
- Plano nº 11: Señales de seguridad.
- Plano nº 12: Señales (1).
- Plano nº 13: Señales (2).
- Plano nº 14: Señales luminosas.
- Plano nº 15: Señal de peligro de obra.
- Plano nº 16: Paneles direccionales.
- Plano nº 17: Centros de transformación.

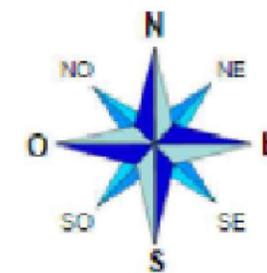


E 1:500000



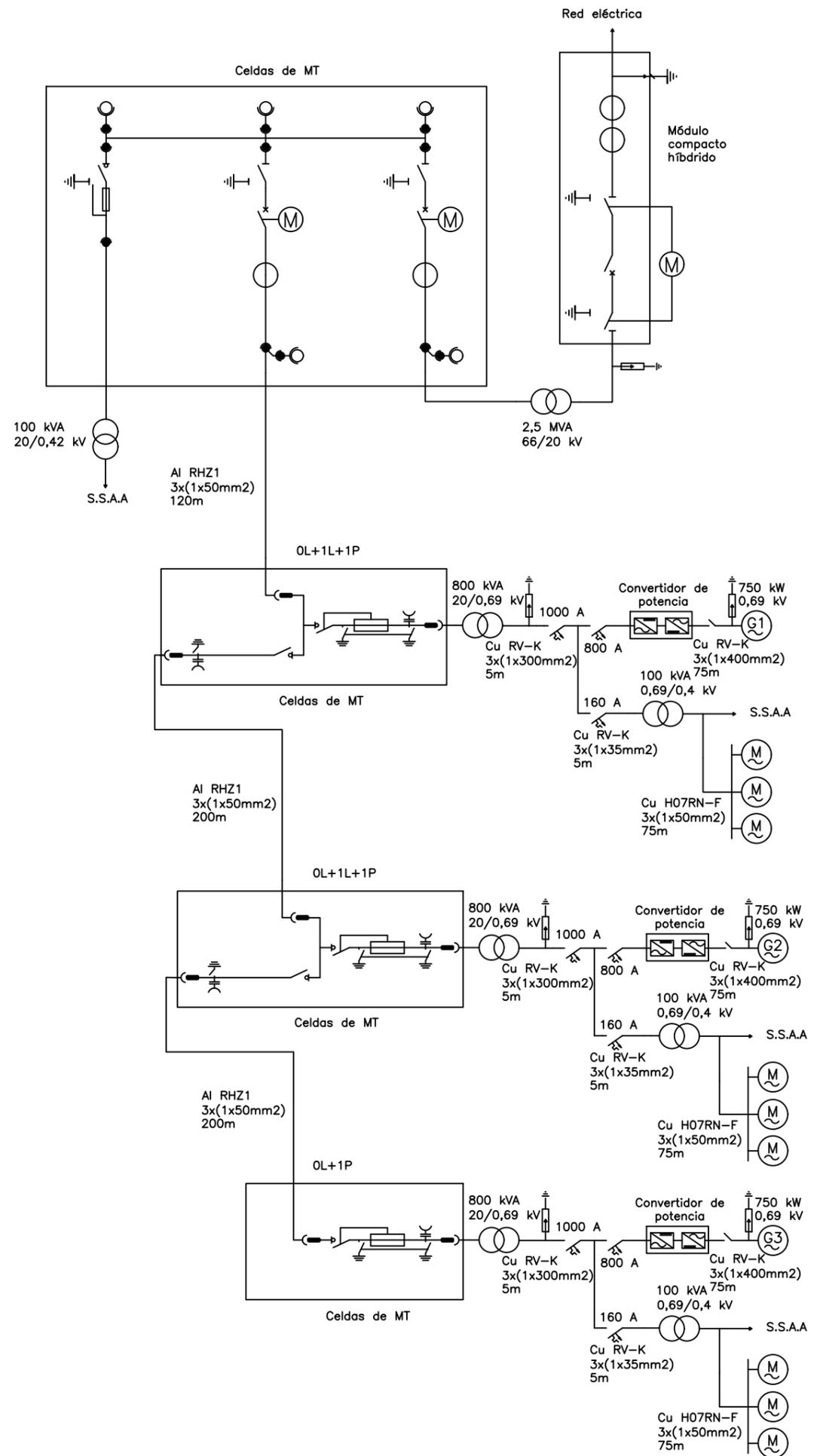
E 1:30000

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SITUACIÓN		Nº Plano : 1



1:5000

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:5000	EMPLAZAMIENTO		Nº Plano : 2



Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Generador 1
	Generador 2
	Generador 3
	Protección sobretensión
	Protección sobretensión
	Rectificador
	Inversor
	Interruptor automático
	Transformador
	Motor CA
	Puesta a tierra
	Fusible interruptor seccionador
	Interruptor seccionador
	Interruptor
	Seccionador
	Motor

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexión en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
ESCALA: N/A	UNE-EN-DIN	ESQUEMA UNIFILAR	Nº Plano. : 3

PROTECCIONES INDIVIDUALES

PRENDAS PARA LA LLUVIA



TRAJE IMPERMEABLE, compuesto por chaqueta con capucha, botaflores de seguridad y pantalón.

MONO DE TRABAJO



PROTECCIONES OÍDOS



CLASE "A" arnes en la cabeza



CLASE "B" arnes en la nuca

GUANTES PROTECTORES



GUANTES GOMAFINA



GUANTES DIELECTRICOS



GUANTES DE USO GENERAL

ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN PERSONAL



CHALECOS



CORREAJE



MANGUITOS



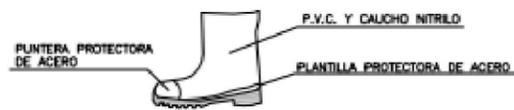
POLANAS

PROTECCION CRANEAL



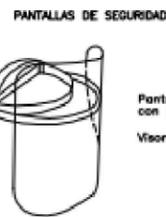
CASCO E SEGURIDAD con pantalla antiproyecciones
Visor abatible

BOTAS CON PUNTA DE ACERO. CLASE I Y CON PUNTERA Y PLANTILLA DE ACERO, CALSE II



PUNTERA PROTECTORA DE ACERO

P.V.C. Y CAUCHO NITRILDO
PLANTILLA PROTECTORA DE ACERO



PANTALLAS DE SEGURIDAD

Pantalla de acetato transparente, con adaptados a casco
Visor abatible

BOTA INDUSTRIAL PARA EL AGUA



Piso antideslizante, con resistencia a la grasa e hidrocarburos

GAFAS DE MONTURA UNIVERSAL CONTRA IMPACTOS



BOTA PARA ELECTRICISTA

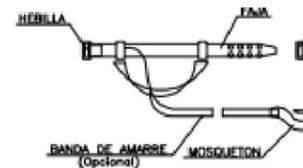
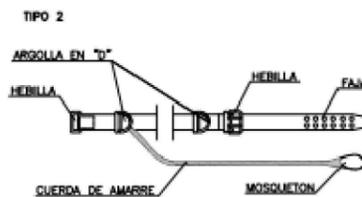
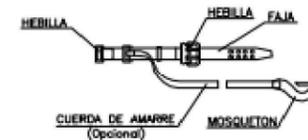
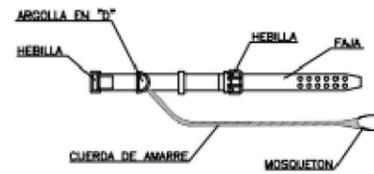


PUNTERA DE PLÁSTICO
Trabajos para B.T. y manías en B.T.

PROTECCIONES INDIVIDUALES

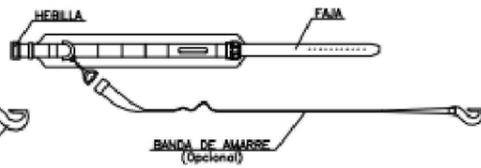
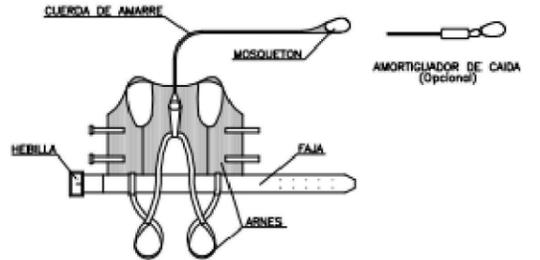
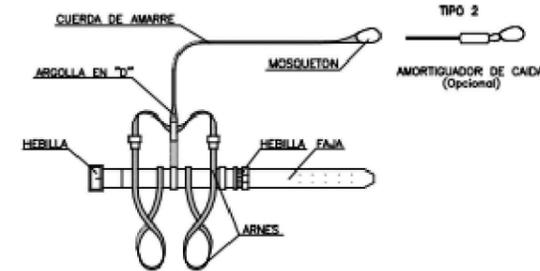
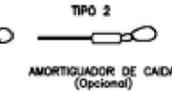
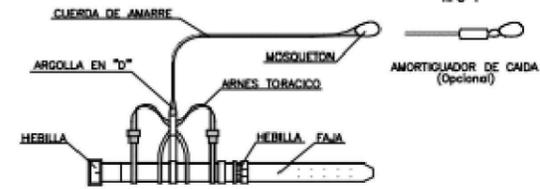
CLASE "A"

TIPO 1



CLASE "C"

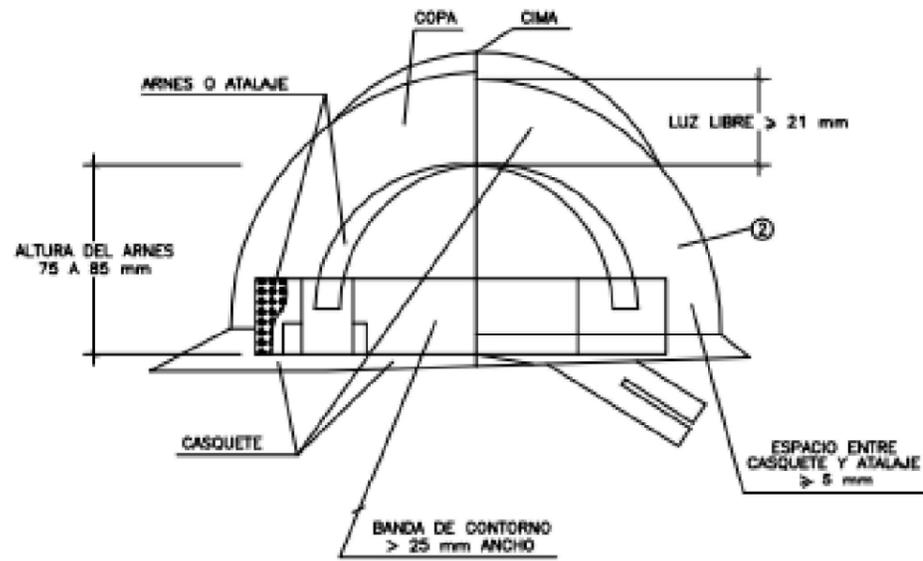
TIPO 1



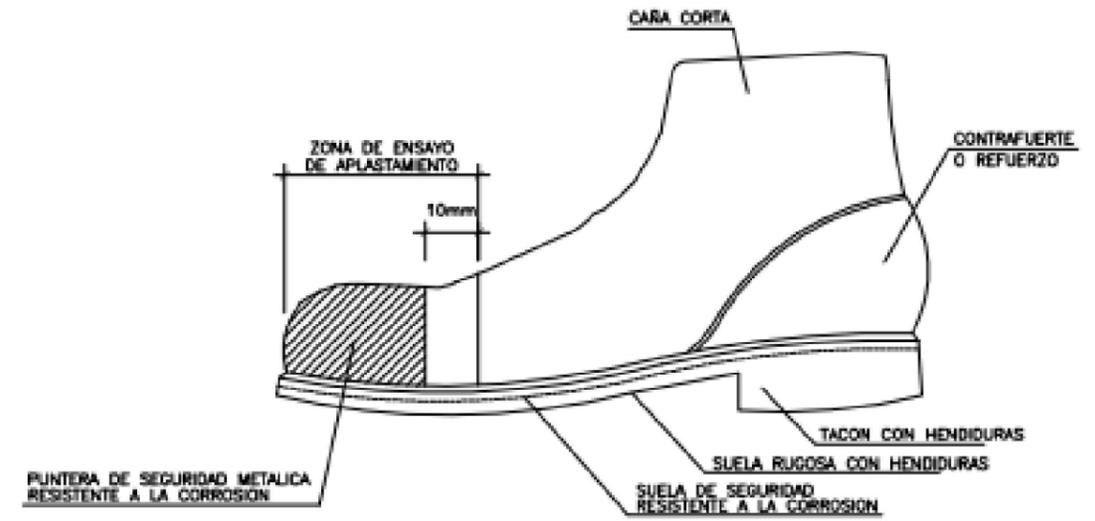
Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife

Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
ESCALA: N/A	UNE-EN-DIN	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	
			Nº Plano : 4

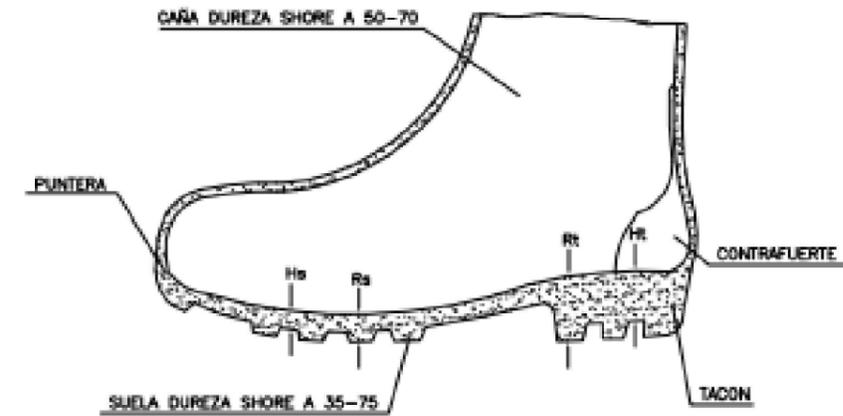
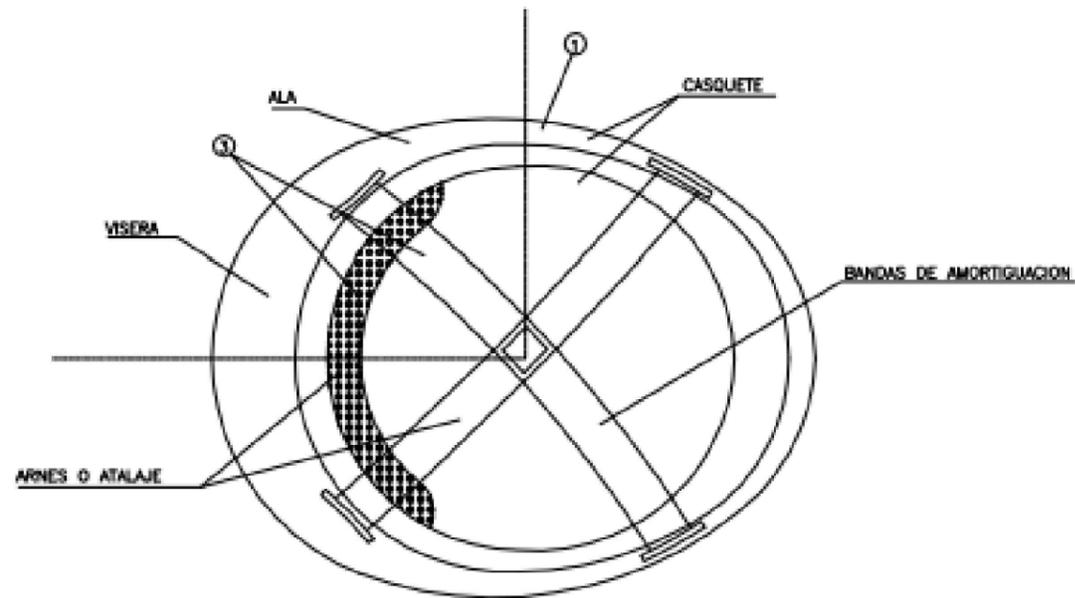
CASCO DE SEGURIDAD NO METALICO



BOTAS DE SEGURIDAD CLASE III



BOTA IMPERMEABLE AL AGUA Y A LA HUMEDAD

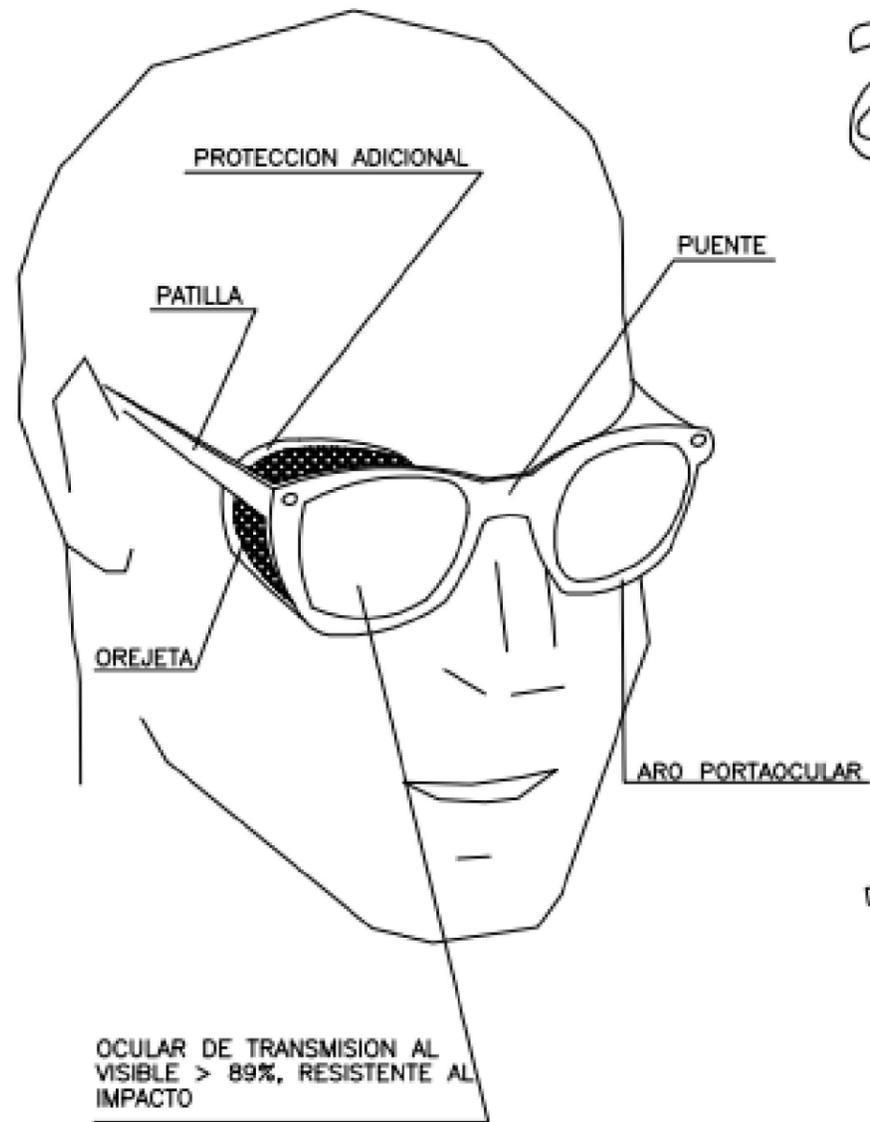


Ha Hendidura de la suela = 5 mm.
 Ra Resalte de la suela = 2 mm.
 Rt Hendidura del tacón = 20 mm.
 Rt Resalte del tacón = 25 mm.

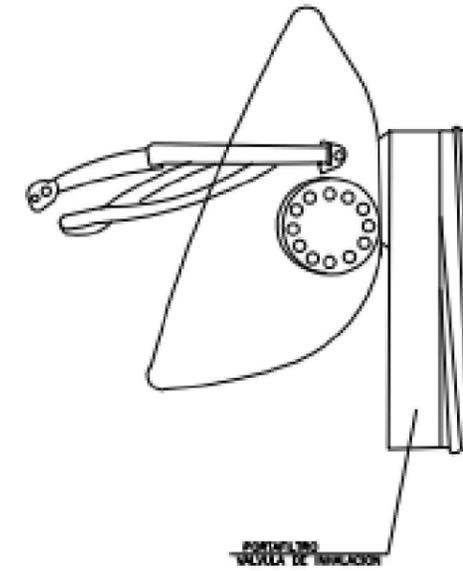
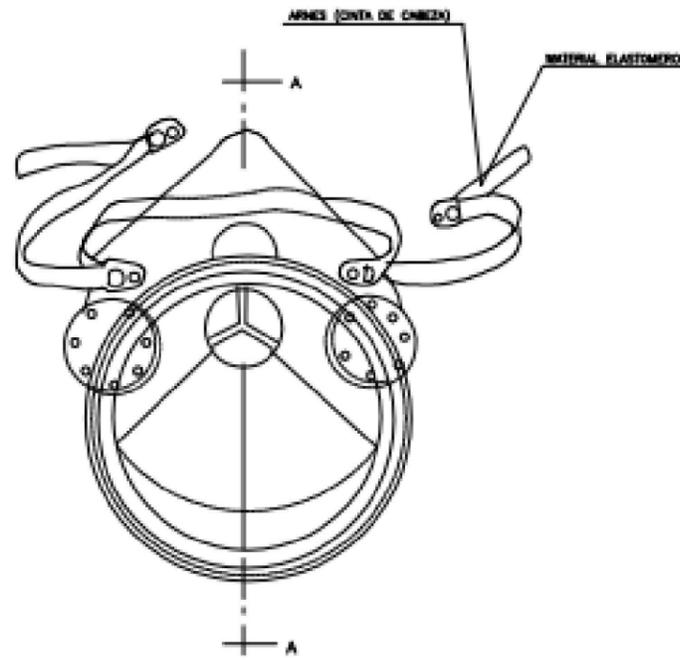
Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife

Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
ESCALA: N/A	UNE-EN-DIN	DETALLES CASCO Y BOTAS	Nº Plano : 5

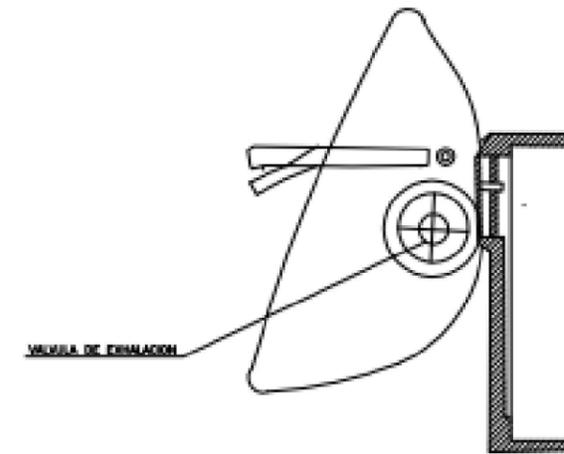
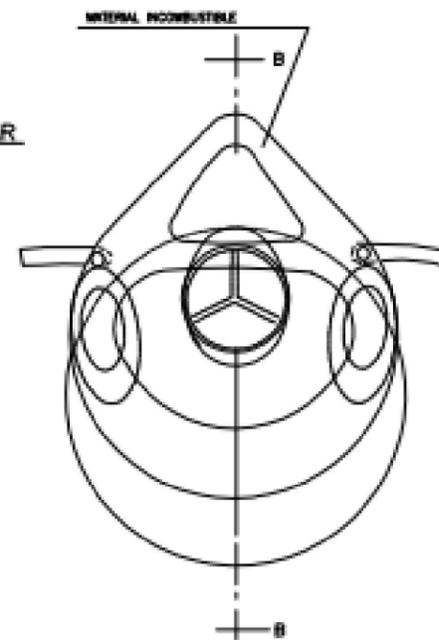
GAFAS DE MONTURA TIPO UNIVERSAL
CONTRA IMPACTOS Y ANTIPOLVO



MASCARILLA ANTIPOLVO



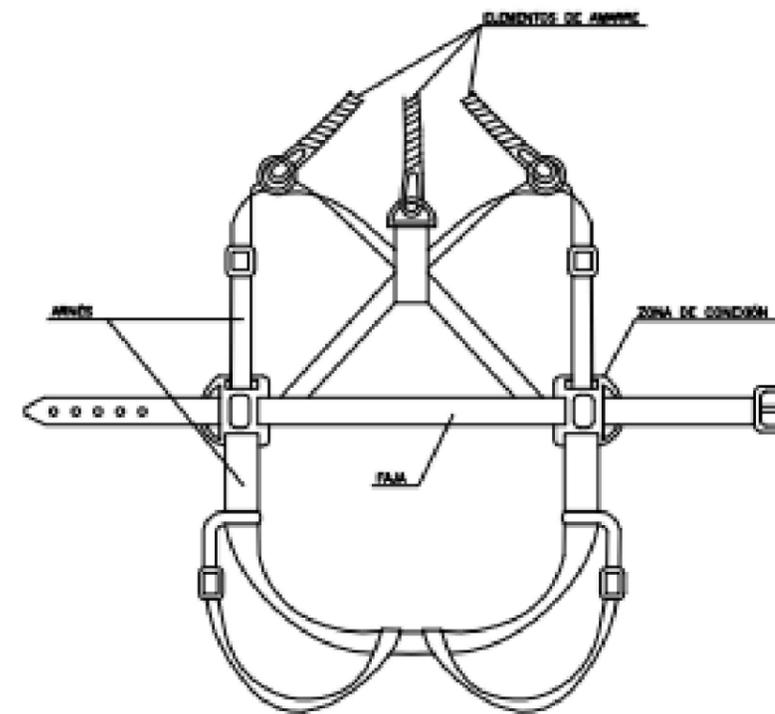
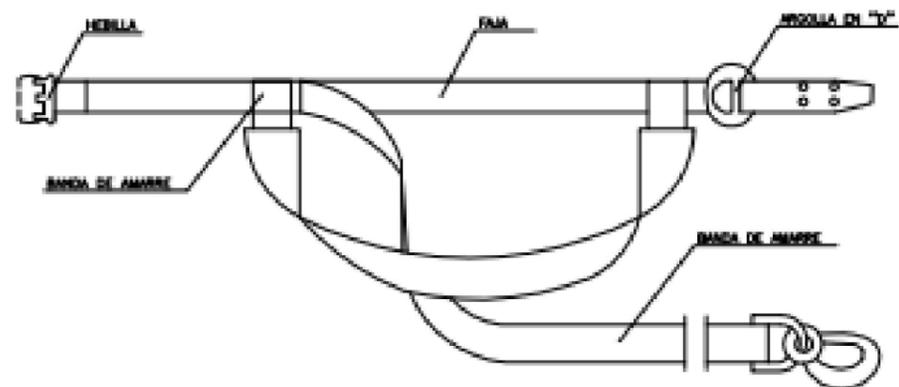
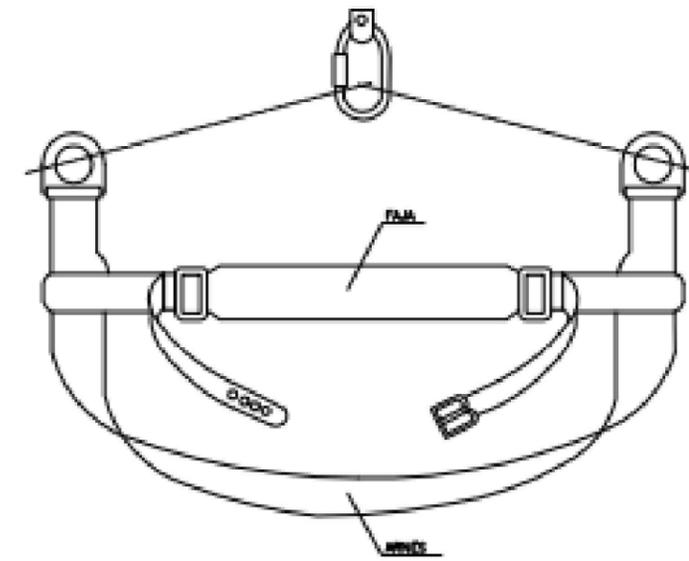
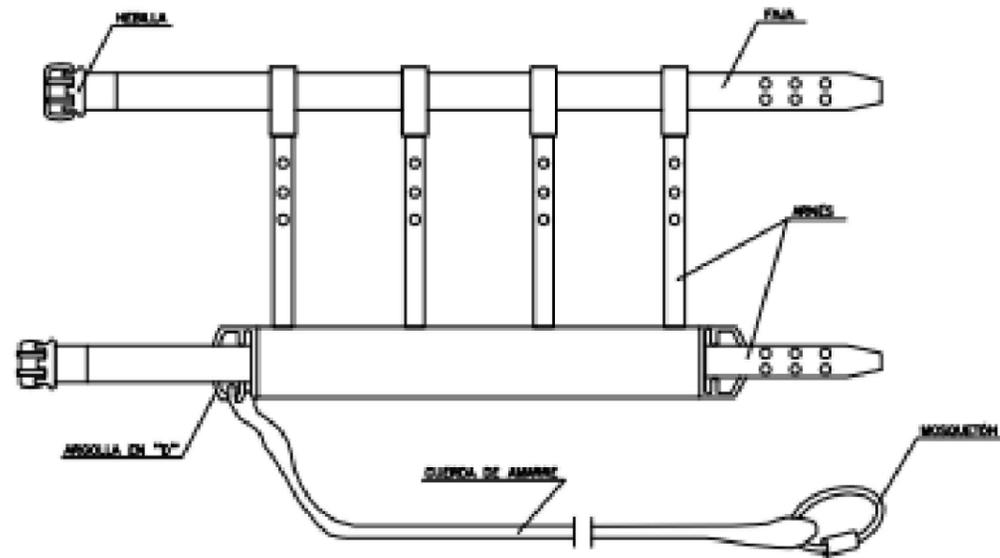
SECCION A-A



SECCION B-B

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	DETALLES GAFAS Y MASCARILLA ANTIPOLVO		Nº Plano : 6

CINTURÓN DE SEGURIDAD



Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	DETALLES CINTURÓN DE SEGURIDAD		Nº Plano : 7

SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO



Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife

Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO		Nº Plano : 8

SEÑALES DE PROHIBICIÓN



SEÑALES DE USO OBLIGATORIO



Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES DE PROHIBICIÓN Y USO OBLIGATORIO		Nº Plano : 9

SEÑALES DE RIESGOS DIVERSOS



SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS



Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES DE RIESGOS		Nº Plano : 10

SEÑALES DE SEGURIDAD

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SIMBOLO DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCIÓN HACIA PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DE SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	

DIMENSIONES mm	DISTANCIA MAXIMA SEGUN LA FORMA m		
	△	○	□
1.189	34.98	40.73	53.17
841	24.74	36.76	37.61
594	17.48	24.65	26.56
420	12.36	17.57	16.75
297	8.74	12.42	12.28
210	6.18	8.78	9.30
148	4.36	6.19	6.62
105	3.09	4.39	4.70

TABLA QUE RELACIONA LA DISTANCIA MAXIMA DE OBSERVACION PREVISTA PARA UNA SEÑAL, CON LA DIMENSION CARACTERISTICA DE LA MISMA (DIAMETRO O LADO MAYOR DE LA SEÑAL).

 BOMBEROS Tef. _____	 AMBULANCIA Tef. _____	 HOSPITAL Tef. _____
 SERVICIO MEDICO Tef. _____	 POLICIA Tef. _____	 OF. PERSONAL Tef. _____
_____ Tef. _____	_____ Tef. _____	_____ Tef. _____

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES DE SEGURIDAD	Nº Plano : 11	

CLAVE	SEÑAL	DENOMINACIÓN	CLAVE	SEÑAL	DENOMINACIÓN
TR-5		PRIORIDAD AL SENTIDO CONTRARIO	TR-204		LIMITACIÓN DE ANCHURA
TR-6		PRIORIDAD RESPECTO AL SENTIDO CONTRARIO	TR-205		LIMITACIÓN DE ALTURA
TR-101		ENTRADA PROHIBIDA	TR-301		VELOCIDAD MÁXIMA
TR-106		ENTRADA PROHIBIDA A VEHICULOS DESTINADOS AL TRANSPORTE DE MERCANCIAS.	TR-302		GIRO A LA DERECHA PROHIBIDO
TR-201		LIMITACIÓN DE PESO	TR-303		GIRO A LA IZQUIERDA PROHIBIDO

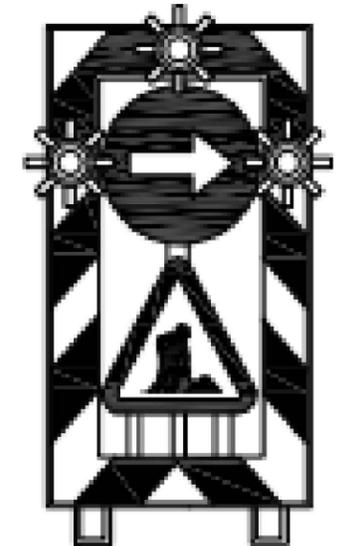
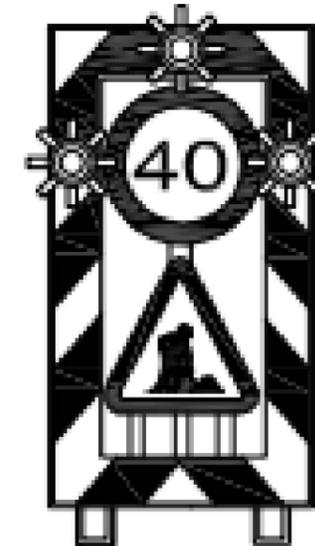
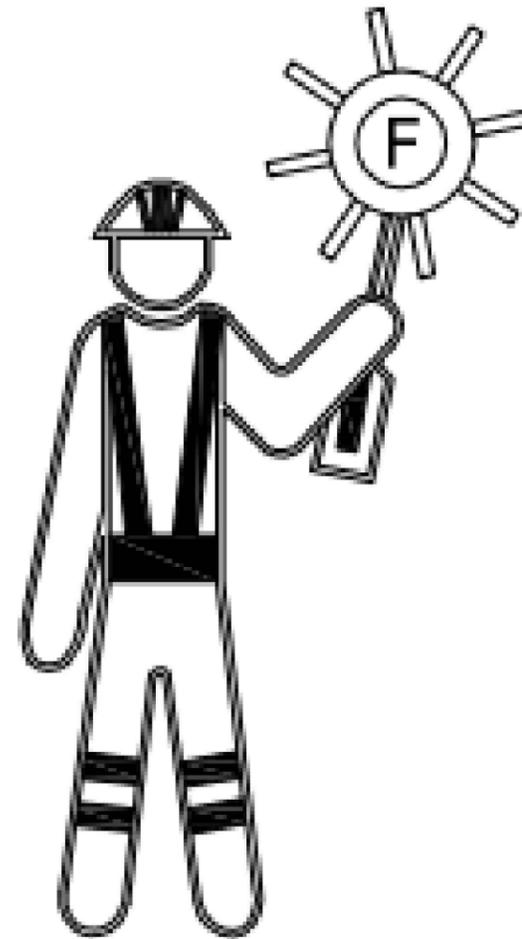
Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES (1)		Nº Plano : 12

CLAVE	SEÑAL	DENOMINACIÓN	CLAVE	SEÑAL	DENOMINACIÓN
TR-17 b		ESTRECHAMIENTO DE CALZADA POR LA IZQUIERDA	TR-28		PROYECCION DE GRAVILLA
TR-18		OBRAS	TR-30		ESCALÓN LATERAL
TR-19		PAVIMENTO DESLIZANTE	TR-50		OTROS PELIGROS
TR-25		CIRCULACION EN LOS DOS SENTIDOS			
TR-26		DESPRENDIMIENTO			

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor		E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo Andrés Gómez		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES (2)		Nº Plano : 13

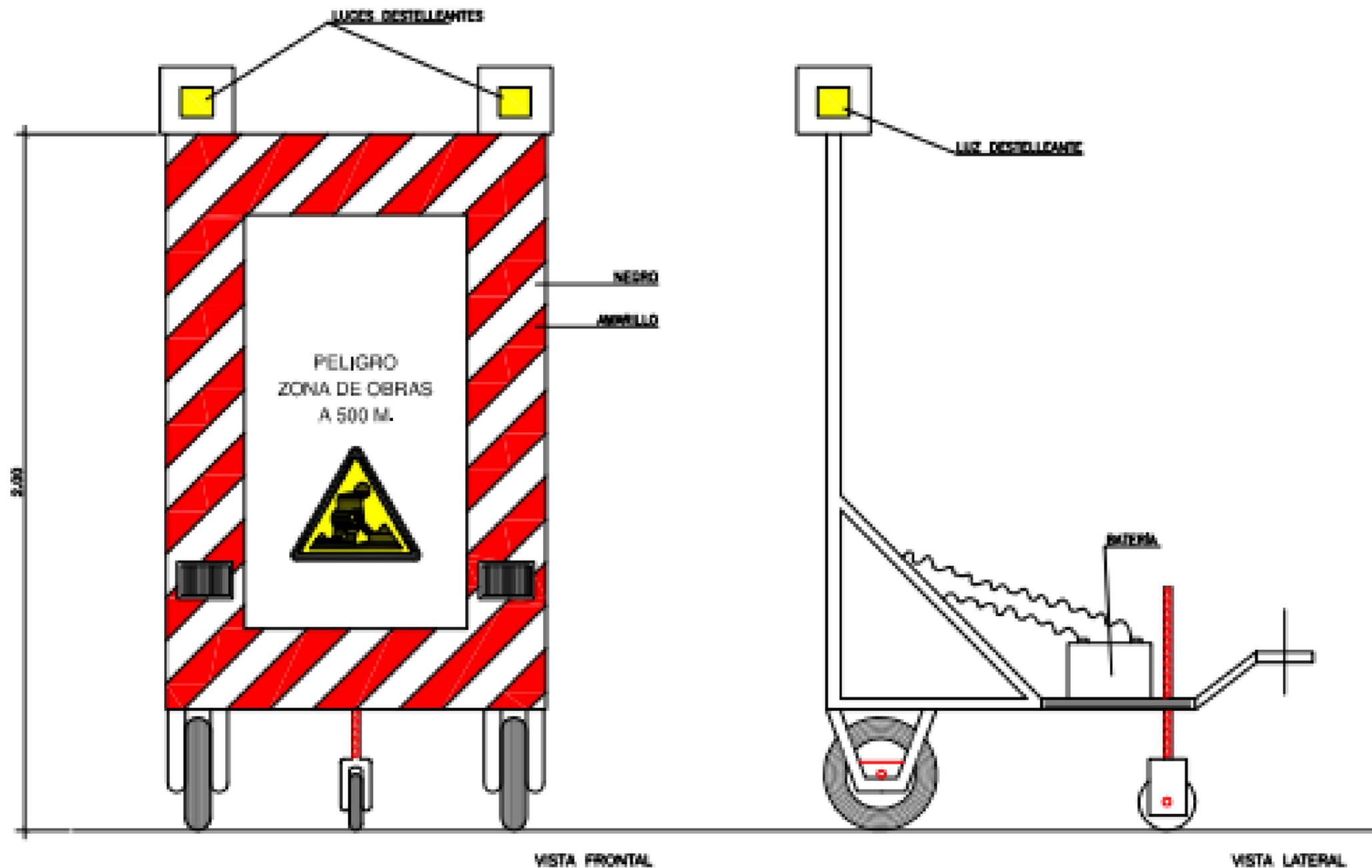
ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN LUMINOSOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACIÓN
		SIMBOLO	SEGURIDAD	CONTRASTE	
SEMAFORO (TRICOLOR)		ROJO AMBAR VERDE	ROJO AMBAR VERDE	NEGRO	
LUZ AMBAR INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	NEGRO	
LUZ AMBAR ALTERNATIVAMENTE INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
TRIPLE LUZ AMBAR INTERMITENTE		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
DISCO LUMINOSO MANUAL DE PASO PERMITIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
DISCO LUMINOSO MANUAL DE STOP O PASO PERMITIDO	STOP	BLANCO	ROJO	BLANCO	
LINEA DE LUCES AMARILLAS FIJAS		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
CASCADA LUMINOSA		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
LUZ AMARILLA FIJA		AMBAR	AMBAR	AMBAR	
LUZ ROJA FIJA		ROJO	ROJO	ROJO	



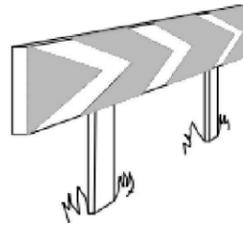
Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑALES LUMINOSAS		Nº Plano : 14

SEÑAL MÓVIL DE
APROXIMACIÓN A OBRA

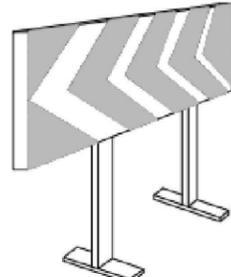


Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	SEÑAL DE PELIGRO DE OBRA		Nº Plano : 15

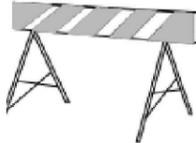
PANELES DIRECCIONALES



PANELES DIRECCIONALES PARA CURVAS



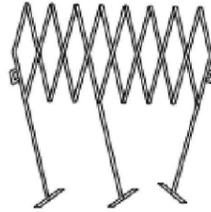
PANELES DIRECCIONALES PARA OBRAS



VALLA DE OBRA MODELO 2



VALLA DE OBRA MODELO 1



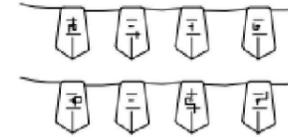
VALLA EXTENSIBLE



VALLA DE CONTENCIÓN DE PEATONES



CINTA BALIZAMIENTO REFLECTANTE



CORDON BALIZAMIENTO



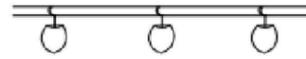
CINTA BALIZAMIENTO PLASTICO



CINTA BALIZAMIENTO PLASTICO



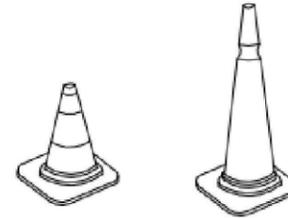
LAMPARA AUTONOMA FIJA INTERMITENTE



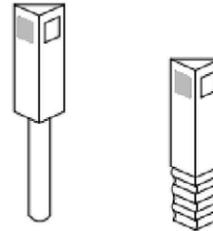
PORTALAMPARAS DE PLASTICO



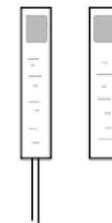
CORDON BALIZAMIENTO NORMAL Y REFLEXIVO



CONOS

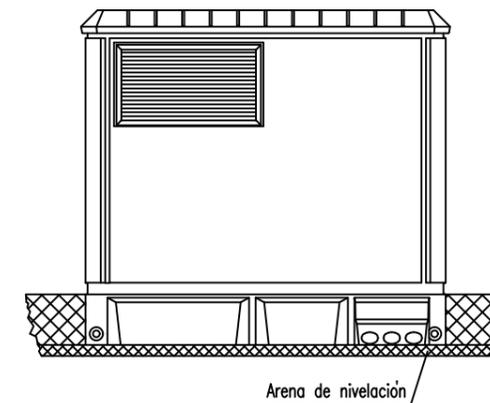
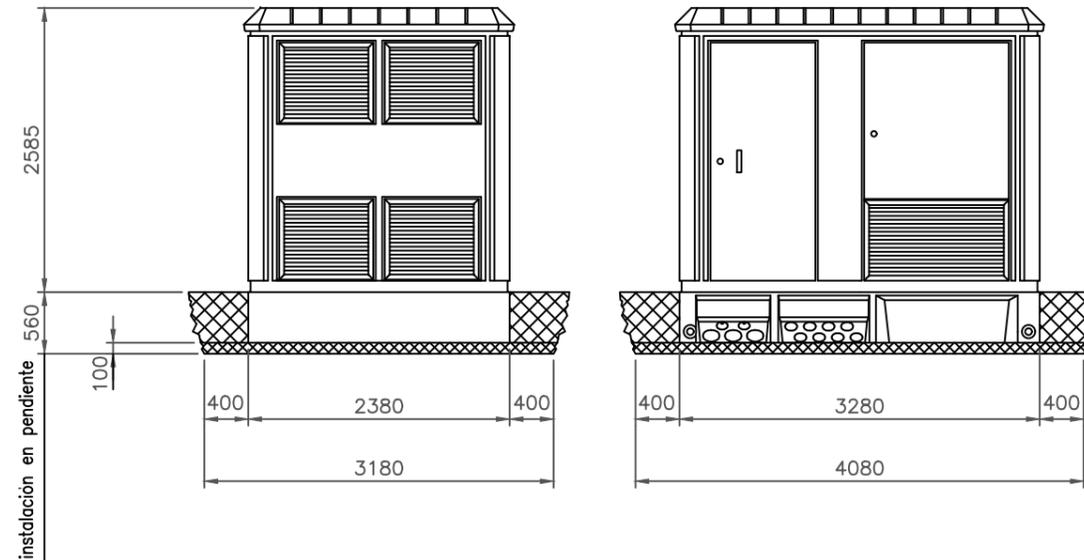
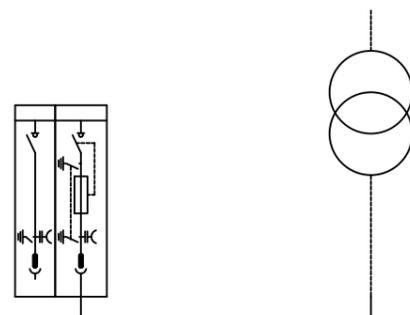
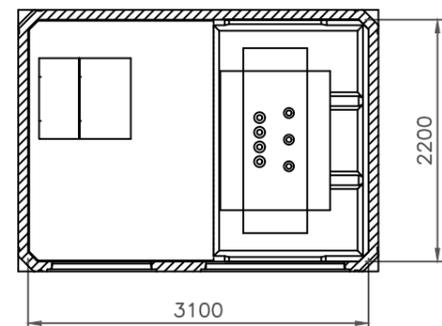
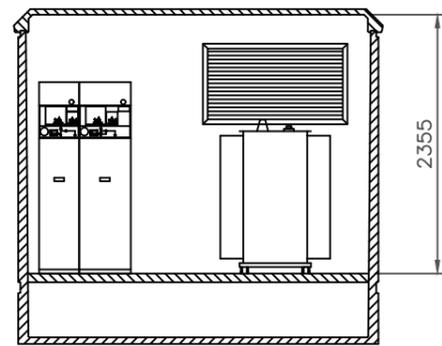


HITOS CAPTAFAROS PARA SEÑALIZACION LATERAL DE AUTOPISTAS EN POLIETILENO



HITOS DE PVC

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	PANELES DIRECCIONALES		Nº Plano : 16



DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
4.08 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

Proyecto de instalación de aerogeneradores, subestación y conexiones en el sur de Tenerife			
Fecha	Autor		E.S.I.T. Máster de Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
24/06/2019	Eduardo		
Id. s. normas	Andrés Gómez		
	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1/50	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN		Nº Plano : 17



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Pliego de condiciones

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

Índice

1. Disposiciones de carácter general.....	8
1.1 Objeto del Pliego de Condiciones.....	8
1.2 Contrato de obra.....	8
1.3 Documentación del contrato de obra	8
1.4 Proyecto Arquitectónico	8
1.5 Reglamentación urbanística.....	9
1.6 Formalización del Contrato de Obra.....	9
1.7 Jurisdicción competente.....	10
1.8 Responsabilidad del Contratista.....	10
1.9 Accidentes de trabajo.....	10
1.10 Daños y perjuicios a terceros	10
1.11 Anuncios y carteles	11
1.12 Copia de documentos.....	11
1.13 Suministro de materiales.....	11
1.14 Hallazgos	11
1.15 Causas de rescisión del contrato de obra	11
1.16 Omisiones: Buena fe.....	12
2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	13
2.1 Accesos y vallados.....	13
2.2 Replanteo	13
2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos.....	13
2.4 Orden de los trabajos	14
2.5 Facilidades para otros contratistas	14
2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	14
2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	15

2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor.....	15
2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	15
2.10 Trabajos defectuosos.....	16
2.11 Vicios ocultos.....	16
2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos.....	17
2.13 Presentación de muestras.....	17
2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos.....	17
2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	17
2.16 Limpieza de las obras.....	18
2.17 Obras sin prescripciones explícitas.....	18
3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas.....	18
3.1 Consideraciones de carácter general.....	18
3.2 Recepción provisional.....	19
3.3 Documentación final de la obra.....	20
3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra.....	20
3.5 Plazo de garantía.....	20
3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	20
3.7 Recepción definitiva.....	21
3.8 Prórroga del plazo de garantía.....	21
3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.....	21
4. Disposiciones Facultativas.....	21
4.1 Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación.....	21
4.1.1 El Promotor.....	22
4.1.2 El Proyectista.....	22
4.1.3 El Constructor o Contratista.....	23
4.1.4 El Director de Obra.....	23
4.1.5 El Director de la Ejecución de la Obra.....	23

4.1.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	23
4.1.7 Los suministradores de productos.....	24
4.2 Agentes que intervienen en la obra según ley 38/1999 (L.O.E.)	24
4.3 Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/1997	24
4.4 Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/2008	24
4.5 La dirección facultativa.....	24
4.6 Visitas facultativas	24
4.7 Obligaciones de los agentes intervinientes	25
4.7.1 El Promotor.....	25
4.7.2 El Proyectista.....	26
4.7.3 El Constructor o Contratista.....	27
4.7.4 El Director de Obra.....	30
4.7.5 El Director de la Ejecución de la Obra.....	32
4.7.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	35
4.7.7 Los suministradores de productos.....	35
4.7.8 Los propietarios y los usuarios.....	35
4.8 Documentación final de obra: libro del edificio	35
4.8.1 Los propietarios y los usuarios.....	36
5. Disposiciones Económicas.....	36
5.1 Definición	36
5.2 Contrato de obra.....	36
5.3 Criterio general	37
5.4 Fianzas	37
5.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.....	37
5.4.2 Devolución de las fianzas.....	38
5.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	38
5.5 De los precios.....	38
5.5.1 Precio básico.....	38

5.5.2 Precio unitario.....	38
5.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	40
5.5.4 Precios contradictorios.....	40
5.5.5 Reclamación de aumento de precios.....	41
5.5.6 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.....	41
5.5.7 De la revisión de los precios contratados.....	41
5.5.8 Acopio de materiales.....	41
5.6 Obras por administración	41
5.7 Valoración y abono de los trabajos	42
5.7.1 Forma y plazos de abono de las obras.....	42
5.7.2 Relaciones valoradas y certificaciones.....	43
5.7.3 Mejora de obras libremente ejecutadas.....	43
5.7.4 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.....	43
5.7.5 Abono de trabajos especiales no contratados.....	44
5.7.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	44
5.8 Indemnizaciones mutuas	44
5.8.1 Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	44
5.8.2 Demora de los pagos por parte del Promotor.....	44
5.9 Varios	45
5.9.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.....	45
5.9.2 Unidades de obra defectuosas.....	45
5.9.3 Seguro de las obras.....	45
5.9.4 Conservación de la obra.....	45
5.9.5 Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor.....	45
5.9.6 Pago de arbitrios.....	46
5.10 Retenciones en concepto de garantía.....	46
5.11 Plazos de ejecución: planning de obra	46
5.12 Liquidación económica de las obras	47
5.13 Liquidación final de la obra.....	47

6. Prescripciones sobre los materiales.....	47
6.1 Garantías de calidad (Marcado CE).....	49
7. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición.....	51

1. Disposiciones de carácter general

1.1 Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.2 Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.3 Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.4 Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.5 Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.6 Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

1.7 Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.8 Responsabilidad del Contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.9 Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.10 Daños y perjuicios a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores,

incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.11 Anuncios y carteles

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.12 Copia de documentos

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.13 Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.14 Hallazgos

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.15 Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.

- b) La quiebra del Contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.16 Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la buena fe mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la buena fe de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada calidad final de la obra.

2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

2.1 Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

2.2 Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

2.4 Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

2.5 Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será

consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

2.10 Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

2.11 Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director del Ejecución de Obra

lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

2.13 Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

2.16 Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

2.17 Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

3.1 Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos

observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la L.O.E., y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

3.2 Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr

el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

3.3 Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

3.5 Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

3.7 Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

3.8 Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

4. Disposiciones Facultativas

4.1 Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

4.1.1 El Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

4.1.2 El Projectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada projectista asumirá la titularidad de su proyecto.

4.1.3 El Constructor o Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

4.1.4 El Director de Obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

4.1.5 El Director de la Ejecución de la Obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Arquitecto, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

4.1.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

4.1.7 Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

4.2 Agentes que intervienen en la obra según ley 38/1999 (L.O.E.)

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

4.3 Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/1997

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

4.4 Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/2008

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

4.5 La dirección facultativa

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

4.6 Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso

lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

4.7 Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo III de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

4.7.1 El Promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se registrarán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

4.7.2 El Projectista

Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

4.7.3 El Constructor o Contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del RD 1627/97 de 24 de octubre.

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra

requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Arquitecto Técnico o Aparejador, Director de Ejecución Material de la Obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

4.7.4 El Director de Obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones

precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anejará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el Promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata,

denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

4.7.5 El Director de la Ejecución de la Obra

Corresponde al Arquitecto Técnico o Aparejador, según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura

horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (*lex artis*) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los

Arquitectos Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los Arquitectos Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Arquitecto Técnico, Director de la Ejecución de las Obras, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

4.7.6 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

4.7.7 Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

4.7.8 Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

4.8 Documentación final de obra: libro del edificio

De acuerdo al Artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.

4.8.1 Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

5. Disposiciones Económicas

5.1 Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

5.2 Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.

- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

5.3 Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

5.4 Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

5.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

5.4.2 Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

5.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

5.5 De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

5.5.1 Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

5.5.2 Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la

unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

5.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

5.5.4 Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al

concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

5.5.5 Reclamación de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

5.5.6 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

5.5.7 De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

5.5.8 Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

5.6 Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

5.7 Valoración y abono de los trabajos

5.7.1 Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

5.7.2 Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

5.7.3 Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

5.7.4 Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada

El abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

5.7.5 Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

5.7.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

5.8 Indemnizaciones mutuas

5.8.1 Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

5.8.2 Demora de los pagos por parte del Promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

5.9 Varios

5.9.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

5.9.2 Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

5.9.3 Seguro de las obras

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

5.9.4 Conservación de la obra

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

5.9.5 Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

5.9.6 Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

5.10 Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

5.11 Plazos de ejecución: planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

5.12 Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

5.13 Liquidación final de la obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

6. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no

extinguíéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

6.1 Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.

- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas.
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

7. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIO DE POSGRADO

Trabajo de Fin de Máster

Mediciones y presupuesto

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES,
SUBESTACIÓN Y CONEXIONES EN EL SUR DE TENERIFE

Titulación: Máster en Ingeniería Industrial

Alumno: Eduardo Andrés Gómez

Tutor: Benjamín González Díaz

Julio 2019

Índice

1. Mediciones y presupuesto	4
1.1 Resumen del presupuesto.....	5
1.2 Presupuesto y mediciones.....	6
1.3 Cuadro de descompuestos.....	10
1.4 Cuadro de precios auxiliares.....	15

1. Mediciones y presupuesto

En este documento se recoge el presupuesto del proyecto con todos los elementos, actividades y mano de obra necesarios para llevarlo a cabo.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Instalación eólica Punta de Abona

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
A	Cimentación.....	298.497,03	6,83
B	Aerogeneradores	1.804.571,22	41,32
C	Electricidad	2.245.704,04	51,42
D	Seguridad y salud.....	18.443,57	0,42
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		4.367.215,86	
	13,00 % Gastos generales.....	567.738,06	
	6,00 % Beneficio industrial	262.032,95	
	SUMA DE G.G. y B.I.	829.771,01	
	7,00 % I.V.A.	363.789,08	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		5.560.775,95	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		5.560.775,95	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CINCO MILLONES QUINIENTOS SESENTA MIL SETECIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

PUNTA DE ABONA, a 21 de mayo de 2019.

El promotor

La dirección facultativa

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO A Cimentación									
A1	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos								
							1,00	11.711,64	11.711,64
A2	Zapata de cimentación de hormigón armado								
							3,00	67.848,44	203.545,32
A3	Excavación de zanjas y pozos para cimentaciones								
							3,00	13.662,50	40.987,50
A4	Sistema de encofrado para zapata de cimentación								
							3,00	14.084,19	42.252,57
TOTAL CAPÍTULO A Cimentación									298.497,03

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO D Seguridad y salud									
D1	Sistemas de protección colectiva								
							1,00	10.244,48	10.244,48
D2	Medicina preventiva y primeros auxilios								
							1,00	4.524,40	4.524,40
D3	Señalización provisional de obras								
							1,00	551,48	551,48
D4	Equipos de protección individual								
							1,00	3.123,21	3.123,21
TOTAL CAPÍTULO D Seguridad y salud									18.443,57
TOTAL									4.367.215,86

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO A Cimentación						
A1			Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos			
A1.1	2,000	h	Mano de obra	1.728,00	3.456,00	
A1.2	1,000	h	Materiales	8.026,00	8.026,00	
A1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	114,82	229,64	
TOTAL PARTIDA						11.711,64

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE MIL SETECIENTOS ONCE EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

A2			Zapata de cimentación de hormigón armado			
A2.1	1,000		Materiales	58.986,08	58.986,08	
A2.2	1,000	h	Mano de obra	7.532,00	7.532,00	
A2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	665,18	1.330,36	
TOTAL PARTIDA						67.848,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

A3			Excavación de zanjas y pozos para cimentaciones			
A3.1	1,000	h	Equipo y maquinaria	5.100,20	5.100,20	
A3.2	6,000	h	Mano de obra	1.382,40	8.294,40	
A3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	133,95	267,90	
TOTAL PARTIDA						13.662,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

A4			Sistema de encofrado para zapata de cimentación			
A4.1	1,000		Materiales	9.288,83	9.288,83	
A4.2	3,000	h	Mano de obra	1.506,40	4.519,20	
A4.3	2,000	%	Costes directos complementarios	138,08	276,16	
TOTAL PARTIDA						14.084,19

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE MIL OCHENTA Y CUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO B Aerogeneradores

B1		ud	Aerogenerador modelo LW52/750 del fabricante Lagerwey			
----	--	----	---	--	--	--

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA	501.269,78
---------------------	------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS UN MIL DOSCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

B2		ud	Torre tubular de acero de 70 metros			
----	--	----	-------------------------------------	--	--	--

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA	100.253,96
---------------------	------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIEN MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO C Electricidad						
C1		m	Cableado y canalizaciones			
C1.1	3,000	m	Cable motores-variador de velocidad	246,45	739,35	
C1.2	3,000	m	Cable generador-convertidor	19.369,43	58.108,29	
C1.3	3,000	m	Cable motores-transformador de servicios auxiliares	10.747,87	32.243,61	
C1.4	3,000	m	Cable transformador de servicios auxiliares-convertidor	206,36	619,08	
C1.5	3,000	m	Cable convertidor-transformador MT/BT	1.062,86	3.188,58	
C1.6	1,000	m	Cable aerogenerador 3-2	7.858,48	7.858,48	
C1.7	1,000	m	Cable aerogenerador 2-1	7.858,48	7.858,48	
C1.8	1,000	m	Cable aerogenerador 1-subestación	6.577,11	6.577,11	
C1.9	1,000	m	Cable de salida del transformador de potencia	381,45	381,45	
TOTAL PARTIDA						117.574,43

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECISIETE MIL QUINIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

C2		ud	Transformadores			
C2.1	1,000	ud	Transformador MT/BT centro de transformación	46.751,34	46.751,34	
C2.2	1,000	ud	Transformador servicios auxiliares centro de transformación	12.162,22	12.162,22	
C2.3	3,000	ud	Edificios de transformación	10.704,06	32.112,18	
C2.4	1,000	ud	Transformador AT/MT subestación	122.512,03	122.512,03	
C2.5	1,000	ud	Transformador servicios auxiliares subestación	4.060,72	4.060,72	
TOTAL PARTIDA						217.598,49

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS DIECISIETE MIL QUINIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

C3			Obra civil			
C3.1	1,000	h	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos	5.855,82	5.855,82	
C3.2	1,000	h	Excavación de zanjas, con medios mecánicos	6.722,61	6.722,61	
C3.3	1,000	ud	Ejecución completa del edificio de la subestación	1.200.000,00	1.200.000,00	
TOTAL PARTIDA						1.212.578,43

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN MILLÓN DOSCIENTOS DOCE MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

C4		ud	Protecciones			
C4.1	1,000	ud	Interruptor automatico Compact NS800 de Schneider Electric	7.530,66	7.530,66	
C4.2	1,000	ud	Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric	1.129,31	1.129,31	
C4.3	1,000	ud	Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric	2.127,23	2.127,23	
C4.4	2,000	ud	Protección contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC	267,92	535,84	
C4.5	1,000	ud	Contacto del generador TeSys CV1B de Schneider Electric	2.351,05	2.351,05	
C4.6	1,000	ud	Celdas de MT centros de transformación	29.400,96	29.400,96	
C4.7	3,000	ud	Autoválvulas	831,45	2.494,35	
C4.8	1,000	ud	Celdas de MT subestación	93.210,71	93.210,71	
C4.9	1,000	ud	Módulo compacto híbrido PASS M00	52.956,13	52.956,13	
TOTAL PARTIDA						191.736,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y UN MIL SETECIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

C5		ud	Otros			
C5.1	3,000		Motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB de ABB	12.046,03	36.138,09	
C5.2	3,000		Variador electrónico de velocidad VAT300 de General Electric	8.717,57	26.152,71	
C5.3	3,000		Convertidor de potencia ACS800-67 690V 750kW de ABB	11.943,90	35.831,70	
TOTAL PARTIDA						98.122,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y OCHO MIL CIENTO VEINTIDOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C6			Puesta a tierra			
C6.1	1,000		Puesta a tierra de la subestación	12.970,22	12.970,22	
C6.2	3,000		Puesta a tierra de los centros de transformación	1.688,44	5.065,32	
C6.3	3,000		Puesta a tierra de los aerogeneradores	2.195,31	6.585,93	
TOTAL PARTIDA						24.621,47

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO MIL SEISCIENTOS VEINTIUN EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO D Seguridad y salud

D1 Sistemas de protección colectiva

D1.1	1,000		Valla provisional de solar con vallas trasladables	10.244,48	10.244,48	
------	-------	--	--	-----------	-----------	--

TOTAL PARTIDA 10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D2 Medicina preventiva y primeros auxilios

D2.1	1,000		Botiquín de urgencia	4.524,40	4.524,40	
------	-------	--	----------------------	----------	----------	--

TOTAL PARTIDA 4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D3 Señalización provisional de obras

D3.1	1,000		Señal provisional de obra	215,86	215,86	
D3.2	1,000		Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición	36,48	36,48	
D3.3	1,000		Cartel general indicativo de riesgos	299,14	299,14	

TOTAL PARTIDA 551,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4 Equipos de protección individual

D4.1	1,000		Casco	28,28	28,28	
D4.2	1,000		Protector ocular	158,28	158,28	
D4.3	1,000		Mascarilla autofiltrante	35,12	35,12	
D4.4	1,000		Ropa de protección	474,92	474,92	
D4.5	1,000		Bolsa portaherramientas	294,24	294,24	
D4.6	1,000		Juego de orejeras	119,99	119,99	
D4.7	1,000		Par de guantes	417,88	417,88	
D4.8	1,000		Calzado de seguridad, protección y trabajo	1.594,50	1.594,50	

TOTAL PARTIDA 3.123,21

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO VEINTITRES EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
A1			Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos			
A1.1	2,000	h	Mano de obra	1.728,00	3.456,00	
A1.2	1,000	h	Materiales	8.026,00	8.026,00	
A1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	114,82	229,64	
TOTAL PARTIDA.....						11.711,64

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE MIL SETECIENTOS ONCE EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

A1.1		h	Mano de obra			
A1.1.1	100,000	h	Peón ordinario construcción.	17,28	1.728,00	
TOTAL PARTIDA.....						1.728,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SETECIENTOS VEINTIOCHO EUROS

A1.2		h	Materiales			
A1.2.1	200,000	h	Pala cargadora sobre neumáticos.	40,13	8.026,00	
TOTAL PARTIDA.....						8.026,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL VEINTISEIS EUROS

A2			Zapata de cimentación de hormigón armado			
A2.1	1,000		Materiales	58.986,08	58.986,08	
A2.2	1,000	h	Mano de obra	7.532,00	7.532,00	
A2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	665,18	1.330,36	
TOTAL PARTIDA.....						67.848,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

A2.1			Materiales			
A2.1.1	100,000	ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,13	13,00	
A2.1.2	38.000,000	kg	Barras corrugadas de acero B 500 S	0,81	30.780,00	
A2.1.3	50,000	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,10	55,00	
A2.1.4	366,000	m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	76,88	28.138,08	
TOTAL PARTIDA.....						58.986,08

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con OCHO CÉNTIMOS

A2.2		h	Mano de obra			
A2.2.1	100,000	h	Oficial 1ª ferrallista	19,37	1.937,00	
A2.2.2	100,000	h	Ayudante ferrallista	18,29	1.829,00	
A2.2.3	100,000	h	Oficial 1ª estructurista	19,37	1.937,00	
A2.2.4	100,000	h	Ayudante estructurista	18,29	1.829,00	
TOTAL PARTIDA.....						7.532,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL QUINIENTOS TREINTA Y DOS EUROS

A3			Excavación de zanjas y pozos para cimentaciones			
A3.1	1,000	h	Equipo y maquinaria	5.100,20	5.100,20	
A3.2	6,000	h	Mano de obra	1.382,40	8.294,40	
A3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	133,95	267,90	
TOTAL PARTIDA.....						13.662,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

A3.1		h	Equipo y maquinaria			
A3.1.1	140,000	h	Retrocargadora sobre neumáticos	36,43	5.100,20	
TOTAL PARTIDA.....						5.100,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL CIEN EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
A3.2		h	Mano de obra			
A3.2.1	80,000	h	Peón ordinario construcción	17,28	1.382,40	
TOTAL PARTIDA.....						1.382,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

A4			Sistema de encofrado para zapata de cimentación			
A4.1	1,000		Materiales	9.288,83	9.288,83	
A4.2	3,000	h	Mano de obra	1.506,40	4.519,20	
A4.3	2,000	%	Costes directos complementarios	138,08	276,16	
TOTAL PARTIDA.....						14.084,19

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE MIL OCHENTA Y CUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS

A4.1			Materiales			
A4.1.1	170,000	m2	Paneles metálicos para encofrar elementos de hormigón	52,00	8.840,00	
A4.1.2	57,000	m	Tablón de madera de pino	4,39	250,23	
A4.1.3	10,000	ud	Puntal metálico telescópico de hasta 3 m de altura	13,37	133,70	
A4.1.4	50,000	kg	Alambre galvanizado para atar de 1,30 mm de diámetro	1,10	55,00	
A4.1.5	5,000	l	Agente desmoldante para encofrados metálicos	1,98	9,90	
TOTAL PARTIDA.....						9.288,83

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

A4.2		h	Mano de obra			
A4.2.1	40,000	h	Oficial 1ª encofrador	19,37	774,80	
A4.2.2	40,000	h	Ayudante encofrador	18,29	731,60	
TOTAL PARTIDA.....						1.506,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS SEIS EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

C1		m	Cableado y canalizaciones			
C1.1	3,000	m	Cable motores-variador de velocidad	246,45	739,35	
C1.2	3,000	m	Cable generador-convertidor	19.369,43	58.108,29	
C1.3	3,000	m	Cable motores-transformador de servicios auxiliares	10.747,87	32.243,61	
C1.4	3,000	m	Cable transformador de servicios auxiliares-convertidor	206,36	619,08	
C1.5	3,000	m	Cable convertidor-transformador MT/BT	1.062,86	3.188,58	
C1.6	1,000	m	Cable aerogenerador 3-2	7.858,48	7.858,48	
C1.7	1,000	m	Cable aerogenerador 2-1	7.858,48	7.858,48	
C1.8	1,000	m	Cable aerogenerador 1-subestación	6.577,11	6.577,11	
C1.9	1,000	m	Cable de salida del transformador de potencia	381,45	381,45	
TOTAL PARTIDA.....						117.574,43

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECISIETE MIL QUINIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

C1.1		m	Cable motores-variador de velocidad			
C1.1.1	3,000	m	Materiales	56,13	168,39	
C1.1.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C1.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,42	4,84	
TOTAL PARTIDA.....						246,45

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C1.1.1		m	Materiales			
C1.1.1.1	3,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 16mm2 Negro	3,70	11,10	
C1.1.1.2	3,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 16mm2 Marrón	3,70	11,10	
C1.1.1.3	3,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 16mm2 Gris	3,70	11,10	
C1.1.1.4	3,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 10mm2 Azul claro	2,42	7,26	
C1.1.1.5	3,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 16mm2 Verde-Amarillo	3,70	11,10	
C1.1.1.6	3,000	m	Tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor	1,49	4,47	
TOTAL PARTIDA.....						56,13

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y SEIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS

C1.1.2		h	Mano de obra			
C1.1.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C1.1.2.2	2,000	h	Ayudante electricista	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C1.2		m	Cable generador-convertidor			
C1.2.1	1,000		Materiales	18.696,75	18.696,75	
C1.2.2	1,000		Mano de obra	292,88	292,88	
C1.2.3	2,000		Costes directos complementarios	189,90	379,80	
TOTAL PARTIDA.....						19.369,43

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

C1.2.1			Materiales			
C1.2.1.1	75,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 400mm2 Negro	57,17	4.287,75	
C1.2.1.2	75,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 400mm2 Marrón	57,17	4.287,75	
C1.2.1.3	75,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 400mm2 Gris	57,17	4.287,75	
C1.2.1.4	75,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 185mm2 Azul claro	29,89	2.241,75	
C1.2.1.5	75,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 240mm2 Verde-Amarillo	39,27	2.945,25	
C1.2.1.6	75,000	m	Tubo de PVC, serie B, de 160mm de diámetro y 3,2mm de espesor	8,62	646,50	
TOTAL PARTIDA.....						18.696,75

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

C1.2.2			Mano de obra			
C1.2.2.1	8,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	152,88	
C1.2.2.2	8,000	h	Ayudante electricista	17,50	140,00	
TOTAL PARTIDA.....						292,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C1.3		m	Cable motores-transformador de servicios auxiliares			
C1.3.1	3,000	m	Materiales	3.414,75	10.244,25	
C1.3.2	1,000	h	Mano de obra	292,88	292,88	
C1.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	105,37	210,74	
TOTAL PARTIDA.....						10.747,87

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C1.3.1		m	Materiales			
C1.3.1.1	75,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 50mm2 Negro	10,64	798,00	
C1.3.1.2	75,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 50mm2 Marrón	10,64	798,00	
C1.3.1.3	75,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 50mm2 Gris	10,64	798,00	
C1.3.1.4	75,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 25mm2 Azul claro	5,60	420,00	
C1.3.1.5	75,000	m	Top Cable XTREM H07RN-F 450/750V 25mm2 Verde-Amarillo	5,60	420,00	
C1.3.1.6	75,000	m	Tubo de PVC, serie B, de 50mm de diámetro y 3mm de espesor	2,41	180,75	
TOTAL PARTIDA.....						3.414,75

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CUATROCIENTOS CATORCE EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

C1.3.2		h	Mano de obra			
C1.3.2.1	8,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	152,88	
C1.3.2.2	8,000	h	Ayudante electricista	17,50	140,00	
TOTAL PARTIDA.....						292,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C1.4		m	Cable transformador de servicios auxiliares-convertidor			
C1.4.1	1,000	m	Materiales	129,10	129,10	
C1.4.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C1.4.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,02	4,04	
TOTAL PARTIDA.....						206,36

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SEIS EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

C1.4.1		m	Materiales			
C1.4.1.1	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 35mm2 Negro	5,97	29,85	
C1.4.1.2	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 35mm2 Marrón	5,97	29,85	
C1.4.1.3	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 35mm2 Gris	5,97	29,85	
C1.4.1.4	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 16mm2 Azul claro	2,75	13,75	
C1.4.1.5	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 16mm2 Verde-Amarillo	2,75	13,75	
C1.4.1.6	5,000	m	Tubo de PVC, serie B, de 50mm de diámetro y 3mm de espesor	2,41	12,05	
TOTAL PARTIDA.....						129,10

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTINUEVE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

C1.4.2		h	Mano de obra			
C1.4.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C1.4.2.2	2,000	h	Ayudante electricista	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C1.5		m	Cable convertidor-transformador MT/BT			
C1.5.1	1,000	m	Materiales	968,80	968,80	
C1.5.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C1.5.3	2,000	%	Costes directos complementarios	10,42	20,84	
TOTAL PARTIDA.....						1.062,86

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SESENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C1.5.1		m	Materiales			
C1.5.1.1	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 300mm2 Negro	45,28	226,40	
C1.5.1.2	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 300mm2 Marrón	45,28	226,40	
C1.5.1.3	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 300mm2 Gris	45,28	226,40	
C1.5.1.4	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 150mm2 Azul claro	24,65	123,25	
C1.5.1.5	5,000	m	Top Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 150mm2 Verde-Amarillo	24,65	123,25	
C1.5.1.6	5,000	m	Tubo de PVC, serie B, de 160mm de diámetro y 3,2mm de espesor	8,62	43,10	
TOTAL PARTIDA.....						968,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

C1.5.2		h	Mano de obra			
C1.5.2.1	2,000		Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C1.5.2.2	2,000		Ayudante electricista	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C1.6		m	Cable aerogenerador 3-2			
C1.6.1	1,000		Materiales	6.240,00	6.240,00	
C1.6.2	1,000	h	Mano de obra	1.464,40	1.464,40	
C1.6.3	2,000	%	Costes directos complementarios	77,04	154,08	
TOTAL PARTIDA.....						7.858,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C1.6.1			Materiales			
C1.6.1.1	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Negro	7,97	1.594,00	
C1.6.1.2	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Marrón	7,97	1.594,00	
C1.6.1.3	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Gris	7,97	1.594,00	
C1.6.1.4	200,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70 mm2	6,14	1.228,00	
C1.6.1.5	200,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	1,15	230,00	
TOTAL PARTIDA.....						6.240,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL DOSCIENTOS CUARENTA EUROS

C1.6.2		h	Mano de obra			
C1.6.2.1	40,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	764,40	
C1.6.2.2	40,000	h	Ayudante electricista	17,50	700,00	
TOTAL PARTIDA.....						1.464,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

C1.7		m	Cable aerogenerador 2-1			
C1.7.1	1,000		Materiales	6.240,00	6.240,00	
C1.7.2	1,000	h	Mano de obra	1.464,40	1.464,40	
C1.7.3	2,000	%	Costes directos complementarios	77,04	154,08	
TOTAL PARTIDA.....						7.858,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C1.7.1			Materiales			
C1.7.1.1	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Negro	7,97	1.594,00	
C1.7.1.2	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Marrón	7,97	1.594,00	
C1.7.1.3	200,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Gris	7,97	1.594,00	
C1.7.1.4	200,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70mm2	6,14	1.228,00	
C1.7.1.5	200,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,15	230,00	
TOTAL PARTIDA.....						6.240,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL DOSCIENTOS CUARENTA EUROS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C1.7.2		h	Mano de obra			
C1.7.2.1	40,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	764,40	
C1.7.2.2	40,000	h	Ayudante electricista	17,50	700,00	
TOTAL PARTIDA.....						1.464,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

C1.8		m	Cable aerogenerador 1-subestación			
C1.8.1	1,000		Materiales	3.744,00	3.744,00	
C1.8.2	1,000	h	Mano de obra	1.281,35	1.281,35	
C1.8.3	2,000	%	Costes directos complementarios	775,88	1.551,76	
TOTAL PARTIDA.....						6.577,11

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL QUINIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS con ONCE CÉNTIMOS

C1.8.1			Materiales			
C1.8.1.1	120,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Negro	7,97	956,40	
C1.8.1.2	120,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Marrón	7,97	956,40	
C1.8.1.3	120,000	m	Top Cable X-Volt RHZ1 AL/OL/2OL 12/20kV 50mm2 Gris	7,97	956,40	
C1.8.1.4	120,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70 mm2	6,14	736,80	
C1.8.1.5	120,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	1,15	138,00	
TOTAL PARTIDA.....						3.744,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS

C1.8.2		h	Mano de obra			
C1.8.2.1	35,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	668,85	
C1.8.2.2	35,000	h	Ayudante electricista	17,50	612,50	
TOTAL PARTIDA.....						1.281,35

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS

C1.9		m	Cable de salida del transformador de potencia			
C1.9.1	1,000	m	Materiales	300,75	300,75	
C1.9.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C1.9.3	2,000	%	Costes directos complementarios	3,74	7,48	
TOTAL PARTIDA.....						381,45

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

C1.9.1		m	Materiales			
C1.9.1.1	5,000	m	Prysmian Group VOLTALENE H AL RHZ1-OL 36/66kV 35mm2 Negro	20,05	100,25	
C1.9.1.2	5,000	m	Prysmian Group VOLTALENE H AL RHZ1-OL 36/66kV 35mm2 Marrón	20,05	100,25	
C1.9.1.3	5,000	m	Prysmian Group VOLTALENE H AL RHZ1-OL 36/66kV 35mm2 Gris	20,05	100,25	
TOTAL PARTIDA.....						300,75

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

C1.9.2		h	Mano de obra			
C1.9.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C1.9.2.2	2,000		Ayudante electricista	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C2		ud	Transformadores			
C2.1	1,000	ud	Transformador MT/BT centro de transformación	46.751,34	46.751,34	
C2.2	1,000	ud	Transformador servicios auxiliares centro de transformación	12.162,22	12.162,22	
C2.3	3,000	ud	Edificios de transformación	10.704,06	32.112,18	
C2.4	1,000	ud	Transformador AT/MT subestación	122.512,03	122.512,03	
C2.5	1,000	ud	Transformador servicios auxiliares subestación	4.060,72	4.060,72	

TOTAL PARTIDA..... 217.598,49

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS DIECISIETE MIL QUINIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

C2.1		ud	Transformador MT/BT centro de transformación			
C2.1.1	3,000	ud	Materiales	15.205,00	45.615,00	
C2.1.2	3,000	h	Mano de obra	73,22	219,66	
C2.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	458,34	916,68	
				TOTAL PARTIDA.....	46.751,34	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

C2.1.1		ud	Materiales			
C2.1.1.1	1,000	ud	Transformador del fabricante Pauwels Trafo 800kVA 24kV 0,69/20kV	15.205,00	15.205,00	
				TOTAL PARTIDA.....	15.205,00	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINCE MIL DOSCIENTOS CINCO EUROS

C2.1.2		h	Mano de obra			
C2.1.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C2.1.2.2	2,000	h	Ayudante electricista	17,50	35,00	
				TOTAL PARTIDA.....	73,22	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C2.2		ud	Transformador servicios auxiliares centro de transformación			
C2.2.1	3,000	ud	Materiales	3.901,36	11.704,08	
C2.2.2	3,000	h	Mano de obra	73,22	219,66	
C2.2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	119,24	238,48	
				TOTAL PARTIDA.....	12.162,22	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE MIL CIENTO SESENTA Y DOS EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C2.2.1		ud	Materiales			
C2.2.1.1	1,000	ud	Transformador XMN 400/690V del fabricante Manumag 100kVA	3.901,36	3.901,36	
				TOTAL PARTIDA.....	3.901,36	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL NOVECIENTOS UN EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

C2.2.2		h	Mano de obra			
C2.2.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C2.2.2.2	2,000	h	Ayudante electricista	17,50	35,00	
				TOTAL PARTIDA.....	73,22	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C2.3		ud	Edificios de transformación			
C2.3.1	1,000	ud	Materiales	9.050,58	9.050,58	
C2.3.2	1,000	h	Mano de obra	1.443,60	1.443,60	
C2.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	104,94	209,88	
				TOTAL PARTIDA.....	10.704,06	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL SETECIENTOS CUATRO EUROS con SEIS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C2.3.1		ud	Materiales			
C2.3.1.1	1,000	ud	Centro de transformación prefabricado de hormigón armado	9.050,58	9.050,58	
TOTAL PARTIDA.....						9.050,58

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE MIL CINCUENTA EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C2.3.2		h	Mano de obra			
C2.3.2.1	40,000	h	Oficial 1ª construcción	18,56	742,40	
C2.3.2.2	40,000	h	Ayudante construcción	17,53	701,20	
TOTAL PARTIDA.....						1.443,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

C2.4		ud	Transformador AT/MT subestación			
C2.4.1	1,000	ud	Materiales	120.000,00	120.000,00	
C2.4.2	1,000	h	Mano de obra	109,83	109,83	
C2.4.3	2,000	%	Costes directos complementarios	1.201,10	2.402,20	
TOTAL PARTIDA.....						122.512,03

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTIDOS MIL QUINIENTOS DOCE EUROS con TRES CÉNTIMOS

C2.4.1		ud	Materiales			
C2.4.1.1	1,000	ud	Transformador de potencia 2,5 MVA 72,5kV 66/20 kV	120.000,00	120.000,00	
TOTAL PARTIDA.....						120.000,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTE MIL EUROS

C2.4.2		h	Mano de obra			
C2.4.2.1	3,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	57,33	
C2.4.2.2	3,000	h	Ayudante electricista	17,50	52,50	
TOTAL PARTIDA.....						109,83

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NUEVE EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

C2.5		ud	Transformador servicios auxiliares subestación			
C2.5.1	1,000	ud	Materiales	3.907,88	3.907,88	
C2.5.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C2.5.3	2,000	%	Costes directos complementarios	39,81	79,62	
TOTAL PARTIDA.....						4.060,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL SESENTA EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

C2.5.1		ud	Materiales			
C2.5.1.1	1,000	ud	Transformador del fabricante Ormazabal 100 kVA 24kV 20/0,42kV	3.907,88	3.907,88	
TOTAL PARTIDA.....						3.907,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL NOVECIENTOS SIETE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C2.5.2		h	Mano de obra			
C2.5.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista.	19,11	38,22	
C2.5.2.2	2,000	h	Ayudante electricista.	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C3			Obra civil			
C3.1	1,000	h	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos	5.855,82	5.855,82	
C3.2	1,000	h	Excavación de zanjas, con medios mecánicos	6.722,61	6.722,61	
C3.3	1,000	ud	Ejecución completa del edificio de la subestación	1.200.000,00	1.200.000,00	
TOTAL PARTIDA.....						1.212.578,43

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN MILLÓN DOSCIENTOS DOCE MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

C3.1		h	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos			
C3.1.1	1,000	h	Equipo y maquinaria	4.013,00	4.013,00	
C3.1.2	1,000	h	Mano de obra	1.728,00	1.728,00	
C3.1.3	2,000	h	Costes directos complementarios	57,41	114,82	
TOTAL PARTIDA.....						5.855,82

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

C3.1.1		h	Equipo y maquinaria			
3.1.1.1	100,000	h	Pala cargadora sobre neumáticos	40,13	4.013,00	
TOTAL PARTIDA.....						4.013,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL TRECE EUROS

C3.1.2		h	Mano de obra			
C3.1.2.1	100,000	h	Peón ordinario construcción	17,28	1.728,00	
TOTAL PARTIDA.....						1.728,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SETECIENTOS VEINTIOCHO EUROS

C3.2		h	Excavación de zanjas, con medios mecánicos			
C3.2.1	1,000	h	Equipo y maquinaria	4.423,20	4.423,20	
C3.2.2	1,000	h	Mano de obra	2.103,60	2.103,60	
C3.2.3	3,000	%	Costes directos complementarios	65,27	195,81	
TOTAL PARTIDA.....						6.722,61

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL SETECIENTOS VEINTIDOS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

C3.2.1		h	Equipo y maquinaria			
3.2.1.1	120,000	h	Retrocargadora sobre neumáticos de 70kW	36,86	4.423,20	
TOTAL PARTIDA.....						4.423,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL CUATROCIENTOS VEINTITRES EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

C3.2.2		h	Mano de obra			
3.2.2.1	120,000	h	Ayudante construcción de obra civil	17,53	2.103,60	
TOTAL PARTIDA.....						2.103,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CIENTO TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C4		ud	Protecciones			
C4.1	1,000	ud	Interruptor automatico Compact NS800 de Schneider Electric	7.530,66	7.530,66	
C4.2	1,000	ud	Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric	1.129,31	1.129,31	
C4.3	1,000	ud	Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric	2.127,23	2.127,23	
C4.4	2,000	ud	Protección contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC	267,92	535,84	
C4.5	1,000	ud	Contactador del generador TeSys CV1B de Schneider Electric	2.351,05	2.351,05	
C4.6	1,000	ud	Celdas de MT centros de transformación	29.400,96	29.400,96	
C4.7	3,000	ud	Autoválvulas	831,45	2.494,35	
C4.8	1,000	ud	Celdas de MT subestación	93.210,71	93.210,71	
C4.9	1,000	ud	Módulo compacto híbrido PASS M00	52.956,13	52.956,13	
TOTAL PARTIDA.....						191.736,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y UN MIL SETECIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

C4.1		ud	Interruptor automatico Compact NS800 de Schneider Electric			
C4.1.1	1,000	ud	Materiales	7.346,39	7.346,39	
C4.1.2	1,000	h	Mano de obra	36,61	36,61	
C4.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	73,83	147,66	
TOTAL PARTIDA.....						7.530,66

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL QUINIENTOS TREINTA EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS

C4.1.1		ud	Materiales			
C4.1.1.1	1,000	ud	Interruptor automatico Compact NS800 de Schneider Electric	7.346,39	7.346,39	
TOTAL PARTIDA.....						7.346,39

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS

C4.1.2		h	Mano de obra			
C4.1.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C4.1.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

C4.2		ud	Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric			
C4.2.1	1,000	ud	Materiales	1.070,56	1.070,56	
C4.2.2	1,000	h	Mano de obra	36,61	36,61	
C4.2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	11,07	22,14	
TOTAL PARTIDA.....						1.129,31

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO VEINTINUEVE EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS

C4.2.1		ud	Materiales			
C4.2.1.1	1,000	ud	Interruptor automático Compact NSX160 de Schneider Electric	1.070,56	1.070,56	
TOTAL PARTIDA.....						1.070,56

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SETENTA EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

C4.2.2		h	Mano de obra			
C4.2.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C4.2.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C4.3		ud	Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric			
C4.3.1	1,000	ud	Materiales	2.048,90	2.048,90	
C4.3.2	1,000	h	Mano de obra	36,61	36,61	
C4.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	20,86	41,72	
TOTAL PARTIDA.....						2.127,23

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS

C4.3.1		ud	Materiales			
C4.3.1.1	1,000	ud	Interruptor automático Compact NS630b de Schneider Electric	2.048,90	2.048,90	
TOTAL PARTIDA.....						2.048,90

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUARENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

C4.3.2		h	Mano de obra			
C4.3.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C4.3.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

C4.4		ud	Protección contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC			
C4.4.1	1,000	ud	Materiales	226,05	226,05	
C4.4.2	1,000	h	Mano de obra	36,61	36,61	
C4.4.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,63	5,26	
TOTAL PARTIDA.....						267,92

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

C4.4.1		ud	Materiales			
C4.4.1.1	1,000	ud	Protección contra sobretensiones Acti 9 iPRD PV-DC	226,05	226,05	
TOTAL PARTIDA.....						226,05

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS

C4.4.2		h	Mano de obra			
C4.4.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C4.4.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

C4.5		ud	Contactador del generador TeSys CV1B de Schneider Electric			
C4.5.1	1,000	ud	Materiales	2.268,34	2.268,34	
C4.5.2	1,000	h	Mano de obra	36,61	36,61	
C4.5.3	2,000	%	Costes directos complementarios	23,05	46,10	
TOTAL PARTIDA.....						2.351,05

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con CINCO CÉNTIMOS

C4.5.1		ud	Materiales			
C4.5.1.1	1,000	ud	Contactador del generador TeSys CV1B de Schneider Electric	2.268,34	2.268,34	
TOTAL PARTIDA.....						2.268,34

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

C4.5.2		h	Mano de obra			
C4.5.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C4.5.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C4.6		ud	Celdas de MT centros de transformación			
C4.6.1	1,000	ud	Materiales	28.494,99	28.494,99	
C4.6.2	3,000	h	Mano de obra	109,83	329,49	
C4.6.3	2,000	%	Costes directos complementarios	288,24	576,48	
TOTAL PARTIDA.....						29.400,96

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE MIL CUATROCIENTOS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

C4.6.1		ud	Materiales			
C4.6.1.1	2,000	ud	Celda de MT RM6 24kV de línea (1L)	6.652,14	13.304,28	
C4.6.1.2	3,000	ud	Celda de MT RM6 24kV de remonte (0L)	1.588,57	4.765,71	
C4.6.1.3	3,000	ud	Celda de MT RM6 24kV de protección con fusible (1P)	3.475,00	10.425,00	
TOTAL PARTIDA.....						28.494,99

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

C4.6.2		h	Mano de obra			
C4.6.2.1	3,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	57,33	
C4.6.2.2	3,000	h	Ayudante electricista	17,50	52,50	
TOTAL PARTIDA.....						109,83

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NUEVE EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

C4.7		ud	Autoválvulas			
C4.7.1	1,000	ud	Materiales	750,00	750,00	
C4.7.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C4.7.3	1,000	%	Costes directos complementarios	8,23	8,23	
TOTAL PARTIDA.....						831,45

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHOCIENTOS TREINTA Y UN EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

C4.7.1		ud	Materiales			
C4.7.1.1	1,000	ud	Pararrayos autoválvula unipolar de 66kV y 72kV de tensión máxima	750,00	750,00	
TOTAL PARTIDA.....						750,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS CINCUENTA EUROS

C4.7.2		h	Mano de obra			
C4.7.2.1	2,000	h	Oficial 1ª instalador de pararrayos	19,11	38,22	
C4.7.2.2	2,000	h	Ayudante instalador de pararrayos.	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C4.8		ud	Celdas de MT subestación			
C4.8.1	1,000	ud	Materiales	91.200,00	91.200,00	
C4.8.2	1,000	h	Mano de obra	183,05	183,05	
C4.8.3	2,000	%	Costes directos complementarios	913,83	1.827,66	
TOTAL PARTIDA.....						93.210,71

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS DIEZ EUROS con SETENTA Y UN CÉNTIMOS

C4.8.1		ud	Materiales			
C4.8.1.1	1,000	ud	Celda blindada MESA CBGS-0 24kV de servicios auxiliares	18.000,00	18.000,00	
C4.8.1.2	1,000	ud	Celda blindada MESA CBGS-0 24kV de protección de línea	22.800,00	22.800,00	
C4.8.1.3	1,000	ud	Celda blindada MESA CBGS-0 24kV de protección del trafo	50.400,00	50.400,00	
TOTAL PARTIDA.....						91.200,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y UN MIL DOSCIENTOS EUROS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C4.8.2		h	Mano de obra			
C4.8.2.1	5,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	95,55	
C4.8.2.2	5,000	h	Ayudante electricista.	17,50	87,50	
TOTAL PARTIDA.....						183,05

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y TRES EUROS con CINCO CÉNTIMOS

C4.9		ud	Módulo compacto híbrido PASS M00			
C4.9.1	1,000	ud	Materiales	51.624,89	51.624,89	
C4.9.2	1,000	h	Mano de obra	292,88	292,88	
C4.9.3	2,000	%	Costes directos complementarios	519,18	1.038,36	
TOTAL PARTIDA.....						52.956,13

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS

C4.9.1		ud	Materiales			
C4.9.1.1	1,000	ud	Módulo compacto híbrido PASS M00 de 72,5kV del fabricante ABB	51.624,89	51.624,89	
TOTAL PARTIDA.....						51.624,89

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y UN MIL SEISCIENTOS VEINTICUATRO EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

C4.9.2		h	Mano de obra			
C4.9.2.1	8,000	h	Oficial 1ª electricista.	19,11	152,88	
C4.9.2.2	8,000	h	Ayudante electricista.	17,50	140,00	
TOTAL PARTIDA.....						292,88

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C5		ud	Otros			
C5.1	3,000		Motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB de ABB	12.046,03	36.138,09	
C5.2	3,000		Variador electrónico de velocidad VAT300 de General Electric	8.717,57	26.152,71	
C5.3	3,000		Convertidor de potencia ACS800-67 690V 750kW de ABB	11.943,90	35.831,70	
TOTAL PARTIDA.....						98.122,50

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y OCHO MIL CIENTO VEINTIDOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

C5.1			Motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB de ABB			
C5.1.1	3,000	ud	Materiales	3.900,00	11.700,00	
C5.1.2	3,000	h	Mano de obra	36,61	109,83	
C5.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	118,10	236,20	
TOTAL PARTIDA.....						12.046,03

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE MIL CUARENTA Y SEIS EUROS con TRES CÉNTIMOS

C5.1.1		ud	Materiales			
C5.1.1.1	1,000	ud	Motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB de ABB	3.900,00	3.900,00	
TOTAL PARTIDA.....						3.900,00

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL NOVECIENTOS EUROS

C5.1.2		h	Mano de obra			
C5.1.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C5.1.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C5.2			Variador electrónico de velocidad VAT300 de General Electric			
C5.2.1	3,000	ud	Materiales	2.850,00	8.550,00	
C5.2.2	3,000	h	Mano de obra	36,61	109,83	
C5.2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	28,87	57,74	
TOTAL PARTIDA.....						8.717,57

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL SETECIENTOS DIECISIETE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

C5.2.1		ud	Materiales			
C5.2.1.1	1,000	ud	Variador electrónico de velocidad VAT300 de General Electric	2.850,00	2.850,00	
TOTAL PARTIDA.....						2.850,00

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA EUROS

C5.2.2		h	Mano de obra			
C5.2.2.1	1,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	19,11	
C5.2.2.2	1,000	h	Ayudante electricista	17,50	17,50	
TOTAL PARTIDA.....						36,61

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS

C5.3			Convertidor de potencia ACS800-67 690V 750kW de ABB			
C5.3.1	1,000	ud	Materiales	11.636,48	11.636,48	
C5.3.2	1,000	h	Mano de obra	73,22	73,22	
C5.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	117,10	234,20	
TOTAL PARTIDA.....						11.943,90

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

C5.3.1		ud	Materiales			
C5.3.1.1	1,000	ud	Convertidor de potencia ACS800-67 690V 750kW de ABB	11.636,48	11.636,48	
TOTAL PARTIDA.....						11.636,48

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C5.3.2		h	Mano de obra			
C5.3.2.1	2,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	38,22	
C5.3.2.2	2,000	h	Ayudante electricista	17,50	35,00	
TOTAL PARTIDA.....						73,22

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

C6			Puesta a tierra			
C6.1	1,000		Puesta a tierra de la subestación	12.970,22	12.970,22	
C6.2	3,000		Puesta a tierra de los centros de transformación	1.688,44	5.065,32	
C6.3	3,000		Puesta a tierra de los aerogeneradores	2.195,31	6.585,93	
TOTAL PARTIDA.....						24.621,47

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO MIL SEISCIENTOS VEINTIUN EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS

C6.1			Puesta a tierra de la subestación			
C6.1.1	1,000		Materiales	9.103,10	9.103,10	
C6.1.2	1,000	h	Equipo y maquinaria	1.457,20	1.457,20	
C6.1.3	1,000	h	Mano de obra	2.155,60	2.155,60	
C6.1.4	2,000	%	Costes directos complementarios	127,16	254,32	
TOTAL PARTIDA.....						12.970,22

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE MIL NOVECIENTOS SETENTA EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C6.1.1			Materiales			
C6.1.1.1	65,000	ud	Electrodo de acero recubierto de cobre. D=14mm y L=8m	90,70	5.895,50	
C6.1.1.2	440,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70mm2	6,14	2.701,60	
C6.1.1.3	440,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,15	506,00	
TOTAL PARTIDA.....						9.103,10

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE MIL CIENTO TRES EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

C6.1.2		h	Equipo y maquinaria			
C6.1.2.1	40,000	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	36,43	1.457,20	
TOTAL PARTIDA.....						1.457,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

C6.1.3		h	Mano de obra			
C6.1.3.1	40,000	h	Oficial 1ª electricista	19,11	764,40	
C6.1.3.2	40,000	h	Ayudante electricista	17,50	700,00	
C6.1.3.3	40,000	h	Ayudante electricista.	17,28	691,20	
TOTAL PARTIDA.....						2.155,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

C6.2			Puesta a tierra de los centros de transformación			
C6.2.1	1,000		Materiales	207,36	207,36	
C6.2.2	1,000	h	Equipo y maquinaria	582,88	582,88	
C6.2.3	1,000	h	Mano de obra	862,24	862,24	
C.2.4	2,000	%	Costes directos complementarios	17,98	35,96	
TOTAL PARTIDA.....						1.688,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

C6.2.1			Materiales			
C6.2.1.1	4,000	ud	Electrodo de acero recubierto de cobre. D=14mm y L=2m	22,68	90,72	
C6.2.1.2	16,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70mm2	6,14	98,24	
C6.2.1.3	16,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,15	18,40	
TOTAL PARTIDA.....						207,36

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SIETE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

C6.2.2		h	Equipo y maquinaria			
C6.2.2.1	16,000	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	36,43	582,88	
TOTAL PARTIDA.....						582,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

C6.2.3		h	Mano de obra			
C6.2.3.1	16,000		Oficial 1ª electricista	19,11	305,76	
C6.2.3.2	16,000		Ayudante electricista	17,50	280,00	
C6.2.3.3	16,000		Peón ordinario construcción.	17,28	276,48	
TOTAL PARTIDA.....						862,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
C6.3			Puesta a tierra de los aerogeneradores			
C6.3.1	1,000		Materiales	345,87	345,87	
C6.3.2	1,000	h	Equipo y maquinaria	728,60	728,60	
C6.3.3	1,000	h	Mano de obra	1.077,80	1.077,80	
C6.3.4	2,000	%	Costes directos complementarios	21,52	43,04	

TOTAL PARTIDA..... 2.195,31

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CIENTO NOVENTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS

C6.3.1			Materiales			
C6.3.1.1	4,000	ud	Electrodo de acero recubierto de cobre. D=14mm y L=2m	22,68	90,72	
C6.3.1.2	35,000	m	Conductor de cobre desnudo de 70mm2	6,14	214,90	
C6.3.1.3	35,000	ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,15	40,25	

TOTAL PARTIDA..... 345,87

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

C6.3.2		h	Equipo y maquinaria			
C6.3.2.1	20,000	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	36,43	728,60	

TOTAL PARTIDA..... 728,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS VEINTIOCHO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

C6.3.3		h	Mano de obra			
C6.3.3.1	20,000	h	Oficial 1º electricista	19,11	382,20	
C6.3.3.2	20,000	h	Ayudante electricista	17,50	350,00	
C6.3.3.3	20,000	h	Peón ordinario construcción	17,28	345,60	

TOTAL PARTIDA..... 1.077,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SETENTA Y SIETE EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

D1			Sistemas de protección colectiva			
D1.1	1,000		Valla provisional de solar con vallas trasladables	10.244,48	10.244,48	

TOTAL PARTIDA..... 10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D1.1			Valla provisional de solar con vallas trasladables			
D1.1.1	1,000	ud	Materiales	8.610,00	8.610,00	
D1.1.2	1,000	h	Mano de obra	1.433,60	1.433,60	
D1.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	100,44	200,88	

TOTAL PARTIDA..... 10.244,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D1.1.1		ud	Materiales			
D1.1.1.1	200,000	ud	Valla trasladable de 3,50x2,00 m	30,75	6.150,00	
D1.1.1.2	400,000	ud	Base prefabricada de hormigón de 65x24x12 cm	4,80	1.920,00	
D1.1.1.3	200,000	m	Pletina de acero laminado de 20x4 mm	0,79	158,00	
D1.1.1.4	200,000	m2	Malla tupida de polietileno de alta densidad	0,44	88,00	
D1.1.1.5	200,000	ud	Anclaje mecánico con taco de expansión de acero	1,47	294,00	

TOTAL PARTIDA..... 8.610,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL SEISCIENTOS DIEZ EUROS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D1.1.2		h	Mano de obra			
D1.1.2.1	40,000	h	Oficial 1ª seguridad y salud	18,56	742,40	
D1.1.2.2	40,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	691,20	
TOTAL PARTIDA.....						1.433,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

D2			Medicina preventiva y primeros auxilios			
D2.1	1,000		Botiquín de urgencia	4.524,40	4.524,40	
TOTAL PARTIDA.....						4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D2.1			Botiquín de urgencia			
D2.1.1	1,000	ud	Materiales	288,48	288,48	
D2.1.2	1,000	h	Mano de obra	4.147,20	4.147,20	
D2.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	44,36	88,72	
TOTAL PARTIDA.....						4.524,40

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

D2.1.1		ud	Materiales			
D2.1.1.1	3,000	ud	Botiquín de urgencia	96,16	288,48	
TOTAL PARTIDA.....						288,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D2.1.2		h	Mano de obra			
D2.1.2.1	240,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	4.147,20	
TOTAL PARTIDA.....						4.147,20

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL CIENTO CUARENTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

D3			Señalización provisional de obras			
D3.1	1,000		Señal provisional de obra	215,86	215,86	
D3.2	1,000		Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición	36,48	36,48	
D3.3	1,000		Cartel general indicativo de riesgos	299,14	299,14	
TOTAL PARTIDA.....						551,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.1			Señal provisional de obra			
D3.1.1	1,000	ud	Materiales	194,34	194,34	
D3.1.2	1,000	h	Mano de obra	17,28	17,28	
D3.1.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,12	4,24	
TOTAL PARTIDA.....						215,86

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS QUINCE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

D3.1.1		ud	Materiales			
D3.1.1.1	6,000	ud	Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado	24,49	146,94	
D3.1.1.2	6,000	ud	Caballote portátil de acero galvanizado	7,90	47,40	
TOTAL PARTIDA.....						194,34

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D3.1.2		h	Mano de obra			
D3.1.2.1	1,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	17,28	
TOTAL PARTIDA.....						17,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D3.2			Señal de seguridad y salud en el trabajo de prohibición			
D3.2.1	1,000	ud	Materiales	18,48	18,48	
D3.2.2	1,000	h	Mano de obra	17,28	17,28	
D3.2.3	2,000	%	Costes directos complementarios	0,36	0,72	
TOTAL PARTIDA.....						36,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.2.1		ud	Materiales			
D3.2.1.1	6,000	ud	Señal de prohibición de PVC serigrafiado de 297x210mm	3,05	18,30	
D3.2.1.2	6,000	ud	Brida de nylon de 4,8x200mm	0,03	0,18	
TOTAL PARTIDA.....						18,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D3.2.2		h	Mano de obra			
D3.2.2.1	1,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	17,28	
TOTAL PARTIDA.....						17,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D3.3			Cartel general indicativo de riesgos			
D3.3.1	1,000	ud	Materiales	258,72	258,72	
D3.3.2	1,000	h	Mano de obra	34,56	34,56	
D3.3.3	2,000	%	Costes directos complementarios	2,93	5,86	
TOTAL PARTIDA.....						299,14

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

D3.3.1		ud	Materiales			
D3.3.1.1	24,000	ud	Cartel general indicativo de riesgos	10,75	258,00	
D3.3.1.2	24,000	ud	Brida de nylon de 4,8x200mm	0,03	0,72	
TOTAL PARTIDA.....						258,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

D3.3.2		h	Mano de obra			
D3.3.2.1	2,000	h	Peón seguridad y salud	17,28	34,56	
TOTAL PARTIDA.....						34,56

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

D4			Equipos de protección individual			
D4.1	1,000		Casco	28,28	28,28	
D4.2	1,000		Protector ocular	158,28	158,28	
D4.3	1,000		Mascarilla autofiltrante	35,12	35,12	
D4.4	1,000		Ropa de protección	474,92	474,92	
D4.5	1,000		Bolsa portaherramientas	294,24	294,24	
D4.6	1,000		Juego de orejeras	119,99	119,99	
D4.7	1,000		Par de guantes	417,88	417,88	
D4.8	1,000		Calzado de seguridad, protección y trabajo	1.594,50	1.594,50	
TOTAL PARTIDA.....						3.123,21

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO VEINTITRES EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D4.1			Casco			
D4.1.1	1,000	ud	Materiales	27,72	27,72	
D4.1.2	2,000	%	Costes directos complementarios	0,28	0,56	
TOTAL PARTIDA.....						28,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D4.1.1		ud	Materiales			
D4.1.1.1	12,000	ud	Casco contra golpes, EPI de categoría II	2,31	27,72	
TOTAL PARTIDA.....						27,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

D4.2			Protector ocular			
D4.2.1	1,000	ud	Materiales	155,16	155,16	
D4.2.2	2,000	%	Costes directos complementarios	1,56	3,12	
TOTAL PARTIDA.....						158,28

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

D4.2.1		ud	Materiales			
D4.2.1.1	12,000	ud	Gafas de protección con montura universal	12,93	155,16	
TOTAL PARTIDA.....						155,16

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

D4.3			Mascarilla autofiltrante			
D4.3.1	1,000	ud	Materiales	34,44	34,44	
D4.3.2	2,000	%	Costes directos complementarios	0,34	0,68	
TOTAL PARTIDA.....						35,12

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO EUROS con DOCE CÉNTIMOS

D4.3.1		ud	Materiales			
D4.3.1.1	12,000	ud	Mascarilla autofiltrante contra partículas	2,87	34,44	
TOTAL PARTIDA.....						34,44

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

D4.4			Ropa de protección			
D4.4.1	1,000	ud	Materiales	465,60	465,60	
D4.4.2	2,000	%	Costes directos complementarios	4,66	9,32	
TOTAL PARTIDA.....						474,92

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

D4.4.1		ud	Materiales			
D4.4.1.1	12,000	ud	Mono de protección, EPI de categoría I	38,80	465,60	
TOTAL PARTIDA.....						465,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

D4.5			Bolsa portaherramientas			
D4.5.1	1,000	ud	Materiales	288,48	288,48	
D4.5.2	2,000	%	Costes directos complementarios	2,88	5,76	
TOTAL PARTIDA.....						294,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

Máscara: *

Instalación eólica Punta de Abona

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D4.5.1		ud	Materiales			
D4.5.1.1	12,000	ud	Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II	24,04	288,48	
TOTAL PARTIDA.....						288,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4.6			Juego de orejeras			
D4.6.1	1,000	ud	Materiales	118,80	118,80	
D4.6.2	1,000	%	Costes directos complementarios	1,19	1,19	
TOTAL PARTIDA.....						119,99

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECINUEVE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

D4.6.1		ud	Materiales			
D4.6.1.1	12,000	ud	Juego de orejeras estándar con atenuación acústica de 15dB	9,90	118,80	
TOTAL PARTIDA.....						118,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECIOCHO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

D4.7			Par de guantes			
D4.7.1	1,000	ud	Materiales	409,68	409,68	
D4.7.2	2,000	%	Costes directos complementarios	4,10	8,20	
TOTAL PARTIDA.....						417,88

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS DIECISIETE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4.7.1		ud	Materiales			
D4.7.1.1	12,000	ud	Par de guantes contra riesgos mecánicos EPI de categoría II	13,36	160,32	
D4.7.1.2	6,000	ud	Par de guantes para trabajos eléctricos de baja tensión	41,56	249,36	
TOTAL PARTIDA.....						409,68

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NUEVE EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D4.8			Calzado de seguridad, protección y trabajo			
D4.8.1	1,000	ud	Materiales	1.563,24	1.563,24	
D4.8.2	2,000	%	Costes directos complementarios	15,63	31,26	
TOTAL PARTIDA.....						1.594,50

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

D4.8.1		ud	Materiales			
D4.8.1.1	12,000	ud	Par de zapatos de seguridad con puntera resistente a impacto	37,56	450,72	
D4.8.1.2	6,000	ud	Par de botas altas de seguridad aislantes	185,42	1.112,52	
TOTAL PARTIDA.....						1.563,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS SESENTA Y TRES EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS