



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

La publicación de este Trabajo Fin de Máster solo implica que el estudiante ha obtenido al menos la nota mínima exigida para superar la asignatura correspondiente no presupone que su contenido sea correcto, aunque sí aplicable. En este sentido, la ULL no posee ningún tipo de responsabilidad hacia terceros por la aplicación total o parcial de los resultados obtenidos en este trabajo. También pone en conocimiento del lector que, según la ley de protección intelectual, los resultados son propiedad intelectual del alumno, siempre y cuando se haya procedido a los registros de propiedad intelectual o solicitud de patentes correspondientes con fecha anterior a su publicación.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Índice general

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice: Memoria

1. Resumen.....	8
1.1. Abstract	8
2. Objeto.....	9
3. Alcance	9
4. Antecedentes	9
4.1. Energía eólica en Canarias.....	9
4.2. Emplazamiento seleccionado.....	11
5. Normas y referencias	15
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	15
5.2. Programas de cálculo	15
5.3. Bibliografía	16
6. Definiciones y abreviaturas	18
7. Requisitos de diseño	23
8. Solución escogida	24
8.1. Descripción del emplazamiento.....	24
8.2. Recurso eólico	25
8.3. Descripción del parque eólico	29
8.3.1. Aerogeneradores seleccionados	29
8.3.1.1. Características generales.....	29
8.3.1.2. Rotor.....	29
8.3.1.3. Palas	29
8.3.1.4. Multiplicadora	29
8.3.1.5. Generador	30
8.3.2. Descripción de la cimentación de los aerogeneradores	31
8.3.3. Descripción de las instalaciones eléctricas	33
8.3.3.1. Convertidor	35
8.3.3.2. Centro de transformación BT/MT	37
8.3.3.3. Interruptor automático principal	42
8.3.3.4. Protección contra sobretensiones	43
8.3.3.5. Cableado de las instalaciones de baja tensión.....	45
8.3.3.6. Línea subterránea de media tensión.....	47
8.3.3.7. Régimen de neutro de media tensión.....	49

8.3.3.8. Subestación elevadora del parque.....	50
8.3.3.9. Instalaciones de puesta a tierra	55
9. Orden de prioridad entre los documentos	58
10. Resultados finales.....	58
10.1. Final results	61

Índice: ANEXO I: Estudio del recurso eólico

1. Objeto.....	4
2. Recurso eólico disponible en la isla de Tenerife	4
2.1. Factores a tener en cuenta al elegir el emplazamiento	4
2.2. Selección del emplazamiento.....	6
2.3. Ubicación de los aerogeneradores.....	10
2.4. Análisis del recurso eólico en la ubicación	11
2.4.1. Descripción estadística del viento: Ley de Weibull	13
2.4.2. Distribución de Weibull del viento	14
2.4.3. Curva de duración de la velocidad del viento	14
2.4.4. Dirección predominante del viento	15
3. Selección de los aerogeneradores	24
3.1. Obtención de los parámetros de cada aerogenerador	24
3.2. Comparativa entre los diferentes modelos de aerogeneradores	27
4. Características del aerogenerador seleccionado	31

Índice: ANEXO II: Cimentación de los aerogeneradores

1. Objeto.....	4
2. Obtención de los datos de partida	4
3. Acciones sobre la cimentación	8
3.1. Fuerza del viento en el rotor	8
3.2. Fuerza del viento sobre la torre	10
3.3. Acciones sobre el aerogenerador	11
3.3.1. Carga vertical de compresión.....	12

3.3.2. Fuerza horizontal de empuje	12
3.3.3. Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre	12
3.4. Acciones sobre la cimentación	13
4. Comprobación frente a vuelco	14
5. Comprobación a deslizamiento	17
6. Distribución de tensiones bajo la cimentación	19
6.1. Verificación del despegue	19
6.2. Obtención de la distancia de despegue	20
6.3. Comprobación de la capacidad portante del terreno	23
7. Dimensionado de la armadura de la cimentación	25
7.1. Definición de la clase de zapata	25
7.2. Armadura frente a solicitaciones normales	26
7.2.1. Obtención de las tensiones	27
7.2.2. Cálculo de la armadura radial	33
7.2.3. Armadura circular	38
7.3. Armadura a cortante	43
7.3.1. Punzonamiento	50
7.4. Armadura superior de flexión	52
7.4.1. Armadura radial	53
8. Resumen	56

Índice: ANEXO III: Cálculos eléctricos

1. Objeto	6
2. Funcionamiento del parque eólico	7
3. Diseño de las instalaciones eléctricas del parque	8
3.1. Instalaciones eléctricas de baja tensión	8
3.1.1. Convertidor	10
3.1.2. Cableado que va del generador al convertidor	12
3.1.3. Centro de transformación BT/MT	23
3.1.4. Celdas de media tensión	28
3.1.5. Cableado que va desde el convertidor al centro de transformación BT/MT	32
3.1.6. Interruptor automático principal	42
3.1.7. Protección contra sobretensiones	43
4. Instalaciones eléctricas de media tensión	47

4.1. Trazado y zanjas	47
4.2. Elección de los cables	51
4.2.1. Criterio de la máxima intensidad admisible	53
4.2.2. Solicitación térmica de la corriente de cortocircuito	56
4.2.3. Caída de tensión máxima	64
4.2.4. Régimen de neutro de media tensión	65
4.3. Subestación elevadora del parque	66
4.3.1. Transformador de MT/AT	66
4.3.2. Celdas de media tensión	68
4.3.3. Transformador de servicios auxiliares	70
4.3.4. Aparata de protección de la instalación de media tensión	70
5. Instalaciones de puesta a tierra	74
5.1. Puesta a tierra de los aerogeneradores	75
5.2. Puesta a tierra de la subestación	78

Índice: ANEXO IV: Catálogos

1. Aerogeneradores.....	2
2. Convertidor de frecuencia.....	4
3. Cableado BT.....	7
4. Transformador BT/MT.....	8
5. Celdas de MT de los aerogeneradores.....	9
6. Interruptor automático general BT	15
7. Descargador de tensión	17
8. Cableado de MT	19
9. Celdas de MT de la subestación	22
10. Transformador de la subestación.....	24
11. Autoválvulas	26

Índice: ANEXO V: Estudio de Seguridad y Salud

1. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud	2
2. Descripción de la actividad.....	3
3. Identificación y valoración de riesgos	3

4. Planificación de la acción preventiva	7
5. Normas generales de seguridad y salud. Disposiciones mínimas	10
5.1. Consideraciones generales aplicables durante la ejecución de la obra	10
5.2. Disposiciones mínimas de seguridad y salud a aplicar en las obras	11
5.2.1. Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras	11
5.2.2. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de locales	17
5.2.3. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales	20
6. Mediciones y presupuestos en materia de Seguridad y Salud	25

Índice: Planos

1.00 – Situación
2.00 – Emplazamiento
3.01 – Áreas de sensibilidad eólica de los aerogeneradores
3.02 – Área de sensibilidad eólica del parque eólico
4.01 – Zapata de los aerogeneradores
4.02 – Armadura de las zapatas de los aerogeneradores
5.00 – Esquema unifilar: Baja Tensión
6.01 – Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de los aerogeneradores
6.02 – Trazado de la línea de Media Tensión
6.03 – Sección de la Zanja de la línea de Media Tensión
6.04 – Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de la subestación
7.00 – Esquema unifilar: Parque eólico
8.01 – Instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores
8.02 – Instalación de puesta a tierra de la subestación
8.03 – Instalación de puesta a tierra del parque eólico
9.01 – Equipos de Protección Individual 1
9.02 – Equipos de Protección Individual 2
9.03 – Elementos de Protección Colectiva 1
9.04 – Elementos de Protección Colectiva 2
9.05 – Elementos de Protección Colectiva 3

- 9.06 – Elementos de Protección Colectiva 4
- 9.07 – Elementos de Protección Colectiva 5
- 9.08 – Elementos de Protección Colectiva 6
- 9.09 – Elementos de Protección Colectiva 7
- 9.10 – Elementos de Protección Colectiva 8
- 9.11 – Elementos de Protección Colectiva 9
- 9.12 – Instalaciones de Higiene y Bienestar 1
- 9.13 – Instalaciones de Higiene y Bienestar 2

Índice: Pliego de condiciones

1. Objeto.....	2
2. Campo de aplicación	2
3. Normativa de aplicación.....	2
4. Características, componentes, calidades y Condiciones generales de los materiales de la instalación eólica.....	4
5. De la ejecución o montaje de la instalación eólica	20
6. Control y aceptación, medición y abono.....	27
7. Reconocimientos, pruebas, ensayos y recepción de las obras	29
8. Condiciones de mantenimiento y uso.....	36
9. Inspecciones periódicas	41
10. Inspecciones periódicas de las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica.....	42
11. Condiciones de índole facultativo y legales	45
12. Condiciones de índole económica.....	77

Índice: Mediciones y presupuesto

- 1 – Resumen de presupuesto
- 2 – Presupuesto y mediciones
- 3 – Cuadro de descompuestos
- 4 – Recursos totales por partidas



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Memoria

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Hoja de identificación

Título del proyecto

Diseño de sistema de generación eólica con conexión eólica con conexión a red

Peticionario

Nombre: Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la Universidad de La Laguna

Dirección: Avda. Astrofísico Francisco Sánchez, SN. Edificio Calabaza - AN.2D Apdo. 456 38200
San Cristóbal de La Laguna

Teléfono: 922 31 72 70

Correo electrónico: decaedyp@ull.es

Datos de la autora

Nombre: Belén Cabrera Brito

DNI: 79073982-M

Correo electrónico: alu0100879889@ull.edu.es

Datos del tutor

Nombre: José Francisco Gómez González

Índice

1. Resumen.....	8
1.1. Abstract	8
2. Objeto.....	9
3. Alcance	9
4. Antecedentes	9
4.1. Energía eólica en Canarias.....	9
4.2. Emplazamiento seleccionado.....	11
5. Normas y referencias	15
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	15
5.2. Programas de cálculo	15
5.3. Bibliografía	16
6. Definiciones y abreviaturas	18
7. Requisitos de diseño	23
8. Solución escogida	24
8.1. Descripción del emplazamiento.....	24
8.2. Recurso eólico	25
8.3. Descripción del parque eólico.....	29
8.3.1. Aerogeneradores seleccionados	29
8.3.1.1. Características generales.....	29
8.3.1.2. Rotor.....	29
8.3.1.3. Palas	29
8.3.1.4. Multiplicadora	29
8.3.1.5. Generador	30
8.3.2. Descripción de la cimentación de los aerogeneradores	31
8.3.3. Descripción de las instalaciones eléctricas	33
8.3.3.1. Convertidor	35
8.3.3.2. Centro de transformación BT/MT	37
8.3.3.3. Interruptor automático principal	42
8.3.3.4. Protección contra sobretensiones	43
8.3.3.5. Cableado de las instalaciones de baja tensión.....	45
8.3.3.6. Línea subterránea de media tensión.....	47
8.3.3.7. Régimen de neutro de media tensión.....	49

8.3.3.8. Subestación elevadora del parque 50

8.3.3.9. Instalaciones de puesta a tierra 55

9. Orden de prioridad entre los documentos 58

10. Resultados finales..... 58

10.1. Final results 61

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución anual de la potencia eólica instalada en Canarias a 31 de diciembre, en Canarias, Gran Canaria y Tenerife. Fuente: Anuario Energético de Canarias, 2018.....	10
Ilustración 2. Descripción de los parques eólicos instalados en la isla de Tenerife a 31 de diciembre de 2018. Fuente: Anuario energético de Canarias, 2018.....	11
Ilustración 3. Elementos del sistema eléctrico en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.	12
Ilustración 4. Clasificación del suelo. Fuente: Grafcan.....	13
Ilustración 5. Red Eléctrica de Transporte en Tenerife. Fuente: Red Eléctrica de España.	14
Ilustración 6. Elementos del sistema eléctrico en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.	14
Ilustración 7. Emplazamiento escogido. Fuente: Elaboración propia.....	24
Ilustración 8. Perfil del terreno del emplazamiento. Fuente: Google Earth.	25
Ilustración 9. Recurso eólico a 80 m en el emplazamiento. Fuente: Grafcan.....	25
Ilustración 10. De izquierda a derecha: Curva de duración de la velocidad del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 11. De izquierda a derecha: Distribución de Weibull del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 12. Rosas de la frecuencia de los vientos en la ubicación 1. Fuente: Elaboración propia.	28
Ilustración 13. Rosas de la frecuencia de los vientos en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.	28
Ilustración 14. Curva de potencia del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Elaboración propia.....	30
Ilustración 15. Esquema simplificado de la instalación eléctrica del parque. Fuente: Elaboración propia.	34
Ilustración 16. Esquema del convertidor de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.	35
Ilustración 17. Convertidor de la serie ACS880. Fuente: ABB.	37
Ilustración 18. Esquema de las dimensiones del transformador BT/MT. Fuente: BEST.	38
Ilustración 19. Transformador modelo BEST-KT-6300-24-8-N. Fuente: BEST.....	38
Ilustración 20. Tipos constructivos de celdas de media tensión empeladas en el parque eólico. Fuente: Elaboración propia, basado en el libro "Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica".	39
Ilustración 21. Esquema de la celda tipo L. Fuente: Ormazabal.	40

Ilustración 22. Esquema de la celda tipo P. Fuente: Ormazabal.....	41
Ilustración 23. Esquema de la celda tipo rb. Fuente: Ormazabal.	41
Ilustración 24. Interruptor automático principal Masterpact MTZ3. Fuente: Schneider.	42
Ilustración 25. Métodos de captación del rayo en los álabes. Fuente: monografías.com.....	43
Ilustración 26. Raycap Strikesorb 40-G. Fuente: Raycap.....	44
Ilustración 27. Conductor RETENAX CPRO Flex. Fuente: Prysmian.....	45
Ilustración 28. Cables instalados en bandeja perforada dentro de un aerogenerador. Fuente: Google imágenes.....	46
Ilustración 29. Ubicación de la subestación elevadora del parque. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.	47
Ilustración 30. Conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.....	49
Ilustración 31. Transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.....	51
Ilustración 32. Esquema de celda de media tensión con función C. Fuente: Schneider Electric.	53
Ilustración 33. Esquema de celda de media tensión con función T1. Fuente: Schneider Electric.	53
Ilustración 34. Autoválvula PEXLIM R. Fuente: ABB.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de los aerogeneradores en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia.	25
Tabla 2. Datos eólicos en la ubicación 1. Fuente: Grafcan.....	26
Tabla 3. Datos eólicos en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.....	26
Tabla 4. Ficha técnica del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Eno Energy.....	30
Tabla 5. Resultados energéticos para el modelo de aerogenerador seleccionado. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 6. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 7. Acciones sobre la base de la torre. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 8. Acciones sobre la cimentación. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 9. Resumen de las armaduras obtenidas. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 10. Datos técnicos del convertidor. Fuente: ABB.....	36
Tabla 11. <i>Datos del convertidor a la frecuencia de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.</i>	36
Tabla 12. Datos técnicos del transformador de BT/MT. Fuente: BEST.....	37
Tabla 13. Características técnicas de la celda de media tensión de función de línea. Fuente: Ormazabal.	39
Tabla 14. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.	40
Tabla 15. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.	41
Tabla 16. Datos técnicos del interruptor automático principal. Fuente: Schneider.....	42
Tabla 17. Datos técnicos del descargador. Fuente: Raycap.....	44
Tabla 18. Datos técnicos del conductor FLEXTREME. Fuente: Prysmian.	45
Tabla 19. Datos del cableado de BT. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 20. Descripción de los tramos que componen la línea subterránea de media tensión. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 21. Datos técnicos del conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.....	49
Tabla 22. Datos técnicos del transformador de MT/At de la subestación elevadora. Fuente: Schneider Electric.....	51

Tabla 23. Características de la celda de media tensión con función de línea de la subestación. Fuente: Schneider Electric.....	52
Tabla 24. Características de la celda de media tensión con función de protección de la subestación. Fuente: Schneider Electric.	53
Tabla 25. Características mínimas del transformador de SS.AA. de la subestación. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 26. Autoválvulas seleccionadas para la instalación. Fuente: Elaboración propia.	55

1. Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster consiste en el diseño de un parque eólico de al menos 5 MW en la isla de Tenerife, con el fin de desarrollar las competencias adquiridas durante la realización del Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

La motivación para la realización de este proyecto surge, por un lado, de la creciente necesidad de avanzar hacia un modelo energético más sostenible y respetuoso con el medioambiente y, por otro lado, del rápido crecimiento que ha tenido la energía eólica en Canarias, que ya se ha posicionado como la energía renovable más empleada en las islas, por encima de la solar fotovoltaica.

Más concretamente, en este proyecto se abordan las diferentes etapas de diseño de un parque eólico, desde el análisis del recurso eólico en la isla de Tenerife para determinar el mejor emplazamiento de la instalación, hasta el diseño del sistema eléctrico del parque, pasando por el análisis de la producción energética en el emplazamiento escogido, la selección de los aerogeneradores y el diseño de la cimentación de estos, entre otros.

En resumen, este proyecto pretende abordar, desde un punto de vista académico, los aspectos más importantes que forman parte del proceso de diseño de una instalación de generación de energía eléctrica a partir de energía eólica.

1.1. Abstract

This Master's Thesis consists on the design of a wind farm of at least 5 MW on the island of Tenerife, in order to develop the skills acquired during the completion of the Master's Degree in Industrial Engineering.

The motivation for carrying out this project arises, on the one hand, from the growing need to move towards a more sustainable and environmentally-friendly energy model and, on the other hand, from the quick growth that wind energy has had in the Canary Islands, which it has already positioned itself as the most widely used renewable energy in the islands, above solar photovoltaic energy.

More specifically, this project addresses the different design stages of a wind farm, from the analysis of the wind resource on the island of Tenerife, in order to determine the best location for the installation, to the design of the electrical system of the wind farm, through the analysis of the energy production at the chosen site, the selection of wind turbines and the design of their foundations, among others.

In summary, this project aims to address, from an academic point of view, the most important aspects that are part of the design process of an installation for the generation of electricity from wind energy.

2. Objeto

El objeto de este Trabajo de Fin de Máster es diseñar y describir un sistema de generación eólica de al menos 5 MW de potencia en Tenerife, de modo que la electricidad generada se inyecte en la red de transporte de la isla.

3. Alcance

En este proyecto se diseñarán y calcularán los equipos y las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento del parque eólico.

Para ello, se realizará previamente un estudio del recurso eólico de la isla de Tenerife, de modo que, atendiendo a los datos referidos a las características del viento y a la normativa aplicable en cada región, se decida cuál es el emplazamiento más adecuado para una instalación de estas características.

Una vez seleccionado el emplazamiento, se evaluarán y compararán los diferentes fabricantes de aerogeneradores presentes en el mercado para decidir cuáles son los modelos más adecuados para el parque eólico objeto de este proyecto, y se determinará cuál es el número de turbinas eólicas más apropiado y cómo deben ser dispuestas en el emplazamiento. Además, se diseñará la cimentación encargada de unir los aerogeneradores con el terreno.

Además, se seleccionarán los componentes del sistema eléctrico del parque, siendo estos: la instalación eléctrica de baja tensión de cada aerogenerador, la red subterránea de media tensión, la aparamenta de protección, la subestación elevadora y la red de tierras del parque.

4. Antecedentes

4.1. Energía eólica en Canarias

Desde hace muchos años, el sistema eléctrico canario ha basado su generación energética en el empleo de combustibles fósiles. Debido a los constantes cambios en el precio del petróleo y a la escasez de estos recursos en el territorio, las islas siempre se han caracterizado por tener una elevada dependencia energética con el exterior.

Por otro lado, la creciente preocupación por el cambio climático y el deseo de avanzar hacia la transición energética han producido un cambio en el paradigma energético canario que, comenzando con la apuesta por la energía eólica, ha iniciado un camino muy prometedor hacia la independencia energética mediante el empleo de tecnologías basadas en energías renovables, como es el caso de Gorona del Viento en la isla del Hierro.

Una de las primeras instalaciones de este tipo, que se llevaron a cabo dentro del archipiélago, fue un parque eólico en Tenerife a mediados de los años 80, que se empleó como modelo experimental para analizar diferentes tipos de aerogeneradores. Sin embargo, no fue

hasta los años 90 cuando empezaron a funcionar los primeros parques eólicos para producir energía eléctrica en la isla.

A partir de este momento, comenzó a incrementarse la potencia eólica instalada en Canarias, especialmente en las dos islas capitalinas. Más concretamente, la potencia eólica instalada en el año 2018 fue de 397.269 kW, de los cuales Tenerife aportaba un 47% y Gran Canaria un 38,8%.

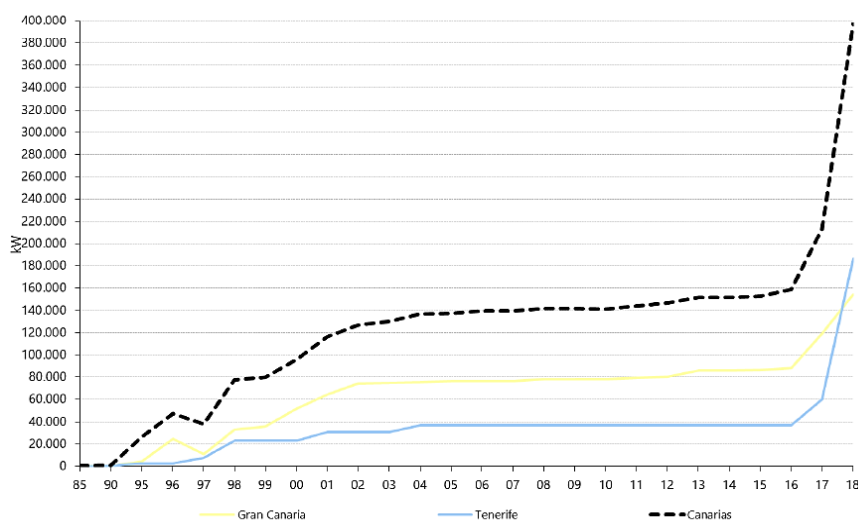


Ilustración 1. Evolución anual de la potencia eólica instalada en Canarias a 31 de diciembre, en Canarias, Gran Canaria y Tenerife. Fuente: Anuario Energético de Canarias,

De esta potencia eólica instalada en las islas, el 92,9% es vertida en la red eléctrica y el restante pertenece a instalaciones en las que una parte de la energía eléctrica se vierte a la red y la otra es autoconsumida. Por tanto, se observa como los parques eólicos de vertido a la red eléctrica han impulsado el empleo de estas tecnologías a lo largo de los años en el archipiélago, convirtiendo a la eólica en la energía renovable más utilizada, por encima de la solar fotovoltaica.

Por otro lado, si atendemos a la evolución que han tenido los parques eólicos diseñados a lo largo de los años en Tenerife que se muestra en la ilustración 2, se puede observar como la potencia nominal de los aerogeneradores se ha ido incrementando rápidamente, al mismo tiempo que ha ido disminuyendo el número de turbinas por parque y la superficie ocupada. Es decir, con el paso de los años se ha optado cada vez más por la realización de parques de menor tamaño y mayor potencia instalada.

Esta tendencia surge por la necesidad de aprovechar el espacio disponible donde el recurso eólico es más abundante. Además, gracias a los avances logrados en la fabricación de los aerogeneradores, se ha conseguido producir modelos de mayor tamaño que son capaces de generar más energía. Estas mejoras también han propiciado que se realice la repotenciación de algunos parques, de modo que se sustituyen las turbinas antiguas de menor potencia, por otras nuevas que permiten incrementar la producción energética.

Denominación	Fabricante	Nº	Aerg (kW)	P.E. (kW)	/área (kW/m ²)	Tipo	Municipio	Año
TENERIFE								
Aerogenerador MADE 150 ITER	MADE	1	150	150	0,477	VTR	GRANADILLA A.	1990
Aerogenerador MADE 300 ITER	MADE	1	300	300	0,565	VTR	GRANADILLA A.	1992
P.E. ITER General (P. Experimental - ECYRL)	ECOTECNIA	1	150	1.680	0,401	VTR	GRANADILLA A.	1994
	VESTAS	1	200					
	ENERCON	1	330					
	ENERCON	2	500					
P.E. Granadilla	MADE	8	600	4.800	0,361	VTR	GRANADILLA A.	1997
P.E. Granadilla II	ENERCON	11	500	5.500	0,392	VTR	GRANADILLA A.	1998
P.E. Punta Teno	MADE	6	300	1.800	0,467	VTR	BUENAVISTA N.	2001
P.E. Finca de Mogán	MADE	51	300	16.500	0,457	VTR	ARICO	1998/2001
		2	600					
P.E. Llanos de la Esquina	GAMESA	7	850	5.950	0,400	VTR	ARICO	2004
P.E. La Morra	ENERCON	3	2.350	7.050	0,354	VTR	ARICO	2017
P.E. Tagoro Risco Blanco	ENERCON	7	2.350	16.450	0,354	VTR	ARICO	2017
P.E. Complejo Medioambiental De Arico Fase I y II	ENERCON	4	2.350	9.400	0,354	VTR	ARICO	2018
P.E. Bermejo	SUZLON	6	2.100	12.600	0,214	VTR	ARICO	2018
P.E. Vera de Abote	SUZLON	5	2.100	10.500	0,214	VTR	ARICO	2018
P.E. Chimiche II	GAMESA	7	2.625	18.375	0,257	VTR	GRANADILLA A.	2018
P.E. Areté ⁽²⁾	ENERCON	8	2.400	16.800	0,384	VTR	GRANADILLA A.	2018
P.E. La Roca	ENERCON	8	2.300	18.400	0,581	VTR	GRANADILLA A.	2018
P.E. Porís de Abona ⁽²⁾	ENERCON	7	2.800	19.600	0,266	VTR	ARICO	2018
P.E. Icor	GAMESA	6	5.000	20.790	0,253	VTR	ARICO/FASNIA	2018
Total Tenerife		152		186.645				

*Ilustración 2. Descripción de los parques eólicos instalados en la isla de Tenerife a 31 de diciembre de 2018.
Fuente: Anuario energético de Canarias, 2018.*

Por tanto, del análisis histórico de los parques eólicos en la isla de Tenerife, se puede concluir que, al escoger los aerogeneradores para este Trabajo de Fin de Máster, se intentará que estos sean de la mayor potencia posible, de modo que, con la instalación del menor número de ellos se pueda obtener una elevada densidad energética por metro cuadrado. De esta manera, se garantiza que el parque eólico diseñado se adapta a los criterios de otras instalaciones parecidas en la isla.

4.2. Emplazamiento seleccionado

Tras realizar en el Anexo I de este proyecto el estudio del recurso eólico disponible en la isla de Tenerife, se decidió ubicar los aerogeneradores en un terreno situado en las proximidades de la población de San Miguel de Tajao, en Arico, justo en frente del complejo ambiental que se encuentra en esta zona de la isla.

Como se comenta en este anexo, los municipios de Granadilla y Arico han sido tradicionalmente las ubicaciones preferidas para la instalación de parques eólicos, gracias a que presentan el mejor recurso eólico de Tenerife.

Por otro lado, hay otros factores que han favorecido la instalación de parques eólicos en estas zonas de la isla. Por un lado, a diferencia del Norte de Tenerife, el Sur presenta un terreno más árido y, por tanto, con una rugosidad menor que permite una mejor incidencia del viento en las turbinas. Por otro lado, la baja densidad de población, en comparación con otros municipios, sumada a la presencia de parcelas de terreno disponibles, ha permitido la instalación de un elevado número de parques eólicos en este espacio.

En la siguiente ilustración se puede observar la parcela escogida para ubicar los aerogeneradores.



Ilustración 3. Elementos del sistema eléctrico en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.

Esta parcela, con referencia catastral 38005A009000060000ST, está clasificada como suelo rústico residual.

En Canarias, los terrenos clasificados como rústicos no pueden ser destinados a fines distintos de la explotación agrícola, forestal, ganadera, cinegética o las vinculadas a la utilización racional de los recursos naturales.

Además, no se puede realizar ningún tipo de construcción, exceptuando aquellas que tienen que ver con las actividades antes citadas o que sean de interés público o social.

En la ilustración 4 se puede observar la clasificación del suelo en las zonas cercanas al terreno escogido. En ella se han marcado en color azul las zonas donde se encuentran otros parques eólicos ya existentes, y en rojo la localización de la parcela que se ha seleccionado para este proyecto.

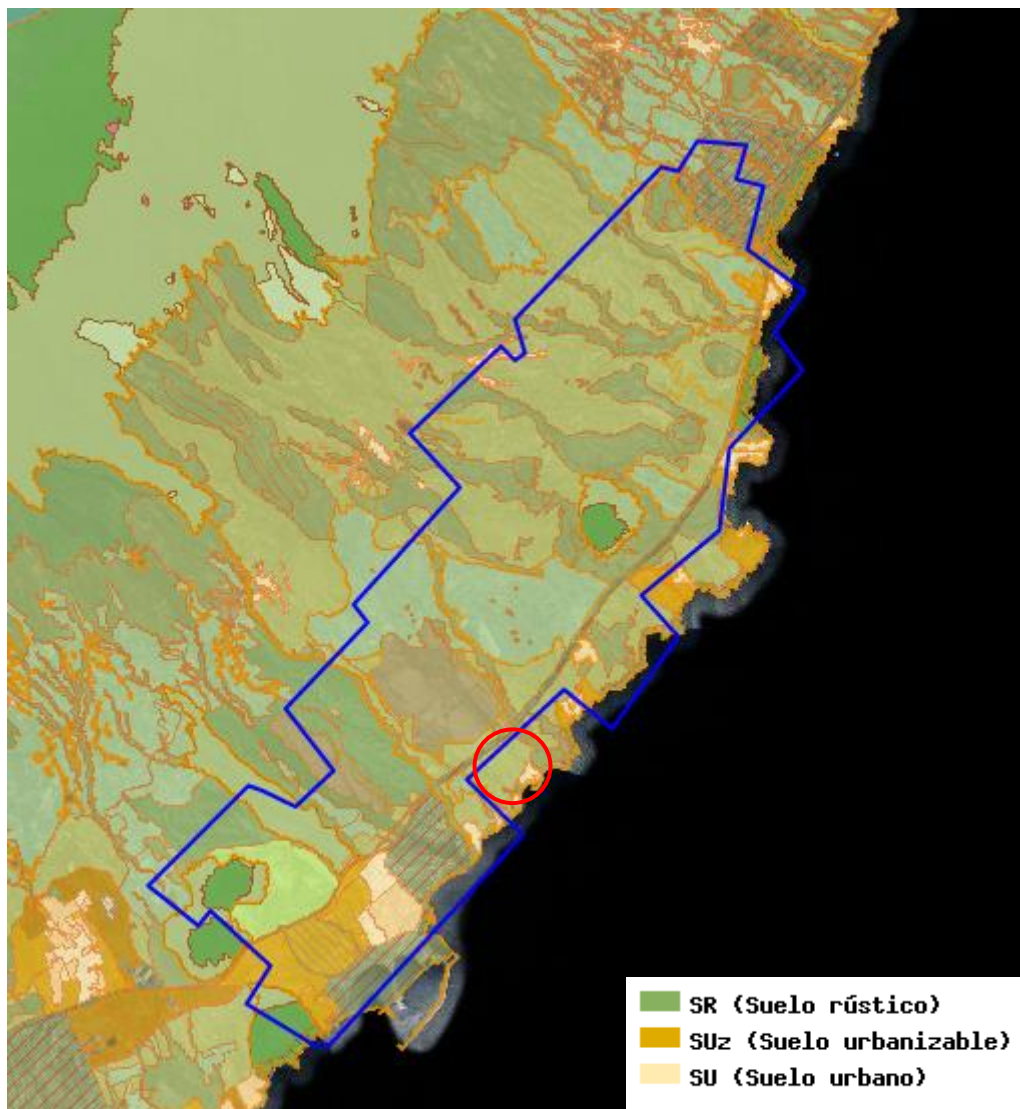


Ilustración 4. Clasificación del suelo. Fuente: Grafcan.

Se puede apreciar que estos parques están ubicados en suelos de muy distintas clasificaciones, coincidiendo muchos de ellos con la clasificación del suelo de la parcela escogida para este proyecto. Este es el caso de los parques denominados como Riosur, Manteca o Porís de Abona, entre otros.

Por tanto, a pesar de que a priori no se podría realizar ningún tipo de construcción en el terreno escogido, si tenemos en cuenta que se puede considerar como una actividad de interés público o social la generación de electricidad mediante energías renovables, y que ya se han construido otros parques eólicos en terrenos con la misma clasificación, se puede concluir que la parcela escogida es válida y podría ser aceptado su uso para este proyecto mediante una autorización de la Dirección General de Urbanismo del Gobierno de Canarias y la licencia municipal del ayuntamiento de Arico.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta, a la hora de determinar el emplazamiento, es la cercanía a los puntos de conexión con la red eléctrica de transporte de la isla.

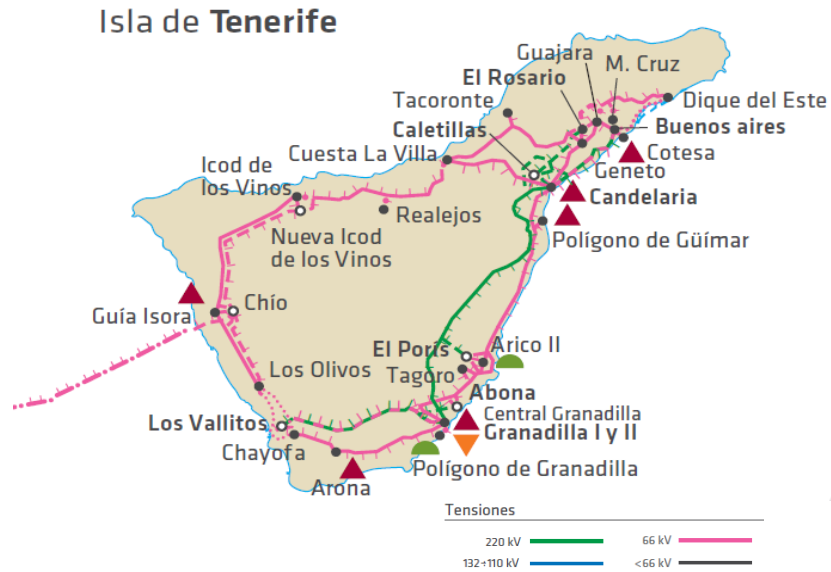


Ilustración 5. Red Eléctrica de Transporte en Tenerife. Fuente: Red Eléctrica de España.

Como se puede observar en la ilustración 5, la subestación más cercana a la parcela donde iría ubicado el parque eólico es la subestación de Tagoro (20/66 kV), que estaría conectada a una red de transporte de 66 kV. Esta subestación permite la evacuación de generación renovable en el término municipal de Arico.

En la siguiente ilustración se puede apreciar cuál sería el recorrido de la línea de transporte en la que se vertería la energía producida por el parque eólico.

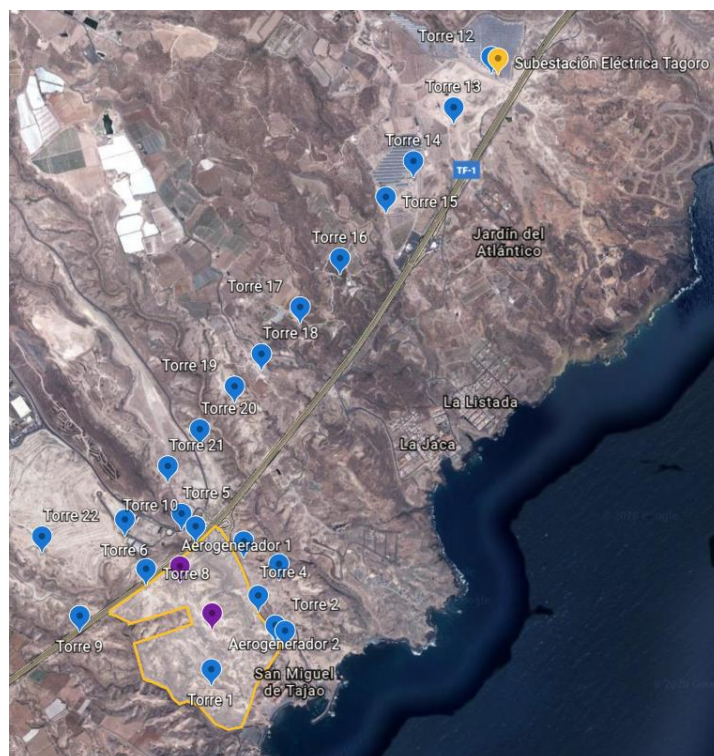


Ilustración 6. Elementos del sistema eléctrico en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.

5. Normas y referencias

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- Decreto 6/2015, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento que regula la instalación y explotación de los Parques Eólicos en Canarias.
- Real Decreto 1955/200, 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.
- Instrucción del Hormigón Estructural, EHE-08.
- IEC 61400, Estándar internacional publicado por la Comisión Electrotécnica Internacional sobre turbinas eólicas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Norma UNE-HD 60364-5-52:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE 09.06.14).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Norma UNE 211435:2011 “Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica”.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

5.2. Programas de cálculo

- **AutoCAD:** Software de la empresa Autodesk que permite el diseño asistido por ordenador de dibujo 2D y modelado 3D. Se ha utilizado para el trazado de los planos del proyecto.

- **Microsoft Excel:** Hoja de cálculo de la empresa Microsoft que se ha utilizado para realizar el estudio eólico del emplazamiento, la comparativa entre los diferentes modelos de aerogeneradores, los cálculos eléctricos, las mediciones, etc.
- **MATLAB:** Leguaje de programación que permite realizar diferentes operaciones de cómputo numérico. Se ha utilizado para realizar los cálculos relacionados con el diseño de la cimentación de los aerogeneradores.
- **PRESTO:** Software que permite la creación de presupuestos y la gestión de mediciones de un proyecto. Se ha empleado para generar la documentación relacionada con el presupuesto y las mediciones del proyecto.
- **Goolzoom:** Conjunto de herramientas online que permiten el análisis y el estudio de información territorial. Se ha empleado para la obtención de los CAD del emplazamiento escogido.
- **Sede Electrónica del Catastro:** Se ha empleado para obtener la información catastral del emplazamiento escogido.
- **GRAFCAN:** Visor gratuito de mapas de las islas Canarias. Se ha empleado para la obtención de los datos del recurso eólico en el emplazamiento.
- **The Wind Power:** Base de datos mundial sobre la energía eólica que se ha empleado para obtener los datos técnicos sobre los aerogeneradores disponibles en el mercado.
- **wind-turbine-models.com:** Base de datos de la que se han obtenido las curvas de potencia de cada modelo de aerogenerador analizado.

5.3. Bibliografía

- M. Villarrubia López, *Ingeniería de la Energía Eólica*. Marcombo, 2012.
- J. L. Rodríguez Amenedo, S. Arnalte Gómez, y J. C. Burgos Díaz, *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*. Editorial Rueda S.L., 2003.
- L. L. Meteosim Truewind: Joan Aymamí, Alejandro García, Oriol Lacave and S. P. Miguel Mayo, *Análisis del recurso. Atlas eólico de España. Estudio Técnico PER 2011-2020*. IDAE, 2011.
- I. Núñez Ayala, *Diseño y cálculo de la torre y cimentación de un aerogenerador*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, 2015.
- J. Calavera Ruiz, *Cálculo de estructuras de cimentación*, 4ª Edición. INTEMAC, S.A., 2000.

- V. Herrando Germán, *Optimización del Diseño de la Cimentación para un Aerogenerador de Gran Altura*. Universidad Politécnica de Cataluña, 2012.
- H. Svensson, *Design of foundations for wind turbines*. Lund University, 2010.
- J. Mur Amada, *Curso de energía eólica*. Máster Europeo en Energías Renovables y Eficiencia Energética, 2009.
- Gobierno de Canarias, *Anuario energético de canarias 2018*. 2019.
- C. Rodríguez, Dirección General de Disciplina Urbanística y Medio Ambiental, y Gobierno de Canarias, *Requisitos necesarios para realizar construcciones en suelo rústico*. [Online]. Disponible en: <http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/sostenibilidad/apps/revista/1994/2/182/index.html>.
- M. Chinchilla Sánchez, *Control de un sistema de generación eólica de velocidad variable con generador síncrono multipolar de imanes permanentes acoplado a red*. Universidad Carlos III de Madrid, 2001.
- M. J. Mercado Vargas, *Modelos equivalentes de parques eólicos con generadores síncronos de imanes permanentes*. Universidad de Granada, 2012.
- J. Legerén Álvarez, *Diseño de sistema de pitch pasivo para aerogeneradores en entornos urbanos*, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- Prysmian Group, “Ejemplo de cálculo con resultado de varios conductores por fase,” 2019. [Online]. Disponible en: <https://www.prysmianclub.es/ejemplo-de-calculo-con-resultado-de-varios-conductores-por-fase/>.
- E. Noriega Stefanova, “La protección contra rayos de las turbinas eólicas.” [Online]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos57/proteccion-turbinas-eolicas/proteccion-turbinas-eolicas2.shtml>.
- Prysmian Group, *El libro blanco de la instalación. Manual Técnico y práctico de cables y accesorios para Baja Tensión*. 2018.
- Red Eléctrica de España, *Informe Anual de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Canario en el año 2019*, 2019.
- Universidad de Sevilla, “Implantación de un parque eólico de 21,25 MW y su conexión a la red de 132 kV”, 2009.

- R. J. Arcila R., “Estudio del potencial eólico en Colombia, viabilidad de un parque eólico,” Universidad Politécnica de Cartagena, 2019.
- UNESA, “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría”, 1989.
- L. A. Robb, *Diccionario para Ingenieros, Español-Inglés, Inglés-Español*, Grupo Patria Cultural, 1997.

6. Definiciones y abreviaturas

Las definiciones y abreviaturas que se han empleado en este proyecto son las siguientes:

- v : Velocidad del viento, m/s
- $p(v)$: Función densidad de probabilidad del Weibull
- C : Factor de escala, m/s. Valor próximo a la velocidad media anual
- k : Factor de forma que caracteriza la asimetría o sesgo de la función $p(v)$
- k' : Factor de forma a la altura z'
- C : Factor de escala a la altura z , m/s
- C' : Factor de escala a la altura z' , m/s
- z : Altura en la que se conocen los datos del viento, m
- z' : Altura en la que queremos tener los datos del viento, m
- z_0 : Rugosidad del terreno, m
- n_i : Número de horas al año, 8760 horas
- v_i : Velocidad del viento, m/s
- P_i : Potencia del aerogenerador leída en la curva de potencia, kW
- $p(v_i)$: Función de densidad de probabilidad de Weibull
- E : Energía anual producida, kWh/año
- ρ_{aire} : Densidad del aire, 1,225 kg/m³
- v_{viento} : Velocidad del viento considerada, 30 m/s
- R_{rotor} : Radio del rotor, m
- $C_T(\lambda)$: Coeficiente de empuje en función de (λ)
- λ : Razón de velocidades de la hélice
- F_{rotor} : Fuerza del viento en el rotor, N
- $F_{torre}(z)$: Fuerza que ejerce el viento sobre la torre en función de la altura, N/m
- D_{torre} : Diámetro de la torre, m
- $v_{viento}(z)$: Velocidad del viento en función de la altura, m/s
- C_a : Coeficiente de arrastre
- N : Carga vertical de compresión, N
- V : Fuerza horizontal de empuje, N
- h_{CG} : Centro de gravedad de un cono truncado, m
- h : Altura de la torre, m
- R : Radio inferior de la torre, m
- r : Radio superior de la torre, m

- M : Momento provocado por la fuerza puntual del viento sobre la torre, N·m
- $V_{cilindro}$: Volumen de un cilindro, m³
- $V_{cono\ truncado}$: Volumen de un cono truncado, m³
- V_{zapata} : Volumen de la zapata, m³
- P_{zapata} : Peso de la zapata, N
- $N_{cimentación}$: Carga vertical soportada por la cimentación, N
- u : Retranqueo, m
- σ_{adm} : Tensión admisible del hormigón, N/m²
- R : Radio de la zapata, m
- FS_{vuelco} : Facto de seguridad a vuelco
- M_{estab} : Momento que tiende a estabilizar la estructura, N·m
- γ_{estab} : Factor de seguridad parcial para cargas estabilizadoras
- $M_{desestab}$: Momento que tiende a desestabilizar la estructura, N·m
- $\gamma_{desestab}$: Factor de seguridad parcial para cargas desestabilizadoras
- $FS_{deslizamiento}$: Factor de seguridad a deslizamiento
- F_{estab} : Carga que tiende a estabilizar la estructura, N
- $F_{desestab}$: Carga que tiende a desestabilizar la estructura, N
- e_{des} : Excentricidad de despegue de la zapata, m
- e : Excentricidad de las cargas respecto G, m
- S : Distancia de despegue, m
- A_{sector} : Área del sector, m²
- A' : Área de la zapata que no está en despegue, m²
- x_{sector} : Centro de gravedad del sector respecto al centro de la zapata, m
- A_{zapata} : Área total de la zapata, m²
- x_g : Centro de gravedad del resto de la zapata, m
- I : Momento de inercia de la zapata despegada, m⁴
- I_{sector} : Momento de inercia del sector, m⁴
- I_{zapata} : Momento de inercia de la zapata, m⁴
- $Y_{máx}$: Distancia del extremo contrario al despegue al centro de gravedad G' de la zapata despegada, m
- $Y_{mín}$: Distancia desde el punto de despegue dentro de la zapata hasta el nuevo centro de gravedad de la zapata debida al despegue, m
- e' : Excentricidad de las cargas respecto de G' (el nuevo centro de gravedad) en situación de despegue, m
- $\sigma_{máx}$: Tensión máxima que se produce en el extremo contrario al despegue, Pa
- $\sigma_{mín}$: Tensión mínima que se produce en el extremo contrario al despegue, Pa
- $W_{máx}$: Módulo resistente de la sección, m³
- σ_{med} : Tensión media, Pa
- M : Momento flector en la base de la cimentación, N·m
- S_1 : Distancia a la sección de referencia, m
- x_l : Profundidad límite, m
- d : Canto útil, m
- M_d : Momento de cálculo, N·m
- $\sigma_{máx}$: Tensión máxima sobre el terreno, Pa
- σ_x : Tensión en la sección de referencia

- γ_h : Peso específico del hormigón, N/m^3
- γ_t : Peso específico de la tierra, N/m^3
- γ_c : Factor de seguridad
- M_{horm} : Momento debido al peso de la zapata, $\text{N}\cdot\text{m}$
- $M_{tierras}$: Momento debido a peso de la tierra sobre la zapata, $\text{N}\cdot\text{m}$
- U_0 : Cuantía mecánica, kN/m
- U_{s1} : Cuantía mecánica a tracción, kN/m
- U_{s2} : Cuantía mecánica a compresión, kN/m
- A_{s1} : Cuantía geométrica a tracción, cm^2/m
- A_{s2} : Cuantía geométrica a compresión, cm^2/m
- r_2 : Coincide con el radio de la zapata, m
- r_1 : Distancia desde el centro de la zapata hasta la sección de referencia, m
- r_0 : Radio de la torre en la base, m
- K_c : Módulo de balasto, kN/m^3
- K_{30} : Coeficiente de balasto medido en una plataforma de 30×30 cm , N/mm^3 .
- b : Diferencia entre los radios r_2 y r_1 , m
- β : Coeficiente en función de las dimensiones de la sección
- E : Módulo de elasticidad del hormigón, kN/m^2
- I : Módulo de inercia de la zapata, m^4
- G : Módulo de elasticidad transversal del hormigón, kN/m^2
- I_s : Momento de inercia del anillo, m^4
- A : Área del anillo, m^2
- θ_0 : Giro máximo del eje de la estructura, rad
- α : Inclinación del cimient, rad
- U_s : Cuantía mecánica de la armadura, kN
- A_s : Cuantía geométrica de la armadura, mm^2
- V_{rd} : Esfuerzo cortante de diseño, N
- V_1 : Esfuerzo cortante debido a la distribución tensional bajo la zapata, N
- L : Distancia desde la periferia hasta la sección de referencia, m
- V_{pp} : carga cortante debida al peso propio de las tierras y el hormigón, N
- $A_{módulo}$: Área de la zapata que contribuye al corte, m^2
- γ_h : Peso específico del hormigón, kN/m^3
- γ_t : Peso específico de las tierras, kN/m^3
- h : Altura de cantidad de hormigón y tierra, 1m
- γ_G : Factor de mayoración de pesos de la tierra y el hormigón
- V_{CU} : Contribución del hormigón al cortante, N
- V_{SU} : Contribución del acero, N
- ρ_1 : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal traccionada anclada a una distancia $\geq "d"$ a partir de la sección de estudio
- f_{ck} : Resistencia característica del hormigón, N/mm^2
- S_t : Separación entre los planos de los estribos, m
- A_t : Área de la sección de los estribos, m^2
- f_{yk} : Resistencia característica del acero, N/mm^2
- V_{U1} : Cálculo del agotamiento del hormigón, kN

- τ_{sd} : Tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico, Pa
- τ_{rd} : Tensión máxima resistente, Pa
- $F_{sd,ef}$: Esfuerzo efectivo de punzonamiento de cálculo, kN
- β : Coeficiente que tiene en cuenta el momento
- F_{sd} : Esfuerzo de punzonamiento de cálculo, kN
- γ_f : Coeficiente de mayoración
- γ_c : Coeficiente de minoración
- ρ_l : Cuantía geométrica de la armadura (área transversal total)
- f_{cv} : Resistencia efectiva del hormigón, N/mm²
- P: Potencia activa prevista para la línea, W
- I: Intensidad de la línea, A
- U: Tensión nominal de línea, V
- cos(φ): Factor de potencia de la carga
- F_u : Factor de utilización
- F_s : Factor de simultaneidad
- e: Caída de tensión, V
- S: Sección del conductor, mm²
- L: Longitud de la línea, m
- γ : Conductividad, m/ Ω ·mm²
- T: Temperatura real estimada del conductor
- $T_{m\acute{a}x}$: Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento, °C
- T_0 : Temperatura ambiente del conductor, °C
- $I_{m\acute{a}x}$: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación, °C
- ρ_{20} : Resistividad del conductor a 20°C (0,018 Ω ·mm²/m)
- α : Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del cable, °C⁻¹
- θ : Temperatura del conductor, °C
- X: Reactancia, Ω /km
- ΔU : Caída de tensión, V
- I_{cc} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado, A
- k: Constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento termoplástico o termoestable
- t: Duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos)
- I_p : Intensidad en el primario del transformador, en A
- P: Potencia del transformador, en kVA
- U_p : Tensión en el primario del transformador, en kV
- I_s : Intensidad en el secundario del transformador, en A
- U_s : Tensión en el secundario del transformador, en kV
- I_{ccp} : Corriente de cortocircuito en el secundario del transformador, en kA
- S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red, en kVA
- I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en las barras del edificio de mando, en kA
- $I_{cc,red}$: Intensidad de cortocircuito aportada por la red, en kA
- $I_{cc,aerogeneradores}$: Intensidad de cortocircuito aportada por los aerogeneradores, en kA
- Z_G : Impedancia de los generadores síncronos de los aerogeneradores, en Ω
- $Z_{BT/MT}$: Impedancia equivalente de los transformadores BT/MT, en Ω

- $\varepsilon_{cc,BT/MT}$: Tensión de cortocircuito de los transformadores, en %
- U_T^2 : Tensión asignada al transformador, en V
- S_T : Potencia aparente nominal en el transformador, en VA
- X'' : Reactancia subtransitoria de los aerogeneradores, se aproxima por el 10%
- $U_{generador}$: Tensión asignada al generador, en V
- $S_{generador}$: Potencia aparente asignada al generador, en VA
- t_{cc} : Duración del cortocircuito, en s
- U_c : Tensión de funcionamiento continuo, en KV
- U_r : Tensión asignada a las autoválvulas, en kV
- U_{pa} : Tensión de paso aplicada, en V
- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada, en V
- $R_{pica\ vertical}$: Resistencia de la pica vertical, en Ω
- $R_{conductores}$: Resistencia de los conductores, en Ω
- $R_{tierra\ total}$: Resistencia total de la instalación de puesta a tierra, en Ω
- I_d : Intensidad de defecto, A
- c : Factor de tensión
- U_n : Tensión de servicio, 20 kV
- R_t : Resistencia de puesta a tierra, Ω
- R_n : Resistencia del neutro, Ω
- X_n : Reactancia de puesta a tierra del neutro, Ω
- V_{mt} : Tensión de aislamiento en media tensión, kV
- K_r : Coeficiente de la resistencia del electrodo, $\Omega/(\Omega \cdot m)$
- K_p : Coeficiente de la tensión de paso del electrodo, $V/(\Omega \cdot m)(A)$
- K_c : Coeficiente de la tensión de contacto del electrodo, $V/(\Omega \cdot m)(A)$
- R_t : Resistencia preliminar de puesta a tierra, Ω
- R_0 : Resistividad del terreno, $\Omega \cdot m$
- R'_t : Resistencia real de puesta a tierra, Ω
- V'_d : Tensión de defecto, V
- R'_t : Resistencia real de puesta a tierra, Ω
- I'_d : Intensidad de defecto real, A
- $V'_{p\ (acc)}$: Tensión de paso en el acceso, V
- R_{a1} : Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc., Ω
- D : Distancia mínima de separación, m

7. Requisitos de diseño

El único requisito de diseño que se estableció para la redacción de este proyecto fue que el sistema de generación eólico que fuera conectado a la red tuviera al menos 5 MW de potencia nominal.

Por otro lado, atendiendo al tipo de proyecto, son de aplicación diferentes normativas que establecen otro tipo de requisitos con los que debe cumplir la instalación, como es el caso del Decreto 6/2015, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento que regula la instalación y explotación de los Parques Eólicos en Canarias.

En este decreto se establecen las distancias que deben existir entre los aerogeneradores instalados, así como la separación entre estos y los puntos de población más cercanos. Más concretamente, se establece que la distancia entre un aerogenerador y un núcleo habitado no debe ser inferior a 250 m si su potencia no excede los 900 kW y, en el caso de que la potencia sea mayor, esta distancia se incrementará hasta los 400 m. Además, se indica que la distancia mínima entre dos aerogeneradores de una misma línea no debe ser inferior a dos diámetros de rotor y la distancia entre dos líneas no debe ser como mínimo de cinco diámetros del rotor.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la influencia de otros parques eólicos ya existentes al elegir la ubicación de este para garantizar que no se encontraría dentro de sus zonas de influencia.

Además, se deben tener en cuenta todos los requisitos de diseño establecidos en la normativa de aplicación a la cimentación de los aerogeneradores y la instalación eléctrica del parque, para garantizar que se cumple con unas características de funcionamiento mínimas.

8. Solución escogida

8.1. Descripción del emplazamiento

El emplazamiento finalmente seleccionado para ubicar las instalaciones se ha escogido siguiendo los criterios desarrollados en el “Anexo I. Estudio del recurso eólico”.

Más concretamente, se ha decidido ubicar el parque eólico en el municipio de Arico, en un solar situado en las cercanías de la población de San Miguel de Tajao y con referencia catastral 38005A009000060000ST, como se puede observar en los planos 1.00 y 2.00 de este proyecto.

La parcela, que cuenta con una superficie de 508.144 m², se encuentra ubicada en la Llanura de Santiago, específicamente, en el kilómetro 46 de la Autopista del Sur TF-1, en frente del Complejo Ambiental Tenerife Sostenible, Ewaste Canarias S.L. y la Planta Insular de Residuos Sólidos. Se puede acceder a ella a través de la carretera de Tajao TF-632.

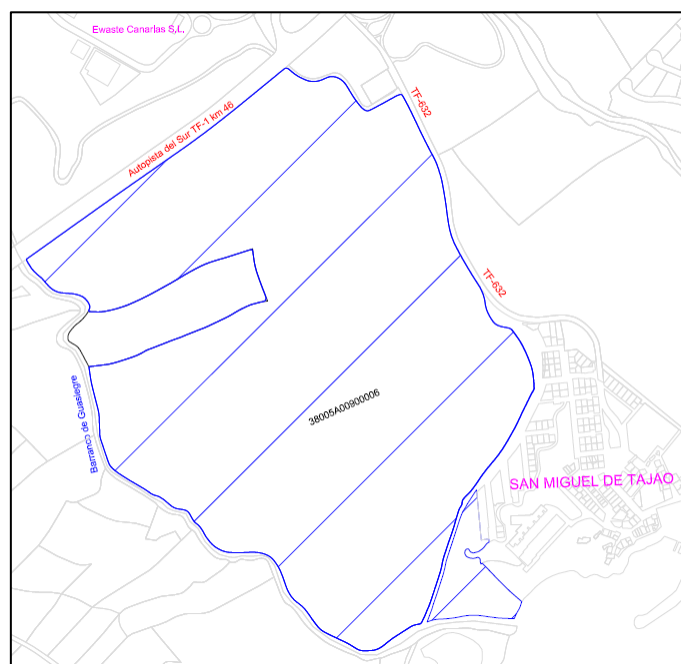


Ilustración 7. Emplazamiento escogido. Fuente: Elaboración propia.

Como se comentó en apartados anteriores, el suelo de la parcela se encuentra clasificado como rústico residual, pero podría ser válido para la construcción del parque eólico mediante la concesión de permisos por parte de la Dirección General de Urbanismo del Gobierno de Canarias y el ayuntamiento de Arico.

Por otro lado, si se analiza el perfil de la parcela escogida, se puede observar que presenta varios desniveles, por lo que las ubicaciones de los aerogeneradores quedan limitadas, no solo por las distancias establecidas en el Decreto 6/2015, sino también a los puntos más elevados dentro de la superficie disponible, para favorecer la incidencia del viento en las palas.



Ilustración 8. Perfil del terreno del emplazamiento. Fuente: Google Earth.

8.2. Recurso eólico

El recurso eólico en el emplazamiento seleccionado es más elevado en la zona señalada en la siguiente ilustración, con velocidades medias del viento en torno a los 8 m/s. Debido a esto, se ha decidido ubicar los aerogeneradores en esta franja del terreno, de modo que se garantice un mayor aprovechamiento energético del mismo.



Ilustración 9. Recurso eólico a 80 m en el emplazamiento. Fuente: Grafcan.

Más concretamente, se ha decidido ubicar dos aerogeneradores con una separación de 300 m entre ellos, lo que permite cumplir con las directrices del Decreto 6/2015, de 30 de enero. Las coordenadas de la ubicación de cada una de las turbinas se muestran a continuación:

	Latitud (º)	Longitud (º)	UTM X	UTM Y
Aerogenerador 1	28º 06' 52,30"	16º 28' 38,74"	354880,4	3110771,17
Aerogenerador 2	28º 06' 44,09"	16º 28' 32,49"	355048,01	3110516,46

Tabla 1. Coordenadas de los aerogeneradores en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los parámetros ofrecidos por el visor de Grafcan que permiten realizar el estudio estadístico del viento y analizar el potencial energético del parque.

Ubicación 1	Recurso eólico a 80 m	Recurso eólico a 60 m	Recurso eólico a 40 m
Coordenada UTM X	354880,4	354880,4	354880,4
Coordenada UTM Y	3110771,17	3110771,17	3110771,17
Coordenada Geográfica Longitud	16° 28' 38,74"	16° 28' 38,74"	16° 28' 38,74"
Coordenada Geográfica Latitud	28° 06' 52,30"	28° 06' 52,30"	28° 06' 52,30"
Elevación del terreno (m)	67	67	67
Rugosidad del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocidad media del viento (m/s)	8,08	7,72	7,24
Constante C (Weibull), m/s, β	8,86	8,52	7,99
Constante k (Weibull), α	1,905	1,939	1,99
Índice de turbulencia	12,06%	12,62%	13,45%

Tabla 2. Datos eólicos en la ubicación 1. Fuente: Grafcan.

Ubicación 2	Recurso eólico a 80 m	Recurso eólico a 60 m	Recurso eólico a 40 m
Coordenada UTM X	355048,01	355048,01	355048,01
Coordenada UTM Y	3110516,46	3110516,46	3110516,46
Coordenada Geográfica Longitud	16° 28' 32,49"	16° 28' 32,49"	16° 28' 32,49"
Coordenada Geográfica Latitud	28° 06' 44,09"	28° 06' 44,09"	28° 06' 44,09"
Elevación del terreno (m)	39	39	39
Rugosidad del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocidad media del viento (m/s)	7,97	7,55	7,02
Constante C (Weibull), m/s, β	8,73	8,34	7,75
Constante k (Weibull), α	1,904	1,933	1,981
Índice de turbulencia	12,23%	12,90%	13,88%

Tabla 3. Datos eólicos en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.

A partir de estos parámetros se han obtenido, tanto la distribución de Weibull, como la curva de duración de la velocidad del viento.

Las gráficas que caracterizan cada ubicación se muestran a continuación.

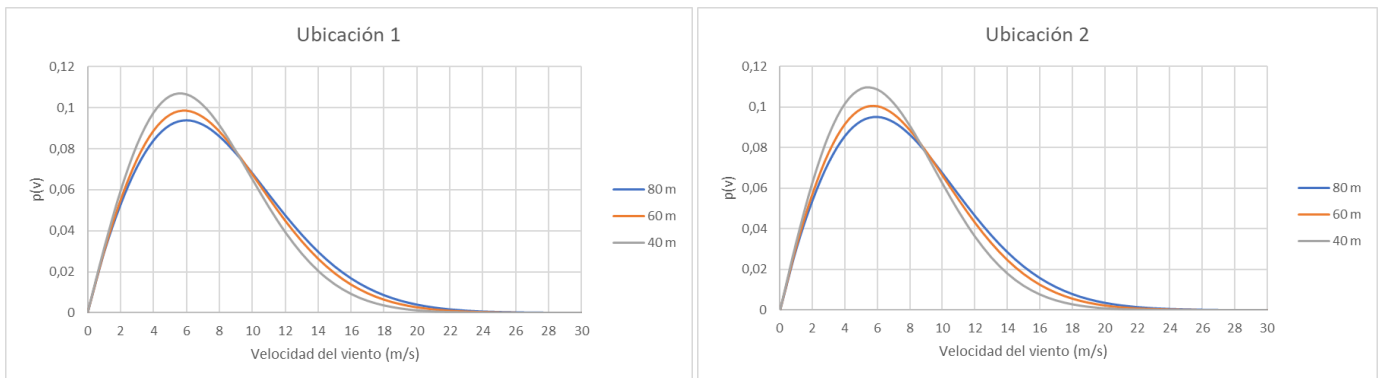


Ilustración 11. De izquierda a derecha: Distribución de Weibull del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.

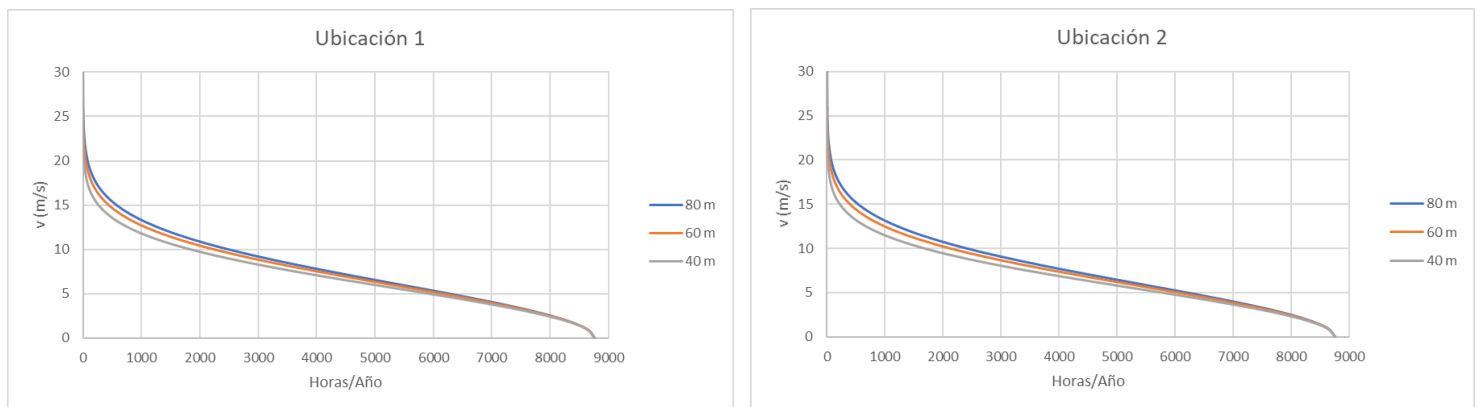


Ilustración 10. De izquierda a derecha: Curva de duración de la velocidad del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.

Además, con el visor de Grafcan también se han podido generar las rosas de la frecuencia de los vientos, lo que ha permitido identificar que la dirección predominante del recurso eólico y, por tanto, la dirección hacia la que orientarse los aerogeneradores es el Noreste, como se puede apreciar en las ilustraciones 12 y 13.

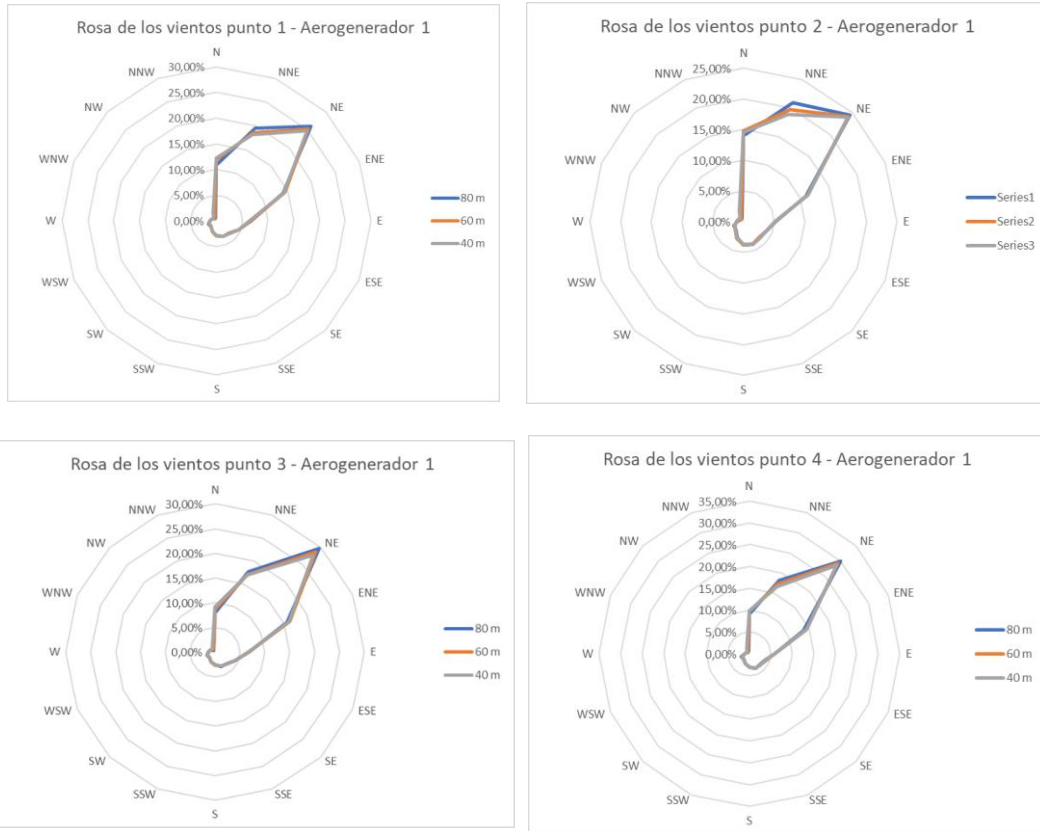


Ilustración 12. Rosas de la frecuencia de los vientos en la ubicación 1. Fuente: Elaboración propia.

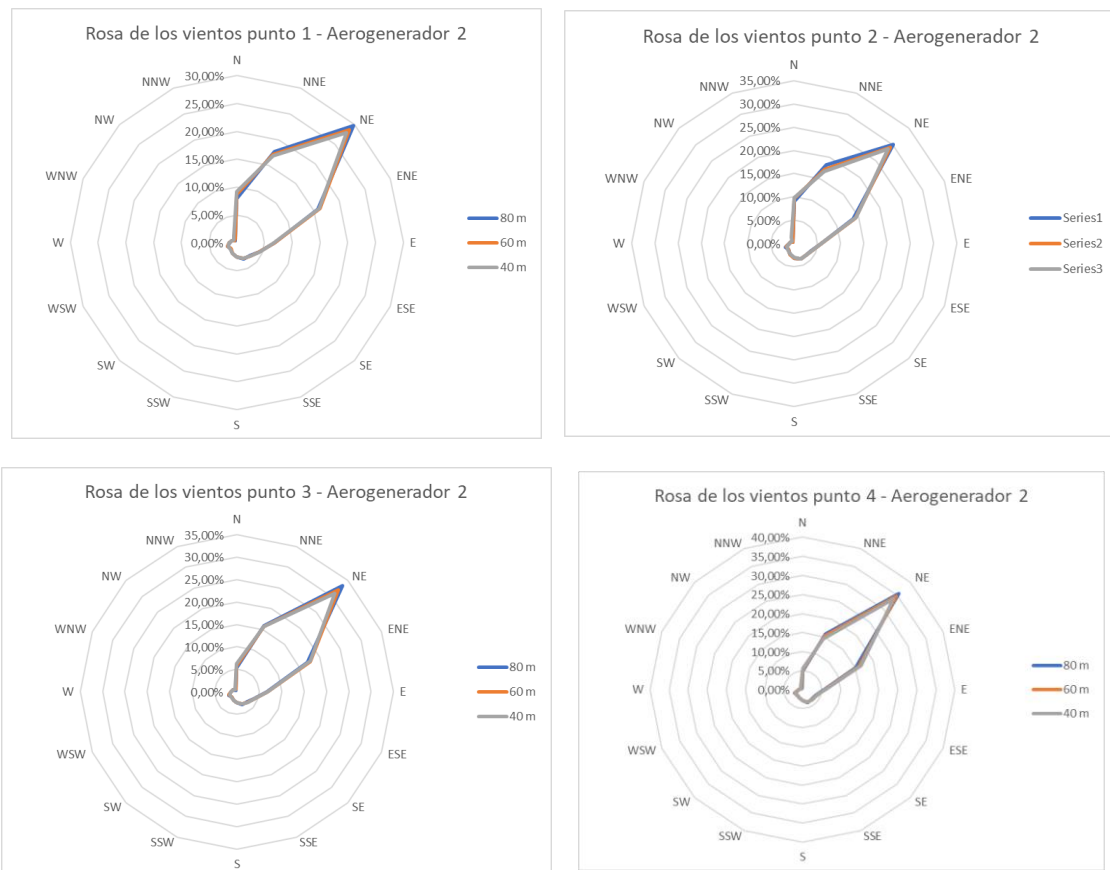


Ilustración 13. Rosas de la frecuencia de los vientos en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.

8.3. Descripción del parque eólico

8.3.1. Aerogeneradores seleccionados

Una vez determinada la ubicación de ambos aerogeneradores, se ha decidido seleccionar el modelo Eno 126 4.8 del fabricante Eno Energy. Las principales características de este modelo se presentan a continuación.

8.3.1.1. Características generales

- **Marca y modelo:** Eno Energy // Eno 126 4.8.
- **Tipo de rotor:** Eje horizontal de 3 palas, regulación tipo Pitch.
- **Dimensiones del rotor:** 126 m de diámetro.
- **Orientación de funcionamiento:** Barlovento.
- **Buje:** A una altura de 117 m.
- **Características eléctricas:** Generador síncrono con excitación sin escobillas, convertidor de potencia completa, topología de inversor IGBT modular.
- **Multiplicadora:** De engranaje planetario/recto, relación de transmisión de 1:126.

8.3.1.2. Rotor

- **Tipo:** Pitch.
- **Diámetro:** 126 m.
- **Área de barrido:** 12.469 m².
- **Velocidad de rotación de operación:** 4,0 - 11,2 rpm.
- **Orientación:** Con el viento a barlovento mirando hacia el Noreste.
- **Ángulo de inclinación de las palas:** 5°.
- **Número de palas:** 3.

8.3.1.3. Palas

- **Longitud de pala:** 61,6 m.
- **Material de fabricación:** GFK / CFK (Plástico reforzado con fibra de vidrio / Polímero reforzado con fibra de carbono).

8.3.1.4. Multiplicadora

- **Tipo:** De engranaje planetario/recto con suspensión hidráulica en la caja de engranajes y amortiguación activa del tren de transmisión.
- **Ratio:** 1:126.
- **Calentador de aceite:** Sistema de suministro de aceite con control de temperatura.

8.3.1.5. *Generador*

- **Tipo:** Generador síncrono con excitación sin escobillas.
- **Potencia nominal:** 4,8 MW

A modo de resumen se muestran la siguiente tabla y la curva de potencia del modelo seleccionado:

Ficha técnica	
Potencia nominal	4,8 MW
Diámetro del rotor	126 m
Clase de viento	IEC IIA
Área de barrido	12.469 m ²
Densidad de potencia	2,6 m ² /kW
Velocidad de arranque	3 m/s
Velocidad nominal	14 m/s
Velocidad de desconexión	25 m/s
Potencia sonora	105,5 dB(A)
Altura del buje	117 m
Número de palas	3
Configuración eléctrica	Generador síncrono
Limitación de potencia	Pitch

Tabla 4. Ficha técnica del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Eno Energy.

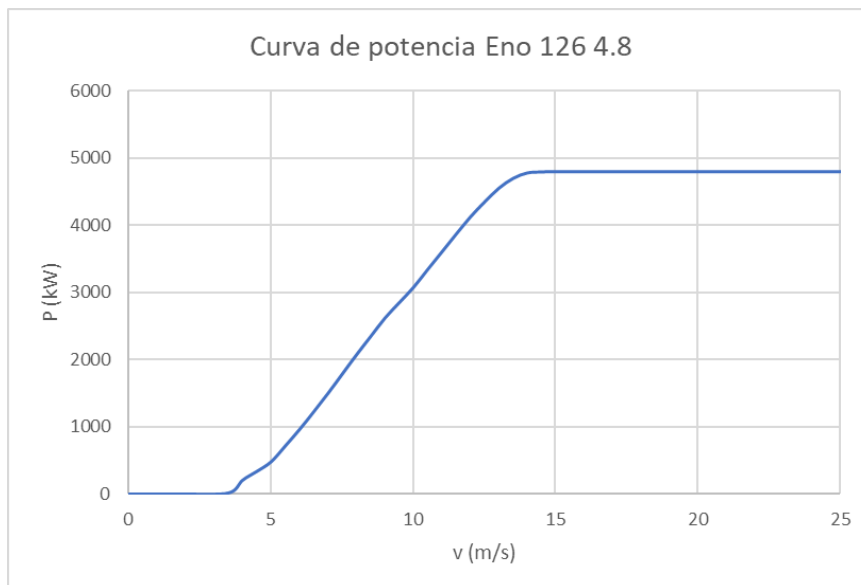


Ilustración 14. Curva de potencia del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados energéticos obtenidos con este modelo de aerogenerador son los que se muestran a continuación:

Modelo	Potencia total instalada (kW)	Energía anual producida (kWh/año)	Horas anuales equivalentes Aerogenerador 1	Horas anuales equivalentes Aerogenerador 2	Potencia anual del parque (kW)	Factor de carga (%)
Eno energy eno 126 4.8	9.600	36.309.173,40	3.800,33	3.764,08	4.144,88	43,18%

Tabla 5. Resultados energéticos para el modelo de aerogenerador seleccionado. Fuente: Elaboración propia.

8.3.2. Descripción de la cimentación de los aerogeneradores

Como es habitual en este tipo de instalaciones, se ha optado por diseñar una cimentación basada en zapata circular.

Para decidir la geometría de las zapatas se ha analizado el estudio comparativo del autor Víctor Herrando Germán titulado “Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura”.

En este proyecto se llega a la conclusión de que, debido a la acción del viento, que puede actuar en cualquier dirección, los vértices de las cimentaciones pueden sufrir picos de tensión. Por tanto, al aumentar el número de lados de la zapata se consiguen tensiones más uniformes en todo su contorno. Por ello, atendiendo a este criterio, la geometría que presenta un mejor comportamiento es la de zapata circular. Esta configuración también permite diseñar cimentaciones con menores áreas en la base de la zapata, reduciendo el volumen de hormigón y la armadura empleada, así como el coste económico de la construcción.

Teniendo en cuenta estos criterios y aplicando la EHE-08, se han calculado las zapatas de los aerogeneradores. Los detalles de este apartado del proyecto se detallan en el “Anexo II. Cimentación de los aerogeneradores” y en los planos 4.01 y 4.02.

A continuación, se muestran las dimensiones y elementos que componen las zapatas, así como las cargas que se han considerado para su diseño.

Dimensiones de la zapata	
Radio de la zapata	14 m
Diámetro de la zapata	28 m
Diámetro del fuste	7,50 m
Canto total	3 m
Canto inferior	2 m

Tabla 6. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.

Acciones sobre la base de la torre	
Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre, M	229.311.128,69 N·m
Carga vertical a compresión, N	13.527.990 N
Fuerza horizontal causada por el empuje del viento sobre el rotor y la torre, V	2.274.661,63 N

Tabla 7. Acciones sobre la base de la torre. Fuente: Elaboración propia.

Acciones sobre la cimentación	
Carga vertical, $N_{\text{cimentación}}$	50.473.900,10 N
Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre, M	229.311.128,69 N·m
Fuerza horizontal causada por el empuje del viento sobre el rotor y la torre, V	2.274.661,63 N

Tabla 8. Acciones sobre la cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Unidades	Concepto	Separación	Material
528	Armadura radial inferior $\varnothing 25 L_1$	141,87 mm	B500 SD
528	Armadura radial inferior $\varnothing 25 L_2$	141,87 mm	B500 SD
264	Armadura radial superior $\varnothing 20 L_1$	314,39 mm	B500 SD
264	Armadura radial superior $\varnothing 20 L_2$	314,39 mm	B500 SD
61	Armadura circular inferior $\varnothing 25$	164,17 mm	B500 SD
61	Armadura circular superior $\varnothing 25$	164,17 mm	B500 SD
52	Armadura cortante $\varnothing 25$	600 mm	B500 SD
67	Armadura cortante $\varnothing 25$	600 mm	B500 SD
82	Armadura cortante $\varnothing 25$	600 mm	B500 SD
97	Armadura cortante $\varnothing 25$	600 mm	B500 SD

Tabla 9. Resumen de las armaduras obtenidas. Fuente: Elaboración propia.

8.3.3. Descripción de las instalaciones eléctricas

Como se ha comentado en apartados anteriores, el parque eólico objeto de este proyecto contaría con dos aerogeneradores capaces de transformar la energía del viento en energía eléctrica.

Para poder aprovechar correctamente la energía generada en los aerogeneradores, se han dimensionado y seleccionado algunos de los elementos más importantes en los que se basa el funcionamiento de un parque eólico de estas características.

Más concretamente, en el “Anexo III. Cálculos eléctricos”, se abordan los cálculos necesarios para la selección de los siguientes componentes del sistema eléctrico del parque:

- Instalación eléctrica de baja tensión de los aerogeneradores, donde se han dimensionado los siguientes elementos:
 - Convertidor.
 - Interruptor automático principal.
 - Cableado que va del generador al convertidor.
 - Cableado que va del convertidor al centro de transformación BT/MT.
 - Protección contra sobretensiones previa al centro de transformación.
- Centro de transformación de baja a media tensión de cada aerogenerador, formado por:
 - Transformador BT/MT.
 - Celdas modulares de media tensión.
- Red subterránea de media tensión del parque.
- Subestación elevadora de media a alta tensión, formada por:
 - Transformador MT/AT.
 - Celdas de media tensión.
 - Transformador de servicios auxiliares.
 - Autoválvulas.
- Red de tierras del parque, formadas por:
 - Instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores.
 - Instalación de puesta a tierra de la subestación elevadora.
- Línea de evacuación de la energía en AT:
 - Queda fuera del alcance de este proyecto.

Como se explica en el anexo, la energía eléctrica del parque pasa por los siguientes procesos antes de ser inyectada en la red eléctrica de transporte de la isla:

- 1) La energía eólica es transformada en energía eléctrica por la acción de los aerogeneradores del parque, que son capaces de producir electricidad en corriente alterna con una tensión compuesta de 690 V a una frecuencia de 50 Hz.
- 2) Para reducir pérdidas, se eleva la tensión de 690 V a 20 kV, por medio de la acción de un centro de transformación instalado en la base de cada aerogenerador.
- 3) Posteriormente, la electricidad con este nuevo valor de tensión parte desde las celdas de media tensión hasta una línea de media tensión subterránea que atraviesa el parque, recolectando la energía producida por cada uno de los aerogeneradores para transportarla hasta la subestación elevadora.
- 4) En la subestación elevadora, se incrementa la tensión de 20 kV a 66 kV para que pueda ser evacuada de forma adecuada en la red de transporte de la isla.

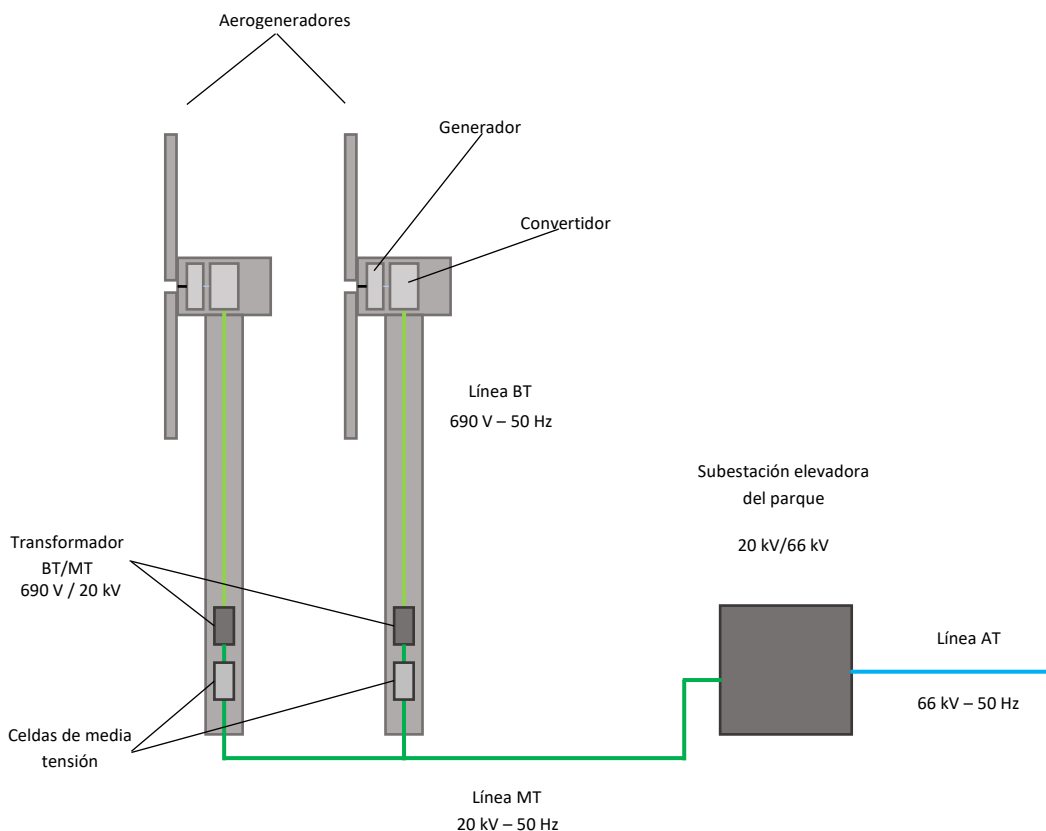


Ilustración 15. Esquema simplificado de la instalación eléctrica del parque. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el funcionamiento del parque eólico, a continuación, se detallan las características de sus componentes.

8.3.3.1. Convertidor

Los aerogeneradores seleccionados para este proyecto cuentan con un generador síncrono sin escobillas de imanes permanentes conectado a un convertidor de frecuencia de potencia completa basado en transistores tripolares de puerta aislada, IGBT.

El convertidor es el elemento encargado de adaptar los parámetros de la electricidad generada en las turbinas a valores adecuados para su transporte a través de la red interna del parque.

Como se comenta en el anexo, el funcionamiento de estos convertidores se basa en la utilización de dos puentes de transistores IGBT unidos entre sí a través de una etapa de corriente continua.

Por un lado, el puente del lado del generador hace las funciones de rectificador, convirtiendo la corriente alterna generada en corriente continua, de modo que la frecuencia deje de depender de la velocidad de giro del rotor del aerogenerador.

A continuación, el puente que se encuentra ubicado del lado de la red actúa como inversor y transforma la corriente continua obtenida en la etapa anterior en corriente alterna a la frecuencia de la red.

A su vez, existe un sistema de control coordinado en el que se puede distinguir entre el sistema de control del convertidor de frecuencia y el sistema de control del ángulo de paso de pala, que en el caso de los aerogeneradores seleccionados se trata de un control de pitch.

Por un lado, el sistema de control del convertidor de potencia es capaz de controlar de forma independiente, tanto el lado del generador, como el de conexión con la red y, por otro lado, el sistema de control del ángulo de paso de la pala se encarga de controlar la potencia generada gracias a la modificación de la velocidad de giro del rotor. La modificación del ángulo de paso se consigue por la acción de un motor eléctrico instalado en cada pala que mueve un sistema de piñones mediante un sistema de engranajes planetarios.

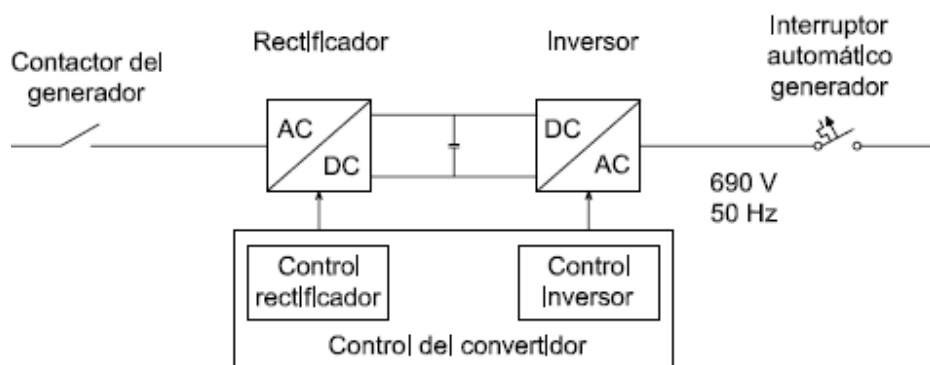


Ilustración 16. Esquema del convertidor de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

Para este proyecto se ha decidido seleccionar un convertidor del fabricante ABB.

Más concretamente, se ha seleccionado el modelo ACS880-87LC-6604A/6144A-7, ya que está especialmente indicado para la utilización con generadores síncronos de imanes permanentes.

Sus características técnicas son las siguientes:

Datos del convertidor	
Fabricante	ABB
Modelo	ACS880-87LC-6604A/6144A-7
Tensión	690 V
Intensidad nominal del lado del generador	6.604 A
Intensidad nominal del lado de la red	6.144 A
Potencia típica del generador	6.000 kW
Potencia aparente nominal del lado del generador	7.893 kVA (FP=0,76)
Potencia aparente nominal del lado de la red	7.343 kVA (FP=0,82)
Peso	5.600 kg

Tabla 10. Datos técnicos del convertidor. Fuente: ABB.

Teniendo en cuenta que la potencia nominal de los aerogeneradores es de 4,8 MW, realmente, se obtendrían los siguientes valores con el convertidor seleccionado:

Datos del convertidor a la potencia de los aerogeneradores	
Fabricante	ABB
Modelo	ACS880-87LC-6604A/6144A-7
Tensión	690 V
Intensidad del lado del generador	5.283,2 A
Intensidad del lado de la red	4.915,2 A
Potencia del generador seleccionado	4.800 kW
Potencia aparente del lado del generador	6.314,03 kVA (FP=0,76)
Potencia aparente del lado de la red	5.874,23 kVA (FP=0,82)
Peso	5.600 kg

Tabla 11. Datos del convertidor a la frecuencia de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.

El convertidor de frecuencia irá ubicado en la góndola de cada uno de los aerogeneradores. Su entrada estará conectada con la salida del generador síncrono y su salida se unirá con el centro de transformación BT/MT ubicado en la base de la torre.



Ilustración 17. Convertidor de la serie ACS880. Fuente: ABB.

8.3.3.2. Centro de transformación BT/MT

Para evitar pérdidas por efecto Joule en la red de baja tensión, la energía eléctrica que sale del convertidor a 690 V y 50 Hz se eleva hasta 20 kV mediante la acción de un centro de transformación.

Este centro de transformación está formado por un transformador de relación 0,69/20 kV y las celdas modulares de media tensión. Ambos elementos se sitúan en la base de la torre del aerogenerador, de modo que se reducen las pérdidas en la red de baja tensión y el impacto visual de la instalación.

Más concretamente, para este proyecto se ha seleccionado un transformador trifásico de tipo seco encapsulado y una potencia nominal de 6.300 kVA del fabricante BEST.

Sus características técnicas son las siguientes:

Datos técnicos del transformador de BT/MT	
Fabricante	BEST
Modelo	BEST-KT-6300-24-8-N
Potencia nominal	6.300 kVA
Voltaje máximo	24 kV
Relación de transformación	0,69/20 kV
Grupo de conexión	Dyn11
Frecuencia	50 Hz
Dimensiones (A x B x C x D)	3.000x1.705x2.750x1.505 mm
Peso	13.800 kg
Tensión de cortocircuito	8%

Tabla 12. Datos técnicos del transformador de BT/MT. Fuente: BEST.

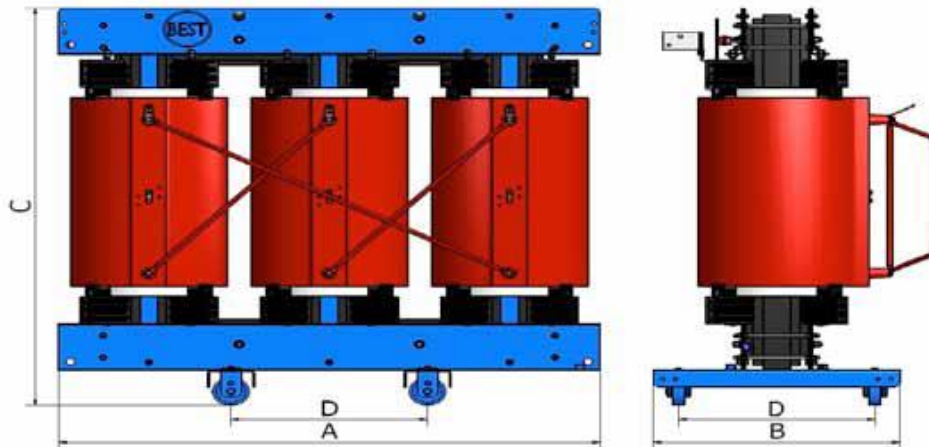


Ilustración 18. Esquema de las dimensiones del transformador BT/MT. Fuente: BEST.



Ilustración 19. Transformador modelo BEST-KT-6300-24-8-N. Fuente: BEST.

Al emplear transformadores de tipo seco se consigue evitar los problemas asociados al mantenimiento de equipos aislados con aceite y, al tener un tamaño más compacto, pueden ser instalados en el interior de las torres de los aerogeneradores, lo que evita el impacto visual de la instalación en el exterior.

A la salida de cada uno de los transformadores se encuentran las celdas de media tensión, que cuentan con la aparatada de regulación, protección y control necesaria para actuar como elementos de unión entre la salida de los transformadores de BT/MT instalados en los aerogeneradores y la entrada de la subestación elevadora de MT/AT del parque.

Como se puede observar en el plano 6.01, cada aerogenerador tiene un tipo constructivo de celda de media tensión diferente:

- El aerogenerador más alejado de la subestación tiene una celda tipo 0L+1P.
- El aerogenerador más próximo a la subestación tiene una celda tipo 0L+1L+1P.

Por tanto, ambos aerogeneradores cuentan con celdas modulares con función de protección del transformador y función de salida de línea, mientras que solo el más cercano a la subestación cuenta con la función de entrada de línea.

Teniendo esto en cuenta, se han seleccionado las siguientes celdas modulares de media tensión del fabricante Ormazabal.

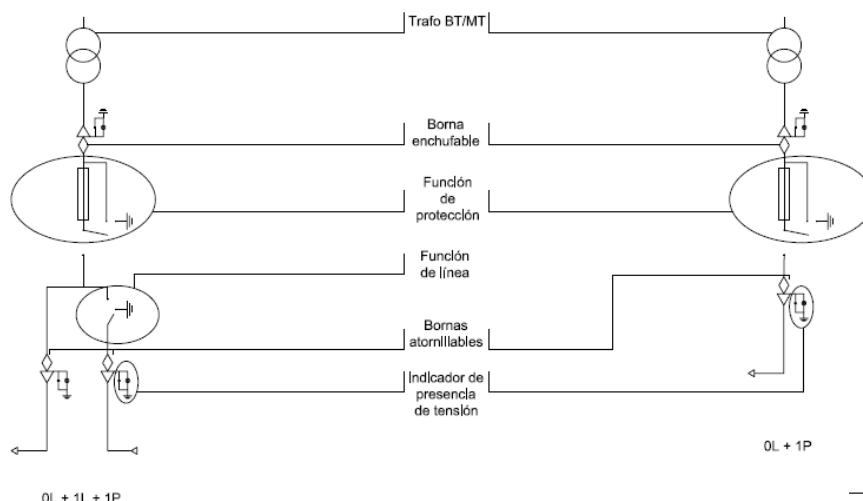


Ilustración 20. Tipos constructivos de celdas de media tensión empeladas en el parque eólico. Fuente: Elaboración propia, basado en el libro "Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica".

Celda modular de función de línea

Estas celdas modulares, equipadas con un interruptor-secionador, se emplean en la entrada o salida de los cables de media tensión que permiten la comunicación con el embarrado principal del centro de transformación.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Línea	400 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV
Interruptor-Sectionador	
Poder de corte de corriente principalmente activa	400 A

Tabla 13. Características técnicas de la celda de media tensión de función de línea. Fuente: Ormazabal.



Ilustración 21. Esquema de la celda tipo L. Fuente: Ormazabal.

Celda modular de función de protección con fusibles

Este tipo de celda cuenta con protección por fusibles y con un interruptor-seccionador de tres posiciones. Permite la protección general y del transformador, así como la realización de maniobras de conexión y desconexión.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Bajante de transformador	200 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV
Interruptor-Seccionador	
Poder de corte de corriente principalmente activa	200 A
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	50 Hz: 40 A

Tabla 14. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.

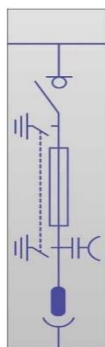


Ilustración 22. Esquema de la celda tipo P. Fuente: Ormazabal.

Celda modular de función de remonte de barras

Este tipo de celda cuenta con aislamiento en gas y remonte de barras. Se empleará únicamente en la celda de media tensión del aerogenerador más cercano a la subestación elevadora, ya que funcionará como módulo de salida de línea, contando únicamente con un indicador de presencia de tensión.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Línea	400 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV

Tabla 15. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.



Ilustración 23. Esquema de la celda tipo rb. Fuente: Ormazabal.

Se ha decidido emplear celdas modulares debido a su reducido tamaño, que permite que estas se ubiquen en el interior de la torre de cada aerogenerador, y a su flexibilidad y facilidad de mantenimiento, ya que pueden ser fácilmente sustituidos o añadidos otros módulos en función de las necesidades futuras del parque.

8.3.3.3. Interruptor automático principal

El interruptor automático principal es el elemento encargado de proteger el cableado y los elementos que se encuentran antes del centro de transformación de BT/MT de posibles cortocircuitos y sobrecargas, de modo que, una vez que haya finalizado la falla, pueda restablecer el normal funcionamiento de la instalación. Su posición en la instalación eléctrica de baja tensión de los aerogeneradores se puede observar en el plano 5.00.

Para este proyecto se ha seleccionado un interruptor capaz de operar sin romperse a la intensidad de operación de la instalación, pero capaz de actuar a una intensidad menor que la admisible de los conductores.

Más concretamente, se ha elegido un interruptor automático del fabricante Schneider Electric con las siguientes características:

Interruptor automático principal	
Modelo/Fabricante	Masterpact MTZ3/Schneider
Frecuencia de red	50 Hz
Corriente nominal	5.000 A
Tensión nominal de aislamiento	1.000 V
Resistencia a picos de tensión	12 kV
Capacidad nominal de cortocircuito	220 kV
Tensión nominal	690 V
Poder de corte en servicio	100 kA

Tabla 16. Datos técnicos del interruptor automático principal. Fuente: Schneider.



Ilustración 24. Interruptor automático principal Masterpact MTZ3. Fuente: Schneider.

8.3.3.4. Protección contra sobretensiones

Los protectores contra sobretensiones son los dispositivos encargados de despejar picos de tensión y proteger a los equipos de sus consecuencias. Para ello, son capaces de enviar a tierra los voltajes que superan la tensión para la que están diseñados.

Como se explica en el Anexo III, los aerogeneradores son especialmente sensibles a las sobretensiones originadas por el impacto directo de los rayos, debido a que son construcciones de gran altura.

Por tanto, para protegerlos apropiadamente se aplican, tanto medidas de protección externa, como de protección interna. Las primeras son las encargadas de realizar la captación, derivación y puesta a tierra de las sobretensiones originadas por el impacto directo de un rayo. En cambio, las medidas internas se encargan de proteger los equipos conectados a las redes de energía de los efectos de las sobretensiones producidas.

En el caso de las protecciones externas, para este proyecto se ha considerado que están incorporadas de fábrica en los aerogeneradores seleccionados. Más concretamente, es habitual realizar este tipo de medidas en los álabes del rotor, ya que son una de las zonas con mayor probabilidad de recibir el impacto directo de un rayo. Algunas de las configuraciones más usuales se muestran a continuación. Los detalles de cada una de ellas se encuentran en el anexo mencionado anteriormente.

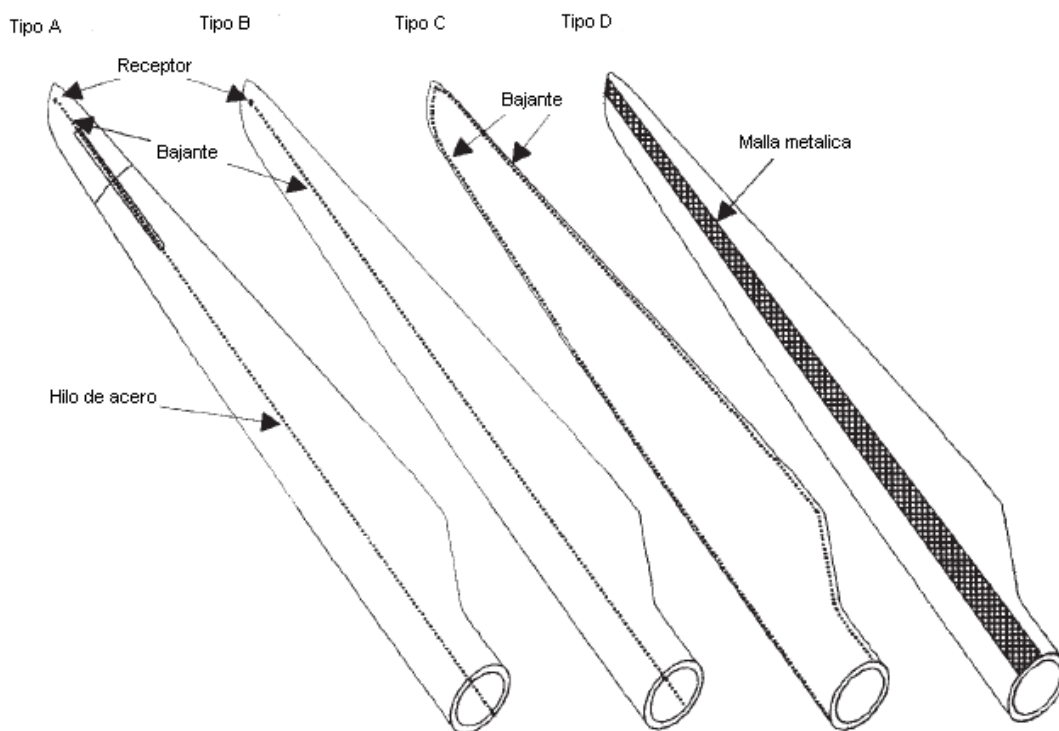


Ilustración 25. Métodos de captación del rayo en los álabes. Fuente: monografias.com.

En el caso de las medidas de protección interna, se ha seleccionado el descargador de tensiones que se sitúa entre el interruptor automático principal de la red de baja tensión de los aerogeneradores y el lado de baja tensión del centro de transformación de cada uno de ellos. Su posición en la instalación eléctrica de baja tensión de los aerogeneradores se puede observar en el plano 5.00.

Finalmente, se ha escogido un descargador del fabricante Raycap de clase 1 según la IEC, ya que su uso es apropiado en instalaciones de gran altura con mayor probabilidad del impacto directo de un rayo, como es el caso de los aerogeneradores.

Sus datos técnicos son los que se muestran a continuación.

Datos técnicos del descargador	
Modelo // Fabricante	Strikesorb 40-G // Raycap
Tipo de protección	Clase 1
Tensión nominal de operación	1.000 V
Tiempo de respuesta	<1 ns
Corriente nominal de descarga	20 kA
Corriente de choque de rayo	12,5 kA
Nivel de protección	4.400 V
Frecuencia de operación	50 Hz

Tabla 17. Datos técnicos del descargador. Fuente: Raycap.



Ilustración 26. Raycap Strikesorb 40-G. Fuente: Raycap.

8.3.3.5. Cableado de las instalaciones de baja tensión

Dentro de este apartado se ha abordado la selección de los conductores encargados de la unión entre los siguientes elementos de la instalación de baja tensión de cada uno de los aerogeneradores:

- Unión entre el generador y el convertidor de frecuencia.
- Unión entre el convertidor de frecuencia y el centro de transformación de BT/MT.

Teniendo en cuenta las directrices del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, se han comprobado los conductores según estos tres criterios:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- Criterio de la caída de tensión.
- Criterio de la intensidad de cortocircuito.

Finalmente, se ha decidido emplear cables unipolares del tipo RV-K del fabricante Prysmian, por ser lo suficientemente apropiados para su instalación en aerogeneradores gracias a su rigidez mecánica y flexibilidad.

Las características del modelo de conductor seleccionado son las siguientes:

Fabricante	Prysmian
Modelo	RETENAX CPRO Flex
Tensión asignada	0,6/1 kV
Norma diseño	UNE 21123-2
Designación genérica	RV-K
Temperatura máxima en servicio permanente	90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito	250 °C
Tipo de material	Termoestable

Tabla 18. Datos técnicos del conductor FLEXTREME. Fuente: Prysmian.

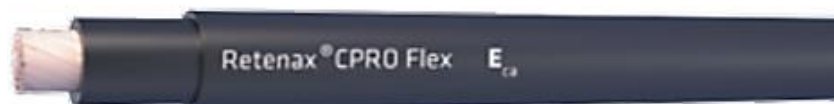


Ilustración 27. Conductor RETENAX CPRO Flex. Fuente: Prysmian.

Tras realizar las comprobaciones según los tres criterios establecidos por el Real Decreto, se ha decidido emplear las siguientes configuraciones en los conductores:

		Ternas	Nº cables	Longitud por cable, m	Longitud total, m	Fabricante	Modelo	Tensión asignada	Sección, mm ²
Del generador al convertidor	Fases	15	45	15	675	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	300
	Neutro		15	15	225	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	150
	Conductor de protección		15	15	225	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	150
Del convertidor al centro de transformación	Fases	20	60	140	8.400	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	185
	Neutro		20	140	2.800	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	95
	Conductor de protección		20	140	2.800	Prysmian	RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	95

Tabla 19. Datos del cableado de BT. Fuente: Elaboración propia.

Estos conductores irán instalados en bandejas perforadas horizontales o verticales en una única capa y cumplirán con el método de instalación F, según la normativa (cables unipolares en contacto mutuo).



Ilustración 28. Cables instalados en bandeja perforada dentro de un aerogenerador. Fuente: Google imágenes.

8.3.3.6. Línea subterránea de media tensión

Como se ha comentado en apartados anteriores, la energía a 20 kV que sale de las celdas de media tensión situadas en la base de los aerogeneradores se recolecta gracias a la acción de una línea subterránea de media tensión que recorre el parque desde el aerogenerador 2, pasando por el aerogenerador 1 y llegando hasta la subestación elevadora, donde la energía es elevada hasta los 66 kV.

El primer paso realizado en el diseño de la línea subterránea de media tensión ha consistido en la determinación de la ubicación de la subestación elevadora, ya que su posición es determinante a la hora de definir el trazado de esta línea.

Tras medir las distancias entre las torres de alta tensión más cercanas y el aerogenerador 1, se ha decidido ubicar la subestación elevadora en las coordenadas que se muestran a continuación, ya que se reduce, tanto la longitud de la línea subterránea de media tensión, como la de la línea de evacuación en alta tensión:

- Latitud: 28,1145°
- Longitud: -16,4787°



Ilustración 29. Ubicación de la subestación elevadora del parque. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.

A partir de la ubicación de la subestación elevadora del parque se ha realizado un estudio del perfil del terreno empleando el visor del Grafcan, para poder conocer los desniveles que presenta y decidir cómo será el trazado de la línea de media tensión.

Más concretamente, se han analizado los siguientes tramos del terreno:

- **Tramo 1:** Unión entre los aerogeneradores.
- **Tramo 2:** Unión entre el último aerogenerador y la subestación elevadora.

Las gráficas obtenidas en este estudio se muestran en el Anexo III.

Dado que se deben evitar los ángulos acentuados en el trazado de la línea, se ha decidido que se tendrán que realizar los movimientos de tierra necesarios para poder igualar el terreno de modo que los cables queden enterrados uniformemente a una profundidad de 1 metro de la superficie del suelo.

Finalmente, se han obtenido midiendo sobre plano con ayuda de Google Earth las distancias de los dos tramos que formarían la línea subterránea de media tensión:

	Descripción	Distancia
Tramo 1	Unión entre ambos aerogeneradores	307,7 m
Tramo 2	Unión entre el último aerogenerador y la subestación elevadora del parque	121,9 m
Total	Línea subterránea de media tensión	429,6 m

Tabla 20. Descripción de los tramos que componen la línea subterránea de media tensión. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las características constructivas de la zanja, según el ITC-LAT-06 se indican se indica lo siguiente:

“Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalente. Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de A.T. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización”.

Las características exactas de la zanja se definen de forma más detallada en el plano 6.03.

En cuanto a las características eléctricas de la línea de media tensión, se ha calculado la sección que deberían tener los conductores aplicando los siguientes criterios y las directrices del ITC-RAT y el ITC-LAT:

- Intensidad máxima admisible.
- Solicitación térmica de la corriente de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima.

Finalmente, se ha decidido emplear un conductor de aluminio normalizado por Endesa del fabricante Prysmian. Tras realizar los cálculos por los tres criterios mencionados anteriormente se ha seleccionado un conductor unipolar con una sección de 240 mm².

Sus características técnicas son las siguientes:

Datos técnicos del conductor de la línea de MT	
Fabricante	Prysmian
Modelo	AL VOLTALENE H
Tensión asignada	12/20 kV
Norma diseño	UNE HD 620-10E
Designación genérica	AL RHZ1-OL
Clase	Clase 2
Temperatura máxima en servicio permanente	90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito	250 °C
Tensión nominal entre fases	20 kV
Tensión máxima entre fases	24 kV
Tensión a impulsos	125 kV

Tabla 21. Datos técnicos del conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.



Ilustración 30. Conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.

Las pantallas metálicas de la línea subterránea de media tensión y las armaduras de cada fase irán conectadas a tierra en cada uno de sus extremos y en diferentes puntos intermedios, de modo que no existan tensiones inducidas que puedan poner en riesgo la seguridad de las personas.

8.3.3.7. Régimen de neutro de media tensión

Como se comenta en el Anexo III, en el parque eólico objeto de este proyecto se ha optado por una configuración consistente en una conexión triángulo-estrella en el transformador de MT/AT con neutro impedante mediante un transformador de puesta a tierra en disposición zig-zag, también denominado reactancia en zig-zag.

Se ha decidido emplear este tipo de régimen de neutro de media tensión debido a que permite reducir las sobretensiones y mejorar la detección de defectos a tierra. Al mismo tiempo, al emplear reactancias en zig-zag las faltas monofásicas se despejan muy rápidamente y se considera que entran dentro de la categoría de aislamiento de nivel A.

Debido a que se debe encontrar un equilibrio entre la disminución de la corriente de falta y la detección de las protecciones se suelen adoptar valores comprendidos entre los 150 y los 600 A. En el diseño de este parque eólico se considera un valor de 500 A.

La posición de la reactancia en zig-zag dentro de la instalación eléctrica del parque se muestra en el plano 7.00.

8.3.3.8. Subestación elevadora del parque

La línea subterránea de media tensión transporta a 20 kV la energía producida por los aerogeneradores hasta la subestación elevadora, donde se produce la elevación de la tensión hasta 66 kV para poder inyectar la energía en la red de transporte de la isla.

En más detalle, parte de la energía que llega al embarrado de media tensión de las celdas de la subestación es derivada al transformador de servicios auxiliares y el resto es dirigida hacia el transformador de MT/AT donde, finalmente, la energía eléctrica es transportada hasta el embarrado de alta tensión para su posterior vertido en la red de transporte de la isla.

En cuanto al alcance de este apartado, dentro de este proyecto se han dimensionado y seleccionado los siguientes elementos de la subestación elevadora del parque:

- Celdas de Media Tensión.
- Transformador principal de MT/AT.
- Transformador de servicios auxiliares.
- Autoválvulas.

En lo que se refiere al tipo constructivo de la subestación, esta será de tipo mixto intemperie-interior, de modo que se puedan realizar ampliaciones futuras en caso de que sea necesario.

Transformador de MT/AT

Este equipo cumple la función dentro de la subestación de elevar la tensión de 20 kV a 66 kV.

Como se comenta en el anexo, en los parques eólicos es habitual emplear transformadores con regulación de tensión en carga, debido a que las compañías eléctricas necesitan mantener sus variaciones de tensión controladas, sin que haya grandes fluctuaciones en ellas.

Por otro lado, como criterio de diseño, se ha seleccionado un transformador con una potencia nominal un 100% superior a la del parque, para que si se realizase una repotenciación en el futuro no fuera necesario tener que invertir en un nuevo equipo.

Por tanto, atendiendo a este último criterio, finalmente se selecciona un transformador de potencia sumergido en aceite de 20 MVA del fabricante Schneider Electric con las siguientes características técnicas:

Datos técnicos del transformador de MT/AT	
Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Minera MP
Potencia nominal	20 MVA
Voltaje máximo	72,5 kV
Relación de transformación	20/66 kV
Grupo de conexión	Ydn11
Frecuencia	50 Hz
Dimensiones (A x B x C x E)	5.000x4.100x4.000x1.500 mm
Peso	32.000 kg
Tensión de cortocircuito	10%

Tabla 22. Datos técnicos del transformador de MT/At de la subestación elevadora. Fuente: Schneider Electric.

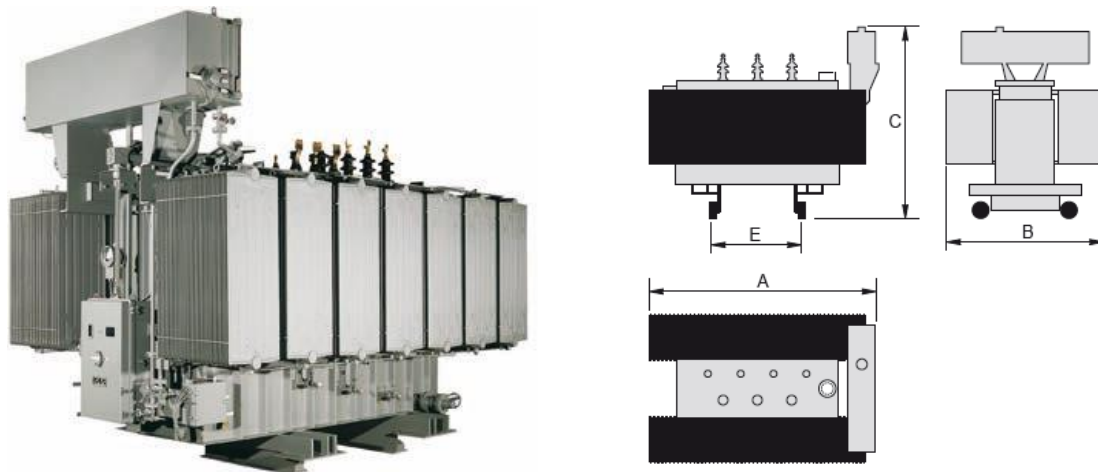


Ilustración 31. Transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.

Celdas de media tensión

Al igual que en las celdas de media tensión empleadas en las torres de los aerogeneradores, para la subestación se han seleccionado celdas modulares por ser más compactas y sencillas de mantener. Estas irán ubicadas en el interior de la subestación elevadora del parque.

Las celdas de esta parte de la instalación cuentan con las siguientes funciones:

- **Función de entrada de línea:** Se encarga de recoger la energía proveniente de la línea subterránea de media tensión.
- **Función de protección del transformador de servicios auxiliares:** Se ha supuesto que el transformador tiene una relación de transformación de 20/0,40 kV y una potencia nominal de 400 kVA, ya que no se dispone de información para la selección de sus características.
- **Función de salida de línea:** Se encarga de dirigir la energía desde las barras a 20 kV al centro de transformación principal de la subestación, cuya relación de transformación es 20/66 kV.

Se han seleccionado celdas modulares aisladas con SF₆ con las funciones antes descritas del fabricante Schneider Electric. Sus características técnicas se muestran a continuación.

Celda modular de función de línea

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidades	
Intensidad nominal	1.250 A
Intensidad nominal de cresta	40 kA
Intensidad de cortocircuito, 1 s	16 kA
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV

Tabla 23. Características de la celda de media tensión con función de línea de la subestación. Fuente: Schneider Electric.

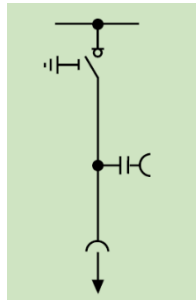


Ilustración 32. Esquema de celda de media tensión con función C. Fuente: Schneider Electric.

Celda modular de función de protección

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidades	
Intensidad nominal	1.250 A
Intensidad nominal de cresta	40 kA
Intensidad de cortocircuito, 1 s	1 kA
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV

Tabla 24. Características de la celda de media tensión con función de protección de la subestación. Fuente: Schneider Electric.

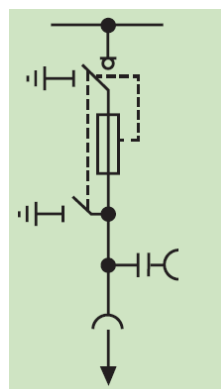


Ilustración 33. Esquema de celda de media tensión con función T1. Fuente: Schneider Electric.

Transformador de servicios auxiliares

El transformador de equipos auxiliares es el encargado de reducir el valor de la tensión proveniente de la línea subterránea de media tensión desde 20 kV hasta un valor adecuado para alimentar a otros equipos que funcionan dentro de la subestación elevadora del parque.

Dado que se desconocen las características eléctricas que deberían tener los equipos de servicios auxiliares, se ha decidido seleccionar un transformador con las siguientes características:

Características mínimas		
Tipo	Trifásico, seco encapsulado	
Relación	20 kV / 400 V	
Potencia nominal	400 kVA	
Frecuencia	50 Hz	
Grupo de conexión	Ydn11	
Tensión de cortocircuito	≤6%	
Clase de aislamiento	F	
Nivel de aislamiento del primario	Frecuencia industrial	24 kV
	Impulso tipo rayo	125 kV
Nivel de aislamiento del secundario	Frecuencia industrial	3 kV

Tabla 25. Características mínimas del transformador de SS.AA. de la subestación. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que las celdas de media tensión, este equipo se ubicará en el interior del edificio de la subestación.

Apararata de protección de la instalación de media tensión

Para proteger la subestación de los efectos de las sobretensiones de origen atmosférico se han seleccionado diferentes juegos de pararrayos autoválvula, empleando para ello el método simplificado de ABB.

Las autoválvulas se deben colocar entre cada una de las fases de la línea y tierra, lo más cerca posible del elemento a proteger, por ello, para este proyecto se requieren los siguientes juegos de autoválvulas:

- 3 Autoválvulas para la reactancia de puesta a tierra, a una tensión de 20 kV.
- 3 Autoválvulas para el transformador de potencia MT/AT, a una tensión de 66 kV.
- 3 Autoválvulas en la línea de salida, a una tensión de 66 kV.

El funcionamiento de las autoválvulas se basa en su capacidad de actuar como un circuito abierto al estar a la tensión nominal de servicio y pasar a comportarse como un conductor ante la presencia de una sobretensión, lo que favorece que parte de la mayor parte descarga vaya a tierra.

En este proyecto se han seleccionado las autoválvulas de óxido de cinc PEXLIM R del fabricante ABB, ya que su empleo está indicado para la protección contra sobretensiones de las subestaciones y los equipos que operan en ellas.

Las características de las autoválvulas finalmente seleccionadas se muestran a continuación.

Ubicación	Modelo de autoválvula	Tensión máxima de red, U_m	Tensión nominal, U_r	Tensión de trabajo continuo máxima, U_c	Capacidad de sobretensiones temporales		Tensión residual máxima con onda de corriente	Distancia de fuga
					1 s	10 s	8/20 μ s 10 kA	
Reactancia de puesta a tierra	PEXLIM R 21- YV024	24 kV	21 kV	16,8 kV	24,1 kV	23,1 kV	54,4 kV	1.863 mm
Transformador de potencia MT/AT	PEXLIM R 60- YH072	72 kV	60 kV	48 kV	69,0 kV	66,0 kV	156 kV	1.863 mm
Línea de salida	PEXLIM R 60- YH072	72 kV	60 kV	48 kV	69,0 kV	66,0 kV	156 kV	1.863 mm

Tabla 26. Autoválvulas seleccionadas para la instalación. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 34. Autoválvula PEXLIM R. Fuente: ABB.

8.3.3.9. Instalaciones de puesta a tierra

Las instalaciones de puesta a tierra diseñadas para este proyecto tienen la finalidad de limitar la tensión en caso de sobretensiones de carácter atmosférico o de maniobra que pudieran aparecer en las masas metálicas de los equipos respecto a tierra.

En el caso de los aerogeneradores, debido a su elevada altura, es de especial importancia generar un camino de baja impedancia que permita derivar las sobretensiones producidas por el impacto de un rayo a tierra.

Para el diseño de las instalaciones de puesta a tierra se han empleado las condiciones establecidas en el ITC-RAT 13.

Más concretamente, dentro de este apartado se han diseñado las instalaciones de puesta a tierra de los aerogeneradores y de la subestación elevadora del parque.

Puesta a tierra de los aerogeneradores

La puesta a tierra de los aerogeneradores está formada por una única tierra general, que hace tanto las funciones de tierra de protección, como de tierra de servicio.

En más detalle, la instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores se ha realizado empleando la disposición de “patas de araña”, ya que es una configuración muy habitual en los parques eólicos. Esta se diseña a partir de un anillo conductor de cobre que se conecta a dos puntos a 180° de la armadura de la torre, a cierta distancia de la cimentación del aerogenerador, combinándose con este anillo la conexión de varios electrodos verticales.

Por otro lado, para cumplir con el principio de equipotencialidad, se conectarán a tierra tanto los elementos metálicos internos del aerogenerador, además del transformador de BT/MT y la torre.

Finalmente, se ha diseñado y comprobado con el ITC-RAT 13 una instalación de puesta a tierra formada por dos anillos de cobre unidos por 8 conductores y 4 picas por anillo. Las picas más alejadas estarán a una distancia de 26 m del centro de la zapata de los aerogeneradores.

Las características de cada elemento de se muestran a continuación:

- **Anillo inferior:** De cobre desnudo de 50 mm² y formando un círculo de 38,25 m de diámetro, enterrado a 1,5 m de profundidad.
- **Anillo superior:** De cobre desnudo de 50 mm² y formando un círculo de 17,75 m de diámetro, enterrado a 0,5 m de profundidad.
- **Picas:** Con una longitud de 2 m y un diámetro de 14 mm, ubicadas en los anillos en forma de cuadrado (situadas a 90° entre ellas).

Además, se unirán las instalaciones de puesta a tierra de los aerogeneradores con la instalación de puesta a tierra de la subestación elevadora del parque mediante un conductor de cobre desnudo de 50 mm² que discurrirá por la zanja de la línea subterránea de media tensión, como se puede observar en los planos 6.03 y 8.03.

El diseño final de la puesta a tierra de los aerogeneradores se muestra en el plano 8.01.

Puesta a tierra de la subestación

Para el diseño de la instalación de puesta a tierra de la subestación se han empleado las condiciones establecidas por el ITC-RAT 13 y el método UNESA.

Al contrario que en la instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores, donde una única tierra general hace las funciones, tanto de tierra de servicio, como de tierra de protección, en la instalación de puesta a tierra de la subestación sí se realiza la separación de ambas funciones.

Más concretamente, la instalación de puesta a tierra de protección presenta la siguiente configuración:

- **Geometría del sistema:** Anillo rectangular
- **Distancia de la red:** 8 x 12 m
- **Profundidad del electrodo horizontal:** 0,8 m
- **Número de picas:** 6
- **Longitud de las picas:** 2 m
- **Sección del conductor:** 50 mm²
- **Diámetro de las picas:** 14 mm

Por otro lado, la configuración de la instalación de la puesta a tierra de servicio es la siguiente:

- **Identificación:** 8/62
- **Geometría:** Picas alineadas
- **Número de picas:** 6 picas
- **Longitud entre picas:** 2 m
- **Profundidad de las picas:** 0,8 m
- **Sección del conductor:** 50 mm²
- **Diámetro de las picas:** 14 mm
- **Separación entre picas:** 3 m

La separación de los electrodos de la instalación de la puesta a tierra de protección respecto a la de servicio debe ser de al menos 21,34 m.

Debajo del edificio de la subestación se colocará una malla metálica de 14 x 10 m formada por una cuadrícula cuadrada de 0,3 x 0,3 m de mallazo redondo de 50 mm² de sección.

A esta malla se conectarán, tanto la instalación de puesta a tierra de la subestación como las masas conectadas a los elementos a proteger.

Los detalles de la instalación de puesta a tierra de la subestación se muestran en el plano 8.02.

9. Orden de prioridad entre los documentos

El orden de prioridad de los documentos que forman este proyecto es el siguiente:

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

10. Resultados finales

Finalmente, la configuración del parque eólico objeto de este proyecto es la siguiente:

- El parque eólico estará ubicado en el municipio de Arico, en un solar situado en las cercanías de la población de San Miguel de Tajao y con referencia catastral 38005A009000060000ST. Los detalles del emplazamiento se encuentran en los planos 1.00 y 2.00.
- El parque estará formado por un total de 2 aerogeneradores del fabricante Eno Energy, más concretamente, el modelo Eno 126 4.8, de 126 m de diámetro, 117 m de altura, 4,8 MW de potencia nominal y control tipo pitch. Estos estarán orientados hacia el Noreste y serán capaces de generar 36.309.173,40 kWh/año. La ubicación de los aerogeneradores dentro del emplazamiento y sus áreas de influencia eólica se encuentran en los planos 3.01 y 3.02.
- Los aerogeneradores se fijarán al terreno por medio de zapatas circulares de hormigón armado de 28 m de diámetro y 3 m de canto total. Gracias a la cimentación, los aerogeneradores podrán soportar las cargas causadas por el empuje del viento durante su funcionamiento. Los detalles de la cimentación se encuentran en los planos 4.01 y 4.02.
- En cuanto al sistema eléctrico, cada aerogenerador cuenta con un generador síncrono con excitación sin escobillas, que será capaz de generar electricidad a 690 V y 50 Hz gracias a la acción de un convertidor de potencia completa AC-AC basado en IGBT con una etapa intermedia de corriente continua del fabricante ABB, más concretamente, el modelo 87LC-6604A/6144A-7.
- La energía obtenida en el generador se transportará hasta el convertidor a través de un conductor de 15 m formado por 15 ternas de 300 mm² para las fases, 15 conductores unipolares de 150 mm² para el neutro y 15 conductores unipolares de 150 mm² para el conductor de protección, todos ellos del modelo RETENAX CPRO Flex del fabricante Prysmian con una tensión asignada de 0,6/1 kV.
- La energía obtenida en el convertidor a 690 V y 50 Hz se transportará a lo largo de 140 m hasta llegar al centro de transformación ubicado en el interior de la base de la torre

de cada uno de los aerogeneradores. El conductor empleado estará formado por 20 ternas de 185 mm² para las fases, 20 conductores unipolares de 95 mm² para el neutro y 20 conductores unipolares de 95 mm² para el conductor de protección, todos ellos del modelo RETENAX CPRO Flex del fabricante Prysmian con una tensión asignada de 0,6/1 kV. El esquema unifilar de la instalación de BT de los aerogeneradores se encuentra en el plano 5.00.

- El centro de transformación de BT/MT ubicado en el interior de la base de la torre de cada aerogenerador será el encargado de elevar la tensión de 690 V a 20 kV, para evitar las pérdidas por efecto Joule al transportar la energía generada a través de la línea subterránea de media tensión del parque. Más concretamente, el transformador será el modelo BEST-KT-6300-24-8-N del fabricante BEST, de tipo seco encapsulado con una potencia nominal de 6.300 kVA, un voltaje máximo de 24 kV, grupo de conexión Dyn11 y relación de transformación 0,69/20 kV.
- La energía obtenida a 20 kV irá del centro de transformación hasta las celdas modulares de media tensión de cada aerogenerador. El aerogenerador 1 contará con celdas con configuración 0L+1L+1P, mientras que el aerogenerador 2 contará con configuración 0L+1P, ya que no requiere función de entrada de línea. Estas celdas serán del fabricante Ormazabal, más concretamente, los modelos cgmcosmos-l, cgmcosmos-p y cgmcosmos-rb, con una tensión asignada de 24 kV y una corriente asignada de 400 A. Los esquemas unifilares de cada tipo de celda se encuentran en el plano 6.01.
- La instalación de BT de los aerogeneradores estará protegida con un interruptor automático principal del fabricante Schneider Electric. El modelo del dispositivo es el Masterpact MTZ3/Schneider, que cuenta con una corriente nominal de 5 kA, una tensión nominal de 690 V y un poder de corte en servicio de 100 kA. Además, cada aerogenerador contará con un descargador de tensión del modelo Strikesorb 40-G del fabricante Raycap para protegerlos contra las sobretensiones de origen atmosférico, además de los elementos de protección externa con los que cuenten de fábrica. Los detalles de este apartado se encuentran en el plano 5.00.
- La salida de las celdas modulares de media tensión se conectará con la línea subterránea de media tensión del parque, que se encargará de recolectar la energía producida por cada aerogenerador y transportarla a 20 kV hasta las celdas de media tensión de la subestación elevadora. Esta línea medirá 429,6 m y estará enterrada directamente en zanja a una profundidad de 1 m junto con otros elementos como la cinta de señalización, la protección mecánica y el conductor de puesta a tierra, que estará formado por hilo de cobre desnudo de 50 mm². El conductor empleado para la línea de media tensión será unipolar, del modelo AL VOLTALENE H del fabricante Prysmian, con una tensión asignada de 12/20 kV y 240 mm² de sección. Los detalles de la zanja de la línea de MT se encuentran en el plano 6.03.

- Como régimen de neutro de media tensión se empleará una reactancia en zig-zag con un valor de 500 A. Su posición dentro del sistema eléctrico del parque se encuentra en el plano 7.00.
- La línea de media tensión transportará la energía a 20 kV hasta llegar a la subestación elevadora del parque, donde se conectará a las celdas modulares de media tensión aisladas con SF₆ con función de entrada de línea, función de protección de servicios auxiliares y función de salida de línea. Estas celdas serán del fabricante Schneider Electric con una tensión asignada de 24 kV y una corriente asignada de 1.250 A. Los esquemas unifilares de cada tipo de celda se encuentran en el plano 6.04.
- Desde las celdas de media tensión de la subestación parte de la energía irá a un transformador sumergido en aceite del fabricante Schneider Electric para elevar la tensión hasta los 66 kV y que pueda ser inyectada en la red de transporte eléctrico de la isla. El transformador será del modelo Minera MP, con una potencia nominal de 20 MVA, un voltaje máximo de 72, 5 kV, grupo de conexión Ydn11 y relación de transformación 20/66 kV. Este irá ubicado en el interior del edificio de la subestación.
- La otra parte de la energía que llega a las celdas de media tensión de la subestación se deriva a un transformador de servicios auxiliares donde se disminuye la tensión de 20 kV a 400 V. Este transformador tiene una potencia nominal de 400 kVA, una relación de transformación de 20 kV/400 V y grupo de conexión Ydn11.
- La aparatada de protección de media tensión estará formada por un total de 9 autoválvulas del fabricante ABB, 3 en la reactancia de puesta a tierra (PEXLIM R 21-YV024), 3 en la entrada del transformador de MT/AT (PEXLIM R 60- YH072) y 3 en la línea de salida (PEXLIM R 60- YH072).
- La instalación de puesta a tierra del parque eólico estará formada por la instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores y la instalación de puesta a tierra de la subestación, que contará con una puesta a tierra de protección y otra de servicio. Los detalles de estas instalaciones se encuentran en los planos 8.01, 8.02 y 8.03.
- Finalmente, la energía a la salida de la subestación se conectaría a la red de transporte de la isla a través de la línea de evacuación de alta tensión, que se encuentra fuera del alcance de este proyecto.

10.1. Final results

Finally, the configuration of the wind farm object of this project is the following:

- The wind farm will be located in the municipality of Arico, on a site located near the town of San Miguel de Tajao and with the cadastral reference 38005A009000060000ST. The details of the site can be found in drawings 1.00 and 2.00.
- The park will consist of a total of two wind turbines from the manufacturer Eno Energy, more specifically, the model Eno 126 4.8, characterized for its 126 m in diameter, 117 m high, 4.8 MW of nominal power and pitch-type control. These will be oriented towards the Northeast and will be capable of generating 36.309.173,40 kWh/year. The location of the wind turbines within the site and their wind influence areas are found in drawings 3.01 and 3.02.
- The wind turbines will be fixed to the ground through circular reinforced concrete shoes with a diameter of 28 m and a total depth of 3 m. Thanks to the foundation, the wind turbines will be able to support the loads caused by the force of the wind during their operation. The details of the foundation can be found in drawings 4.01 and 4.02.
- Regarding the electrical system, each wind turbine has a synchronous generator with brushless excitation, which will be able to generate electricity at 690 V and 50 Hz thanks to the action of a full power AC-AC converter based on IGBT with a direct current intermediate stage from the manufacturer ABB, more specifically, the model 87LC-6604A / 6144A-7.
- The energy obtained in the generator will be transported to the converter through a 15 m conductor formed by 15 triads of 300 mm² for the phases, 15 unipolar conductors of 150 mm² for the neutral and 15 unipolar conductors of 150 mm² for the protective conductor, all of them of the model RETENAX CPRO Flex from the manufacturer Prysmian with a rated voltage of 0.6 / 1 kV.
- The energy obtained in the converter at 690 V and 50 Hz will be transported over 140 m until it reaches the transformation center located inside the base of the tower of each of the wind turbines. The conductor used will consist of 20 triads of 185 mm² for the phases, 20 unipolar conductors of 95 mm² for the neutral and 20 unipolar conductors of 95 mm² for the protective conductor, all of them of the model RETENAX CPRO Flex from the manufacturer Prysmian with a rated voltage of 0.6 / 1 kV. The single-line diagram of the LV installation of the wind turbines can be found in drawing 5.00.
- The LV / MV transformation center located inside the base of the tower of each wind turbine will be in charge of raising the voltage from 690 V to 20 kV, to avoid losses due to the Joule effect when transporting the energy generated through of the underground medium voltage line of the park. More specifically, the transformer will be the BEST-KT-6300-24-8-N model from the manufacturer BEST, of the encapsulated dry type with a

nominal power of 6.300 kVA, a maximum voltage of 24 kV, connection group Dyn11 and transformation ratio 0,69 / 20 kV.

- The energy obtained at 20 kV will go from the transformation center to the medium voltage modular cells of each wind turbine. Wind turbine 1 will have cells with a 0L + 1L + 1P configuration, while wind turbine 2 will have a 0L + 1P configuration, since it does not require a line input function. These cells will be from the manufacturer Ormazabal, more specifically, the cgmcosmos-l, cgmcosmos-p and cgmcosmos-rb models, with a rated voltage of 24 kV and a rated current of 400 A. The single-line diagrams for each type of cell are found in drawing 6.01.
- The LV installation of the wind turbines will be protected with a main circuit breaker from the manufacturer Schneider Electric. The device model is the Masterpact MTZ3 / Schneider, which has a nominal current of 5 kA, a nominal voltage of 690 V and an in-service breaking capacity of 100 kA. In addition, each wind turbine will have a Strikesorb 40-G lightning arrester from the manufacturer Raycap to protect them against overvoltages of atmospheric origin, in addition to the external protection elements that are available from the factory. The details of this section are in drawing 5.00.
- The output of the modular medium voltage cells will be connected to the underground medium voltage line of the park, which will be in charge of collecting the energy produced by each wind turbine and transporting it at 20 kV to the medium voltage cells of the booster substation. This line will measure 429,6 m and will be buried directly in a trench at a depth of 1 m together with other elements such as the marking tape, the mechanical protection and the grounding conductor, which will be made up of 50 mm² bare copper wire. The conductor used for the medium voltage line will be unipolar, of the model AL VOLTALENE H from the manufacturer Prysmian, with a rated voltage of 12/20 kV and a section of 240 mm². Details of the MV line trench can be found in drawing 6.03.
- As a medium voltage neutral regime, a zig-zag reactance with a value of 500 A will be used. Its position within the electrical system of the park is in drawing 7.00.
- The medium voltage line will transport the energy at 20 kV until it reaches the wind farm substation, where it will be connected to the SF6 insulated medium voltage modular cells with a line input function, an auxiliary services protection function, an auxiliary service function and a line out function. These cells will be from the manufacturer Schneider Electric with a rated voltage of 24 kV and a rated current of 1.250 A. The single-line diagrams for each type of cell are found in drawing 6.04.
- From the medium voltage cells of the substation, part of the energy will go to an oil-immersed transformer from the manufacturer Schneider Electric to raise the voltage to 66 kV and which can be injected into the island's electrical transmission grid. The transformer will be of the model Minera MP, with a nominal power of 20 MVA, a

maximum voltage of 72,5 kV, connection group Ydn11 and a transformation ratio of 20/66 kV. This will be located inside the substation building.

- The other part of the energy that reaches the substation's medium voltage cells is derived to an auxiliary services transformer where the voltage is reduced from 20 kV to 400 V. This transformer has a nominal power of 400 kVA, a transformation ratio of 20 kV/400 V and connection group Ydn11.
- The medium voltage protection switchgear will be made up of a total of 9 automatic valves from the manufacturer ABB, 3 in the earthing reactance (PEXLIM R 21- YV024), 3 in the input of the MV/HV transformer (PEXLIM R 60 - YH072) and 3 in the output line (PEXLIM R 60- YH072).
- The grounding installation of the wind farm will consist of the grounding installation of the wind turbines and the grounding installation of the substation, which will have a protective ground and a service ground. Details of these facilities are found in drawings 8.01, 8.02 and 8.03.
- Finally, the energy at the exit of the substation would be connected to the island's transport network through the high-voltage evacuation line, which is outside the scope of this project.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

ANEXO I. Estudio del recurso eólico

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice

1. Objeto.....	4
2. Recurso eólico disponible en la isla de Tenerife	4
2.1. Factores a tener en cuenta al elegir el emplazamiento	4
2.2. Selección del emplazamiento.....	6
2.3. Ubicación de los aerogeneradores.....	10
2.4. Análisis del recurso eólico en la ubicación	11
2.4.1. Descripción estadística del viento: Ley de Weibull	13
2.4.2. Distribución de Weibull del viento	14
2.4.3. Curva de duración de la velocidad del viento	14
2.4.4. Dirección predominante del viento	15
3. Selección de los aerogeneradores	24
3.1. Obtención de los parámetros de cada aerogenerador	24
3.2. Comparativa entre los diferentes modelos de aerogeneradores	27
4. Características del aerogenerador seleccionado	31

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Curva de potencia de un aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.....	5
Ilustración 2. Distribución de Weibull. Fuente: Elaboración propia.	5
Ilustración 3. Recurso eólico en Canarias. Fuente: Grafcan.....	6
Ilustración 4. Recurso eólico en la isla de Tenerife. Fuente: Grafcan.	7
Ilustración 5. Parques eólicos en el Sur de Tenerife. Fuente: Grafcan.	7
Ilustración 6. Recurso eólico en el emplazamiento y cartografía del emplazamiento. Fuente: Grafcan.	8
Ilustración 7. Áreas Importantes para las Aves (IBAS). Fuente: Grafcan.	8
Ilustración 8. Parcela catastral 38005A009000060000ST. Fuente: Sede Electrónica del Catastro.	9
Ilustración 9. Comprobación de las distancias a las viviendas y los núcleos urbanos. Fuente: Elaboración propia.	9
Ilustración 10. Recurso eólico a 80 m en el emplazamiento. Fuente: Grafcan.....	10
Ilustración 11. Ubicación de los aerogeneradores. Fuente: Google Earth.....	11
Ilustración 12. Distribución de Weibull en función del factor de forma, k. Fuente: monografías.com.	13
Ilustración 13. De izquierda a derecha: Distribución de Weibull del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.	14
Ilustración 14. De izquierda a derecha: Curva de duración de la velocidad del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.	14
Ilustración 15. De izquierda a derecha: Coordenadas de la cuadrícula en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.	15
Ilustración 16. Rosa de los vientos en el punto 1 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	16
Ilustración 17. Rosa de los vientos en el punto 2 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	17
Ilustración 18. Rosa de los vientos en el punto 3 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	18
Ilustración 19. Rosa de los vientos en el punto 4 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	19
Ilustración 20. Rosa de los vientos en el punto 1 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	20
Ilustración 21. Rosa de los vientos en el punto 2 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	21
Ilustración 22. Rosa de los vientos en el punto 3 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	22
Ilustración 23. Rosa de los vientos en el punto 4 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	23
Ilustración 24. Variación de los parámetros de Weibull con la altura en las ubicaciones 1 y 2. Fuente: Elaboración propia.	25
Ilustración 25. Curvas de potencia de los aerogeneradores seleccionados. Fuente: Elaboración propia.	29
Ilustración 26. Generador síncrono sin escobillas de imanes permanentes con convertidor. Fuente: Ingeniería de la Energía Eólica, Miguel Villarrubia López.	32
Ilustración 27. Curva de potencia del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Elaboración propia.....	32

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de los aerogeneradores en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia.	10
Tabla 2. Datos eólicos en la ubicación 1. Fuente: Grafcan.....	12
Tabla 3. Datos eólicos en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.....	12
Tabla 4. Coordenadas UTM de la cuadrícula del visor de Grafcan. Fuente: Elaboración propia.....	15
Tabla 5. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 1 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	16
Tabla 6. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 2 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	17
Tabla 7. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 3 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	18
Tabla 8. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 4 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.	19
Tabla 9. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 1 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 10. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 2 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 11. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 3 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	22
Tabla 12. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 4 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.	23
Tabla 13. Datos técnicos de los aerogeneradores seleccionados. Fuente: Elaboración propia.	28
Tabla 14. Clase del emplazamiento en el viento según la normativa IEC 61400. Fuente: Elaboración propia.	30
Tabla 15. Parámetros de cada modelo de aerogenerador ordenados de mayor a menor energía anual generada. Fuente: Elaboración propia.	30
Tabla 16. Ficha técnica del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Eno Energy.....	31

1. Objeto

El objeto de este anexo es el análisis del recurso eólico disponible en la isla de Tenerife para seleccionar un emplazamiento apropiado para el sistema de generación eólica. Más concretamente, en este apartado se estudian la velocidad y la dirección del viento en diferentes puntos de la isla, se analiza qué emplazamientos cumplen con la normativa aplicable en lo referente a la instalación de sistemas de generación eólica, y se seleccionan los aerogeneradores en función de su potencia y disponibilidad en el mercado.

2. Recurso eólico disponible en la isla de Tenerife

2.1. Factores a tener en cuenta al elegir el emplazamiento

La elección del emplazamiento de los aerogeneradores debe realizarse atendiendo a diferentes factores, de modo que se consiga un compromiso adecuado entre la viabilidad técnica y la económica.

Por un lado, desde el punto de vista energético, se debe procurar ubicar los aerogeneradores en aquellas regiones de la isla donde el recurso eólico sea abundante y regular, de modo que se incremente el número de horas equivalentes en el que estos operan.

Desde el punto de vista económico, el emplazamiento debe garantizar que la instalación y el mantenimiento de los equipos sea lo más económico posible, cumpliendo al mismo tiempo con la normativa local.

Por último, también se debe tener en cuenta el impacto medioambiental que produce la operación de las turbinas en el ecosistema y evitar instalarlas en zonas protegidas.

A continuación, se especifican algunos de los aspectos relacionados con el recurso eólico que se deben analizar antes de decidir el emplazamiento definitivo de los aerogeneradores:

- **Velocidad media anual:** La energía media anual generada por una turbina eólica depende directamente de la velocidad del viento, tal y como nos muestra su curva de potencia en la ilustración 1, que relaciona la potencia eléctrica generada por la misma con la velocidad del recurso eólico. Por tanto, la velocidad media anual del viento en el emplazamiento de los aerogeneradores es uno de los indicadores más importantes para asegurar la viabilidad técnica del proyecto. De la misma manera, al optar por una ubicación con mayor velocidad media anual también se incrementa el número de horas en los que el aerogenerador opera a su potencia nominal y, por tanto, el número de horas equivalentes de producción de energía.

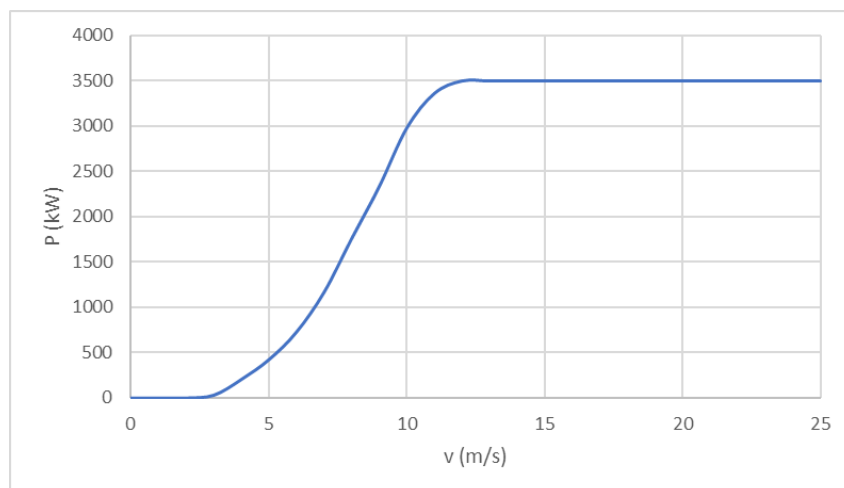


Ilustración 1. Curva de potencia de un aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.

- **Distribución del viento:** En los análisis de recurso eólico es habitual emplear el modelo de distribución de Weibull para aproximar la distribución anual del viento en un punto de estudio determinado. Por ello, se suele caracterizar el recurso eólico de un emplazamiento en función de su factor de escala, C (m/s), y su factor de forma, k (adimensional). Más concretamente, un mismo generador será capaz de producir más energía en aquel emplazamiento que presente un mayor valor de C y un menor valor de k .

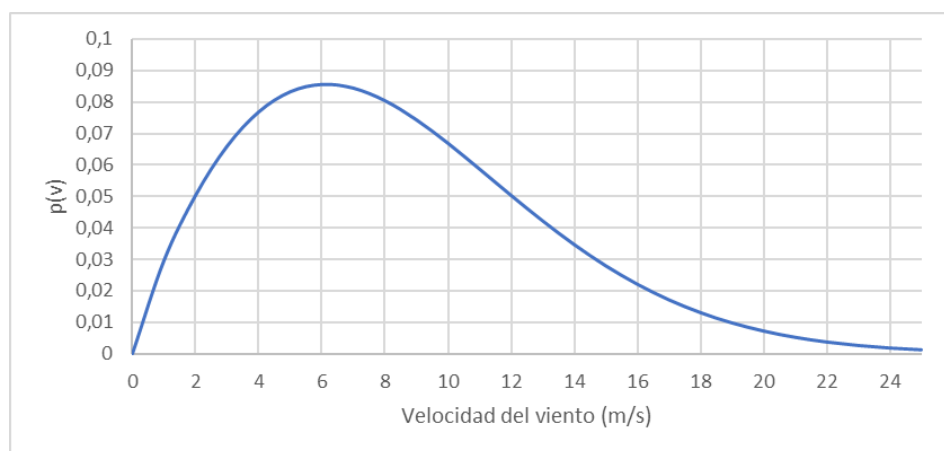


Ilustración 2. Distribución de Weibull. Fuente: Elaboración propia.

- **Accesos:** Las grandes dimensiones de los aerogeneradores son un gran condicionante al elegir el emplazamiento, ya que se requiere de accesos apropiados para su correcto transporte y construcción.
- **Configuración del terreno:** Las irregularidades del terreno pueden encarecer de forma considerable los costes de la construcción de un proyecto de estas características, pudiendo incluso llegar a impedir su ejecución.
- **Conexión a red:** Otro factor a tener en cuenta es la concesión de un punto de conexión a red, que depende, no solo la distancia hacia dicho punto, sino de las condiciones que pone la empresa distribuidora para la obtención de este.

- **Restricciones en zonas sensibles:** En Tenerife los aerogeneradores se deben instalar cumpliendo con las distancias establecidas en el Decreto 6/2015, de 30 de enero, por el que se regula la instalación y explotación de los parques eólicos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias. Más concretamente, en este decreto se establece que la distancia entre un aerogenerador y un núcleo habitado no debe ser inferior a 250 m si su potencia no excede los 900 kW. En el caso de que la potencia sea mayor, esta distancia se incrementará hasta los 400 m. Por otro lado, para evitar el impacto medioambiental, es necesario cerciorarse de que los aerogeneradores no son instalados en áreas protegidas.

2.2. Selección del emplazamiento

Para elegir un emplazamiento adecuado para el parque eólico, se debe analizar previamente el recurso eólico de la isla de Tenerife. Para ello, se ha recurrido a los datos suministrados por el Sistema de Información Territorial de Canarias o Grafcan.

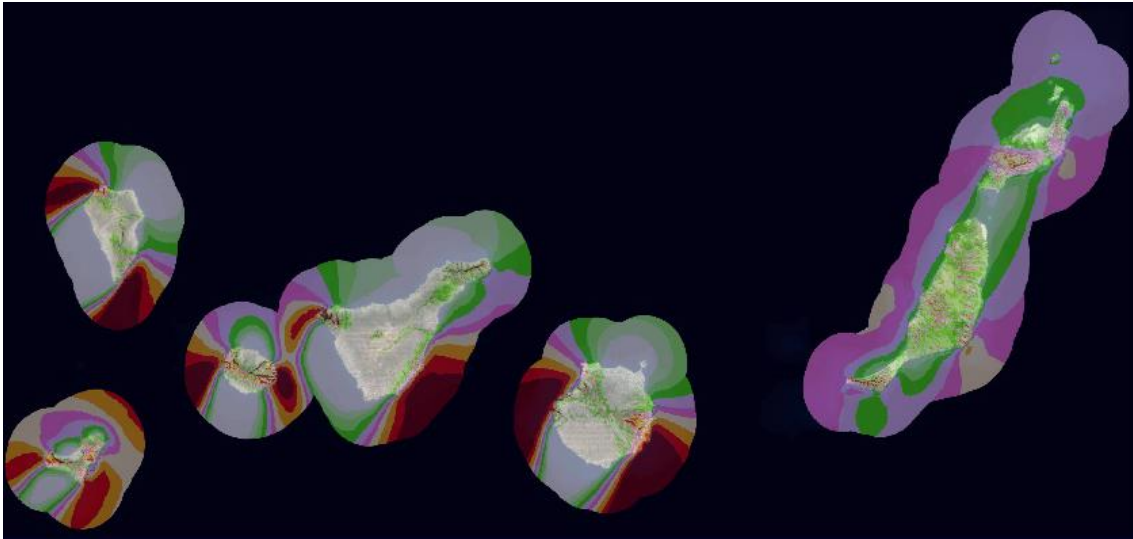


Ilustración 3. Recurso eólico en Canarias. Fuente: Grafcan.

En este visor se pueden obtener los siguientes datos del recurso eólico en un punto seleccionado para tres alturas diferentes del buje del aerogenerador (40 m, 60 m y 80 m):

- Coordenadas UTM.
- Coordenadas geográficas.
- Elevación del terreno.
- Rugosidad del terreno.
- Velocidad media del viento.
- Constante C (Weibull).
- Constante k (Weibull).
- Índice de turbulencia.

Por otro lado, cuenta con una cuadrícula de 2 km de resolución en la que se muestran las rosas de los vientos de cada uno de los puntos que la conforman, lo que permite realizar un estudio aproximado de cuáles serán las direcciones predominantes del viento en un punto determinado.

Partiendo de estos datos se puede obtener la distribución de Weibull del viento en un punto determinado de la isla y decidir cuál es la mejor orientación para los aerogeneradores.

Como se observa en la ilustración 4, las regiones de la isla de Tenerife que presentan los recursos eólicos más abundantes se encuentran en los municipios de Buenavista del Norte, Granadilla y Arico.

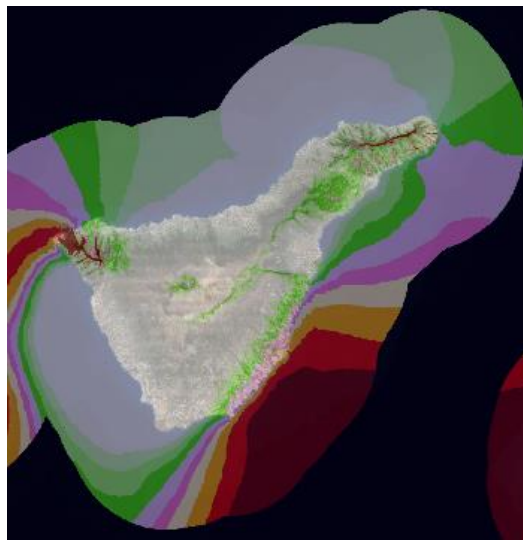


Ilustración 4. Recurso eólico en la isla de Tenerife. Fuente: Grafcan.

Debido a la gran inserción que tienen las energías renovables en el Sur de Tenerife, se ha optado por analizar el recurso eólico disponible en esta región de la isla, teniendo en cuenta para ello la existencia previa de otros parques eólicos y sus zonas de influencia.

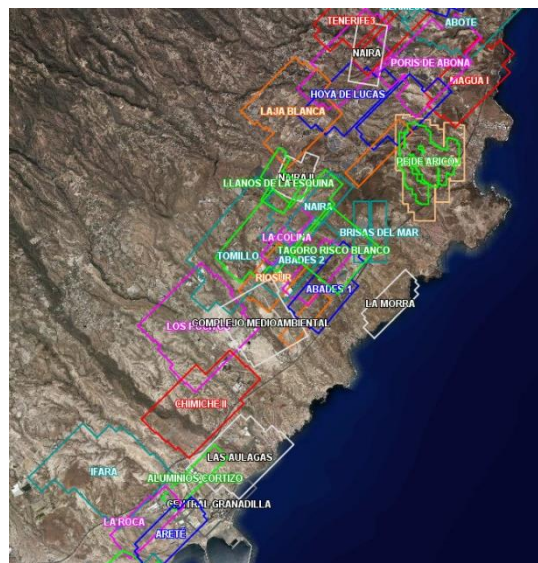


Ilustración 5. Parques eólicos en el Sur de Tenerife. Fuente: Grafcan.

Tras realizar el análisis de las zonas disponibles en el Sur con un recurso eólico lo suficientemente favorable como para realizar una instalación de generación eólica, se ha optado por situar el parque eólico en el municipio de Arico.

Más concretamente, el emplazamiento de los aerogeneradores sería en la Llanura de Santiago, que se sitúa en las cercanías de la población de San Miguel de Tajao.

La parcela donde irían ubicados los aerogeneradores se encuentra fuera de las zonas de influencia de otros parques eólicos ya existentes, cuenta con accesos cercanos por carretera y presenta una velocidad media anual del viento comprendida entre los 7 y los 8 m/s.



Ilustración 6. Recurso eólico en el emplazamiento y cartografía del emplazamiento. Fuente: Grafcan.

Por otro lado, se ha verificado que la parcela no pertenece a las denominadas Áreas Importantes para las Aves (IBAS), ya que la instalación de turbinas puede tener efectos perjudiciales en algunas especies.



Ilustración 7. Áreas Importantes para las Aves (IBAS). Fuente: Grafcan.

Una vez se ha comprobado que el emplazamiento seleccionado cumple con unos requisitos mínimos, se pasa a obtener la referencia catastral de la parcela donde se ubicarían los aerogeneradores. Sus datos se muestran a continuación:

- Superficie: 508.144 m².
- Referencia catastral: 38005A009000060000ST.

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
38005A009000060000ST

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN:
Polígono 9 Parcela 6
LL SANTIAGO. ARICO (S.C. TENERIFE)

USO PRINCIPAL: Agrario (Pastos 02) USO CONSTITUCIONAL: ...

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000 SUPERFICIE COBERTURA SUT: ...

PARCELA CATASTRAL

LOCALIZACIÓN:
Polígono 9 Parcela 6
LL SANTIAGO. ARICO (S.C. TENERIFE)

SUPERFICIE COBERTURA SUT: 0 SUPERFICIE TOTAL SUT: 508,144 TIPO DE TERRENO: ...

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/10000

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del Acceso a datos catastrales no protegidos de la SGC.

Ilustración 8. Parcela catastral 38005A009000060000ST. Fuente: Sede Electrónica del Catastro.

A continuación, se ha dibujado sobre el plano del emplazamiento la distancia que deben mantener los aerogeneradores con el núcleo de población de San Miguel de Tajao, siguiendo las directrices del Decreto 6/2015, de 30 de enero. Para ello, se ha trazado un círculo con un radio de 400 m cuyo centro coincide con el núcleo de población.

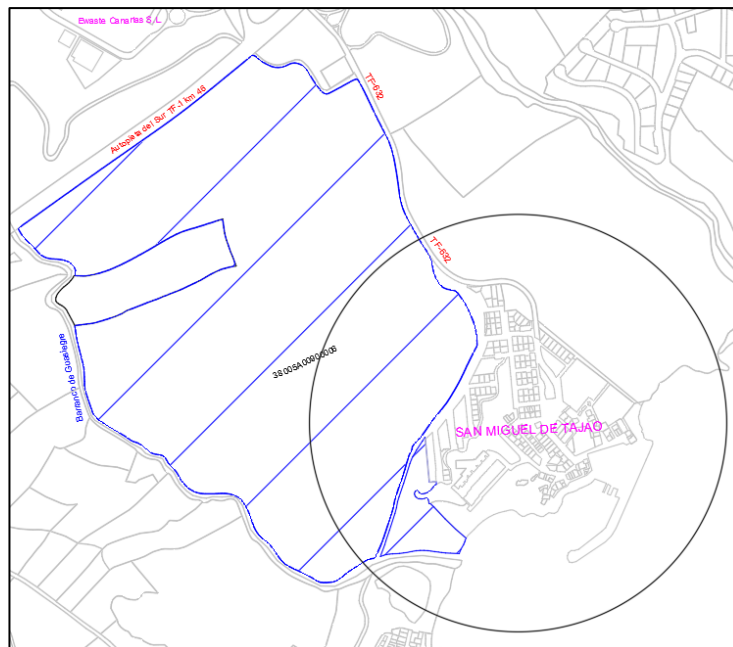


Ilustración 9. Comprobación de las distancias a las viviendas y los núcleos urbanos. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 9, se puede comprobar qué zonas de la parcela no podrán ser ocupadas por los aerogeneradores para mantener las distancias establecidas por el Decreto.

2.3. Ubicación de los aerogeneradores

Una vez seleccionado el emplazamiento del parque eólico se debe decidir cuáles serán las ubicaciones exactas de los aerogeneradores dentro del mismo, para poder realizar un estudio del recurso eólico en puntos más concretos de la parcela.

Dado que el emplazamiento seleccionado presenta un terreno irregular, se comienza estudiando cómo es el perfil longitudinal del solar, a fin de elegir la mejor ubicación para las turbinas eólicas. Más concretamente, se realiza este estudio en la zona del emplazamiento que se muestra en la ilustración 10, ya que presenta el mejor recurso eólico y está alejada del núcleo de población, permitiendo cumplir con las distancias establecidas en el Decreto 6/2015, de 30 de enero. Además, se deberá procurar que la instalación de los aerogeneradores no interfiera con la torre eléctrica señalada en el punto de la ilustración 10.



Ilustración 10. Recurso eólico a 80 m en el emplazamiento. Fuente: Grafcan.

Finalmente, se decide que los aerogeneradores se instalarán en los dos puntos que se muestran en la ilustración 11, ya que se encuentran a una mayor altura que otros puntos de la parcela, evitando así los obstáculos orográficos que pudieran impedir la incidencia del viento en las palas durante su funcionamiento. Sus coordenadas se muestran a continuación:

	Latitud (°)	Longitud (°)	UTM X	UTM Y
Aerogenerador 1	28° 06' 52,30"	16° 28' 38,74"	354880,4	3110771,17
Aerogenerador 2	28° 06' 44,09"	16° 28' 32,49"	355048,01	3110516,46

Tabla 1. Coordenadas de los aerogeneradores en el emplazamiento. Fuente: Elaboración propia.

Además, se han separado los aerogeneradores a una distancia de aproximadamente 300 m, ya que el Decreto 6/2015, de 30 de enero establece que las turbinas instaladas en una misma línea deben mantener una separación no inferior a dos diámetros del rotor. Por tanto, teniendo

en cuenta que en el mercado los rotores de algunas turbinas con una potencia nominal cercana a los 5 MW pueden alcanzar los 150 m de diámetro, se considera que una separación de 300 m será suficiente para garantizar el cumplimiento de la normativa.

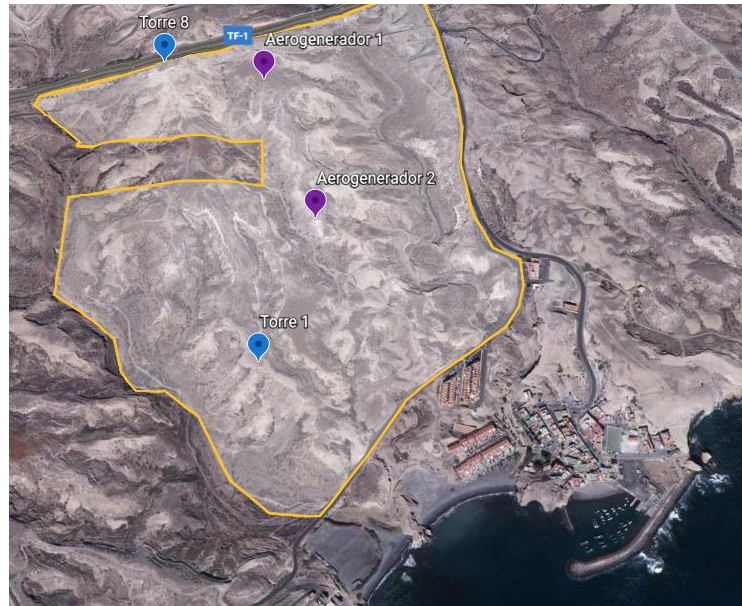


Ilustración 11. Ubicación de los aerogeneradores. Fuente: Google Earth.

2.4. Análisis del recurso eólico en la ubicación

Como se comentó en apartados anteriores, el visor de Grafcan nos permite conocer los datos del recurso eólico en un punto seleccionado para tres alturas diferentes del buje del aerogenerador (40 m, 60 m y 80 m).

Para caracterizar el recurso eólico en las dos ubicaciones elegidas dentro del emplazamiento se han obtenido los siguientes datos:

- Velocidad media del viento, en m/s.
- Rugosidad del terreno, en m.
- Constante C de Weibull o factor de escala, en m/s.
- Constante k de Weibull o factor de forma.
- Índice de turbulencia.

A partir de los datos de cada ubicación, se pueden obtener tanto la distribución de Weibull, como la curva de duración de la velocidad del viento para las alturas de 40, 60 y 80 m, de modo que se pueda valorar el recurso eólico disponible.

Los datos obtenidos se muestran a continuación:

Ubicación 1	Recurso eólico a 80 m	Recurso eólico a 60 m	Recurso eólico a 40 m
Coordenada UTM X	354880,4	354880,4	354880,4
Coordenada UTM Y	3110771,17	3110771,17	3110771,17
Coordenada Geográfica Longitud	16° 28' 38,74"	16° 28' 38,74"	16° 28' 38,74"
Coordenada Geográfica Latitud	28° 06' 52,30"	28° 06' 52,30"	28° 06' 52,30"
Elevación del terreno (m)	67	67	67
Rugosidad del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocidad media del viento (m/s)	8,08	7,72	7,24
Constante C (Weibull), m/s, β	8,86	8,52	7,99
Constante k (Weibull), α	1,905	1,939	1,99
Índice de turbulencia	12,06%	12,62%	13,45%

Tabla 2. Datos eólicos en la ubicación 1. Fuente: Grafcan.

Ubicación 2	Recurso eólico a 80 m	Recurso eólico a 60 m	Recurso eólico a 40 m
Coordenada UTM X	355048,01	355048,01	355048,01
Coordenada UTM Y	3110516,46	3110516,46	3110516,46
Coordenada Geográfica Longitud	16° 28' 32,49"	16° 28' 32,49"	16° 28' 32,49"
Coordenada Geográfica Latitud	28° 06' 44,09"	28° 06' 44,09"	28° 06' 44,09"
Elevación del terreno (m)	39	39	39
Rugosidad del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocidad media del viento (m/s)	7,97	7,55	7,02
Constante C (Weibull), m/s, β	8,73	8,34	7,75
Constante k (Weibull), α	1,904	1,933	1,981
Índice de turbulencia	12,23%	12,90%	13,88%

Tabla 3. Datos eólicos en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.

2.4.1. Descripción estadística del viento: Ley de Weibull

Para conocer la energía que es capaz de generar un aerogenerador es necesario conocer la ley de distribución de la velocidad del viento, ya que nos permite conocer el comportamiento de las velocidades en una ubicación determinada a lo largo de un año.

En el estudio de instalaciones eólicas es habitual asemejar la distribución de las velocidades del viento a la función de densidad, $p(v)$, de probabilidad de Weibull. Esta función depende de dos parámetros, k y C , y se expresa de la siguiente manera:

$$p(v) = \frac{k}{C} \cdot \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k}$$

Donde v : Velocidad del viento, m/s

$p(v)$: Función densidad de probabilidad del Weibull

C : Factor de escala, m/s. Valor próximo a la velocidad media anual

k : Factor de forma que caracteriza la asimetría o sesgo de la función $p(v)$

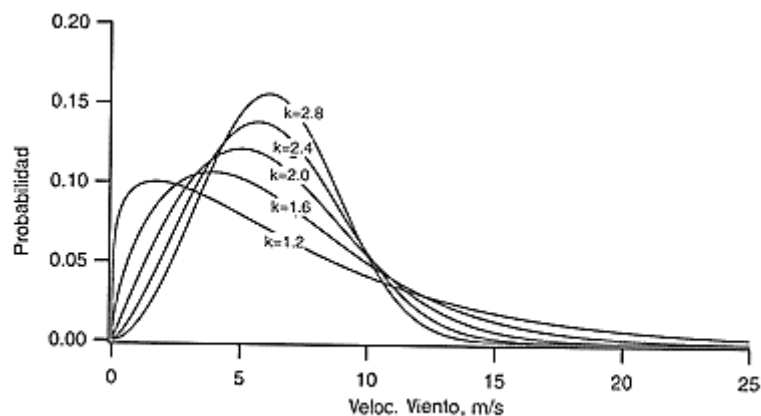


Ilustración 12. Distribución de Weibull en función del factor de forma, k . Fuente: monografias.com.

Por otro lado, se pueden emplear las propiedades de la función de Weibull para calcular la frecuencia acumulada de las velocidades que son mayores o iguales a un cierto valor V , de modo que, al multiplicar la función de la distribución acumulada complementaria, F' , por 8760 (número de horas en un año) se obtiene la curva de duración de la velocidad del viento.

$$F'(v \geq V) = e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k}$$

2.4.2. Distribución de Weibull del viento

A partir del factor de escala, C , y el factor de forma, k , facilitado por Grafcan es posible trazar la probabilidad de la velocidad del viento según una distribución de Weibull, tal y como se muestran en la ilustración 13.

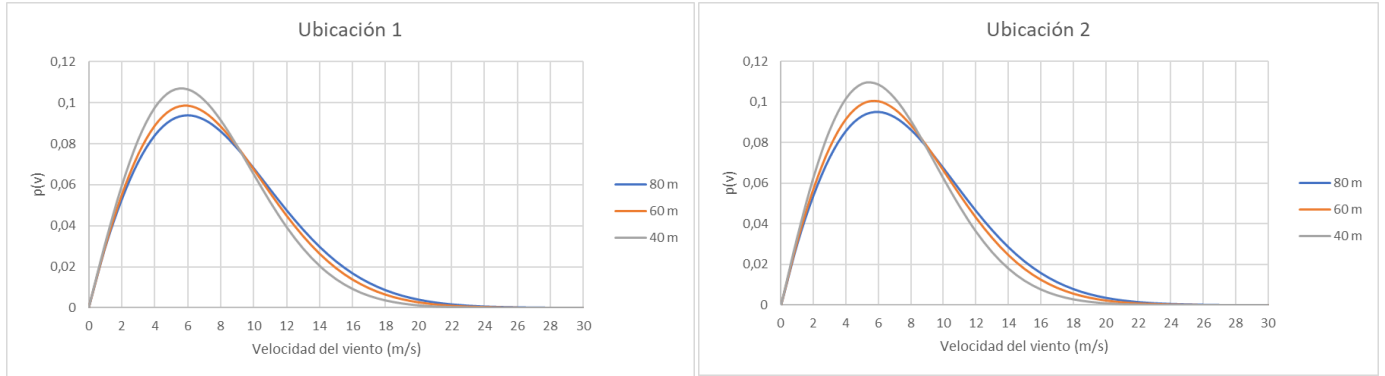


Ilustración 13. De izquierda a derecha: Distribución de Weibull del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis de estas distribuciones podemos observar cuáles son las velocidades más repetidas a lo largo del año.

En ambas ubicaciones se aprecia que la mayor parte del año las velocidades del viento están comprendidas entre 3 y 9 m/s, siendo las más probables de 5 o 6 m/s, por lo que se deberán seleccionar aerogeneradores que trabajen adecuadamente a estas velocidades.

2.4.3. Curva de duración de la velocidad del viento

La obtención de la curva de duración de la velocidad del viento nos permite conocer a qué velocidad trabajarán los aerogeneradores la mayor parte del tiempo.

En la ilustración 14 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las ubicaciones.

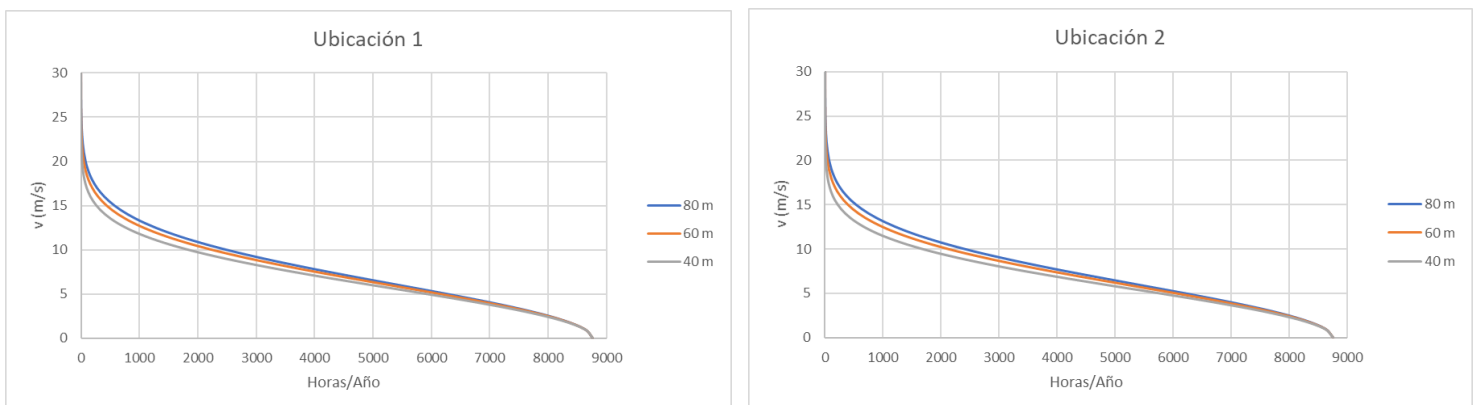


Ilustración 14. De izquierda a derecha: Curva de duración de la velocidad del viento en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Elaboración propia.

En ambas ubicaciones, los aerogeneradores operarán durante más de 7.000 horas a velocidades inferiores a los 4 m/s, por lo que se seleccionarán aquellas turbinas cuya velocidad de arranque esté por debajo de este valor, de modo que se garantice el máximo aprovechamiento del recurso eólico.

2.4.4. Dirección predominante del viento

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta al instalar los aerogeneradores es la dirección predominante del viento, ya que una correcta orientación de las turbinas permite un mayor aprovechamiento del recurso eólico disponible.

A diferencia de otros datos ofrecidos en el visor de Grafcan, la dirección del viento no se puede obtener para un punto concreto, por lo que se debe realizar una aproximación a partir de los parámetros recogidos en 4 puntos de la cuadrícula de 2 km de resolución que ofrece el visor.

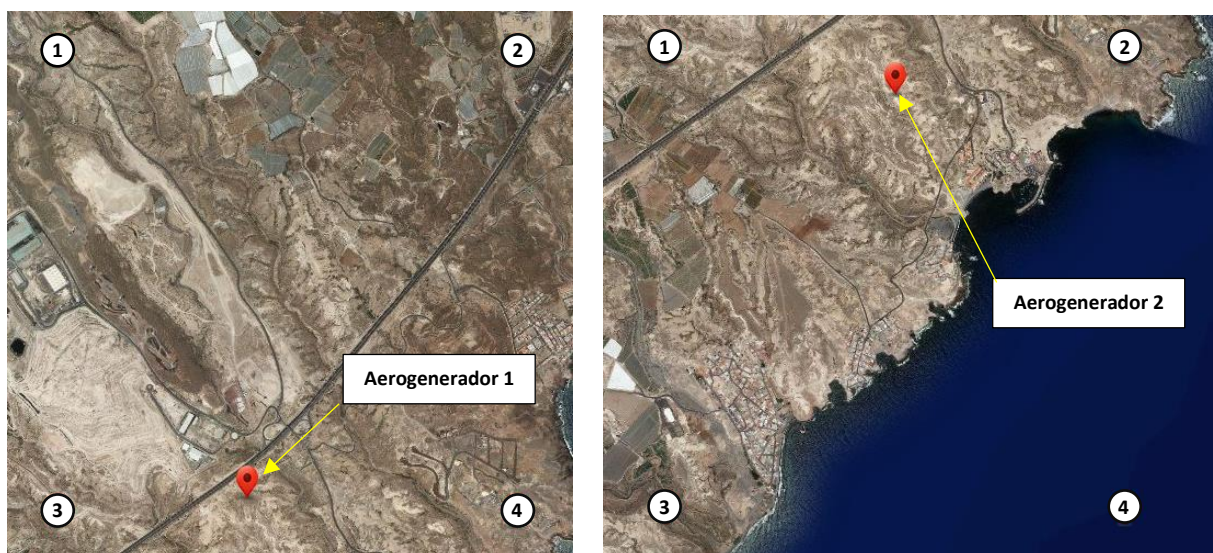


Ilustración 15. De izquierda a derecha: Coordenadas de la cuadrícula en la ubicación 1 y en la ubicación 2. Fuente: Grafcan.

Más concretamente, las coordenadas de cada uno de los puntos de la cuadrícula son los que se muestran en la siguiente tabla.

	Aerogenerador 1		Aerogenerador 2	
	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y	Coordenada UTM X	Coordenada UTM Y
Punto 1	354050	3112650	354050	3110650
Punto 2	356050	3112650	356050	3110650
Punto 3	354050	3110650	354050	3108650
Punto 4	356050	3110650	356050	3108650

Tabla 4. Coordenadas UTM de la cuadrícula del visor de Grafcan. Fuente: Elaboración propia.

Para decidir qué orientación deberán tener los aerogeneradores, se grafican las rosas de los vientos en cada uno de los puntos de la cuadrícula para determinar cuál es la dirección predominante del recurso eólico.

Punto 1: Coordenadas 354050-3112650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	10,83%	11,83%	12,19%
NNE	19,50%	18,60%	18,15%
NE	25,99%	25,26%	24,80%
ENE	14,06%	14,42%	14,19%
E	6,74%	6,63%	6,42%
ESE	4,51%	4,59%	4,59%
SE	3,37%	3,47%	3,50%
SSE	3,31%	3,23%	3,24%
S	2,88%	2,89%	2,81%
SSW	2,23%	2,27%	2,21%
SW	1,55%	1,46%	1,58%
WSW	1,69%	1,60%	1,45%
W	1,27%	1,36%	1,31%
WNW	0,92%	0,96%	1,05%
NW	0,49%	0,60%	0,83%
NNW	0,64%	0,83%	1,67%

Tabla 5. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 1 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

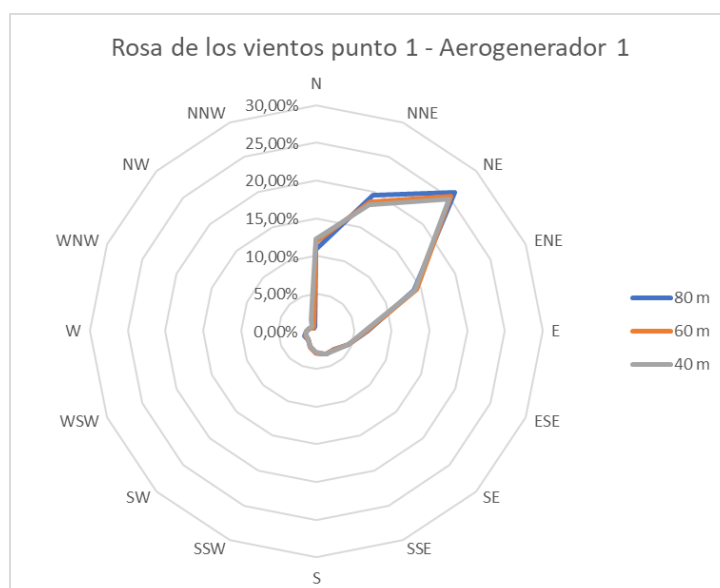


Ilustración 16. Rosa de los vientos en el punto 1 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

Punto 2: Coordenadas 356050-3112650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	13,95%	14,76%	14,55%
NNE	20,98%	19,70%	18,84%
NE	24,55%	24,15%	24,00%
ENE	10,94%	11,38%	11,39%
E	5,22%	5,18%	5,09%
ESE	3,93%	3,98%	3,93%
SE	3,56%	3,68%	3,72%
SSE	4,03%	3,92%	3,98%
S	3,74%	3,78%	3,64%
SSW	2,79%	2,85%	2,81%
SW	1,79%	1,70%	1,88%
WSW	1,71%	1,61%	1,46%
W	1,01%	1,12%	1,09%
WNW	0,70%	0,80%	0,97%
NW	0,44%	0,55%	0,81%
NNW	0,65%	0,84%	1,85%

Tabla 6. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 2 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

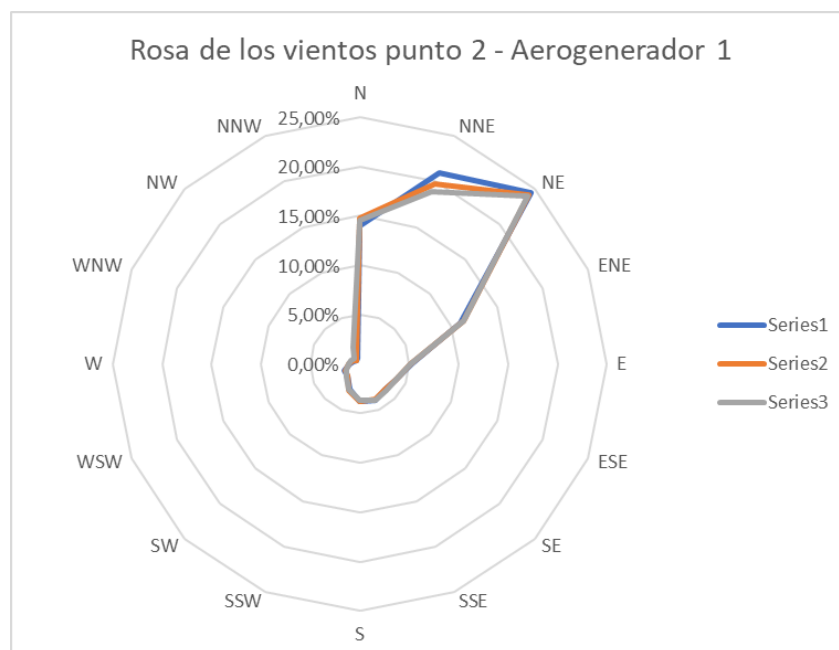


Ilustración 17. Rosa de los vientos en el punto 2 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

Punto 3: Coordenadas 354050-3110650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	7,93%	8,70%	9,13%
NNE	17,65%	17,12%	16,95%
NE	29,70%	28,68%	27,88%
ENE	15,75%	16,21%	16,14%
E	6,81%	6,77%	6,65%
ESE	4,31%	4,40%	4,41%
SE	3,29%	3,37%	3,42%
SSE	3,13%	3,07%	3,06%
S	2,57%	2,59%	2,55%
SSW	2,08%	2,12%	2,07%
SW	1,57%	1,52%	1,63%
WSW	1,83%	1,74%	1,62%
W	1,34%	1,39%	1,35%
WNW	0,98%	0,99%	1,01%
NW	0,47%	0,56%	0,73%
NNW	0,58%	0,77%	1,40%

Tabla 7. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 3 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

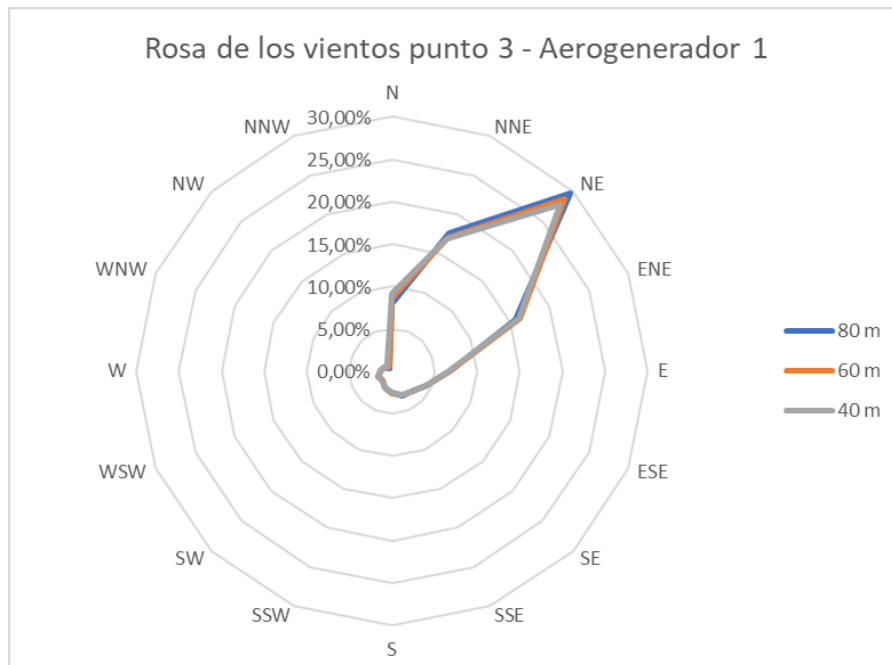


Ilustración 18. Rosa de los vientos en el punto 3 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

Punto 4: Coordenadas 356050-3110650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	9,04%	9,69%	9,84%
NNE	18,25%	17,33%	16,71%
NE	30,05%	29,25%	28,67%
ENE	13,67%	14,30%	14,50%
E	5,77%	5,80%	5,79%
ESE	3,99%	4,06%	4,03%
SE	3,48%	3,58%	3,64%
SSE	3,66%	3,59%	3,59%
S	3,10%	3,12%	3,06%
SSW	2,46%	2,50%	2,48%
SW	1,80%	1,76%	1,91%
WSW	1,97%	1,87%	1,74%
W	1,07%	1,12%	1,08%
WNW	0,74%	0,78%	0,85%
NW	0,40%	0,48%	0,67%
NNW	0,56%	0,76%	1,45%

Tabla 8. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 4 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

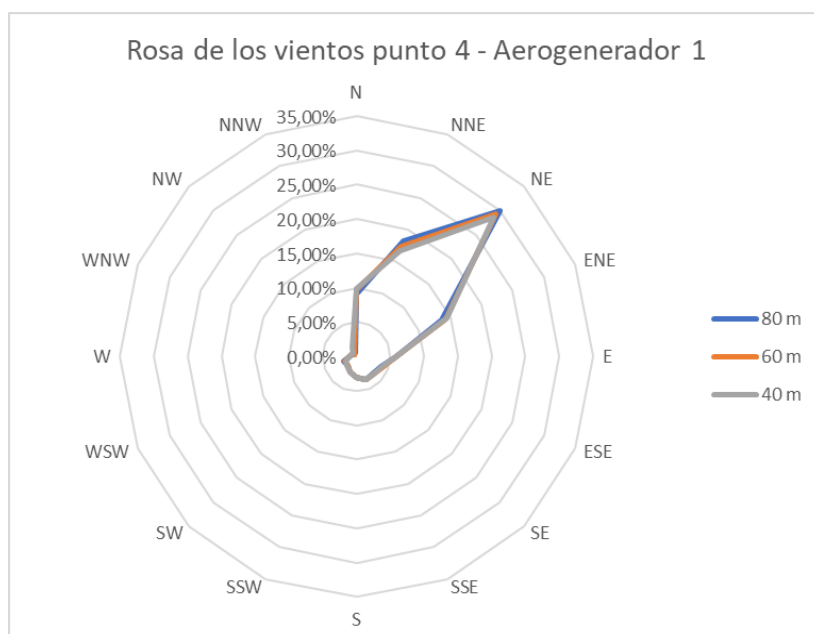


Ilustración 19. Rosa de los vientos en el punto 4 del aerogenerador 1. Fuente: Elaboración propia.

Punto 1: Coordenadas 354050-3110650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	7,93%	8,70%	9,13%
NNE	17,65%	17,12%	16,95%
NE	29,70%	28,68%	27,88%
ENE	15,75%	16,21%	16,14%
E	6,81%	6,77%	6,65%
ESE	4,31%	4,40%	4,41%
SE	3,29%	3,37%	3,42%
SSE	3,13%	3,07%	3,06%
S	2,57%	2,59%	2,55%
SSW	2,08%	2,12%	2,07%
SW	1,57%	1,52%	1,63%
WSW	1,83%	1,74%	1,62%
W	1,34%	1,39%	1,35%
WNW	0,98%	0,99%	1,01%
NW	0,47%	0,56%	0,73%
NNW	0,58%	0,77%	1,40%

Tabla 9. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 1 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

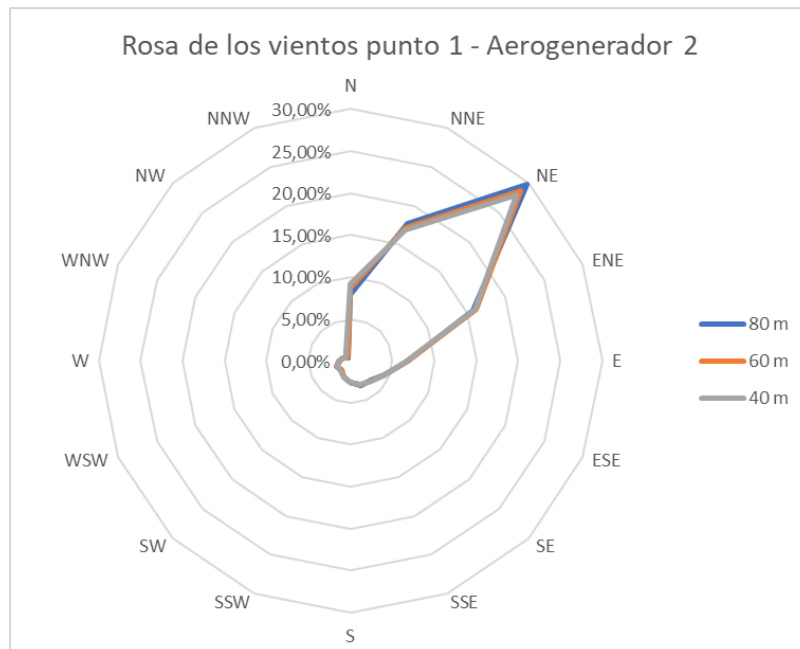


Ilustración 20. Rosa de los vientos en el punto 1 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

Punto 2: Coordenadas 356050-3110650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	9,04%	9,69%	9,84%
NNE	18,25%	17,33%	16,71%
NE	30,05%	29,25%	28,67%
ENE	13,67%	14,30%	14,50%
E	5,77%	5,80%	5,79%
ESE	3,99%	4,06%	4,03%
SE	3,48%	3,58%	3,64%
SSE	3,66%	3,59%	3,59%
S	3,10%	3,12%	3,06%
SSW	2,46%	2,50%	2,48%
SW	1,80%	1,76%	1,91%
WSW	1,97%	1,87%	1,74%
W	1,07%	1,12%	1,08%
WNW	0,74%	0,78%	0,85%
NW	0,40%	0,48%	0,67%
NNW	0,56%	0,76%	1,45%

Tabla 10. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 2 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

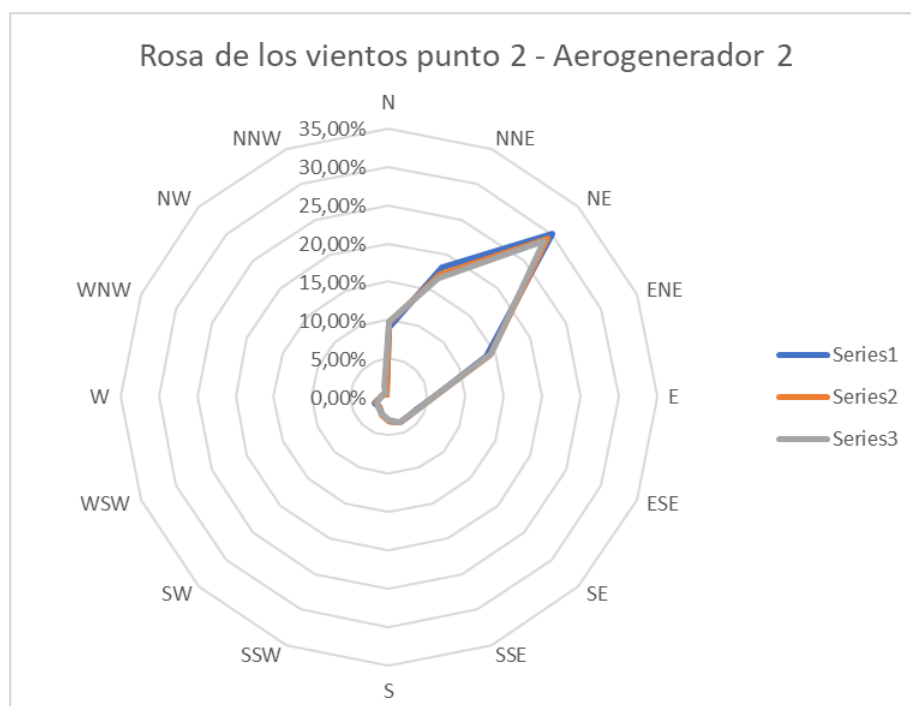


Ilustración 21. Rosa de los vientos en el punto 2 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

Punto 3: Coordenadas 354050-3108650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	5,24%	5,79%	6,25%
NNE	15,94%	15,71%	15,74%
NE	33,38%	32,12%	31,02%
ENE	17,07%	17,66%	17,78%
E	6,73%	6,76%	6,75%
ESE	4,07%	4,16%	4,18%
SE	3,24%	3,31%	3,38%
SSE	3,03%	3,00%	2,95%
S	2,36%	2,37%	2,37%
SSW	1,99%	2,02%	2,00%
SW	1,63%	1,61%	1,72%
WSW	1,99%	1,91%	1,80%
W	1,36%	1,38%	1,35%
WNW	1,01%	0,98%	0,94%
NW	0,44%	0,51%	0,63%
NNW	0,52%	0,70%	1,14%

Tabla 11. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 3 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

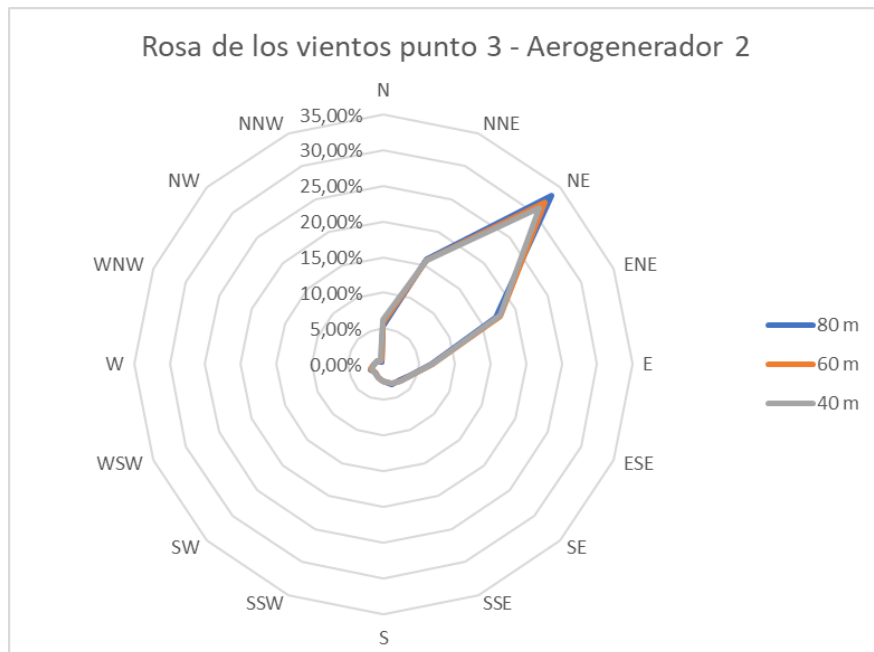


Ilustración 22. Rosa de los vientos en el punto 3 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

Punto 4: Coordenadas 356050-3108650			
Dirección	Frecuencia (%) a 80 m	Frecuencia (%) a 60 m	Frecuencia (%) a 40 m
N	4,87%	5,30%	5,64%
NNE	15,91%	15,14%	14,47%
NE	35,65%	34,59%	33,71%
ENE	15,13%	16,03%	16,58%
E	5,70%	5,84%	5,98%
ESE	3,86%	3,94%	3,91%
SE	3,52%	3,60%	3,69%
SSE	3,61%	3,57%	3,51%
S	2,78%	2,80%	2,80%
SSW	2,35%	2,39%	2,39%
SW	1,95%	1,96%	2,10%
WSW	2,30%	2,21%	2,09%
W	0,97%	0,97%	0,92%
WNW	0,63%	0,64%	0,65%
NW	0,30%	0,37%	0,49%
NNW	0,45%	0,68%	1,09%

Tabla 12. Frecuencias del viento según la dirección para el punto 4 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

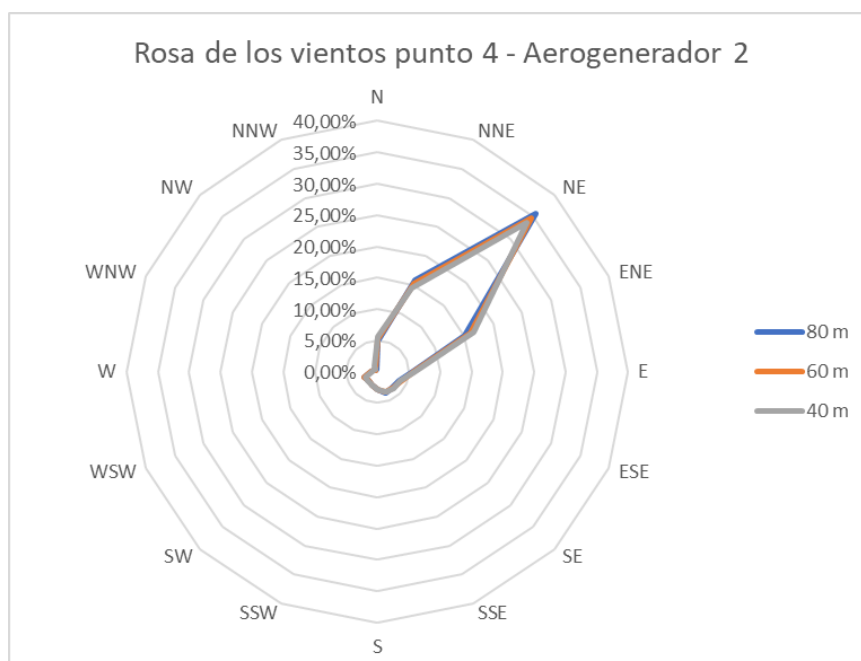


Ilustración 23. Rosa de los vientos en el punto 4 del aerogenerador 2. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las gráficas anteriores, la dirección predominante del viento en ambas ubicaciones es la Noreste, por lo que las turbinas de los aerogeneradores deberán orientarse en esta dirección para producir la mayor cantidad de energía posible.

3. Selección de los aerogeneradores

3.1. Obtención de los parámetros de cada aerogenerador

Una vez se ha seleccionado el emplazamiento del parque eólico y la ubicación de los aerogeneradores, se puede realizar un estudio para decidir qué modelo de turbina de los que se ofertan en el mercado se adapta mejor a las características del proyecto.

Para ello, se han comparado diferentes modelos de aerogeneradores que cumplen con las siguientes características:

- Potencia nominal de al menos 2 MW.
- Diámetro del rotor inferior a 150 m.
- Velocidades de arranque lo más bajas posibles.
- Disponibilidad en el mercado.

Para poder llevar a cabo la comparativa se han obtenido los siguientes datos para cada uno de los modelos del estudio:

- Curva de potencia.
- Distribución de Weibull a la altura del buje.
- Curva de duración de la velocidad del viento a la altura del buje.
- Horas anuales equivalentes de operación.
- Energía anual producida.
- Potencia anual.
- Factor de carga.

Dado que la mayoría de los aerogeneradores disponibles en el mercado con potencias superiores a los 2,5 MW presentan alturas del buje superiores a los 80 m, se han tenido que corregir los datos del recurso eólico que ofrece el visor del Grafcan, ya que la velocidad, el factor de forma, k , y el factor de escala, C , que se emplean para definir la distribución de Weibull de las velocidades del viento varían con la altura y la calculadora ofrecida por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) no realiza estas correcciones.

Unas de las expresiones más comúnmente empleadas para estimar los parámetros de Weibull a diferentes alturas son las expresiones de Justus y Milhail, cuyo uso no se recomienda para alturas mayores de 100 m. Sus definiciones se muestran a continuación:

$$k' = k \cdot \left(\frac{1 - 0,088 \cdot \ln\left(\frac{z}{10}\right)}{1 - 0,088 \cdot \ln\left(\frac{z'}{10}\right)} \right)$$

$$C' = C \cdot \left(\frac{z'}{z} \right)^\beta$$

Donde

$$\beta = \frac{0,37 - 0,088 \cdot \ln(C)}{1 - 0,088 \cdot \ln\left(\frac{z}{10}\right)}$$

Donde k: Factor de forma a la altura z

k': Factor de forma a la altura z'

C: Factor de escala a la altura z, m/s

C': Factor de escala a la altura z', m/s

z: Altura en la que se conocen los datos del viento, m

z': Altura en la que queremos tener los datos del viento, m

Dado que muchos de los modelos disponibles presentan alturas del buje superiores a los 100 m, estas expresiones no pueden emplearse de manera fiable, por lo que se ha decidido realizar las siguientes aproximaciones a partir de los datos del viento a 40, 60 y 80 m ofrecidos por el visor de Grafcan.

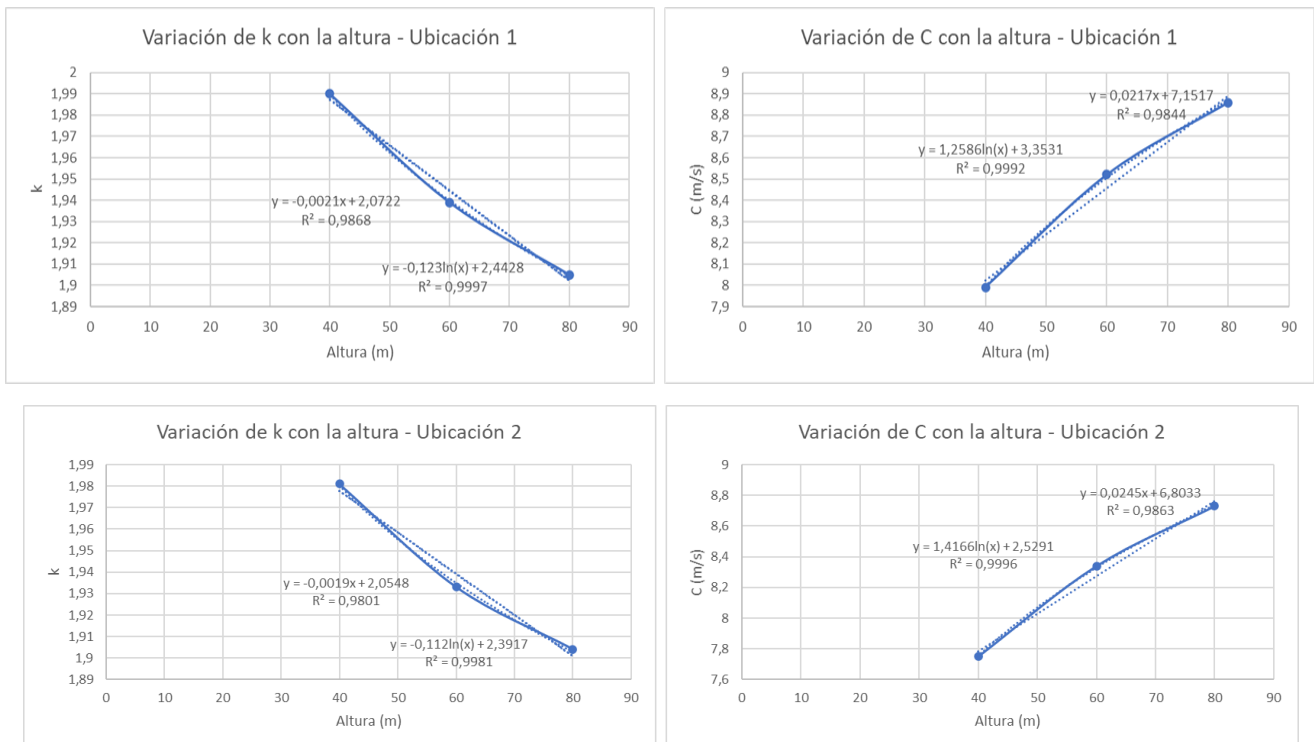


Ilustración 24. Variación de los parámetros de Weibull con la altura en las ubicaciones 1 y 2. Fuente: Elaboración propia.

Tanto para el factor de forma, k , como para el factor de escala, C , se han realizado dos tipos de ajuste: uno lineal y otro logarítmico.

Finalmente, se ha decidido realizar el estudio empleando el ajuste logarítmico, ya que es el que mejor se aproxima a la tendencia que siguen estos parámetros. Las expresiones que se han obtenido para cada ubicación son las siguientes:

Ubicación 1

$$k' = -0,123 \cdot \ln(h) + 2,4428$$

$$C' = 1,2586 \cdot \ln(h) + 3,3531$$

Ubicación 2

$$k' = -0,112 \cdot \ln(h) + 2,3917$$

$$C' = 1,4166 \cdot \ln(h) + 2,5291$$

Donde h : Altura a la que deseamos obtener los parámetros, m

Por otro lado, para la corrección de la velocidad con la altura se ha empleado la siguiente expresión:

$$v' = v \cdot \frac{\ln\left(\frac{z'}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

Donde v : Velocidad del viento a la altura z , m/s

v' : Velocidad a la altura z' , m/s

z_0 : Rugosidad del terreno, m

z : Altura en la que se conocen los datos del viento, m

z' : Altura en la que queremos tener los datos del viento, m

La energía anual producida por cada aerogenerador se puede obtener a partir de su curva de potencia y la función de densidad de probabilidad de Weibull en la ubicación de este mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$E = \sum n_i \cdot P_i = 8760 \cdot \sum P_i \cdot p(v_i) \cdot \Delta v_i$$

Donde n_i : Número de horas al año, 8.760 horas

v_i : Velocidad del viento, m/s

P_i : Potencia del aerogenerador leída en la curva de potencia, kW

$p(v_i)$: Función de densidad de probabilidad de Weibull

E : Energía anual producida, kWh/año

A partir de la energía anual producida se puede obtener el número de horas anuales equivalentes que opera cada aerogenerador y su potencia anual a partir de las siguientes relaciones:

$$\text{Horas anuales equivalentes} = \frac{\text{Energía anual producida, kWh/año}}{\text{Potencia nominal, kW}} \left[\frac{h}{\text{año}} \right]$$

$$\text{Potencia anual} = \frac{\text{Energía anual producida, kWh/año}}{8760 \text{ horas al año}} \text{ [kW]}$$

Por último, también se determina para cada modelo de aerogenerador su factor de carga, FC, que se define según la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Potencia anual estimada, kW/año}}{\text{Potencia anual teórica, kW/año}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Donde la potencia anual estimada se obtiene dividiendo la energía anual estimada de cada aerogenerador entre el número de horas en un año (8.760 horas) y la potencia anual teórica se toma como la potencia nominal de cada modelo.

3.2. Comparativa entre los diferentes modelos de aerogeneradores

Los aerogeneradores que se han seleccionado para llevar a cabo el estudio comparativo y decidir qué modelo es el que mejor se adapta a las características del proyecto se muestran en la siguiente tabla.

Para su selección se han tenido en cuenta, no solo las características especificadas en el apartado anterior, sino también su disponibilidad en el mercado.

Modelos	Diámetro rotor (m)	Altura buje (m)	Velocidad de arranque (m/s)	Velocidad nominal (m/s)	Velocidad de desconexión (m/s)	Área de barrido (m ²)	Potencia nominal (kW)	Clase de viento (IEC)
S&G Engineering SG2500.131 DD	131	120	3	10	20	-	2500	SA 6.5
SANY SE12125	121	100	3	-	28	-	2500	IEC S
SANY SE13125	131	100	3	-	28	-	2500	IEC U
Enercon E-82 E2 2.000	82	98	2	12,5	34	5281	2000	IEC IIA
Enercon E-82 E2 2.300	82	98	3	12	34	5281	2300	IEC IIA
W2E Wind to Energy W2E-151/4.5	151	100	3	12	20	-	4500	IEC IIIa
Enercon E-115 3.000	115,7	92	2	11,5	25	10515,5	3000	IEC IIa
Eno energy eno 114 3.5	114,9	92	3	13	25	10369	3500	IEC IIb
Eno energy eno 126 3.5	126	117	3	13	25	12468	3500	IEC IIIb
Eno energy eno 126 4.8	126	117	3	14	25	12469	4800	IEC IIA/S

Tabla 13. Datos técnicos de los aerogeneradores seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Dado que a priori no es posible saber qué rango de potencias nominales se comportará de manera más eficiente en el emplazamiento seleccionado, se ha realizado la comparativa con aerogeneradores de menor potencia nominal, partiendo de los 2 MW y alcanzando los 4,8 MW en los de mayor potencia.

Como punto de partida, se han analizado las curvas de potencia de cada uno de los modelos del estudio, ya que esto nos permite conocer el comportamiento de cada aerogenerador para las diferentes velocidades del viento.

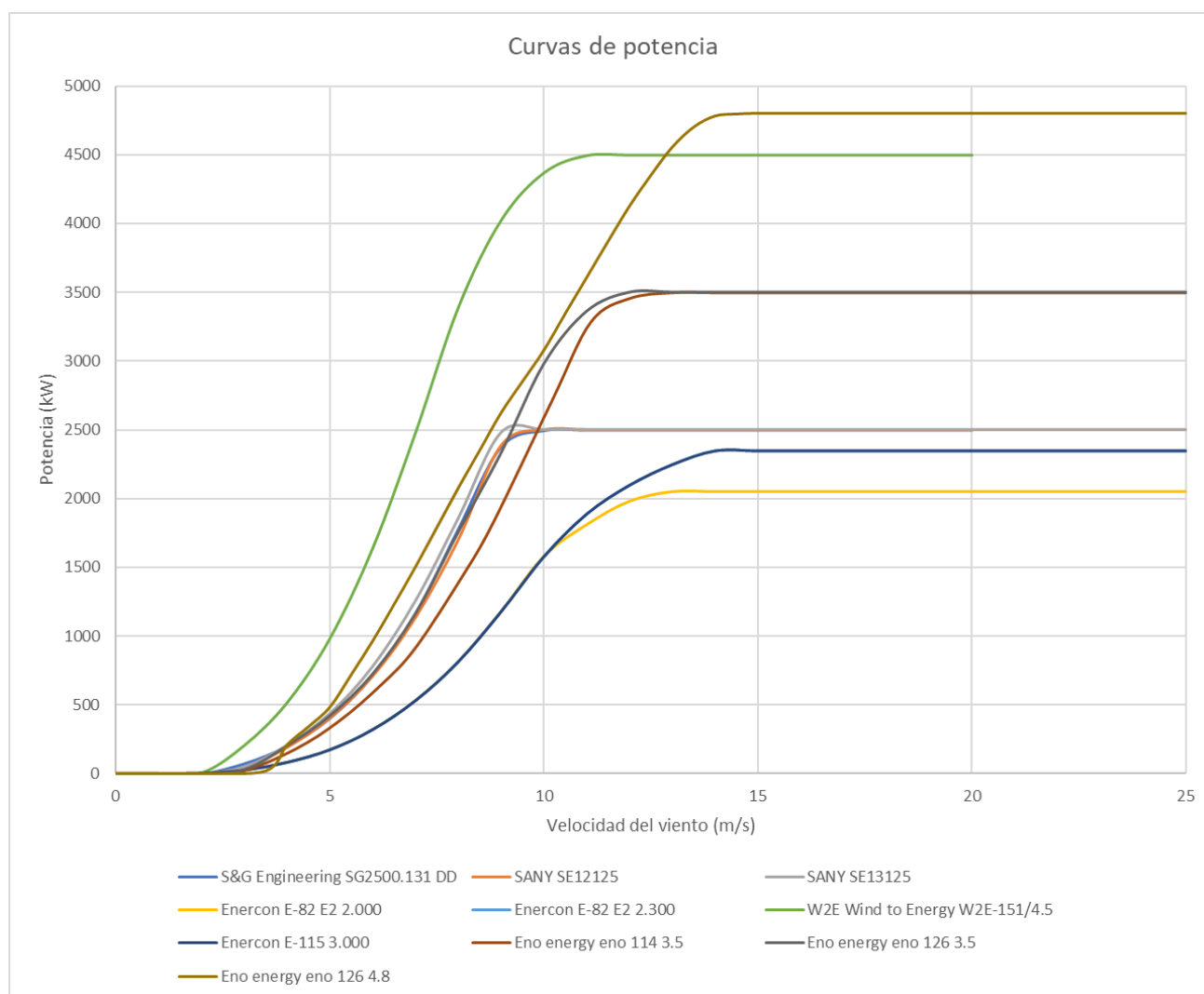


Ilustración 25. Curvas de potencia de los aerogeneradores seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 25 se comparan las curvas de potencia de cada modelo. Se aprecia que la turbina que es capaz de ofrecer una mayor potencia para pequeños incrementos de la velocidad del viento es el modelo W2E-151/4.5 del fabricante Wind to Energy, seguida de la turbina Eno 126 4.8, del fabricante Eno Energy.

En cambio, dos turbinas de Enercon, más concretamente, los modelos E-82 E2 2.000 y E-115 3.000, presentan los peores comportamientos dentro de la comparativa, ya que su potencia crece muy lentamente con la velocidad del viento y, por tanto, no se consideran apropiados para este proyecto.

El resto de los aerogeneradores presenta un comportamiento similar en su curva de potencia, por lo que se analizarán otros parámetros de su funcionamiento para discernir entre unos modelos u otros.

Entre los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de descartar los modelos que no son válidos para este proyecto se encuentra la clase de emplazamiento en el viento según la normativa IEC 61400.

Esta norma clasifica el emplazamiento en función de la velocidad del viento a la altura del buje del aerogenerador, estableciendo las clases que se muestran en la siguiente tabla:

Velocidad del viento a la altura del buje (m/s)	Clase del emplazamiento
$8,5 \leq x \leq 10$	I
$7,5 \leq x \leq 8,5$	II
$x \leq 7,5$	III

Tabla 14. Clase del emplazamiento en el viento según la normativa IEC 61400. Fuente: Elaboración propia.

Según esta norma, si se determina que un emplazamiento es de clase III, en él se podrán instalar aerogeneradores de la clase I, II o III, pero en un emplazamiento de clase I sólo se podrán instalar aerogeneradores de esa misma clase. Mediante esta clasificación se garantiza que se seleccionan modelos de turbina que serán capaces de soportar el viento del emplazamiento sin fallar.

En el emplazamiento que se ha seleccionado para este proyecto se tienen velocidades del viento muy próximas a los 8 m/s a 80 m de altura. Teniendo en cuenta que la velocidad aumenta con la altura y que el buje de los aerogeneradores suele estar a una altura superior, se toma como un buen criterio de diseño la selección de turbinas que sean de clase II o superior, quedando, por tanto, descartados aquellos modelos que no cumplen con este requisito.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los modelos de clase II o superior ordenados de mayor a menor energía anual generada. Para la obtención de los resultados se ha realizado un estudio de cada modelo en cada una de las ubicaciones que fueron seleccionadas dentro del emplazamiento, y se ha sumado la contribución de cada uno de ellos para obtener la energía anual producida y la potencia.

Modelos	Diámetro rotor (m)	Altura buje (m)	Potencia nominal (kW)	Energía anual producida (kWh/año)	Horas anuales equivalentes Aerogenerador 1	Horas anuales equivalentes Aerogenerador 2	Potencia anual (kW)	Factor de carga (%)
Eno energy eno 126 4.8	126	117	4800	36.309.173,40	3.800,33	3.764,08	4.144,88	43,18%
Eno energy eno 114 3.5	114,9	92	3500	26.696.506,76	3.846,54	3.781,04	3.047,55	43,54%
Enercon E-82 E2 2.300	82	98	2300	16.669.798,00	3.653,20	3.594,54	1.902,94	41,37%
Enercon E-115 3.000	115,7	92	3000	16.444.804,42	2.765,93	2.715,67	1.877,26	31,29%
Enercon E-82 E2 2.000	82	98	2000	15.714.894,40	3.958,49	3.898,96	1.793,94	44,85%

Tabla 15. Parámetros de cada modelo de aerogenerador ordenados de mayor a menor energía anual generada. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los mejores resultados se han obtenido con el modelo Eno 126 4.8 del fabricante Eno Energy, ya que con la instalación de dos aerogeneradores se consigue la mayor producción anual de energía de la comparativa y, además, cuenta con un buen factor de carga.

Más concretamente, la instalación de dos aerogeneradores de este modelo supondría una producción de energía anual de 36.309.173,40 kW y una potencia anual de 4.114,08 kW.

Se decide que la instalación de este modelo de aerogenerador es la más apropiada gracias a que nos permite obtener una mayor densidad energética sin necesidad de tener que instalar más aerogeneradores de menor potencia.

Por otro lado, al instalar dos turbinas, en caso de que una no pueda producir energía en caso de parada por mantenimiento u avería, se mantendría la mitad de la producción gracias al funcionamiento de la otra.

4. Características del aerogenerador seleccionado

A modo de resumen, en la siguiente tabla se muestran las características principales del aerogenerador seleccionado.

Ficha técnica	
Potencia nominal	4,8 MW
Diámetro del rotor	126 m
Clase de viento	IEC IIA
Área de barrido	12.469 m ²
Densidad de potencia	2,6 m ² /kW
Velocidad de arranque	3 m/s
Velocidad nominal	14 m/s
Velocidad de desconexión	25 m/s
Potencia sonora	105,5 dB(A)
Altura del buje	117 m
Número de palas	3
Configuración eléctrica	Generador síncrono
Limitación de potencia	Pitch

Tabla 16. Ficha técnica del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Eno Energy.

Este modelo de aerogenerador cuenta con un rotor de eje horizontal de 3 palas con un diámetro de 126 m, lo que permite cumplir con las distancias establecidas por la normativa, y su área de barrido es de 12.469 m².

Entrando en mayor detalle, el sistema de generación que emplea este aerogenerador es un generador síncrono con excitación sin anillo y sin escobillas.

En este tipo de generadores la excitación del rotor está formada por imanes permanentes y ni la regulación ni el control de la reactiva se puede realizar a través de esta. Por otro lado, el aerogenerador trabaja a frecuencia variable y el control se realiza mediante el cambio de frecuencia con un convertidor, como se muestra en la ilustración 26.

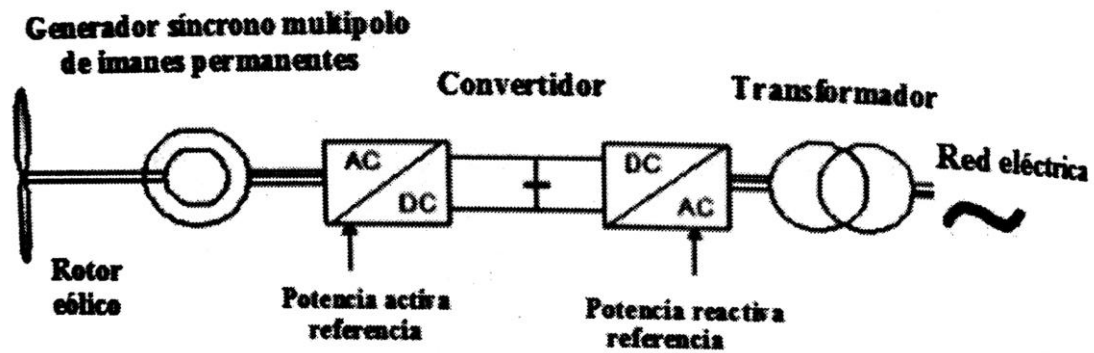


Ilustración 26. Generador síncrono sin escobillas de imanes permanentes con convertidor. Fuente: Ingeniería de la Energía Eólica, Miguel Villarrubia López.

En cuanto al tipo de regulación, el modelo seleccionado cuenta con un sistema de regulación de tipo activo (pitch), lo que permite mantener la potencia sensiblemente constante en todo el rango de velocidades comprendido entre la velocidad nominal y la de desconexión, como se puede apreciar en su curva de potencia.

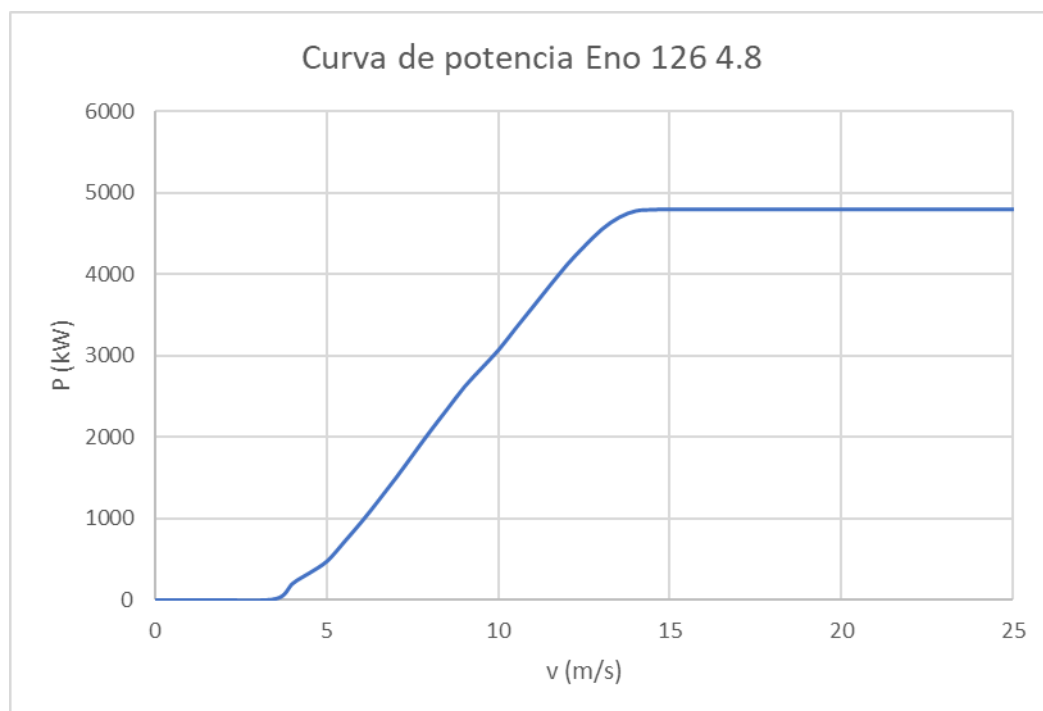


Ilustración 27. Curva de potencia del modelo Eno 126 4.8. Fuente: Elaboración propia.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

ANEXO II. Cimentación de los aerogeneradores

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice

1. Objeto.....	4
2. Obtención de los datos de partida.....	4
3. Acciones sobre la cimentación.....	8
3.1. Fuerza del viento en el rotor.....	8
3.2. Fuerza del viento sobre la torre.....	10
3.3. Acciones sobre el aerogenerador.....	11
3.3.1. Carga vertical de compresión.....	12
3.3.2. Fuerza horizontal de empuje.....	12
3.3.3. Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre.....	12
3.4. Acciones sobre la cimentación.....	13
4. Comprobación frente a vuelco.....	14
5. Comprobación a deslizamiento.....	17
6. Distribución de tensiones bajo la cimentación.....	19
6.1. Verificación del despegue.....	19
6.2. Obtención de la distancia de despegue.....	20
6.3. Comprobación de la capacidad portante del terreno.....	23
7. Dimensionado de la armadura de la cimentación.....	25
7.1. Definición de la clase de zapata.....	25
7.2. Armadura frente a sollicitaciones normales.....	26
7.2.1. Obtención de las tensiones.....	27
7.2.2. Cálculo de la armadura radial.....	33
7.2.3. Armadura circular.....	38
7.3. Armadura a cortante.....	43
7.3.1. Punzonamiento.....	50
7.4. Armadura superior de flexión.....	52
7.4.1. Armadura radial.....	53
8. Resumen.....	56

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Obtención gráfica del coeficiente de empuje. Fuente: “Foundations for offshore wind turbines” de Felipe Alberto Villalobos Jara.	9
Ilustración 2. Coeficientes de arrastre para diferentes geometrías. Fuente: Wikipedia.	10
Ilustración 3. Acciones sobre la estructura del aerogenerador. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	11
Ilustración 4. Vistas de la zapata circular. Fuente: “Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura” de Víctor Herrando Germán.	13
Ilustración 5. De izquierda a derecha: Vuelco rígido y vuelco plástico. Fuente: “Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura” de Víctor Herrando Germán.	15
Ilustración 6. Momento teórico de vuelco mediante criterios plásticos. Fuente: “Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura” de Víctor Herrando Germán.	15
Ilustración 7. Tabla 2.1. Coeficientes parciales de seguridad. Fuente: DB SE-C.	17
Ilustración 8. Área despejada. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	19
Ilustración 9. Ángulo del sector. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	20
Ilustración 10. Zapatas rígidas y flexibles. Fuente: EHE-08.	26
Ilustración 11. Distribución triangular de tensiones. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	32
Ilustración 12. Des izquierda a derecha: Armadura radial y sección de referencia. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala y EHE-08.	33
Ilustración 13. Sección de referencia para calcular la armadura normal. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	33
Ilustración 14. Descomposición del momento flector bajo la zapata. Fuente: Elaboración propia.	35
Ilustración 15. Armadura circular. Fuente: Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	38
Ilustración 16. Parámetros geométricos para el cálculo. Fuente: Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	39
Ilustración 17. Obtención del parámetro, β . Fuente: Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	40
Ilustración 18. Sección de referencia para el cálculo de la armadura a cortante. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	43
Ilustración 19. Esquema de los esfuerzos cortantes bajo la zapata. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	44
Ilustración 20. Perímetro de punzonamiento. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	50
Ilustración 21. Momento flector en la cara superior de la zapata. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.	52

Índice de tablas

Tabla 1. Acciones verticales en el aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.....	5
Tabla 2. Coeficientes de seguridad de los materiales para Estados Límites Últimos. Fuente: EHE-08.....	5
Tabla 3. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos. Fuente: EHE-08.....	5
Tabla 4. Coeficientes de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio. Fuente: EHE-08.....	6
Tabla 5. Parámetros del terreno. Fuente: Elaboración propia.....	6
Tabla 6. Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad. Fuente: EHE-08.....	6
Tabla 7. Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II. Fuente: EHE-08.....	7
Tabla 8. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 9. Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 11. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 12. Acciones sobre la base de la torre. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 13. Acciones sobre la cimentación. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 14. Resumen de las armaduras obtenidas. Fuente: Elaboración propia.....	56

1. Objeto

El objeto de este anexo es el cálculo de la cimentación de los aerogeneradores como elemento de unión entre el terreno y la torre que los sustenta, así como la elección de la geometría más adecuada para las zapatas.

Para ello, se han aplicado las consideraciones contempladas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 y en diferentes documentos básicos del Código Técnico de la Edificación. Además, se han seguido los criterios de diseño especificados en los proyectos relacionados con el diseño de la cimentación de aerogeneradores que se muestran a continuación:

- “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.
- “Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura” de Víctor Herrando Germán.

Más concretamente, en este anexo se abordan los siguientes cálculos y comprobaciones:

- Obtención de las acciones sobre la cimentación.
- Comprobación a vuelco.
- Comprobación a deslizamiento.
- Comprobación a hundimiento.
- Diseño de la armadura radial.
- Diseño de la armadura circular.
- Diseño de la armadura a cortante.
- Comprobación a punzonamiento.
- Diseño de la armadura superior de flexión.

2. Obtención de los datos de partida

La cimentación es el elemento encargado de transmitir los esfuerzos que sufre la estructura del aerogenerador al terreno, garantizando su estabilidad sin que esta colapse.

Las cargas que debe ser capaz de soportar la cimentación son, por un lado, las fuerzas verticales debidas a los pesos de la góndola, el rotor y la torre y, por otro lado, los esfuerzos debidos a la acción del viento, siendo estos últimos los más importantes.

Dado que el fabricante del modelo de aerogenerador seleccionado no facilita información sobre los pesos de los componentes que conforman el mismo, se ha optado por realizar una aproximación, tomando para ello las masas de otros modelos de similares características. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Acciones verticales			
	Masa	Peso, N	Modelo
Góndola	170.000 kg	1.667.700 N	aM 4.5/126
Rotor	109.000 kg	1.069.290 N	aM 4.5/126
Torre	1.100.000 kg	10.791.000 N	AW-3000/125
Total	1.379.000 kg	13.527.990 N	

Tabla 1. Acciones verticales en el aerogenerador. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, tanto las acciones soportadas por la cimentación como las armaduras de esta deberán calcularse atendiendo a los criterios establecidos en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 y analizando, para ello, los diferentes estados límite y aplicando los coeficientes parciales de seguridad necesarios.

Coefficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límites Últimos		
Situación del proyecto	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1

Tabla 2. Coeficientes de seguridad de los materiales para Estados Límites Últimos. Fuente: EHE-08.

Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos				
Tipo de acción	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente, γ_G	1,00	1,35	1,00	1,00
Pretensado, γ_p	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanente de valor no constante, γ_{G^*}	1,00	1,50	1,00	1,00
Variable, γ_a	0,00	1,50	0,00	1,00
Accidental, γ_A			1,00	1,00

Tabla 3. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos. Fuente: EHE-08.

Coefficientes de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio			
Tipo de acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente, γ_G		1,00	1,00
Pretensado, γ_p	Armadura pretesa	0,95	1,05
	Armadura postesa	0,90	1,10
Permanente de valor no constante, γ_{G^*}		1,00	1,00
Variable, γ_a		0,00	1,00

Tabla 4. Coeficientes de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio. Fuente: EHE-08.

A continuación, se debe caracterizar el terreno que sustentará la cimentación, así como los materiales con los que se llevará a cabo.

En el caso del terreno, dado que no se cuenta con información sobre las características de este, se optará por aproximar su composición por la de un terreno arenoso medio con las características que se muestran en la siguiente tabla. Dado que es habitual que las cimentaciones de aerogeneradores sean superficiales, se considera que este tipo de terreno es adecuado.

Parámetros del terreno	
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 5. Parámetros del terreno. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se define que la clase general de exposición según la norma EHE-08 será la clase IIa, ya que se suele emplear para cimentaciones y elementos situados en lugares con humedades relativas medias-altas.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Resistencia mínima (N/mm²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla 6. Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad. Fuente: EHE-08.

A partir de la clase de exposición se obtiene la resistencia mínima del hormigón, que deberá ser de 25 N/mm², atendiendo a la anterior tabla.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto, (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
IIa	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
IIb	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 7. Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II. Fuente: EHE-08.

A partir de la resistencia mínima del hormigón, se define que el recubrimiento mínimo será de 25 mm de espesor, a los que se añadirán 10 mm por ser una construcción in-situ con un control de ejecución normal. Además, como es habitual, se empleará una capa de hormigón de limpieza de 10 cm.

Por último, se decide que la geometría de la cimentación será circular. Esta decisión se justifica por las conclusiones extraídas del estudio comparativo realizado en el proyecto de Víctor Herrando Germán titulado "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura".

En este proyecto se comparan cimentaciones con diferentes geometrías (cuadrada, hexagonal, octogonal y circular) y se llega a la conclusión de que, debido a la acción del viento, que puede actuar en cualquier dirección, los vértices de las cimentaciones pueden sufrir picos de tensión. Por tanto, al aumentar el número de lados de la zapata se consiguen tensiones más uniformes en todo su contorno. Esto también permite diseñar cimentaciones con menores áreas en la base de la zapata, reduciendo el volumen de hormigón y la armadura empleada, con el consiguiente ahorro económico que esto supone.

3. Acciones sobre la cimentación

El primer paso que se debe dar en el diseño de la cimentación de un aerogenerador es la obtención de las acciones que esta deberá ser capaz de soportar.

Más concretamente, la cimentación de un aerogenerador debe ser capaz de soportar dos tipos de acciones diferentes:

- **Cargas gravitatorias:** Cargas estáticas y dinámicas producidas por el efecto de las vibraciones, la rotación de las palas, la gravedad y la actividad sísmica que pudiera actuar sobre la estructura del aerogenerador.
- **Cargas aerodinámicas:** Cargas estáticas y dinámicas producidas por la acción del viento y su interacción con la estructura del aerogenerador.

Para el cálculo de estas acciones se ha seguido el procedimiento expuesto en el proyecto “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala, donde se obtienen las siguientes cargas:

- Fuerza del viento en el rotor, F_R .
- Fuerza del viento sobre la torre, $F(z)$.
- Carga vertical de compresión causada por el peso de la estructura y la góndola, N .
- Fuerza horizontal causada por el empuje del viento sobre el rotor y sobre el fuste, V .
- Momento flector causado por el empuje del viento sobre el rotor y sobre el fuste, M .

3.1. Fuerza del viento en el rotor

El viento ejerce sobre el rotor una fuerza de empuje que se puede calcular de manera 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 ρ_{aire} : Densidad del aire, 1,225 kg/m³

v_{viento} : Velocidad del viento considerada, 30 m/s

R_{rotor} : Radio del rotor, 63 m

$C_T(\lambda)$: Coeficiente de empuje en función de (λ)

λ : Razón de velocidades de la hélice

Dado que se debe garantizar que la cimentación sea capaz de operar en las condiciones más desfavorables, se decide emplear en los cálculos una velocidad del viento de 30 m/s, ya que, en la distribución de Weibull obtenida en el análisis del recurso eólico en el emplazamiento, se observa que la probabilidad de obtener una velocidad superior a este valor es del 0%.

A partir de esta velocidad, podemos obtener la razón de velocidades de la hélice, que se define como el cociente de la velocidad del rotor entre la velocidad del viento.

En la ficha técnica del modelo de aerogenerador seleccionado se especifica que la máxima velocidad angular que alcanza el rotor es de 11,2 rpm, por tanto, la máxima velocidad lineal del rotor es:

$$v_{rotor} = 11,2 \frac{rev}{min} \cdot 63 m \cdot \frac{2\pi rad}{1 rev} \cdot \frac{1 min}{60 s} = 73,89 m/s$$

A partir de la velocidad lineal del rotor se puede obtener la razón de velocidades en la hélice:

$$\lambda = \frac{v_{rotor}}{v_{viento}} = \frac{73,89 m/s}{30 m/s} = 2,46$$

A partir la razón de velocidades en la hélice, λ , se obtiene gráficamente que el valor del coeficiente de empuje, $C_T(\lambda)$, es de 0,25, como se puede observar en la siguiente figura.

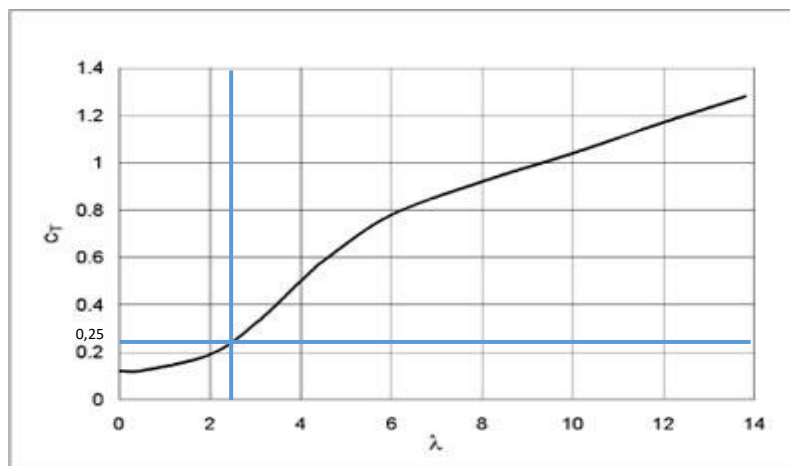


Ilustración 1. Obtención gráfica del coeficiente de empuje. Fuente: "Foundations for offshore wind turbines" de Felipe Alberto Villalobos Jara.

Finalmente, se obtiene que la fuerza del viento en el rotor, F_{rotor} , es:

$$F_{rotor} = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \frac{kg}{m^3} \cdot \pi \cdot \left(30 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot (63 m)^2 \cdot 0,25 = 1.718.381,48 N$$

3.2. Fuerza del viento sobre la torre

En este caso, dado que se puede aproximar la forma de la torre por la de un cuerpo cilíndrico, se empleará la siguiente expresión para determinar la fuerza que ejerce el viento sobre la torre en función de la altura:

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

Donde ρ_{aire} : Densidad del aire, 1,225 kg/m³

D_{torre} : Diámetro de la torre, m










$v_{viento}(z)$: Velocidad del viento en función de la altura, m/s

C_a : Coeficiente de arrastre

A pesar de que la velocidad del viento crece con la altura, se considerará para simplificar el cálculo que la velocidad a lo largo de la torre se mantiene en un valor constante de 30 m/s, provocando una fuerza uniformemente distribuida.

En el caso del diámetro de la torre, al aproximar su geometría troncocónica por un cilindro, se empleará el diámetro inferior de la misma, que es de 7,50 m, por ser el más desfavorable.

Para garantizar el correcto funcionamiento de la cimentación, se ha seleccionado el coeficiente de arrastre más desfavorable, con un valor de 1,15.

Shape	Drag Coefficient
Sphere → 	0.47
Halfsphere → 	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 Halfbody → 	0.09

Measured Drag Coefficients

Ilustración 2. Coeficientes de arrastre para diferentes geometrías. Fuente: Wikipedia.

Por tanto, se obtiene que la fuerza que ejerce el viento sobre la torre en función de la altura, $F_{torre}(z)$, es:

$$F_{torre}(z) = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \frac{kg}{m^3} \cdot 7,5 m \cdot \left(30 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 1,15 = 4.754,53 N/m$$

Finalmente, la fuerza puntual que ejerce el viento sobre la torre se obtiene multiplicando la fuerza en función de la altura por la longitud de esta, que es de 117 m.

$$F_{torre} = F_{torre}(z) \cdot h = 4.754,53 \frac{N}{m} \cdot 117 m = 556.280,16 N$$

3.3. Acciones sobre el aerogenerador

A partir de las fuerzas calculadas anteriormente se pueden obtener las acciones soportadas por el aerogenerador y, a partir de estas, se obtendrán las acciones sobre la cimentación.

Estas serán, por un lado, la carga vertical de compresión, N , producida por el peso de la estructura, la fuerza horizontal, V , producida por la acción del viento sobre el aerogenerador, y el momento flector, M , provocado por la fuerza de empuje del viento sobre el aerogenerador.

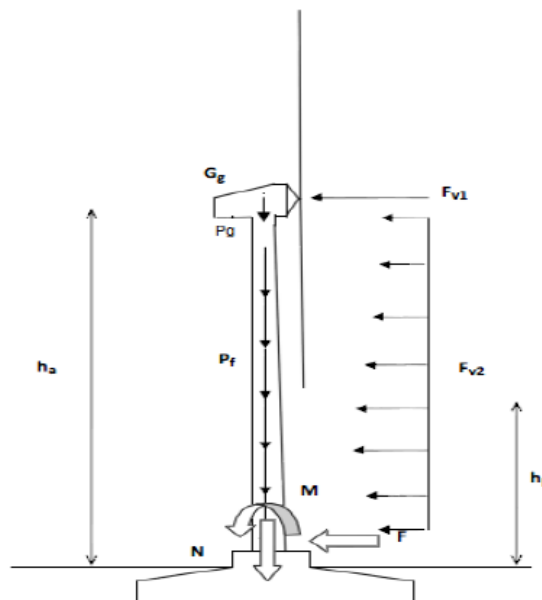


Ilustración 3. Acciones sobre la estructura del aerogenerador. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

3.3.1. Carga vertical de compresión

La carga vertical de compresión soportada por el aerogenerador está constituida por los pesos de la góndola, el rotor y la torre, que ya fueron calculados en apartados anteriores. El valor de la carga resultante es el que se muestra a continuación:

$$N = P_{g\acute{o}ndola} + P_{rotor} + P_{torre}$$

$$N = 1.667.700 \text{ N} + 1.069.290 \text{ N} + 10.791.000 \text{ N} = 13.527.990 \text{ N}$$

3.3.2. Fuerza horizontal de empuje

La fuerza horizontal de empuje, V , producida por la acción del viento sobre la estructura, se calcula sumando la contribución de la fuerza del viento que actúa sobre el rotor más la fuerza del viento que actúa sobre la torre, obteniéndose el siguiente valor:

$$V = F_{rotor} + F_{torre} = 1.718.381,48 \text{ N} + 556.280,16 \text{ N} = 2.274.661,63 \text{ N}$$

3.3.3. Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre

Dado que el viento ejerce sobre la torre una fuerza uniformemente distribuida, se debe calcular previamente su centro de gravedad para poder calcular el momento producido.

El centro de gravedad de un cono truncado se define según la siguiente expresión:

$$h_{CG} = \frac{h \cdot (R^2 + 2 \cdot R \cdot r + 3 \cdot r^2)}{4 \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2)}$$

Donde h : Altura de la torre, m

R : Radio inferior de la torre, m

r : Radio superior de la torre, m

Por tanto, se obtiene que:

$$h_{CG} = \frac{117 \text{ m} \cdot ((3,75 \text{ m})^2 + 2 \cdot 3,75 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} + 3 \cdot (2,50 \text{ m})^2)}{4 \cdot ((3,75 \text{ m})^2 + 3,75 \text{ m} \cdot 2,50 + (2,50 \text{ m})^2)} = 50,80 \text{ m}$$

Una vez se ha obtenido el centro de gravedad de la torre del aerogenerador se puede calcular el momento provocado por la fuerza puntual del viento sobre la torre:

$$M = F_{rotor} \cdot h + F_{torre} \cdot h_{CG}$$

$$M = (1.718.381,48 \text{ N} \cdot 117 \text{ m}) + (556.280,16 \text{ N} \cdot 50,80 \text{ m}) = 229.311.128,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.4. Acciones sobre la cimentación

A partir de las acciones soportadas por la estructura del aerogenerador se pueden obtener las acciones que deberá soportar la cimentación, ya que la carga horizontal y el momento son iguales, y solo habrá que sumar a las cargas verticales el peso de la propia zapata.

Para obtener este peso es necesario obtener previamente el volumen de la zapata, que al ser de geometría circular estará formada por dos partes: un cilindro, de diámetro D_i y altura H_b , y un cono truncado, de diámetro D_i y altura $H_t - H_b$, tal y como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

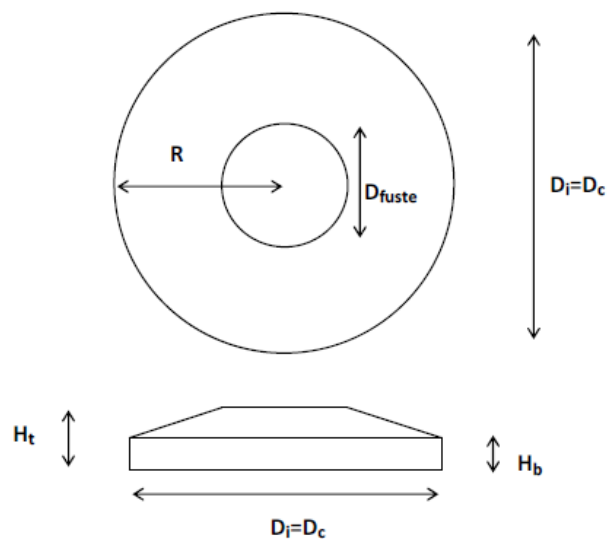


Ilustración 4. Vistas de la zapata circular. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" de Víctor Herrando Germán.

Para diseñar la zapata se suponen unas dimensiones y se comprueba si con ellas será capaz de soportar de manera adecuada las acciones anteriormente calculadas.

R, m	D_i , m	D_c , m	D_{fuste} , m	H_t , m	H_b , m
14	28	28	7,50	3	2

Tabla 8. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.

Obtenemos el volumen de la zapata a partir de las dimensiones elegidas:

$$V_{cilindro} = \pi \cdot (D_i/2)^2 \cdot H_b = 1.231,50 \text{ m}^3$$

$$V_{cono truncado} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (H_t - H_b) \cdot \left((D_i/2)^2 + (D_{fuste}/2)^2 + \frac{1}{4} \cdot (D_i \cdot D_{fuste}) \right) = 274,95 \text{ m}^3$$

$$V_{zapata} = V_{cilindro} + V_{cono truncado} = 1.506,46 \text{ m}^3$$

Aplicando la densidad del hormigón (2.500 kg/m^3) se obtiene el peso de la zapata:

$$P_{zapata} = 2.500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.506,46 \text{ m}^3 = 36.945.910,10 \text{ N}$$

Por tanto, finalmente se tiene que las acciones que deberá soportar la cimentación son:

$$N_{cimentación} = N + P_{zapata} = 50.473.900,10 \text{ N}$$

$$V = 2.274.661,63 \text{ N}$$

$$M = 229.311.128,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4. Comprobación frente a vuelco

Una vez se han decidido unas primeras dimensiones para la zapata y se han obtenido las cargas que esta deberá soportar, se pueden realizar las comprobaciones necesarias, comenzando por la comprobación frente a vuelco, para lo que se han seguido los procedimientos establecidos en el proyecto "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Para realizar esta comprobación se tienen en cuenta las acciones que pueden producir el vuelco de la zapata, y se calcula un factor de seguridad que debe ser superior a 1,25 para garantizar la estabilidad.

En la práctica se pueden diferenciar dos tipos de vuelco: rígido y plástico. El primer tipo se produce al suponer que el eje de giro es la propia arista de la cimentación, mientras que el vuelco plástico se produce con un eje de giro situado a una cierta distancia de la arista o "retranqueo".

Dado que es más realista suponer que el vuelco de la zapata podría producirse de manera plástica, se ha decidido realizar las comprobaciones atendiendo a los criterios de este tipo de vuelco.

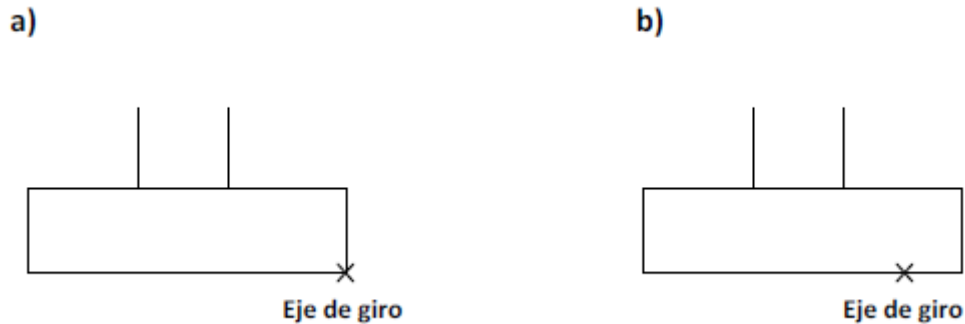


Ilustración 5. De izquierda a derecha: Vuelco rígido y vuelco plástico. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" de Víctor Herrando Germán.

El primer paso para llevar a cabo esta comprobación consiste en calcular el valor del retranqueo, u , que se define como la distancia entre la arista de la zapata y el eje de giro, como se puede observar en la siguiente ilustración.

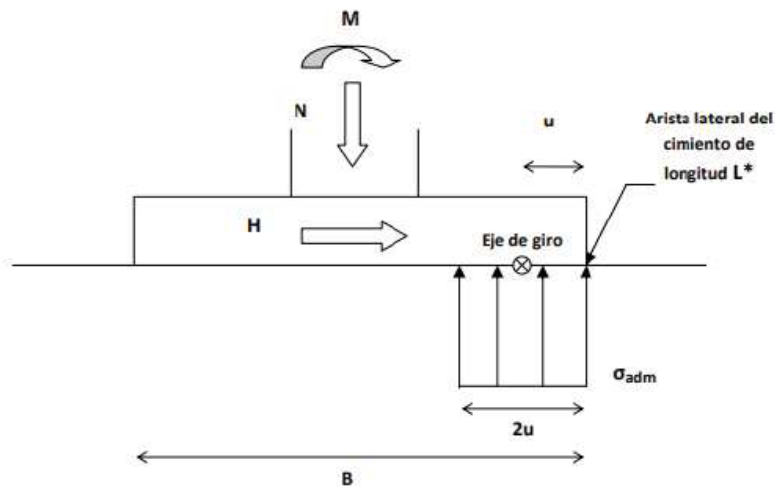


Ilustración 6. Momento teórico de vuelco mediante criterios plásticos. Fuente: "Optimización del diseño de la cimentación para un aerogenerador de gran altura" de Víctor Herrando Germán.

El retranqueo se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$u = \frac{\frac{1}{2} \cdot N_{\text{cimentación}}}{3 \cdot \sigma_{\text{adm}} \cdot 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - u)^2}}$$

Donde $N_{cimentación}$: Carga vertical soportada por la cimentación, N

σ_{adm} : Tensión admisible del hormigón, N/m²

R : Radio de la zapata, m

Por tanto, finalmente se obtiene que:

$$u = \frac{\frac{1}{2} \cdot 50.473.900,10 \text{ N}}{3 \cdot 250.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot \sqrt{(14 \text{ m})^2 - (14 \text{ m} - u)^2}} \rightarrow u = 2,2227 \text{ m}$$

A continuación, se debe calcular el factor de seguridad a vuelco, que se define como la relación de los momentos que tienden a estabilizar la estructura multiplicados por un factor de seguridad entre los momentos que tienden a desestabilizar la estructura multiplicados por un factor de seguridad. Si este factor de seguridad es superior a la unidad se garantiza que los esfuerzos estabilizadores son mayores que los desestabilizadores. Para mayor seguridad, se diseñará la cimentación para un factor de seguridad a vuelco superior a 1,25.

$$FS_{vuelco} = \frac{M_{estab} \cdot \gamma_{estab}}{M_{desestab} \cdot \gamma_{desestab}} > 1,25$$

Donde M_{estab} : Momento que tiende a estabilizar la estructura, N·m

γ_{estab} : Factor de seguridad parcial para cargas estabilizadoras. Tiene un valor de 0,90 al tratarse de cargas permanentes y de peso propio, según la Tabla 2.1. de Coeficientes parciales de seguridad del DB SE-C.

$M_{desestab}$: Momento que tiende a desestabilizar la estructura, N·m

$\gamma_{desestab}$: Factor de seguridad parcial para cargas desestabilizadoras. Tiene un valor de 1,80 al tratarse de cargas desestabilizadoras y variables, derivadas del viento, según la Tabla 2.1. de Coeficientes parciales de seguridad del DB SE-C.

Se obtienen los momentos:

$$M_{estab} = N_{cimentación} \cdot (R - u)$$

$$M_{estab} = 50.473.900,10 \text{ N} \cdot (14 \text{ m} - 2,2227 \text{ m}) = 594.446.263,60 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{estab} = M = 229.311.128,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Tabla 2.1. Coeficientes de seguridad parciales

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 límite	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	

Ilustración 7. Tabla 2.1. Coeficientes parciales de seguridad. Fuente: DB SE-C.

A continuación, se calcula el factor de seguridad a vuelco y se comprueba si es superior a 1,25:

$$FS_{vuelco} = \frac{594.446.263,60 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,9}{229.311.128,69 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1,8} = 1,296 > 1,25 \rightarrow \text{Se cumple}$$

5. Comprobación a deslizamiento

Al igual que en el apartado anterior, se debe comprobar que las fuerzas estabilizadoras son superiores a las fuerzas desestabilizadoras para garantizar que las cargas laterales no arrastran la estructura fuera de su posición.

$$FS_{deslizamiento} = \frac{F_{estab} \cdot \gamma_{estab}}{F_{desestab} \cdot \gamma_{desestab}} > 1,25$$

Donde F_{estab} : Carga que tiende a estabilizar la estructura, N

γ_{estab} : Factor de seguridad parcial para cargas estabilizadoras. Tiene un valor de 1,00 al tratarse de cargas permanentes y de peso propio, según la Tabla 2.1. de Coeficientes parciales de seguridad del DB SE-C.

$F_{desestab}$: Carga que tiende a desestabilizar la estructura, N

$\gamma_{desestab}$: Factor de seguridad parcial para cargas desestabilizadoras. Tiene un valor de 1,00 al tratarse de cargas desestabilizadoras y variables, derivadas del viento, según la Tabla 2.1. de Coeficientes parciales de seguridad del DB SE-C.

Obtenemos las cargas estabilizadoras y desestabilizadoras. Las cargas estabilizadoras se calculan a partir del ángulo de rozamiento interno del terreno, que se suele considerar como $\phi=30^\circ$.

$$F_{estab} = N_{cimentación} \cdot tg(\phi_d)$$

$$F_{desestab} = V$$

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

Por tanto:

$$F_{estab} = 50.473.900,10 \text{ N} \cdot tg(20^\circ) = 18.370.997,24 \text{ N}$$

$$F_{desestab} = 2.274.661,63 \text{ N}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{18.370.997,24 \text{ N} \cdot 1,00}{2.274.661,63 \text{ N} \cdot 1,00} = 8,08 > 1,25 \rightarrow \text{Se cumple}$$

El factor de seguridad es superior a 1,25, por lo que las dimensiones de la zapata son válidas tanto para vuelco como para deslizamiento.

Además, se debe cumplir que el valor de las fuerzas horizontales sea menor que el valor de las cargas verticales multiplicado por 0,4.

$$V < 0,4 \cdot N_{cimentación} = 2.274.661,63 \text{ N} < 0,4 \cdot 50.473.900,10 \text{ N}$$

$$2.274.661,63 \text{ N} < 20.189.560,04 \text{ N} \rightarrow \text{Se cumple}$$

6. Distribución de tensiones bajo la cimentación

6.1. Verificación del despegue

Para analizar correctamente la distribución de tensiones bajo la cimentación es necesario comprobar si se produce el despegue de la zapata.

Esta situación puede producirse cuando el momento soportado por la cimentación es superior a las cargas axiales, lo que provoca que la excentricidad de la carga soportada por la zapata se sitúe fuera del núcleo central de la sección. Al producirse el despegue, se reduce la sección de la zapata que realmente está trabajando, debido a que se tiene un centro de gravedad diferente al original.

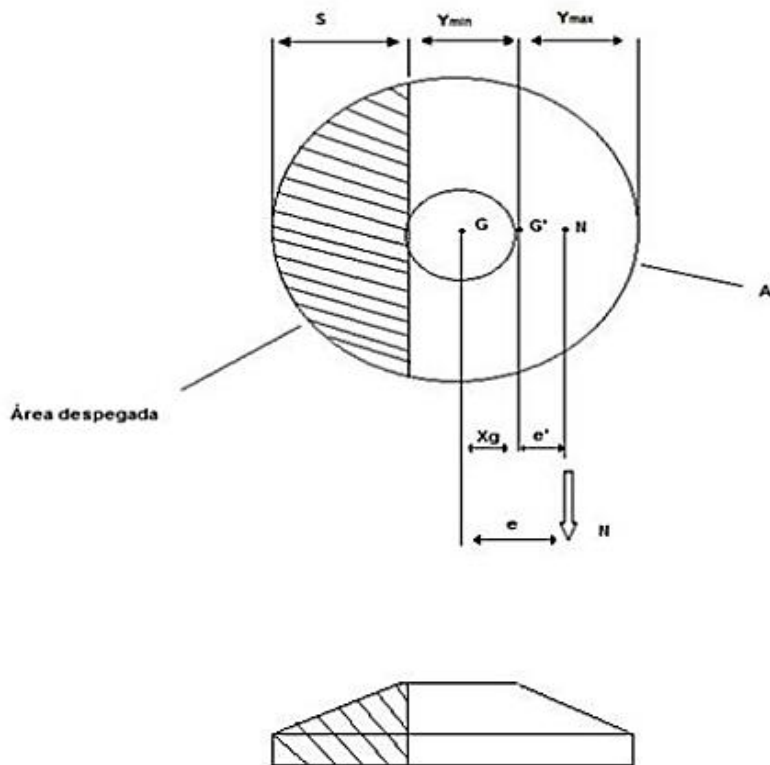


Ilustración 8. Área despegada. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Para comprobar si se produce el despegue se debe comparar la excentricidad de las cargas respecto G, e, con la excentricidad de despegue de la zapata, e_{des} , de la siguiente manera:

$$e_{des} < e$$

Donde

$$e = \frac{M}{N_{\text{cimentación}}} = \frac{229.311.128,69 \text{ N} \cdot \text{m}}{50.473.900,10 \text{ N}} = 4,54 \text{ m}$$

$$e_{\text{des}} = \frac{W}{A} = \frac{I}{y \cdot A} = \frac{\frac{\pi}{64} \cdot D_i^4}{\frac{D_i}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2} = 3,50 \text{ m}$$

$$e_{\text{des}} = 3,50 \text{ m} < e = 4,54 \text{ m} \rightarrow \text{Existe despegue}$$

Dado que se produce el despegue de la zapata es necesario calcular varios parámetros para conocer realmente qué sección es la que está trabajando.

6.2. Obtención de la distancia de despegue

Para obtener las dimensiones de la zapata que se despegan se impone un valor de la distancia de despegue, S , y se realiza un proceso iterativo para calcular los valores de X_g y e' , hasta que la suma de ambos valores sea igual a M/V . Una vez se ha obtenido la distancia de despegue, esta se utiliza para cálculos posteriores.

El proceso iterativo llevado a cabo es el siguiente:

- Se impone un valor de la distancia de despegue de $S=3,65 \text{ m}$ y se realiza el siguiente cálculo:

$$S = R \cdot (1 - \cos(\alpha))$$

$$3,65 \text{ m} = 14 \text{ m} \cdot (1 - \cos(\alpha)) \rightarrow \alpha = 0,739 \text{ rad}$$

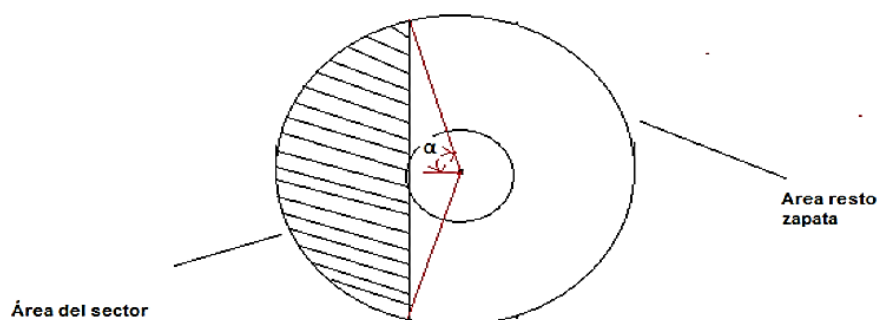


Ilustración 9. Ángulo del sector. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

b) Se calcula el área del sector:

$$A_{sector} = R^2 \cdot (\alpha - \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha))$$

$$A_{sector} = (14 \text{ m})^2 \cdot (0,739 \text{ rad} - \sin(0,739 \text{ rad}) \cdot \cos(0,739 \text{ rad})) = 47,228 \text{ m}^2$$

c) Se calcula el área de la zapata que no está en despegue:

$$A' = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} - A_{sector} = \frac{\pi \cdot (28 \text{ m})^2}{4} - 47,228 \text{ m}^2 = 568,52 \text{ m}^2$$

d) Se calcula el centro de gravedad del sector respecto al centro de la zapata:

$$x_{sector} = \frac{2 \cdot R}{3} \cdot \frac{(\sin(\alpha))^3}{\alpha - \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}$$

$$x_{sector} = \frac{2 \cdot 14 \text{ m}}{3} \cdot \frac{(\sin(0,739 \text{ rad}))^3}{0,739 \text{ rad} - \sin(0,739 \text{ rad}) \cdot \cos(0,739 \text{ rad})} = -11,828 \text{ m}$$

La obtención de un signo negativo indica que el centro de gravedad del sector circular está a la izquierda del centro de la zapata.

e) Se calcula el área total de la zapata:

$$A_{zapata} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (14 \text{ m})^2 = 615,752 \text{ m}^2$$

f) Se calcula el centro de gravedad del resto de la zapata:

$$x_g = \frac{(A_{zapata} \cdot x_{zapata}) - (A_{sector} \cdot x_{sector})}{A_{zapata} - A_{sector}}$$

$$x_g = \frac{(615,752 \text{ m}^2 \cdot 0 \text{ m}) - (47,228 \text{ m}^2 \cdot -11,828 \text{ m})}{615,752 \text{ m}^2 - 47,228 \text{ m}^2} = 0,983 \text{ m}$$

El centro de gravedad es positivo, por lo que el centro de gravedad del resto de la zapata está situado a la derecha del centro.

g) Se calcula el momento de inercia del resto de la zapata:

$$I = I_{zapata} - I_{sector}$$

$$I_{zapata} = \frac{\pi \cdot D_i^4}{64} + A_{zapata} \cdot (x_{zapata} - x_g)^2$$

$$I_{sector} = \left[\left(\frac{R^4}{4} \cdot (\alpha - \text{sen}(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 2 \cdot (\text{sen}(\alpha))^3 \cdot \cos(\alpha)) \right) - A_{sector} \cdot y^2 + A_{sector} \cdot (x_{sector} - x_g)^2 \right]$$

$$I_{zapata} = \frac{\pi \cdot (28 \text{ m})^4}{64} + 615,752 \text{ m}^2 \cdot (0 \text{ m} - 0,983 \text{ m})^2 = 30.766,29 \text{ m}^4$$

$$I_{sector} = \left[\left(\frac{(14 \text{ m})^4}{4} \cdot (0,739 \text{ rad} - \text{sen}(0,739 \text{ rad}) \cdot \cos(0,739 \text{ rad}) + 2 \cdot (\text{sen}(0,739 \text{ rad}))^3 \cdot \cos(0,739 \text{ rad})) \right) - 47,228 \text{ m}^2 \cdot (-11,828 \text{ m})^2 + 47,228 \text{ m}^2 \cdot (-11,828 \text{ m} - 0,983 \text{ m})^2 \right] = 7.793,52 \text{ m}^4$$

$$I = 30.766,29 \text{ m}^4 - 7.793,52 \text{ m}^4 = 22.972,77 \text{ m}^4$$

h) Se calcula el valor de Y_{\min} , que será la distancia desde el punto de despegue dentro de la zapata hasta el nuevo centro de gravedad de la zapata debida al despegue:

$$Y_{\min} = R - S + x_g = 14 \text{ m} - 3,65 \text{ m} + 0,983 \text{ m} = 11,333 \text{ m}$$

i) También se calcula el valor de e' , que es la excentricidad de las cargas respecto de G' (el nuevo centro de gravedad) en situación de despegue:

$$e' = \frac{I}{Y_{\min} \cdot A'} = \frac{22.972,77 \text{ m}^4}{11,333 \text{ m} \cdot 568,52 \text{ m}^2} = 3,566 \text{ m}$$

Tras la obtención de todos los valores necesarios se comprueba que la distancia de despegue, S , supuesta es válida. Para ello, se debe cumplir que:

$$e = e' + x_g$$

$$4,54 \text{ m} = 3,566 \text{ m} + 0,983 \text{ m}$$

$$4,54 \text{ m} = 4,54 \text{ m}$$

La igualdad se cumple, por lo que se puede dar el valor de la distancia de despegue, S , como válido y se utilizará para los cálculos de tensiones.

6.3. Comprobación de la capacidad portante del terreno

Una vez se ha obtenido el valor de la distancia de despegue, S , se comprueba si el terreno es capaz de soportar las tensiones que se dan sobre la zapata.

Para ello, se obtiene el valor de la tensión máxima y de la tensión mínima en función de las cargas de la torre mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{N_{\text{cimentación}}}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

La tensión máxima se produce en el extremo contrario al despegue y se obtiene como la suma de las cargas axiales con las cargas de compresión debidas a la torre. Por tanto, para su cálculo se emplea la distancia $Y_{\text{máx}}$:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{N_{\text{cimentación}}}{A'} + \frac{M - (x_g - N_{\text{cimentación}})}{W_{\text{mín}}}$$

Donde N : Carga axial en la base de la cimentación = 50.473,9001 kN

A' : Área de la zapata que no está en despegue = 568,52 m²

M : Momento flector en la base de la cimentación = 229.311,12869 kN·m

x_g : Distancia desde el centro de gravedad de la zapata sin despegue al centro de gravedad de la misma con despegue = 0,983 m

$W_{\text{mín}}$: Módulo resistente de la sección = $\frac{I}{Y_{\text{máx}}}$ m³

$Y_{\text{máx}}$: Distancia del extremo contrario al despegue al centro de gravedad G' de la zapata despegada = $D_i - S - Y_{\text{mín}} = 28 \text{ m} - 3,65 \text{ m} - 11,333 \text{ m} = 13,017 \text{ m}$

I : Momento de inercia de la zapata despegada = 22.972,77 m⁴

Por tanto:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{50.473,9001 \text{ kN}}{568,52 \text{ m}^2} + \frac{229.311,12869 \text{ kN} \cdot \text{m} - (0,983 \text{ m} - 50.473,9001 \text{ kN})}{\frac{22.972,77 \text{ m}^4}{13,017 \text{ m}}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 190,618 \text{ kPa}$$

La tensión mínima, se obtiene al restar la carga de tracción debida al viento en la torre con el esfuerzo de compresión debido a la carga axial, por lo que se debe emplear la distancia $Y_{mín}$.

$$\sigma_{mín} = \frac{N_{cimentación}}{A'} - \frac{M - (x_g - N_{cimentación})}{W_{m\acute{a}x}}$$

Donde $W_{m\acute{a}x}$: Módulo resistente de la sección = $\frac{I}{Y_{mín}} \text{ m}^3$

$Y_{mín}$: distancia desde el punto de despegue dentro de la zapata hasta el nuevo centro de gravedad de la zapata debida al despegue = 11,333 m

Por tanto:

$$\sigma_{mín} = \frac{50.473,9001 \text{ kN}}{568,52 \text{ m}^2} - \frac{229.311,12869 \text{ kN} \cdot \text{m} - (0,983 \text{ m} - 50.473,9001 \text{ kN})}{\frac{22.972,77 \text{ m}^4}{11,333 \text{ m}}}$$

$$\sigma_{mín} \approx 0 \text{ kPa}$$

A continuación, se obtiene la tensión media para poder realizar las comprobaciones necesarias:

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{mín}}{2} = 95,371 \text{ kPa}$$

A partir de los valores de tensión obtenidos se comprueba que las tensiones que soporta la zapata en su base no superan la tensión admisible del terreno. Para ello, se debe cumplir que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} < \sigma_{adm} \cdot 1,25$$

$$190,618 \text{ kPa} < 250 \text{ kPa} \cdot 1,25 = 312,5 \text{ kPa} \rightarrow \text{Se cumple}$$

$$\sigma_{med} < \sigma_{adm}$$

$$95,371 \text{ kPa} < 250 \text{ kPa} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Ambas comprobaciones se cumplen, por lo que el terreno es capaz de soportar las tensiones y, por tanto, las dimensiones de la zapata son válidas.

A modo de resumen, los resultados obtenidos en este apartado son los siguientes:

S (m)	3,65
A' (m²)	568,52
x_g (m)	0,983
I_y (m⁴)	22.972,77
Y_{máx} (m)	13,017
Y_{mín} (m)	11,333
W_{mín} (m³)	1.764,76
W_{máx} (m³)	2.027,15
e' (m)	3,566
e' + x_g (m)	4,54
σ_{máx} (kPa)	190,618
σ_{mín} (kPa)	0

Tabla 9. Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Elaboración propia.

7. Dimensionado de la armadura de la cimentación

El siguiente paso en el diseño de la cimentación consiste en el cálculo de la cantidad de armadura necesaria para que el hormigón resista de manera apropiada las cargas de tracción, aportándole una mayor resistencia.

Para dimensionar la armadura correctamente se han aplicado las directrices establecidas en la instrucción EHE-08.

7.1. Definición de la clase de zapata

En la instrucción EHE-08 se hace una distinción entre zapatas rígidas y flexibles a la hora de realizar los cálculos de la armadura.

- **Zapata rígida:** $V_{máx} \leq 2 \cdot h$
- **Zapata flexible:** $V_{máx} > 2 \cdot h$

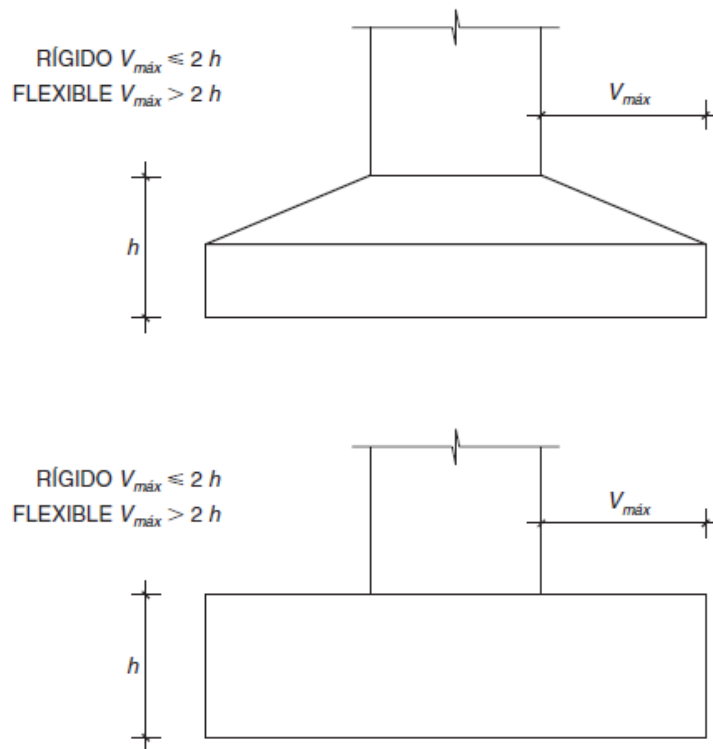


Ilustración 10. Zapatas rígidas y flexibles. Fuente: EHE-08.

Por tanto, teniendo en cuenta que el vuelo de la zapata que se está diseñando es de $V_{máx}=10,25$ m y que la altura del canto es de $h=3$ m, se tiene que:

$$10,25 \text{ m} > 6 \text{ m} \rightarrow \text{Zapata flexible}$$

Al tratarse de una zapata flexible la distribución de deformaciones a nivel de sección se puede considerar como lineal y se aplica la teoría general de flexión.

7.2. Armadura frente a solicitaciones normales

Para diseñar la armadura frente a solicitaciones normales se deben mayorar las cargas soportadas por la zapata. Más concretamente, se aplica un factor de seguridad de 1,35 a las cargas axiales, por tratarse de cargas persistentes, desfavorables y permanentes, y se aplica un factor de seguridad de 1,5 al momento flector.

Por tanto, las cargas mayoradas serán:

$$N_{cimentación} = 50.473,90 \text{ kN} \cdot 1,35 = 68.139,77 \text{ kN}$$

$$M = 229.311,13 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 1,5 = 343.966,69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Al aplicar los factores de seguridad se produce un incremento de la excentricidad, por lo que se deben recalculan tensiones bajo la zapata para poder dimensionar la armadura.

Para ello, se sigue el mismo procedimiento que en el apartado de "Obtención de la distancia de despegue".

Se comienza comprobando si se produce el despegue de la zapata:

$$e = \frac{M}{N_{cimentación}} = \frac{343.966,69 \text{ kN} \cdot \text{m}}{68.139,77 \text{ kN}} = 5,05 \text{ m}$$

$$e_{des} = \frac{W}{A} = \frac{I}{y \cdot A} = \frac{\frac{\pi}{64} \cdot D_i^4}{\frac{D_i}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2} = 3,50 \text{ m}$$

$$e_{des} = 3,50 \text{ m} < e = 5,05 \text{ m} \rightarrow \text{Existe despegue}$$

Se produce el despegue de la zapata, por lo que se deben recalculan varios valores.

La armadura que resistirá las solicitaciones normales se colocará en la cara inferior de la zapata de manera radial y circular para garantizar que trabaja uniformemente en todas las direcciones.

En cuanto a los métodos de cálculo empleados para cada tipo de armadura, se emplean las directrices de la instrucción EHE-08 para la armadura radial y se aplican los cálculos del Anejo B del libro "Cálculo de estructuras de cimentación" de J. Calavera para la armadura circular.

7.2.1. Obtención de las tensiones

Para obtener las dimensiones de la zapata que se despegan se impone un valor de la distancia de despegue, S , y se realiza un proceso iterativo para calcular los valores de X_g y e' , hasta que la suma de ambos valores sea igual a M/V . Una vez se haya obtenido la distancia de despegue, esta se utilizará para cálculos posteriores.

El proceso iterativo llevado a cabo es el siguiente:

- a) Se impone un valor de la distancia de despegue de $S=5,20$ m y se realiza el siguiente cálculo:

$$S = R \cdot (1 - \cos(\alpha))$$

$$5,20 \text{ m} = 14 \text{ m} \cdot (1 - \cos(\alpha)) \rightarrow \alpha = 0,891 \text{ rad}$$

- b) Se calcula el área del sector:

$$A_{\text{sector}} = R^2 \cdot (\alpha - \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha))$$

$$A_{\text{sector}} = (14 \text{ m})^2 \cdot (0,891 \text{ rad} - \sin(0,891 \text{ rad}) \cdot \cos(0,891 \text{ rad})) = 78,833 \text{ m}^2$$

- c) Se calcula el área de la zapata que no está en despegue:

$$A' = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} - A_{\text{sector}} = \frac{\pi \cdot (28 \text{ m})^2}{4} - 78,833 \text{ m}^2 = 536,92 \text{ m}^2$$

- d) Se calcula el centro de gravedad del sector respecto al centro de la zapata:

$$x_{\text{sector}} = \frac{2 \cdot R}{3} \cdot \frac{(\sin(\alpha))^3}{\alpha - \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}$$

$$x_{\text{sector}} = \frac{2 \cdot 14 \text{ m}}{3} \cdot \frac{(\sin(0,891 \text{ rad}))^3}{0,891 \text{ rad} - \sin(0,891 \text{ rad}) \cdot \cos(0,891 \text{ rad})} = -10,917 \text{ m}$$

La obtención de un signo negativo indica que el centro de gravedad del sector circular está a la izquierda del centro de la zapata.

- e) Se calcula el área total de la zapata:

$$A_{\text{zapata}} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (14 \text{ m})^2 = 615,752 \text{ m}^2$$

f) Se calcula el centro de gravedad del resto de la zapata:

$$x_g = \frac{(A_{zapata} \cdot x_{zapata}) - (A_{sector} \cdot x_{sector})}{A_{zapata} - A_{sector}}$$

$$x_g = \frac{(615,752 \text{ m}^2 \cdot 0 \text{ m}) - (78,833 \text{ m}^2 \cdot -10,917 \text{ m})}{615,752 \text{ m}^2 - 78,833 \text{ m}^2} = 1,603 \text{ m}$$

El centro de gravedad es positivo, por lo que el centro de gravedad del resto de la zapata está situado a la derecha del centro.

g) Se calcula el momento de inercia del resto de la zapata:

$$I = I_{zapata} - I_{sector}$$

$$I_{zapata} = \frac{\pi \cdot D_i^4}{64} + A_{zapata} \cdot (x_{zapata} - x_g)^2$$

$$I_{sector} = \left[\left(\frac{R^4}{4} \cdot (\alpha - \text{sen}(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 2 \cdot (\text{sen}(\alpha))^3 \cdot \cos(\alpha)) \right) - A_{sector} \cdot y^2 \right. \\ \left. + A_{sector} \cdot (x_{sector} - x_g)^2 \right]$$

$$I_{zapata} = \frac{\pi \cdot (28 \text{ m})^4}{64} + 615,752 \text{ m}^2 \cdot (0 \text{ m} - 1,603 \text{ m})^2 = 31.753,91 \text{ m}^4$$

$$I_{sector} = \left[\left(\frac{(14 \text{ m})^4}{4} \right. \right. \\ \left. \cdot (0,891 \text{ rad} - \text{sen}(0,891 \text{ rad}) \cdot \cos(0,891 \text{ rad}) + 2 \right. \\ \left. \cdot (\text{sen}(0,891 \text{ rad}))^3 \cdot \cos(0,891 \text{ rad})) \right) - 78,833 \text{ m}^2 \\ \left. \cdot (-10,917 \text{ m})^2 + 78,833 \text{ m}^2 \cdot (-10,917 \text{ m} - 1,603 \text{ m})^2 \right] \\ = 12.504,52 \text{ m}^4$$

$$I = 31.753,91 \text{ m}^4 - 12.504,52 \text{ m}^4 = 19.249,39 \text{ m}^4$$

- h) Se calcula el valor de Y_{\min} , que será la distancia desde el punto de despegue dentro de la zapata hasta el nuevo centro de gravedad de la zapata debida al despegue:

$$Y_{\min} = R - S + x_g = 14 \text{ m} - 5,20 \text{ m} + 1,603 \text{ m} = 10,403 \text{ m}$$

- i) También se calcula el valor de e' , que es la excentricidad de las cargas respecto de G' (el nuevo centro de gravedad) en situación de despegue:

$$e' = \frac{I}{Y_{\min} \cdot A'} = \frac{19.249,39 \text{ m}^4}{10,403 \text{ m} \cdot 536,92 \text{ m}^2} = 3,446 \text{ m}$$

Tras la obtención de todos los valores necesarios se comprueba que la distancia de despegue, S , supuesta es válida. Para ello, se debe cumplir que:

$$e = e' + x_g$$

$$5,05 \text{ m} = 3,446 \text{ m} + 1,603 \text{ m}$$

$$5,05 \text{ m} = 5,05 \text{ m}$$

La igualdad se cumple, por lo que se puede dar el valor de la distancia de despegue, S , como válido y se utilizará para los cálculos de tensiones.

Una vez se ha obtenido el valor de la distancia de despegue, S , se comprueba si el terreno es capaz de soportar las tensiones que se dan sobre la zapata.

Para ello, se obtiene el valor de la tensión máxima y de la tensión mínima en función de las cargas de la torre mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{N_{\text{cimentación}}}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

La tensión máxima se produce en el extremo contrario al despegue y se obtiene como la suma de las cargas axiales con las cargas de compresión debidas a la torre. Por tanto, para su cálculo se emplea la distancia $Y_{\text{máx}}$:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{N_{\text{cimentación}}}{A'} + \frac{M - (x_g - N_{\text{cimentación}})}{W_{\min}}$$

Donde N : Carga axial en la base de la cimentación = 68.139,77 kN

A' : Área de la zapata que no está en despegue = 536,92 m²

M : Momento flector en la base de la cimentación = 343.966,69 kN·m

x_g : Distancia desde el centro de gravedad de la zapata sin despegue al centro de gravedad de la misma con despegue = 1,603m

$W_{mín}$: Módulo resistente de la sección = $\frac{I}{Y_{máx}}$ m³

$Y_{máx}$: Distancia del extremo contrario al despegue al centro de gravedad G' de la zapata despegada = $D_i - S - Y_{mín} = 28 \text{ m} - 5,20 \text{ m} - 10,403 \text{ m} = 12,397 \text{ m}$

I : Momento de inercia de la zapata despegada = 19.249,39 m⁴

Por tanto:

$$\sigma_{máx} = \frac{68.139,77 \text{ kN}}{536,92 \text{ m}^2} + \frac{343.966,69 \text{ kN} \cdot \text{m} - (1,603\text{m} - 68.139,77 \text{ kN})}{\frac{19.249,39 \text{ m}^4}{12,397 \text{ m}}}$$

$$\sigma_{máx} = 278,091 \text{ kPa}$$

La tensión mínima, se obtiene al restar la carga de tracción debida al viento en la torre con el esfuerzo de compresión debido a la carga axial, por lo que se debe emplear la distancia $Y_{mín}$.

$$\sigma_{mín} = \frac{N_{cimentación}}{A'} - \frac{M - (x_g - N_{cimentación})}{W_{máx}}$$

Donde $W_{máx}$: Módulo resistente de la sección = $\frac{I}{Y_{mín}}$ m³

$Y_{mín}$: distancia desde el punto de despegue dentro de la zapata hasta el nuevo centro de gravedad de la zapata debida al despegue = 10,403m

Por tanto:

$$\sigma_{mín} = \frac{68.139,77 \text{ kN}}{536,92 \text{ m}^2} - \frac{343.966,69 \text{ kN} \cdot \text{m} - (1,603\text{m} - 68.139,77 \text{ kN})}{\frac{19.249,39 \text{ m}^4}{10,403\text{m}}}$$

$$\sigma_{mín} \approx 0 \text{ kPa}$$

A continuación, se obtiene la tensión media para poder realizar las comprobaciones necesarias:

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = 139,068 \text{ kPa}$$

A partir de los valores de tensión obtenidos se comprueba que las tensiones que soporta la zapata en su base no superan la tensión admisible del terreno. Para ello, se debe cumplir que:

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm}} \cdot 1,25$$

$$278,091 \text{ kPa} < 250 \text{ kPa} \cdot 1,25 = 312,5 \text{ kPa} \rightarrow \text{Se cumple}$$

$$\sigma_{\text{med}} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$139,068 \text{ kPa} < 250 \text{ kPa} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Ambas comprobaciones se cumplen por lo que el terreno es capaz de soportar las tensiones y, por tanto, las dimensiones de la zapata son válidas.

A modo de resumen, los resultados obtenidos en este apartado son los siguientes:

S (m)	5,20
A' (m²)	536,92
x_g (m)	1,603
I_y (m⁴)	19.249,39
Y_{máx} (m)	12,397
Y_{mín} (m)	10,403
W_{mín} (m³)	1.552,73
W_{máx} (m³)	1.850,39
e' (m)	3,446
e' + x_g (m)	5,05
σ_{máx} (kPa)	278,091
σ_{mín} (kPa)	0

Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Elaboración propia.

Debido al despegue, las tensiones presentarán una distribución triangular.

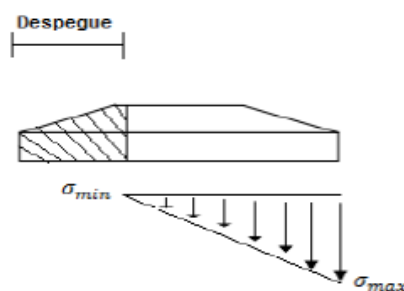


Ilustración 11. Distribución triangular de tensiones. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

7.2.2. Cálculo de la armadura radial

Cómo se comentó anteriormente, la armadura radial de la zapata se calcula atendiendo a lo establecido en la instrucción EHE-08, donde se marca una sección de referencia, S_1 , en el apartado 58.4.2.1.1. que se debe obtener previamente para poder dimensionar la armadura.

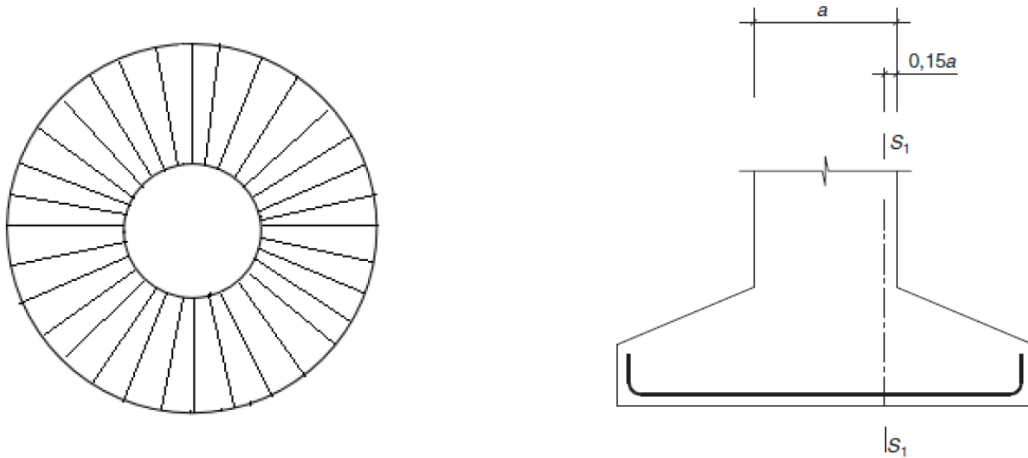


Ilustración 12. Des izquierda a derecha: Armadura radial y sección de referencia. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala y EHE-08.

Como se muestra en la anterior ilustración, la sección de referencia está situada a una distancia de $0,15 \cdot a$ hacia el centro de la cimentación. Por tanto, teniendo en cuenta las dimensiones de la zapata, se tiene que:

$$S_1 = 0,15 \cdot a = 0,15 \cdot 7,50 \text{ m} = 1,125 \text{ m}$$

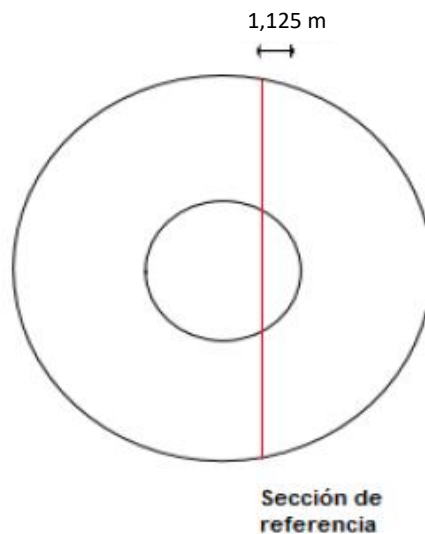


Ilustración 13. Sección de referencia para calcular la armadura normal. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Este apartado se calcula atendiendo a las directrices del Anejo 7 de la instrucción EHE-08, donde se aborda el “Cálculo de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales”, donde se adopta un diagrama bilineal para el acero de la armadura pasiva y un diagrama parabólico-rectangular para el hormigón comprimido para aproximar las tensiones y los momentos.

Por tanto, teniendo en cuenta la formulación expuesta por la instrucción para el dimensionamiento a flexión simple en sección rectangular, se tiene la siguiente profundidad límite, x_l , para hormigones con resistencias características inferiores a los 50 MPa:

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

Donde d : Canto útil, definido como la distancia entre la superficie superior de la zapata hasta el centro de las barras que conforman la armadura. Se calcula teniendo en cuenta que el recubrimiento mínimo según la normativa debe ser de 25 mm y que se añaden 10 mm por tratarse de una construcción in situ.

$$\text{Por tanto: } d = (3.000 - 25 - 10)mm = 2.965 \text{ mm}$$

Por tanto, se obtiene la siguiente profundidad límite:

$$x_l = 0,625 \cdot 2.965 \text{ mm} = 1.853,13 \text{ mm}$$

El siguiente paso consiste en la obtención de la cuantía mecánica mínima a flexión. Para ello, la normativa establece dos casos de estudio diferentes:

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

$$U_{s2} = 0$$

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

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

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

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

Donde

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d$$

Para obtener el momento de cálculo, M_d , se tiene en cuenta el despegue de la zapata y que la distribución de tensiones sobre el terreno presenta un perfil triangular, de modo que se puede descomponer el momento de la siguiente manera:

$$M_d = M_1 + M_2 - M_{horm} - M_{tierras}$$

$$M_1 = \sigma_x \cdot \frac{R^2}{2} \left[kN \cdot \frac{m}{m} \right]$$

$$M_2 = (\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_x) \cdot \frac{R^2}{3} \left[kN \cdot \frac{m}{m} \right]$$

$$M_{horm} = \gamma_h \cdot R \cdot \gamma_c \left[kN \cdot \frac{m}{m} \right]$$

$$M_{tierras} = \gamma_t \cdot R \cdot \gamma_c \left[kN \cdot \frac{m}{m} \right]$$

Donde $\sigma_{m\acute{a}x}$: Tensión máxima sobre el terreno, 278,091 kPa

σ_x : Tensión en la sección de referencia

γ_h : Peso específico del hormigón, 25 kN/m³

γ_t : Peso específico de la tierra, 18 kN/m³

γ_c : Factor de seguridad, 1,35

R : Radio de la zapata, 14 m

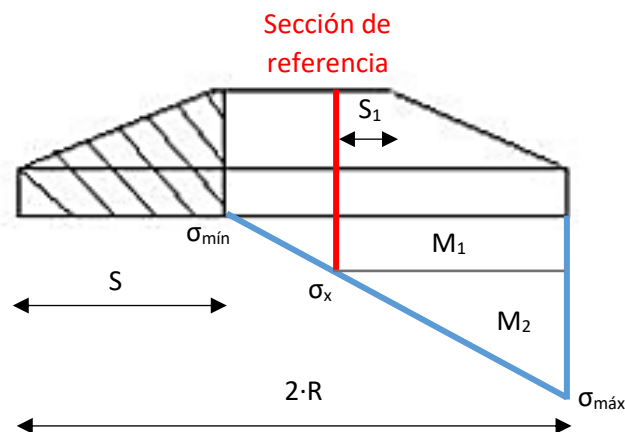


Ilustración 14. Descomposición del momento flector bajo la zapata.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la distancia de despeje, S , calculada en apartados anteriores y que las tensiones siguen un perfil triangular, se obtiene la tensión en la sección de referencia como sigue:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{(D - S)} \cdot (R + R_{fuste} - S - S_1)$$

$$\sigma_x = \frac{278,091 \text{ kPa}}{(28 \text{ m} - 5,20 \text{ m})} \cdot (14 \text{ m} + 3,75 \text{ m} - 5,20 \text{ m} - 1,125 \text{ m}) = 139,35 \text{ kPa}$$

Para restar la contribución favorable del peso de la zapata y el peso de la tierra situada sobre ella a los momentos M_1 y M_2 , se supone que el metro más superficial compuesto por hormigón y tierras a efectos de cálculo esta únicamente compuesto por tierra, quedando así 1 metro de hormigón y otro de tierras, de modo que el cálculo se obtiene del lado de la seguridad.

Por tanto, finalmente se obtienen los siguientes momentos por unidad de longitud:

$$M_1 = 139,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{(14 \text{ m})^2}{2} = 13.656,33 \left[\frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right]$$

$$M_2 = \left(278,091 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 139,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{(14 \text{ m})^2}{3} = 9.064,38 \left[\frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right]$$

$$M_{\text{horm}} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 14 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,35 = 472,50 \left[\frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right]$$

$$M_{\text{tierras}} = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 14 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,35 = 340,20 \left[\frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right]$$

$$M_d = (13.656,33 + 9.064,38 - 472,50 - 340,20) \left[\frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \right] = 21.908,01 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

A partir del valor obtenido se puede calcular la cuantía U_0 , dejando la distancia b como una incógnita:

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$U_0 = \frac{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5} \cdot b \cdot 2.965 \text{ mm} = 49.416,67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Una vez calculada la cuantía U_0 se puede determinar el caso de estudio al que pertenece la armadura:

$$0,375 \cdot U_0 \cdot d$$

$$0,375 \cdot 49.416,67 \frac{kN}{m} \cdot 2,965 m = 54.945,16 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$M_d = 21.908,01 \frac{kN \cdot m}{m} \leq 0,375 \cdot U_0 \cdot d = 54.945,16 \frac{kN \cdot m}{m} \rightarrow \text{Primer caso de estudio}$$

Se aplican las expresiones del primer caso de estudio para obtener las cuantías de acero de la armadura:

$$U_{s2} = 0 \rightarrow \text{No se requiere armadura a compresión}$$

$$U_{s1} = 49.416,67 \frac{kN}{m} \cdot \left(\sqrt{1 - \frac{2 \cdot 21.908,01 \frac{kN \cdot m}{m}}{49.416,67 \frac{kN}{m} \cdot 2,965 m}} \right) = 8.043,49 \frac{kN}{m}$$

A partir de la definición de la cuantía mecánica a tracción se obtiene el área de la sección de la armadura:

$$U_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \rightarrow A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = \frac{8.043,49 \frac{kN}{m}}{\frac{500 \cdot 10^3 \frac{kN}{m^2}}{1,15}} = 185,00 \frac{cm^2}{m}$$

Las barras tendrán la misma longitud que el diámetro de la zapata, por tanto, la cuantía geométrica es:

$$A_{s1} = 185,00 \frac{cm^2}{m} \cdot 28 m = 518.000,50 mm^2$$

A continuación, se comprueba que la cuantía geométrica obtenida es superior a la cuantía geométrica mínima:

$$A_{s1} \geq 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 28000 mm \cdot 2965 mm = 166.040 mm^2$$

$$518.000,50 mm^2 \geq 166.040 mm^2 \rightarrow \text{Se cumple}$$

Por tanto, la cuantía geométrica obtenida es válida.

A partir de la cuantía geométrica se obtiene el número de barras que se deberán emplear para el diseño de la armadura. En este caso se emplearán barras de 25 mm de diámetro, por tanto:

$$N^{\circ} \text{ de barras} = \frac{A_{s1}}{\pi \cdot r^2} = \frac{518.000,50 \text{ mm}^2}{\pi \cdot (12,5 \text{ mm})^2} = 1.055,26 \approx 1.056 \text{ barras}$$

Para permitir un amarre correcto, se colocarán barras con dos longitudes diferentes agrupadas entre ellas.

Por último, se determina la separación que deberán tener las barras para quedar equitativamente repartidas:

$$\text{Separación} = \frac{\text{Perímetro} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \Phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$\text{Separación} = \frac{2\pi \cdot 14.000 \text{ mm} - 528 \cdot 25 \text{ mm}}{528 - 1} = 141,87 \text{ mm}$$

La instrucción EHE-08 indica que la separación entre barras no puede superar los 30 cm, por lo que la separación obtenida es válida.

7.2.3. Armadura circular

Como se comentó en apartados anteriores, la armadura radial soporta las solicitaciones normales junto con una armadura circular. Esta armadura se diseña según los criterios del anejo B "Formulación de armadura circular" del libro de J. Calavera "Cálculo de estructuras de cimentación".

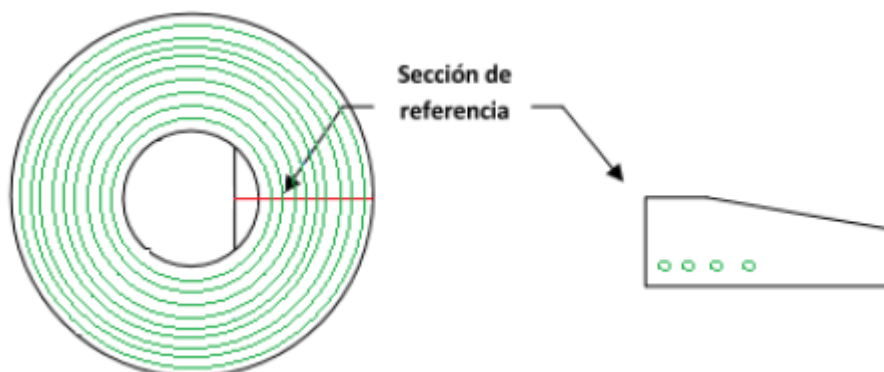


Ilustración 15. Armadura circular. Fuente: Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Primero, se deben definir los parámetros geométricos que intervienen en los cálculos de la armadura, que son los que se muestran en la siguiente ilustración.

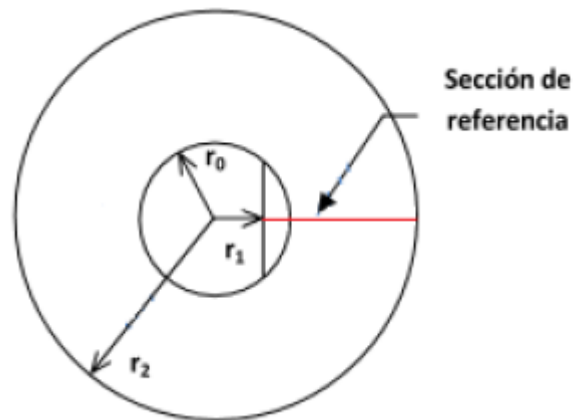


Ilustración 16. Parámetros geométricos para el cálculo.
Fuente: Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Donde r_2 : Coincide con el radio de la zapata, 14 m

r_1 : Distancia desde el centro de la zapata hasta la sección de referencia

$$r_1 = R_{fuste} - S_1 = 3,75 \text{ m} - 1,125 \text{ m} = 2,625 \text{ m}$$

r_0 : Radio de la torre en la base, 3,75 m

A partir de estos valores se obtienen el resto de los parámetros, comenzando por la evaluación del módulo de balasto, K_c .

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

Donde K_{30} : Coeficiente de balasto medido en una plataforma de 30x30 cm. Como ya se estableció en las propiedades del terreno, tiene un valor de $4 \text{ kg/cm}^3 = 0,03924 \text{ N/mm}^3$.

b : Diferencia entre los radios r_2 y r_1

$$b = r_2 - r_1 = 14 \text{ m} - 2,625 \text{ m} = 11,375 \text{ m}$$

Por tanto:

$$K_c = 0,03924 \frac{\text{N}}{\text{mm}^3} \cdot \left(\frac{11,375 \text{ m} + 0,3}{2 \cdot 11,375 \text{ m}} \right)^2 = 10.334,27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Se obtiene el parámetro ξ :

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

Siendo:

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

Donde β : Coeficiente en función de las dimensiones de la sección, 0,28

$$d_1 = r_2 - r_1 = 14 \text{ m} - 2,625 \text{ m} = 11,375 \text{ m}$$

d_2 : Altura de la zapata, 3 m

$$\frac{d_1}{d_2} = 3,79 \text{ m} \approx 3,8 \text{ m}$$

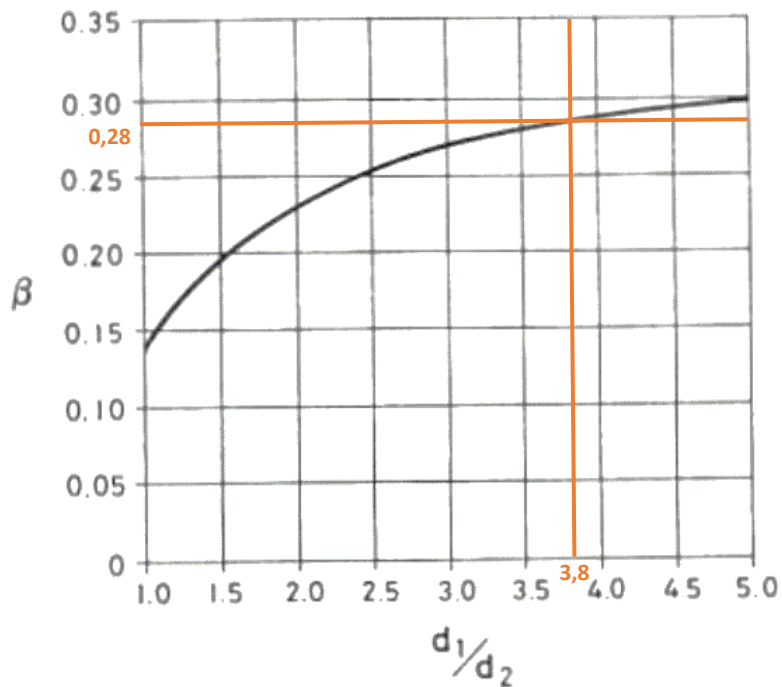


Ilustración 17. Obtención del parámetro, β . Fuente: Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Por tanto:

$$J = 0,28 \cdot 11,375 \text{ m} \cdot (3 \text{ m})^3 = 85,995 \text{ m}^4$$

El resto de los parámetros que intervienen en el cálculo de ξ son:

E : Módulo de elasticidad del hormigón, $30 \cdot 10^6$ kN/m²

I : Módulo de inercia de la zapata

$$I = \frac{1}{12} \cdot d_1 \cdot d_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 11,375 \text{ m} \cdot (3 \text{ m})^3 = 25,594 \text{ m}^4$$

G : Módulo de elasticidad transversal del hormigón, $12,6 \cdot 10^6$ kN/m²

I_s : Momento de inercia del anillo

$$I_s = \frac{\pi}{4} \cdot (r_2^4 - r_1^4) = \frac{\pi}{4} \cdot (14^4 - 2,625^4) \text{ m}^4 = 30.134,56 \text{ m}^4$$

A : Área del anillo

$$A = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2) = \pi \cdot (14^2 - 2,625^2) \text{ m}^2 = 594,10 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$\xi = \frac{\pi \cdot \left(30 \cdot 10^6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 25,594 \text{ m}^4 + 12,6 \cdot 10^6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 85,995 \text{ m}^4 \right)}{3,75 \text{ m} \cdot \left(30.134,56 \text{ m}^4 - \frac{(3,75 \text{ m})^2 \cdot 594,10 \text{ m}^2}{2} \right)}$$

$$\xi = 59.751,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

A continuación, se calcula el giro máximo del eje de la estructura, Φ_0 :

$$\theta_0 = \frac{M}{\xi \cdot I_s + K_c \cdot \frac{r_0^2 \cdot A}{2}}$$

Donde M : Momento al que es sometido la cimentación, 343.966,69 kN·m

Por tanto:

$$\theta_0 = \frac{343.966,69 \text{ kN} \cdot \text{m}}{59.751,40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 30.134,56 \text{ m}^4 + 10.334,27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{(3,75 \text{ m})^2 \cdot 594,10 \text{ m}^2}{2}}$$

$$\theta_0 = 0,000187 \text{ rad}$$

A partir del ángulo obtenido se calcula la inclinación del cimiento, α :

$$\alpha = \theta_0 \cdot \left(1 + \frac{\xi}{K_c}\right)$$

$$\alpha = 0,000187 \text{ rad} \cdot \left(1 + \frac{59.751,40 \frac{kN}{m^3}}{10.334,27 \frac{kN}{m^3}}\right) = 0,0013 \text{ rad}$$

Por último, se calcula el momento M_Φ :

$$M_\Phi = \frac{E \cdot I \cdot \theta_0}{r_0}$$

$$M_\Phi = \frac{30 \cdot 10^6 \frac{kN}{m^2} \cdot 25,594 \text{ m}^4 \cdot 0,000187 \text{ rad}}{3,75 \text{ m}} = 38.197,76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A partir del momento calculado, y teniendo en cuenta que el canto útil, d , es de 2,965 m, se obtiene la cuantía mecánica de la armadura, U_s :

$$U_s = \frac{M_\Phi}{d} = \frac{38.197,76 \text{ kN} \cdot \text{m}}{2,965 \text{ m}} = 12.882,89 \text{ kN}$$

Con la cuantía mecánica de la armadura se calcula el área de armadura necesaria:

$$A_s = \frac{U_s}{f_{yd}} = \frac{12.882,89 \cdot 10^3 \text{ N}}{\frac{500 \frac{N}{mm^2}}{1,15}} = 29.630,64 \text{ mm}^2$$

A continuación, se calcula el número de barras de 25 mm de diámetro que se deberán emplear:

$$N^\circ \text{ barras} = \frac{A_s}{\pi \cdot r^2} = \frac{29.630,64 \text{ mm}^2}{\pi \cdot (12,5 \text{ mm})^2} = 60,36 \approx 61 \text{ barras}$$

Por último, se determina la separación que deberán tener las barras:

$$\text{Separación} = \frac{\text{Longitud a cubrir} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$\text{Separación} = \frac{(14.000 \text{ mm} - 2.625 \text{ mm}) - 61 \cdot 25 \text{ mm}}{61 - 1} = 164,17 \text{ mm}$$

La instrucción EHE-08 indica que la separación entre barras no puede superar los 30 cm, por lo que la separación obtenida es válida.

7.3. Armadura a cortante

El siguiente elemento de la cimentación que se va a dimensionar es la armadura a cortante. Para ello, se han seguido los apartados del artículo 44 de la instrucción EHE-08 “Estado Límite de Agotamiento frente a cortante”.

La sección de referencia que se analiza en el diseño de la armadura a cortante se encuentra a una distancia igual al canto útil, d , partiendo de la base de la torre, como se puede observar en la siguiente ilustración. Por tanto, como se calculó anteriormente, esta distancia será de 2,965 m.

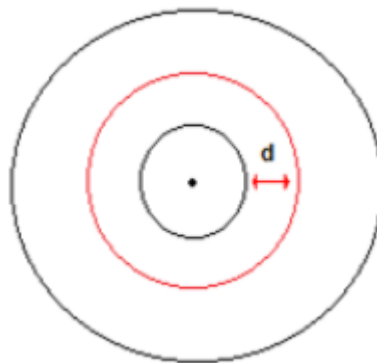


Ilustración 18. Sección de referencia para el cálculo de la armadura a cortante. Fuente: “Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador” de Iñaki Núñez Ayala.

Por otro lado, el esfuerzo cortante de diseño se determina como la diferencia entre el esfuerzo debido a la tensión del terreno bajo la zapata menos la carga cortante debida al peso propio de las tierras y el hormigón.

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

El esfuerzo cortante debido a la distribución tensional bajo la zapata, V_1 , se calcula según la siguiente expresión:

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

Donde $\sigma_{m\acute{a}x}$: Tensión máxima bajo la zapata, 278,091 kPa

L : Distancia desde la periferia hasta la sección de referencia

$$L = R - R_{fuste} - d = 14 \text{ m} - 3,75 \text{ m} - 2,965 \text{ m} = 7,285 \text{ m}$$

σ_x : Tensión en la sección de referencia

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{D - S} \cdot (D - S - L)$$

$$\sigma_x = \frac{278,091 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{28 \text{ m} - 5,20 \text{ m}} \cdot (28 \text{ m} - 5,20 \text{ m} - 7,285 \text{ m}) = 189,24 \text{ kPa}$$

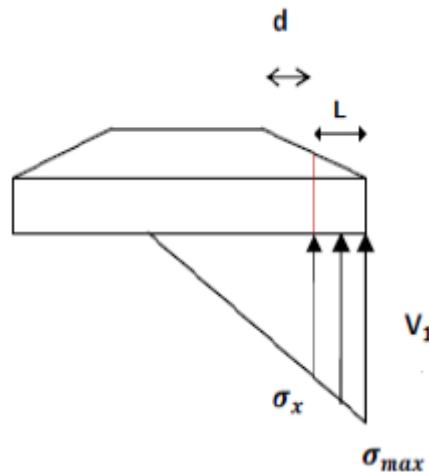


Ilustración 19. Esquema de los esfuerzos cortantes bajo la zapata. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Por tanto, se obtiene que:

$$V_1 = \frac{278,091 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 189,24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{2} \cdot 7,285 \text{ m} = 1.702,24 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Multiplicando por el diámetro de la zapata se tiene que:

$$V_1 = 1.702,24 \frac{kN}{m} \cdot 28 m = 47.662,64 kN$$

A continuación, se calcula la carga cortante debida al peso propio de las tierras y el hormigón, V_{pp} :

$$V_{pp} = A_{módulo} \cdot (\gamma_h \cdot h + \gamma_t \cdot h) \cdot \gamma_G$$

Donde $A_{módulo}$: Área de la zapata que contribuye al corte, $L \cdot b_0 = 7,285 m \cdot b_0$

γ_h : Peso específico del hormigón, $25 kN/m^3$

γ_t : Peso específico de las tierras, $18 kN/m^3$

h : Altura de cantidad de hormigón y tierra, $1 m$

γ_G : Factor de mayoración de pesos de la tierra y el hormigón, $1,35$

Por tanto:

$$V_{pp} = 7,285 m \cdot \left(25 \frac{kN}{m^3} \cdot 1 m + 18 \frac{kN}{m^3} \cdot 1 m \right) \cdot 1,35 = 422,89 \frac{kN}{m}$$

A partir de estos valores se obtiene el esfuerzo cortante de cálculo, V_{rd} :

$$V_{rd} = 1.702,24 \frac{kN}{m} - 422,89 \frac{kN}{m} = 1.279,34 \frac{kN}{m}$$

Multiplicando por el diámetro de la zapata se tiene que:

$$V_{rd} = 1.279,34 \frac{kN}{m} \cdot 28 m = 35.821,60 kN$$

A continuación, se comprueba el agotamiento por tracción en el alma, ya que este puede provocar que se alcance el Estado Límite Último por esfuerzo cortante.

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

Donde V_{CU} : Contribución del hormigón al cortante

V_{SU} : Contribución del acero

La contribución del hormigón al cortante se calcula con la siguiente expresión:

$$V_{CU} = \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_0 \cdot d$$

Donde γ_c : Coeficiente parcial de seguridad, 1,5

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \text{ con } d \text{ en mm} = 1 + \sqrt{\frac{200}{2.965}} = 1,260$$

ρ_1 : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal traccionada anclada a una distancia $\geq "d"$ a partir de la sección de estudio

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} = \frac{A_{s1,normal} + A_{s1,circular}}{b_0 \cdot d} = \frac{518.000,50 \text{ mm}^2 + 29.630,64 \text{ mm}^2}{28.000 \text{ mm} \cdot 2.965 \text{ mm}} = 0,0066$$

f_{ck} : Resistencia característica del hormigón, 25 N/mm²

Por tanto:

$$V_{CU} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,260 \cdot \left(100 \cdot 0,0066 \cdot 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^{1/3} \cdot 28.000 \text{ mm} \cdot 2.965 \text{ mm}$$

$$V_{CU} = 26.619,79 \text{ kN}$$

A partir de este valor se puede calcular la contribución del acero, V_{SU} :

$$V_{rd} = V_{U2} = V_{CU} + V_{SU} \rightarrow V_{SU} = V_{U2} - V_{CU}$$

$$V_{SU} = 35.821,60 \text{ kN} - 26.619,79 \text{ kN} = 9.201,81 \text{ kN}$$

Una vez se ha obtenido la contribución del acero se calcula el área de los estribos y su separación:

$$V_{SU} = \frac{0,9 \cdot d}{S_t} \cdot A_t \cdot f_{yk}$$

Donde d : Canto útil, 2,965 m

S_t : Separación entre los planos de los estribos

A_t : Área de la sección de los estribos

f_{yk} : Resistencia característica del acero, 400 N/mm²

Según la instrucción EHE-08 la separación entre estribos S_t , debe cumplir con los siguientes límites:

$$S_t \leq 0,75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}, \text{ si } V_{rd} \leq \frac{1}{5} \cdot V_{U1}$$

$$S_t \leq 0,60 \cdot d \leq 450 \text{ mm}, \text{ si } \frac{1}{5} \cdot V_{U1} < V_{rd} \leq \frac{2}{3} \cdot V_{U1}$$

$$S_t \leq 0,30 \cdot d \leq 300 \text{ mm}, \text{ si } V_{rd} > \frac{2}{3} \cdot V_{U1}$$

Donde V_{U1} : Cálculo del agotamiento del hormigón

$$V_{U1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_{U1} = 0,3 \cdot \frac{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5} \cdot 28.000 \text{ mm} \cdot 2.965 \text{ mm} = 415.100 \text{ kN}$$

Por tanto, la separación de los estribos se debe ajustar al primer caso, ya que:

$$V_{rd} = 35.821,60 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{5} \cdot V_{U1} = \frac{1}{5} \cdot 415.100 \text{ kN} = 83.020 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = 35.821,60 \text{ kN} \leq \frac{1}{5} \cdot V_{U1} = 83.020 \text{ kN}$$

Finalmente, se obtiene la siguiente separación, S_t :

$$S_t \leq 0,75 \cdot d \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_t \leq 0,75 \cdot 2.965 \text{ mm} = 2.223,75 \text{ mm} \rightarrow S_t = 600 \text{ mm}$$

A continuación, se determina el área necesaria de los estribos:

$$A_t = \frac{V_{SU} \cdot S_t}{0,9 \cdot d \cdot f_{yk}}$$

$$A_t = \frac{9.201,81 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 600 \text{ mm}}{0,9 \cdot 2.965 \text{ mm} \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 4.137,97 \text{ mm}^2$$

A partir del área obtenida, se calcula el número de barras de 25 mm de diámetro necesario para cumplir al mismo tiempo con el área mínima y con la distancia entre estribos de 600 mm.

Por otro lado, para asegurar el correcto anclaje de las barras de las armaduras, se colocan estribos en 4 disposiciones diferentes a lo largo de la cimentación. De esta forma se colocarán diferentes números de estribos sobre circunferencias de diferentes valores de radio:

$$R_1 = 5.000 \text{ mm}$$

$$R_2 = 6.500 \text{ mm}$$

$$R_3 = 8.000 \text{ mm}$$

$$R_4 = 9.500 \text{ mm}$$

Por tanto, teniendo en cuenta que la separación entre estribos deberá ser de 600 mm, se obtiene el siguiente número de barras para cada una de las circunferencias:

$$Separación = \frac{Perímetro - n^{\circ} barras \cdot \phi_{barras}}{n^{\circ} barras - 1} = \frac{2\pi \cdot R_i - n^{\circ} barras \cdot \phi_{barras}}{n^{\circ} barras - 1}$$

Circunferencia de 5.000 mm de radio

$$600 \text{ mm} = \frac{2\pi \cdot 5.000 \text{ mm} - n^{\circ} barras \cdot 25 \text{ mm}}{n^{\circ} barras - 1} \rightarrow n^{\circ} barras = 52 \text{ barras}$$

Circunferencia de 6.500 mm de radio

$$600 \text{ mm} = \frac{2\pi \cdot 6.500 \text{ mm} - n^{\circ} barras \cdot 25 \text{ mm}}{n^{\circ} barras - 1} \rightarrow n^{\circ} barras = 67 \text{ barras}$$

Circunferencia de 8.000 mm de radio

$$600 \text{ mm} = \frac{2\pi \cdot 8.000 \text{ mm} - n^{\circ} barras \cdot 25 \text{ mm}}{n^{\circ} barras - 1} \rightarrow n^{\circ} barras = 82 \text{ barras}$$

Circunferencia de 9.500 mm de radio

$$600 \text{ mm} = \frac{2\pi \cdot 9.500 \text{ mm} - n^{\circ} barras \cdot 25 \text{ mm}}{n^{\circ} barras - 1} \rightarrow n^{\circ} barras = 97 \text{ barras}$$

7.3.1. Punzonamiento

El siguiente paso consiste en la comprobación a punzonamiento de la armadura. El punzonamiento se produce por la acción de los esfuerzos tangenciales debidos a una carga localizada en la superficie.

Para su comprobación se debe definir el perímetro de punzonamiento, u_1 , que se obtiene a partir de otras dimensiones de la zapata, como son el radio del fuste, el canto útil y el radio crítico.

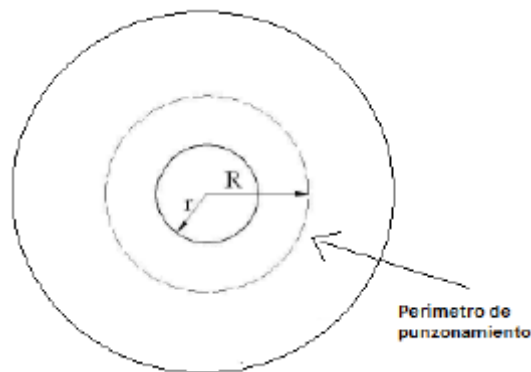


Ilustración 20. Perímetro de punzonamiento. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

El radio crítico, R , se obtiene con la siguiente expresión:

$$R = r + 2 \cdot d$$

Donde r : Radio del fuste, 3,75 m

d : Canto útil, 2,965 m

Por tanto:

$$R = 3,75 \text{ m} + 2 \cdot 2,965 \text{ m} = 9,68 \text{ m}$$

Para que la zapata resista a punzonamiento se debe cumplir que:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd}$$

Donde τ_{sd} : Tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico

τ_{rd} : Tensión máxima resistente

La tensión nominal tangencial de cálculo se obtiene con la siguiente expresión:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd,ef}}{u_1 \cdot d} = \frac{F_{sd,ef}}{2\pi \cdot R \cdot d}$$

Donde $F_{sd,ef}$: Esfuerzo efectivo de punzonamiento de cálculo

La definición del esfuerzo efectivo de punzonamiento es la siguiente:

$$F_{sd,ef} = \beta \cdot F_{sd}$$

Donde β : Coeficiente que tiene en cuenta el momento, 1,5

F_{sd} : Esfuerzo de punzonamiento de cálculo

$$F_{sd} = N \cdot \gamma_f$$

Donde N : Carga axial en la base de la torre, 13.527,99 kN

γ_f : Coeficiente de mayoración, 1,5

$$F_{sd} = 13.527,99 \text{ kN} \cdot 1,5 = 20.291,99 \text{ kN}$$

$$F_{sd,ef} = 1,5 \cdot 20.291,99 \text{ kN} = 30.437,98 \text{ kN}$$

Por tanto:

$$\tau_{sd} = \frac{30.437,98 \text{ kN}}{2\pi \cdot 9,68 \text{ m} \cdot 2,965 \text{ m}} = 0,1688 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A continuación, se calcula la tensión máxima resistente:

$$\tau_{rd} = \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{\frac{1}{3}}$$

Donde γ_c : Coeficiente de minoración, 1,5

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \text{ con } d \text{ en } mm \rightarrow \xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{2.965}} = 1,260$$

ρ_l : Cuantía geométrica de la armadura (área transversal total), 0,0066

f_{cv} : Resistencia efectiva del hormigón, 25 N/mm²

Por tanto:

$$\tau_{rd} = \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,260 \cdot \left(100 \cdot 0,0066 \cdot 25 \frac{N}{mm^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,3206 \frac{N}{mm^2}$$

Una vez obtenidas las tensiones se realiza la comprobación:

$$\tau_{sd} = 0,1688 \frac{N}{mm^2} \leq \tau_{rd} = 0,3206 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \text{Se cumple}$$

La tensión tangencial nominal de cálculo es menor que la tensión máxima resistente, por lo que la zapata cumple a punzonamiento.

7.4. Armadura superior de flexión

Debido al despegue, la zapata sufre un momento flector debido a su peso propio y el de las tierras situadas sobre ella, que tienden a devolverla a su posición inicial, lo que genera esfuerzos de flexión en su cara superior.

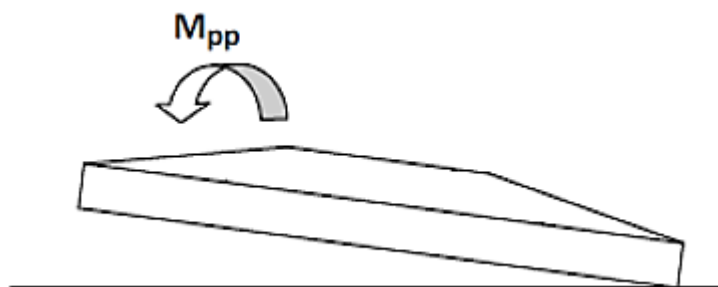


Ilustración 21. Momento flector en la cara superior de la zapata. Fuente: "Diseño y cálculo de la torre y la cimentación de un aerogenerador" de Iñaki Núñez Ayala.

Por tanto, aunque estos esfuerzos son de menor magnitud que los soportados por la cara inferior, se debe diseñar una armadura que mejore la resistencia de la zapata. Esta armadura se calcula según el Anejo 7 de la EHE-08 (dimensionamiento a flexión simple en sección rectangular) y se dispone de forma abanicada, es decir, está formada por una armadura radial y una armadura circular.

En este apartado, la sección de referencia está situada a 1,125 m hacia el interior del fuste, como ya se calculó anteriormente, y se considera que el volumen de hormigón y tierras que provoca el momento flector está compuesto únicamente por hormigón, para estar del lado de la seguridad.

El momento de cálculo se obtiene teniendo en cuenta que el peso específico del hormigón es de 25 kN/m³ y aplicando un factor de seguridad de 1,35 para considerar que se trata de una acción desfavorable y permanente.

Por tanto, se obtiene:

$$M_d = \gamma_h \cdot A_{zapata} \cdot H_t \cdot \gamma$$

$$M_d = 25 \frac{kN}{m^3} \cdot \pi \cdot (14 m)^2 \cdot 3 m \cdot 1,35 = 62.344,91 kN \cdot m$$

La armadura radial se calcula siguiendo el mismo método que se empleó para el cálculo de la armadura en la cara inferior. En cambio, para simplificar los cálculos, la armadura circular tendrá la misma cantidad que en la cara inferior de la zapata, ya que al tener que resistir esfuerzos menores se garantiza su funcionamiento.

7.4.1. Armadura radial

Para el diseño de la armadura radial, se comienza obteniendo el valor de la cuantía, U_0 .

$$U_0 = f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$U_0 = \frac{25 \frac{N}{mm^2}}{1,5} \cdot 28.000 mm \cdot 2.965 mm = 1.383.666,67 kN$$

A partir del momento de cálculo y de la cuantía se debe determinar el caso de estudio mediante el cual poder calcular las cuantías del acero, al igual que cómo se procedió en la cara inferior.

$$0,375 \cdot U_0 \cdot d$$

$$0,375 \cdot 1.383.666,67 \text{ kN} \cdot 2,965 \text{ m} = 1.538.464,38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_d = 62.344,91 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 0,375 \cdot U_0 \cdot d = 1.538.464,38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por tanto, la armadura se encuentra en el primer caso de estudio y se calcula de la siguiente manera:

$$U_{s2} = 0 \rightarrow \text{No se requiere armadura a compresión}$$

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

$$U_{s1} = 1.383.666,67 \text{ kN} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 62.344,91 \text{ kN} \cdot \text{m}}{1.383.666,67 \text{ kN} \cdot 2,965 \text{ m}}} \right) = 21.189,19 \text{ kN}$$

Se calcula el área de la sección de la armadura con la definición de la cuantía mecánica en flexión:

$$U_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd}$$

Donde U_{s1} : Cuantía mecánica en flexión, 21.189,19 kN

A_{s1} : Área de la sección de la armadura en tracción

f_{yd} : Resistencia característica del acero dividida por un factor de seguridad

$$A_{s1} = \frac{U_{s1}}{f_{yd}} = \frac{21.189,19 \cdot 10^3 \text{ N}}{\frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,15}} = 48.735,14 \text{ mm}^2$$

A continuación, se comprueba que el área de la sección obtenida es superior la cuantía geométrica mínima establecida por la instrucción EHE-08:

$$A_{s1} \geq 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 28.000 \text{ mm} \cdot 2.965 \text{ mm} = 166.040 \text{ mm}^2$$

La cuantía geométrica obtenida no es superior a la mínima, por lo que el área de la sección de la armadura deberá ser:

$$A_{S1} = 166.040 \text{ mm}^2$$

El siguiente paso consiste en determinar el número de barras necesario. En este caso se emplearán barras con un diámetro de 20 mm. Por tanto:

$$N^{\circ} \text{ de barras} = \frac{A_{S1}}{\pi \cdot r^2} = \frac{166.040 \text{ mm}^2}{\pi \cdot (10 \text{ mm})^2} = 528,52 \text{ barras}$$

Dado que el número de barras obtenido es muy próximo a la mitad del número de barras empleado en la cara inferior (528 barras de 25 mm de diámetro), se emplearán 264 barras de 20 mm de diámetro en la cara superior para facilitar la unión entre ambas armaduras, agrupadas en grupos de dos.

Por último, se determina la separación entre las barras:

$$\text{Separación} = \frac{\text{Perímetro} - n^{\circ} \text{ barras} \cdot \Phi_{\text{barras}}}{n^{\circ} \text{ barras} - 1}$$

$$\text{Separación} = \frac{2\pi \cdot 14.000 \text{ mm} - 264 \cdot 20 \text{ mm}}{264 - 1} = 314,39 \text{ mm}$$

Dado que la separación obtenida es inferior a 30 cm se considera que es válida.

8. Resumen

Dimensiones de la zapata	
R, Radio de la zapata	14 m
D _i , Diámetro de la zapata	28 m
D _{fuste} , Diámetro del fuste	7,50 m
H _t , Canto total	3 m
H _b , Canto inferior	2 m

Tabla 11. Dimensiones de la zapata. Fuente: Elaboración propia.

Acciones sobre la base de la torre	
Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre, M	229.311.128,69 N·m
Carga vertical a compresión, N	13.527.990 N
Fuerza horizontal causada por el empuje del viento sobre el rotor y la torre, V	2.274.661,63 N

Tabla 12. Acciones sobre la base de la torre. Fuente: Elaboración propia.

Acciones sobre la cimentación	
Carga vertical, N _{cimentación}	50.473.900,10 N
Momento de la fuerza puntual del viento sobre la torre, M	229.311.128,69 N·m
Fuerza horizontal causada por el empuje del viento sobre el rotor y la torre, V	2.274.661,63 N

Tabla 13. Acciones sobre la cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Unidades	Concepto	Separación	Material
528	Armadura radial inferior Ø25 L ₁	141,87 mm	B500 SD
528	Armadura radial inferior Ø 25 L ₂	141,87 mm	B500 SD
264	Armadura radial superior Ø 20 L ₁	314,39 mm	B500 SD
264	Armadura radial superior Ø 20 L ₂	314,39 mm	B500 SD
61	Armadura circular inferior Ø 25	164,17 mm	B500 SD
61	Armadura circular superior Ø 25	164,17 mm	B500 SD
52	Armadura cortante Ø 25	600 mm	B500 SD
67	Armadura cortante Ø 25	600 mm	B500 SD
82	Armadura cortante Ø 25	600 mm	B500 SD
97	Armadura cortante Ø 25	600 mm	B500 SD

Tabla 14. Resumen de las armaduras obtenidas. Fuente: Elaboración propia.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

ANEXO III. Cálculos eléctricos

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice

1. Objeto.....	6
2. Funcionamiento del parque eólico	7
3. Diseño de las instalaciones eléctricas del parque	8
3.1. Instalaciones eléctricas de baja tensión.....	8
3.1.1. Convertidor	10
3.1.2. Cableado que va del generador al convertidor.....	12
3.1.3. Centro de transformación BT/MT	23
3.1.4. Celdas de media tensión	28
3.1.5. Cableado que va desde el convertidor al centro de transformación BT/MT.....	32
3.1.6. Interruptor automático principal	42
3.1.7. Protección contra sobretensiones	43
4. Instalaciones eléctricas de media tensión	47
4.1. Trazado y zanjas	47
4.2. Elección de los cables.....	51
4.2.1. Criterio de la máxima intensidad admisible.....	53
4.2.2. Solicitación térmica de la corriente de cortocircuito	56
4.2.3. Caída de tensión máxima	64
4.2.4. Régimen de neutro de media tensión.....	65
4.3. Subestación elevadora del parque.....	66
4.3.1. Transformador de MT/AT	66
4.3.2. Celdas de media tensión	68
4.3.3. Transformador de servicios auxiliares	70
4.3.4. Aparata de protección de la instalación de media tensión	70
5. Instalaciones de puesta a tierra	74
5.1. Puesta a tierra de los aerogeneradores	75
5.2. Puesta a tierra de la subestación	78

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema de un parque eólico. Fuente: laenergíadelcambio.com	6
Ilustración 2. Esquema simplificado de la instalación eléctrica del parque. Fuente: Elaboración propia.	7
Ilustración 3. Motor del sistema de pitch de una pala. Fuente: "Diseño de sistema de pitch pasivo para aerogeneradores en entornos urbanos" de Jaime Legerén Álvarez.	8
Ilustración 4. Esquema unifilar de la instalación de baja tensión. Fuente: Elaboración propia. ..	9
Ilustración 5. Convertidor de la serie ACS880. Fuente: ABB.	11
Ilustración 6. Límites de caídas de tensión reglamentarios. Fuente: Anexo 2 de la guía BT.	13
Ilustración 7. Coeficientes de corrección por agrupación de circuitos. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.	15
Ilustración 8. Coeficientes de corrección por la temperatura. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.....	15
Ilustración 9. Intensidades admisibles en amperios. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.	16
Ilustración 10. Esquema de las dimensiones del transformador BT/MT. Fuente: BEST.	27
Ilustración 11. Transformador modelo BEST-KT-6300-24-8-N. Fuente: BEST.....	27
Ilustración 12. Tipos constructivos de celdas de media tensión empeladas en el parque eólico. Fuente: Elaboración propia, basado en el libro "Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica".	28
Ilustración 13. Esquema de la celda tipo L. Fuente: Ormazabal.	29
Ilustración 14. Esquema de la celda tipo P. Fuente: Ormazabal.....	30
Ilustración 15. Esquema de la celda tipo rb. Fuente: Ormazabal.	31
Ilustración 16. Límites de caídas de tensión reglamentarios. Fuente: Anexo 2 de la guía BT.	32
Ilustración 17. Interruptor automático principal Masterpact MTZ3. Fuente: Schneider.	42
Ilustración 18. Métodos de captación del rayo en los álabes. Fuente: monografías.com.....	44
Ilustración 19. Esquema unifilar de la instalación de baja tensión. Fuente: Elaboración propia.	45
Ilustración 20. Raycap Strikesorb 40-G. Fuente: Raycap.....	46
Ilustración 21. Distancias entre el aerogenerador y la torre. Fuente: Google Earth.	47
Ilustración 22. Ubicación de la subestación elevadora del parque. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.	48
Ilustración 23. Perfil MTD del tramo 1. Fuente: Grafcan y elaboración propia empleando Excel.	49
Ilustración 24. Perfil MTD del tramo 2. Fuente: Grafcan y elaboración propia empleando Excel.	49
Ilustración 25. Tabla 2. Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios. Fuente: ITC-LAT 06.....	52
Ilustración 26. Cables aislados con aislamiento seco. Temperatura máxima. en °C, asignada al conductor. Fuente: ITC-LAT 06.....	53
Ilustración 27. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados. Fuente: ITC-LAT 06.....	53
Ilustración 28. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C. Fuente: ITC-LAT 06.....	54
Ilustración 29. Resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad. Fuente: ITC-LAT 06.	54

Ilustración 30. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en barras del edificio de mando. Fuente: Guía eólica del Gobierno de Canarias.	56
Ilustración 31. Intensidad trifásica de cortocircuito en Arico. Fuente: Red Eléctrica de España.	57
Ilustración 32. Intensidad de cortocircuito aportada por los aerogeneradores. Fuente: Guía eólica del Gobierno de Canarias.	57
Ilustración 33. Cálculo de la impedancia equivalente de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.	58
Ilustración 34. Esquema del cálculo de cortocircuito. Fuente: Elaboración propia.....	61
Ilustración 35. Conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.....	63
Ilustración 36. Intensidades máximas admisibles del conductor escogido. Fuente: Prysmian. .	63
Ilustración 37. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm ² , para conductores de aluminio. Fuente: ITC LAT-06.	63
Ilustración 38. Datos eléctricos del conductor seleccionado para la línea de MT. Fuente: Prysmian.....	64
Ilustración 39. Disposición de los devanados de los transformadores y puestas a tierra empleadas en parques eólicos. Fuente: Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica..	65
Ilustración 40. Transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.....	67
Ilustración 41. Esquema de las medidas del transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.....	67
Ilustración 42. Esquema de celda de media tensión con función C. Fuente: Schneider Electric.	69
Ilustración 43. Esquema de celda de media tensión con función T1. Fuente: Schneider Electric.	69
Ilustración 44. Valor mínimo de tensión nominal del descargador, U _r . Fuente: ABB.....	71
Ilustración 45. Datos técnicos de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.	71
Ilustración 46. Niveles de contaminación según la IEC 60815. Fuente: ABB.	72
Ilustración 47. Datos técnicos de la autoválvula PEXLIM R de 72 kV. Fuente: ABB.	72
Ilustración 48. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la duración de la corriente de falta. Fuente: ITC-RAT 13.	74
Ilustración 49. Esquema de la puesta a tierra de un aerogenerador. Fuente: monografías.com.	76
Ilustración 50. Resistividad del terreno. Fuente: ITC-RAT 13.....	77
Ilustración 51. Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de la subestación. Fuente: Método UNESA.	79

Índice de tablas

Tabla 1. Datos técnicos del convertidor. Fuente: ABB.....	11
Tabla 2. Datos del convertidor a la frecuencia de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.....	11
Tabla 3. Datos técnicos del conductor FLEXTREME. Fuente: Prysmian.....	15
Tabla 4. Aplicación de los factores de corrección. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 5. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. Fuente: ITC-BT-07.....	22
Tabla 6. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: ITC-BT-18.....	23
Tabla 7. Comparación entre diferentes ubicaciones del trafo BT/MT. Fuente: Ingeniería de la Energía Eólica.....	23
Tabla 8. Comparación entre transformadores secos y en aceite para aerogeneradores. Fuente: Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica.....	24
Tabla 9. Características mínimas de los transformadores de BT/MT. Fuente: Guía del Gobierno de Canarias.....	24
Tabla 10. Datos técnicos del transformador de BT/MT. Fuente: BEST.....	27
Tabla 11. Características técnicas de la celda de media tensión de función de línea. Fuente: Ormazabal.....	29
Tabla 12. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.....	30
Tabla 13. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.....	31
Tabla 14. Aplicación de los factores de corrección. Fuente: Elaboración propia.....	34
Tabla 15. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. Fuente: ITC-BT-07.....	41
Tabla 16. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: ITC-BT-18.....	41
Tabla 17. Datos técnicos del interruptor automático principal. Fuente: Schneider.....	42
Tabla 18. Datos técnicos del descargador. Fuente: Raycap.....	46
Tabla 19. Descripción de los tramos que componen la línea subterránea de media tensión. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 20. Tensiones nominales normalizadas. Fuente: ITC-RAT 04.....	51
Tabla 21. Temperaturas medias en el terreno. Fuente: Grafcan.....	54
Tabla 22. Máxima intensidad admisible del conductor después de aplicar el factor de corrección. Fuente: Elaboración propia a partir del ITC-LAT 06.....	55
Tabla 23. Datos técnicos del conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.....	62
Tabla 24. Datos técnicos del transformador de MT/At de la subestación elevadora. Fuente: Schneider Electric.....	67
Tabla 25. Características de la celda de media tensión con función de línea de la subestación. Fuente: Schneider Electric.....	68
Tabla 26. Características de la celda de media tensión con función de protección de la subestación. Fuente: Schneider Electric.....	69
Tabla 27. Características mínimas del transformador de SS.AA. de la subestación. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 28. Ubicación de las autoválvulas. Fuente: Elaboración propia.....	70

Tabla 29. Datos técnicos del revestimiento de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.72

Tabla 30. Datos técnicos del revestimiento de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.73

Tabla 31. Autoválvulas seleccionadas para la instalación. Fuente: Elaboración propia. 73

1. Objeto

El objeto de este anexo es la realización de los cálculos empleados en el diseño de las instalaciones eléctricas que forman parte del parque eólico.

Para ello, se han calculado cada uno de los elementos que forman parte de esta instalación. Estos son:

- Instalación eléctrica de baja tensión de cada aerogenerador.
- Centro de transformación de baja a media tensión de cada aerogenerador: transformador y celdas de media tensión.
- Red subterránea de media tensión del parque.
- Subestación elevadora del parque.
- Red de tierras del parque.

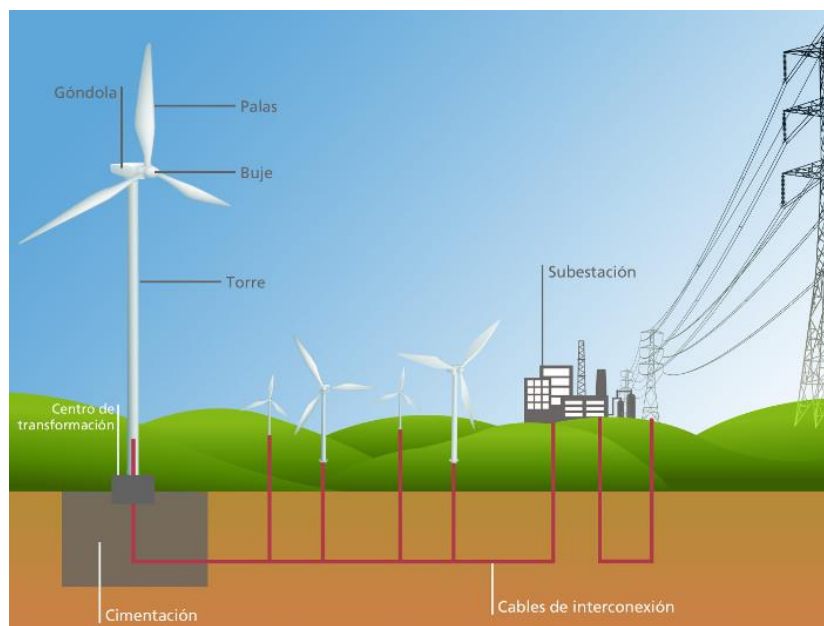


Ilustración 1. Esquema de un parque eólico. Fuente: laenergiadelcambio.com

2. Funcionamiento del parque eólico

Desde el punto de vista eléctrico, el funcionamiento del parque eólico objeto de este proyecto es el siguiente:

- 1) La energía eólica es transformada en energía eléctrica por la acción de los aerogeneradores del parque, que son capaces de producir electricidad en corriente alterna con una tensión compuesta de 690 V a una frecuencia de 50 Hz.
- 2) Para reducir pérdidas, se eleva la tensión de 690 V a 20 kV, por medio de la acción de un centro de transformación en cada uno de los aerogeneradores.
- 3) Posteriormente, la electricidad con este nuevo valor de tensión parte desde las celdas de media tensión de cada uno de los aerogeneradores hasta una línea de media tensión subterránea que atraviesa el parque, recolectando la energía producida por cada una de las turbinas eólicas para transportarla hasta una subestación elevadora.
- 4) En la subestación elevadora, se incrementa la tensión de 20 kV a 66 kV para que pueda ser evacuada de forma adecuada en la red de transporte de la isla.

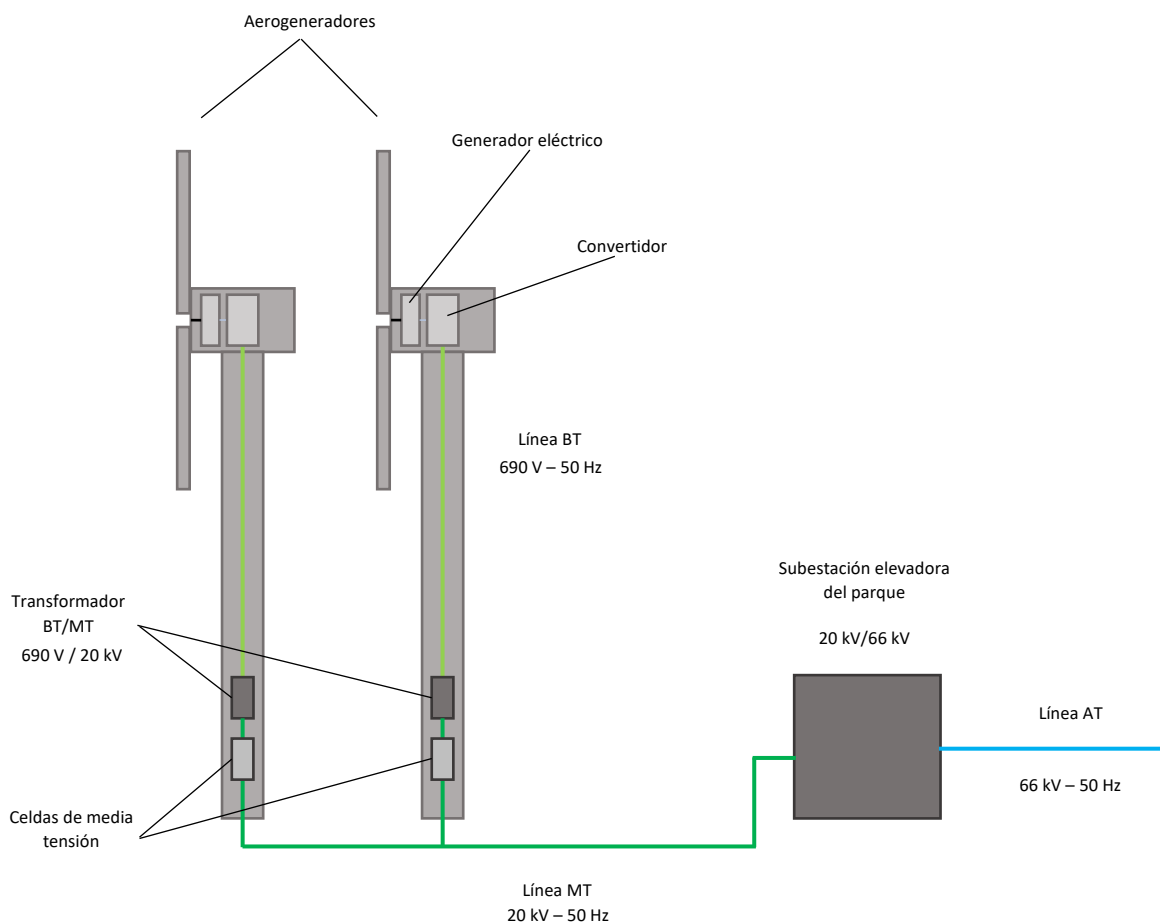


Ilustración 2. Esquema simplificado de la instalación eléctrica del parque. Fuente: Elaboración propia.

3. Diseño de las instalaciones eléctricas del parque

3.1. Instalaciones eléctricas de baja tensión

Los aerogeneradores que han sido seleccionados para la elaboración de este proyecto cuentan con un generador síncrono sin escobillas de imanes permanentes, normalmente abreviado como GSIP. Más concretamente, este tipo de generadores cuenta con un convertidor de frecuencia de potencia completa basado en transistores bipolares de puerta aislada, IGBT.

Para comprender el funcionamiento de este tipo de generadores, se han estudiado las explicaciones de la tesis doctoral *“Control de un sistema de generación eólica de velocidad variable con generador síncrono multipolar de imanes permanentes acoplado a red”* de Mónica Chinchilla Sánchez.

Más concretamente, el funcionamiento de estos convertidores se basa en la utilización de dos puentes de transistores IGBT unidos entre sí a través de una etapa de corriente continua. Por un lado, el puente del lado del generador hace las funciones de rectificador, convirtiendo la corriente alterna generada en corriente continua, de modo que la frecuencia deje de depender de la velocidad de giro del rotor del aerogenerador.

A continuación, el puente que se encuentra ubicado del lado de la red ejerce como inversor y transforma la corriente continua obtenida en la etapa anterior en corriente alterna a la frecuencia de la red.

A su vez, existe un sistema de control coordinado en el que se puede distinguir entre el sistema de control del convertidor de frecuencia y el sistema de control del ángulo de paso de pala, que en el caso de los aerogeneradores seleccionados se trata de un control de tipo pitch.

Por un lado, el sistema de control del convertidor de potencia es capaz de controlar de forma independiente, tanto el lado del generador, como el de conexión con la red y, por otro lado, el sistema de control del ángulo de paso de la pala se encarga de controlar la potencia generada gracias a la modificación de la velocidad de giro del rotor. La modificación del ángulo de paso se consigue por la acción de un motor eléctrico en cada pala que mueve un sistema de piñones mediante un sistema de engranajes planetarios, como se puede observar en la siguiente ilustración.

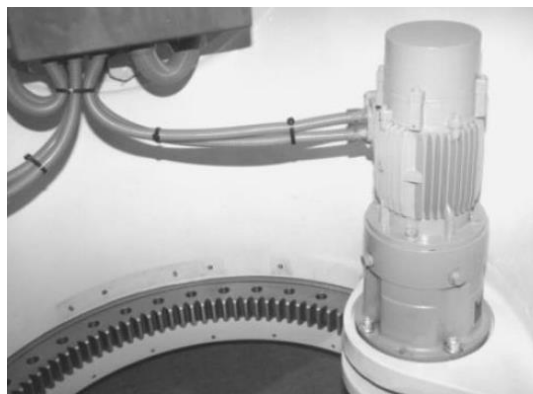


Ilustración 3. Motor del sistema de pitch de una pala. Fuente: “Diseño de sistema de pitch pasivo para aerogeneradores en entornos urbanos” de Jaime Legerén Álvarez.

Por otro lado, dado que en la ficha técnica de los aerogeneradores no se indica el valor de tensión que estos son capaces de proporcionar, se ha supuesto que a la salida se obtienen 690 V de tensión compuesta a una frecuencia de 50 Hz, ya que es un valor de tensión común en otros aerogeneradores de similares características.

Además, se debe tener en cuenta que la instalación eléctrica de baja tensión de cada uno de los aerogeneradores cuenta con dos circuitos diferenciados según la función que realizan:

- **Circuito generador de potencia:** es el encargado de transportar la energía eléctrica generada a 690 V hasta el transformador de BT/MT de cada uno de los aerogeneradores.
- **Circuito de regulación, control y comunicación:** se encarga de alimentar los servicios auxiliares, los motores de orientación de las palas y los sistemas de información y monitorización de los aerogeneradores.

Para comprender el funcionamiento del circuito generador de potencia, se han analizado los esquemas propuestos en la tesis doctoral "*Modelos equivalentes de parques eólicos con generadores síncronos de imanes permanentes*" de María José Mercado Vargas, y para el circuito de regulación, control y comunicación se han empleado los esquemas propuestos en "*Ingeniería de la Energía Eólica*" de Miguel Villarrubia López.

Finalmente, a partir de estas fuentes de información, se ha elaborado el siguiente esquema unifilar de las instalaciones de baja tensión de cada aerogenerador.

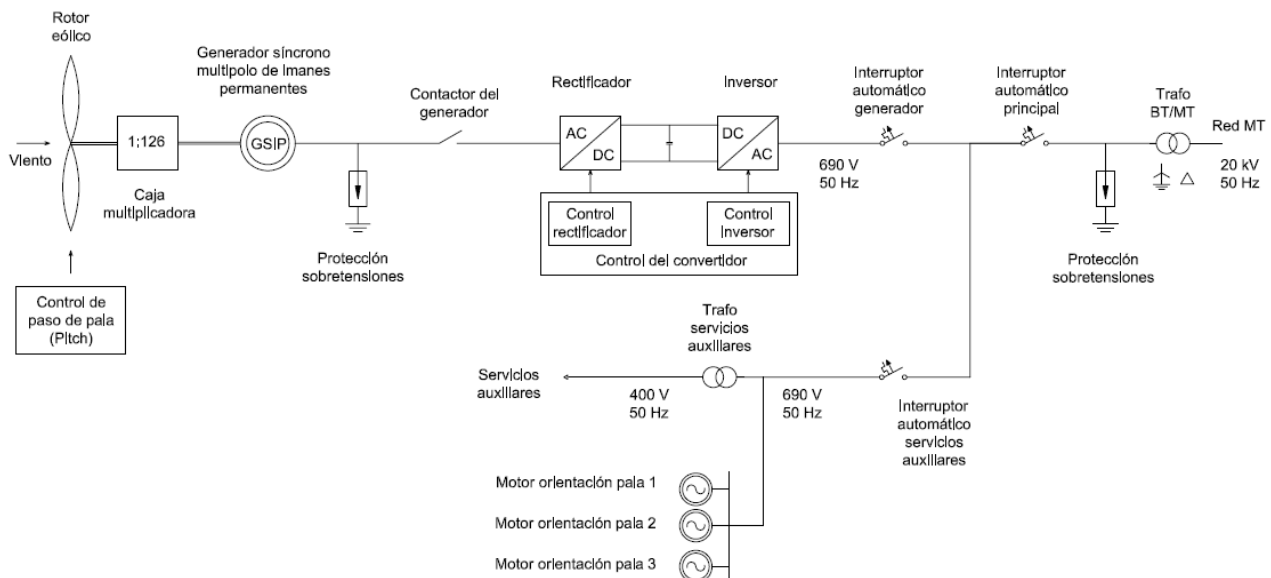


Ilustración 4. Esquema unifilar de la instalación de baja tensión. Fuente: Elaboración propia.

Dentro del circuito generador de potencia se van a calcular y seleccionar los siguientes componentes:

- Convertidor.
- Interruptor automático principal.
- Protección contra sobretensiones previa al centro de transformación.
- Transformador de BT/MT.

En cambio, los elementos que componen el circuito de regulación, control y comunicación quedan fuera del alcance de este proyecto, debido a que se desconocen los datos necesarios para poder seleccionarlos apropiadamente.

Por tanto, se supondrá que los aerogeneradores cuentan de fábrica con el transformador de servicios auxiliares y los motores de orientación de las palas, así como con el interruptor automático de servicios auxiliares.

Además, se calcularán los tramos de cableado encargados de conectar, por un lado, el generador con el convertidor y, por otro lado, el convertidor con el centro de transformación.

3.1.1. Convertidor

El primer elemento de la instalación que se va a seleccionar es el convertidor de potencia, ya que es uno de los componentes más importantes dentro de la instalación de baja tensión de cada aerogenerador.

Como se comentó anteriormente, los aerogeneradores seleccionados cuentan con un convertidor de potencia completa AC-AC basados en IGBT con una etapa intermedia de corriente continua.

El objetivo general de estos dispositivos es convertir las características de entrada de la energía eléctrica en otros diferentes que se ajusten a las necesidades de la instalación. En este caso, se emplean para que la energía producida por los aerogeneradores se adapte a los parámetros de la red eléctrica (690 V y 50 Hz).

Atendiendo a las características que debería tener el convertidor de los aerogeneradores según el fabricante, se ha optado por seleccionar un convertidor del fabricante ABB, más concretamente el modelo ACS880-87LC-6604A/6144A-7, ya que su utilización está indicada específicamente para aerogeneradores que funcionen con un generador síncrono de imanes permanentes de similares características a los escogidos en este proyecto.

Los datos de la ficha técnica del convertidor se muestran a continuación.

Datos del convertidor	
Fabricante	ABB
Modelo	ACS880-87LC-6604A/6144A-7
Tensión	690 V
Intensidad nominal del lado del generador	6.604 A
Intensidad nominal del lado de la red	6.144 A
Potencia típica del generador	6.000 kW
Potencia aparente nominal del lado del generador	7.893 kVA (FP=0,76)
Potencia aparente nominal del lado de la red	7.343 kVA (FP=0,82)
Peso	5.600 kg

Tabla 1. Datos técnicos del convertidor. Fuente: ABB.

Dado que los aerogeneradores de este proyecto cuentan con una potencia nominal de 4,8 MW, realmente, se obtendrían los siguientes valores con el convertidor seleccionado:

Datos del convertidor a la potencia de los aerogeneradores	
Fabricante	ABB
Modelo	ACS880-87LC-6604A/6144A-7
Tensión	690 V
Intensidad del lado del generador	5.283,2 A
Intensidad del lado de la red	4.915,2 A
Potencia del generador seleccionado	4.800 kW
Potencia aparente del lado del generador	6.314,03 kVA (FP=0,76)
Potencia aparente del lado de la red	5.874,23 kVA (FP=0,82)
Peso	5.600 kg

Tabla 2. Datos del convertidor a la frecuencia de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 5. Convertidor de la serie ACS880. Fuente: ABB.

3.1.2. Cableado que va del generador al convertidor

Para seleccionar correctamente los parámetros del cableado se deben aplicar las directrices del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Más concretamente, se deben tener en cuenta tres criterios que deben cumplir los conductores de forma simultánea:

a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90 °C para cables con aislamientos termoestables.

b) Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

c) Criterio de la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160 °C para cables con aislamientos termoplásticos y de 250 °C para cables con aislamientos termoestables.

Para aplicar el método de cálculo recogido en el Anexo II del REBT se deben verificar los siguientes criterios:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

Primero se calcula la intensidad que circulará por la línea. Para ello, se aplica la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \cdot F_u \cdot F_s$$

Donde

P: Potencia activa prevista para la línea (W), 4,8 MW

U: Tensión nominal de línea (V), es de 690 V

cos(φ): Factor de potencia de la carga, que se determinó como 0,76

F_u: Factor de utilización, se considerará como 1

F_s: Factor de simultaneidad, se considerará como 1

Por tanto:

$$I = \frac{4,8 \cdot 10^6 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 690 \text{ V} \cdot 0,76} \cdot 1 \cdot 1 = 5.283,20 \text{ A}$$

A continuación, se calcula la caída de tensión mediante valores unitarios. Para ello, se atiende a los valores recogidos en la tabla 6 del Anexo 2 de la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Más concretamente, se ha decidido tomar la caída de tensión como un 5%.

Parte de la instalación	Para alimentar a :	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro.	e= ΔU_{III}	e= ΔU_I
LGA: (Línea General de Alimentación)	Suministros de un único usuario	No existe LGA	--	--
	Contadores totalmente concentrados	0,5%	2 V	--
	Centralizaciones parciales de contadores	1,0%	4 V	--
DI (Derivación Individual)	Suministros de un único usuario	1,5%	6 V	3,45 V
	Contadores totalmente concentrados	1,0%	4 V	2,3 V
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2 V	1,15 V
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3%	12 V	6,9 V
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3%	12 V	6,9 V
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5%	20 V	11,5 V

Ilustración 6. Límites de caídas de tensión reglamentarios. Fuente: Anexo 2 de la guía BT.

Por tanto:

$$e = 5\% \cdot U = 5\% \cdot 690 \text{ V} = 34,5 \text{ V}$$

A partir de este valor se calcula una primera sección para los conductores empleando la siguiente expresión:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Donde

P: Potencia activa prevista para la línea (W)

U: Tensión nominal de la línea (V)

L: Longitud de la línea (m), se supondrá de 15 m

γ : Conductividad ($m/\Omega \cdot mm^2$)

e: Caída de tensión mediante valores unitarios (V)

La conductividad del conductor se toma de la tabla 3 del anexo antes mencionado. Más concretamente, se toma un valor de $44 m/\Omega \cdot mm^2$, al tratarse de conductores de cobre y estar a la temperatura más desfavorable.

Por tanto:

$$S = \frac{4,8 \cdot 10^6 W \cdot 15 m}{44 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 34,5 V \cdot 690 V} = 68,74 mm^2$$

A partir de la sección que se ha calculado, se emplea la Tabla 1 del ITC-BT-19 “Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)” para obtener la sección comercial más próxima. Una vez se ha seleccionado la sección comercial en función del tipo instalación y la naturaleza del aislamiento, se pueden extraer de la tabla los valores de intensidad máxima admisible de los conductores.

Sin embargo, dado que la intensidad que tendría que soportar cada fase es muy elevada, y esto supondría emplear secciones del conductor no consideradas en el reglamento, se ha decidido emplear varios conductores por fase, conectados en paralelo, de modo que se reparta la corriente entre ellos y las secciones empleadas puedan ser menores.

Para obtener el número de conductores que se deberán instalar por cada fase, se han seguido los cálculos indicados por el fabricante de conductores Prysmian.

Por otro lado, para decidir qué tipo de cable es el más adecuado para esta instalación, se han seguido las recomendaciones del libro de “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica”, donde se indica que los cables empleados en este tipo de instalaciones deben ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a los posibles movimientos de la góndola. Es por ello, que recomienda conductores con una rigidez mecánica de 5 ó 6 (H07RN-F, RV-K o DN-H).

Además, se deben tener en cuenta las indicaciones del ITC-BT-37 “Instalaciones a tensiones especiales”, ya que, al tratarse de una instalación de más de 500 V, los conductores deben tener una tensión asignada de, al menos, 1 kV.

Atendiendo a las recomendaciones del libro y del reglamento, se ha decidido realizar los cálculos con el conductor que se indica a continuación:

Fabricante	Prysmian
Modelo	RETENAX CPRO Flex
Tensión asignada	0,6/1 kV
Norma diseño	UNE 21123-2
Designación genérica	RV-K
Temperatura máxima en servicio permanente	90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito	250 °C
Tipo de material	Termoestable

Tabla 3. Datos técnicos del conductor FLEXTREME. Fuente: Prysmian.

El fabricante Prysmian indica que el factor de corrección que se aplica al emplear varios conductores por fase no debe ser inferior a 0,9. Además, indica que los conductores deberán agruparse en ternas que incluyan cada una de las fases, discurrir en paralelo, ser de la misma sección y naturaleza de conductor.

Por otro lado, se deben considerar los factores de corrección por la agrupación de varios circuitos y por la variación de temperatura.

Si se escoge como tipo de instalación el método F (Cables unipolares en contacto mutuo) y se supone que se instalan en una capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales se deben aplicar los siguientes coeficientes de corrección:

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES										INSTALACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire).	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40		A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70		C
3	Capa única en el techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70		E a F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		



Ilustración 7. Coeficientes de corrección por agrupación de circuitos. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Por otro lado, los factores de corrección por temperatura son los siguientes:

AISLAMIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (θ_a) (°C)											
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57	
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78	

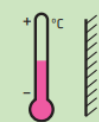


Ilustración 8. Coeficientes de corrección por la temperatura. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Suponiendo que en la góndola se pudiera alcanzar una temperatura de hasta 50 °C, se tendría que aplicar un coeficiente de corrección de 0,90.

Accedemos a la tabla de intensidades admisibles teniendo en cuenta el tipo de instalación (tipo F) y el material de aislamiento del conductor (termoestable).

NÚMERO DE CONDUCTORES CON CARGA Y NATURALEZA DEL AISLAMIENTO																			
A1		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)										
A2		PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)					
B2			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)	PVC2 (90 °C)									
C						PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)			PVC2 (90 °C)				
D*		VER SIGUIENTE TABLA																	
E								PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)			
F												PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)	XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)			
Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	68	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713

Ilustración 9. Intensidades admisibles en amperios. Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Se aplican los factores de corrección mencionados anteriormente:

mm²	Columna 11 de la norma	2 ternas	¿Cumple con 2 ternas?	3 ternas	¿Cumple con 3 ternas?	15 ternas	¿Cumple con 15 ternas?	20 ternas	¿Cumple con 20 ternas?
1,5	21	30,618	No	40,82	No	178,61	No	238,14	No
2,5	30	43,74	No	58,32	No	255,15	No	340,20	No
4	40	58,32	No	77,76	No	340,20	No	453,60	No
6	52	75,816	No	101,09	No	442,26	No	589,68	No
10	72	104,976	No	139,97	No	612,36	No	816,48	No
16	97	141,426	No	188,57	No	824,99	No	1099,98	No
25	122	177,876	No	237,17	No	1037,61	No	1383,48	No
35	153	223,074	No	297,43	No	1301,27	No	1735,02	No
50	188	274,104	No	365,47	No	1598,94	No	2131,92	No
70	243	354,294	No	472,39	No	2066,72	No	2755,62	No
95	298	434,484	No	579,31	No	2534,49	No	3379,32	No
120	350	510,3	No	680,40	No	2976,75	No	3969,00	No
150	401	584,658	No	779,54	No	3410,51	No	4547,34	No
185	460	670,68	No	894,24	No	3912,30	No	5216,40	No
240	545	794,61	No	1059,48	No	4635,23	No	6180,30	Sí
300	630	918,54	No	1224,72	No	5358,15	Sí	7144,20	Sí

Tabla 4. Aplicación de los factores de corrección. Fuente: Elaboración propia.

Tras aplicar los coeficientes de corrección se obtiene que sólo serán válidas las siguientes opciones:

- Emplear 15 ternas con una sección de 300 mm².
- Emplear 20 ternas con una sección de 240 mm².
- Emplear 20 ternas con una sección de 300 mm².

Finalmente, se decide emplear 15 ternas de 300 mm², por ser el valor que más se ajusta a la intensidad calculada.

Por último, se comprueba que la temperatura real soportada por el conductor no supera la admisible empleando la siguiente expresión:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot (I/I_{m\acute{a}x})^2$$

Donde

T: Temperatura real estimada del conductor

T_{máx}: Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (90 °C)

T₀: Temperatura ambiente del conductor (40 °C)

I: Intensidad prevista para el conductor

I_{máx}: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación

Por tanto:

$$T = 40 \text{ °C} \cdot (90 - 40) \text{ °C} \cdot (5.283,20 \text{ A}/5.358,15)^2 = 88,61 \text{ °C}$$

Dado que el valor de la temperatura obtenida difiere de la temperatura supuesta inicialmente, se debe realizar una iteración para recalcular la sección del conductor.

Para ello, se calcula la resistividad del conductor a la temperatura obtenida previamente empleando la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Donde

ρ₂₀: Resistividad del conductor a 20°C (0,018 Ω·mm²/m)

α: Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹ (0,00392 °C⁻¹)

θ: Temperatura del conductor, 88,61 °C

Por tanto:

$$\rho = 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot [1 + (0,00392 \text{ }^\circ\text{C} \cdot (88,61 \text{ }^\circ\text{C} - 20))] = 0,0228 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Teniendo en cuenta que la conductividad es la inversa de la resistividad, se calcula de nuevo la sección del conductor y se realiza de nuevo el procedimiento que se empleó en los pasos anteriores para obtener una sección comercial que sea válida. En este caso se obtiene una sección de 69,08 mm² para toda la línea, lo que finalmente se traduce en que se empleará el mismo número de cables que se obtuvo anteriormente.

Criterio de la caída de tensión

Para la comprobación de este apartado se consideran los siguientes datos:

- Tensión de la línea: 690 V
- Longitud: 15 m
- Factor de potencia: 0,76
- Caída de tensión admisible: 5% (34,5 V)
- Reactancia aproximada considerada: 0,08 Ω/km (norma UNE-HD 60364-5-52)
- Tipo de instalación: En bandeja perforada con conductores colocados en una capa
- Conductor empleado: RETENAX CPRO Flex
- Intensidad de la línea: 5.283,20 A

Se realiza una primera iteración de la sección. Para ello, se emplea la siguiente definición:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot X \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

Donde

I: Intensidad de la línea (A), 5.283,20 A

L: Longitud de la línea (m), se supondrá de 15 m

cos φ: Factor de potencia, 0,76

γ: Conductividad (m/Ω·mm²), 45,5 m/Ω·mm² (Valor a la máxima temperatura admisible del conductor)

X: Reactancia (Ω/km)

ΔU: Caída de tensión (V), 34,5 V

Para comprobar que la configuración de 15 ternas de 300 mm² obtenida con el anterior criterio es válida, se calcula la reactancia teniendo en cuenta el número de conductores por fase:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}}{15 \frac{\text{conductores}}{\text{fase}}} = 0,0053 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Por tanto:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot 0,82}{45,5 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \left(34,5 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,0053 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot \sin(\text{acos}(0,82)) \right)}$$

$$S = 67,40 \text{ mm}^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 300 mm² calculada con el anterior criterio para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{67,40 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm}^2} \approx 1 \text{ conductor de } 300 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Se realiza una segunda iteración con el nuevo número de conductores por fase obtenido, por lo que se debe recalcular la reactancia:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}}{1 \frac{\text{conductor}}{\text{fase}}} = 0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Por tanto:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot 0,82}{45,5 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \left(34,5 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot \sin(\text{acos}(0,82)) \right)}$$

$$S = 83,80 \text{ mm}^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 185 mm² para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{83,80 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm}^2} \approx 1 \text{ conductor de } 300 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Finalmente, se obtiene el mismo número de conductores por fase que en la iteración anterior, por lo que, para cumplir con el criterio de la caída de tensión, se deben instalar, al menos, una terna de 300 mm².

Dado que esta configuración es menos restrictiva que la obtenida con el criterio de la intensidad máxima admisible, se sigue optando por la instalación de 15 ternas de 300 mm².

Criterio de intensidad máxima de cortocircuito

Para el cálculo de corrientes de cortocircuito se emplea el método simplificado propuesto en el Anexo III del REBT.

Según este anexo, dado que generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red, se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase tierra como el más desfavorable, y además se supone despreciable la inductancia de los cables. Esta consideración es válida cuando el Centro de Transformación, origen de la alimentación, está situado fuera del edificio o lugar del suministro afectado, en cuyo caso habría que considerar todas las impedancias.

Por lo tanto, se puede emplear la siguiente fórmula simplificada:

$$I_{CC} = \frac{0,8 \cdot U}{R}$$

Donde

I_{CC} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado

U : Tensión nominal de la línea (V), 690 V

R : Resistencia del conductor de fase entre el generador y el convertidor

Se calcula la resistencia de la línea según la siguiente expresión aproximada:

$$R = 1,02 \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L}{S}$$

Se recalcula la resistividad para el valor más desfavorable, que se da a una temperatura de 40 °C:

$$\rho_{40} = 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot [1 + (0,00392 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (40 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}))] = 0,0194 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Por tanto, se obtiene el siguiente valor de resistencia:

$$R = 1,02 \cdot 0,0194 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{15 \text{ m}}{300 \text{ mm}^2} = 0,0010 \Omega$$

Se obtiene la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{CC} = \frac{0,8 \cdot 690 \text{ V}}{0,0010 \Omega} = 557.591,98 \text{ A}$$

Dividimos entre el número de ternas:

$$I_{CC} = \frac{557.591,98 \text{ A}}{15} = 37.172,80 \text{ A}$$

A continuación, se debe calcular la intensidad máxima admisible de cortocircuito. Teniendo en cuenta que el aislamiento es termoestable, se debe emplear la siguiente expresión:

$$I_{CC,adm} = k \cdot \frac{S}{\sqrt{t}}$$

Donde

I_{cc} : Corriente de cortocircuito admisible en amperios

k : Constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento termoplástico o termoestable ($k=143$)

S : Sección del conductor en mm^2

t : Duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos)

Teniendo en cuenta que el conductor es de cobre y que su aislamiento es termoestable se ha empleado un valor de k de 143. Se ha tomado una duración de cortocircuito de 0,5 segundos.

Por tanto:

$$I_{CC,adm} = 143 \cdot \frac{300 \text{ mm}^2}{\sqrt{0,5 \text{ s}}} = 60.669,76 \text{ A} > 37.172,80 \text{ A}$$

Una vez se ha calculado esta intensidad, se comprueba que su valor es mayor que la intensidad de cortocircuito en el conductor.

Por tanto, finalmente se opta por la siguiente configuración:

- Emplear 15 ternas con una sección de 300 mm².

A continuación, se debe seleccionar la sección del neutro. Para ello, se deben tener en cuenta las indicaciones del ITC-BT-06, donde se indica lo siguiente:

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución la sección mínima del conductor neutro será:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: la sección de neutro será como mínimo, la de la tabla 1 de la ITC-BT-07, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

Dado que la instalación cuenta con las tres fases, el neutro y el conductor de protección, se debe acudir a la tabla 1 del ITC-BT-07.

Sección 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 5. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. Fuente: ITC-BT-07.

En este caso, debido a que el conductor seleccionado para las fases posee una sección de 300 mm², se deberá seleccionar un neutro de 150 mm². Por tanto, se emplearán 15 conductores de 150 mm² del mismo material que las fases.

En cuanto al conductor de protección, su sección se escoge según lo establecido en la tabla 2 del ITC-BT-18 que se muestra a continuación:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 6. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: ITC-BT-18.

En este caso, la sección mínima de los conductores de protección deberá ser, al menos, la mitad de la sección de fase, es decir, de 150 mm². Además, estos deben ser del mismo material que los cables activos, por lo que se utilizarán 15 conductores de 150 mm² del mismo conductor que en el caso de las fases.

3.1.3. Centro de transformación BT/MT

Como se comentó anteriormente, la energía producida por los aerogeneradores será recolectada a través de una línea subterránea de media tensión a 20 kV.

Para elevar la tensión de cada uno de los aerogeneradores, se emplea un centro de transformación BT/MT. Este estará constituido por dos elementos diferenciados:

- Transformador.
- Celdas de media tensión.

A la hora de seleccionar la ubicación de los transformadores, se debe procurar que estos se encuentren lo más cerca posible de los aerogeneradores, para evitar las pérdidas de energía, ya que la electricidad que accede a ellos es de baja tensión.

Habitualmente, se suele optar por su colocación en el interior de la torre o en el exterior de esta, o incluso, en la góndola. Las ventajas e inconvenientes de cada una de estas configuraciones se muestran a continuación, atendiendo a los criterios de la bibliografía consultada:

	Situación		
	Interior torre	Exterior torre	En góndola
Pérdidas en la red de BT	Menores	Mayores	Mínimas
Espacio	Condiciona	No condiciona	Condiciona
Ancho puerta torre	Condiciona	No influye	No influye
Mantenimiento	Más complejo	Más fácil	Más complejo
Impacto visual	No	Sí	No

Tabla 7. Comparación entre diferentes ubicaciones del trafo BT/MT. Fuente: Ingeniería de la Energía Eólica.

Normalmente, se suele elegir la ubicación del transformador en el interior de la torre del aerogenerador, ya que permite una mayor minimización de las pérdidas en la red de BT.

Por otro lado, también se debe seleccionar el tipo de transformador, pudiendo distinguir entre transformadores secos o de aceite. Las características de cada uno se muestran a continuación:

	Seco	Aceite
Ubicación	Dentro de la torre	Prefabricado exterior
Precio	Más caro	Más barato
Volumen	Menor	Mayor
Necesidad foso recogida aceite	No	Sí

Tabla 8. Comparación entre transformadores secos y en aceite para aerogeneradores. Fuente: Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica.

Además, según la guía del Gobierno de Canarias, las características mínimas habituales de los transformadores empleados en parque eólicos son:

Características mínimas		
Tipo	Trifásico, seco encapsulado	
Relación	20 kV / 690 V	
Potencia nominal	900 kVA	
Frecuencia	50 Hz	
Grupo de conexión	Dyn11n11	
Tensión de cortocircuito	<=6%	
Clase de aislamiento	F	
Nivel de aislamiento del primario	Frecuencia industrial	24 kV
	Impulso tipo rayo	125 kV
Nivel de aislamiento del secundario	Frecuencia industrial	3 kV
Dimensiones aproximadas	860 x 1.720 x 1.660 (alto) mm ³	
Peso aproximado	2.900 – 3.000 kg	
Norma UNE	UNE 21538	

Tabla 9. Características mínimas de los transformadores de BT/MT. Fuente: Guía del Gobierno de Canarias.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se realizan los cálculos necesarios para seleccionar un transformador adecuado para cada aerogenerador.

El primer paso consiste en calcular la potencia del transformador. Para ello, se tienen en cuenta el factor de potencia del convertidor del lado de la red y la potencia nominal de los aerogeneradores.

$$S = \frac{4.800 \text{ kW}}{0,82} = 5.874,40 \text{ kVA}$$

La potencia aparente obtenida se corresponde con un transformador comercial de 6.300 kVA.

Intensidad en el lado de baja tensión

A continuación, se obtiene la intensidad en el lado de baja tensión. Para ello, se emplea la definición de la intensidad en el primario de un transformador trifásico:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde

I_p : Intensidad en el primario del transformador, en A

P : Potencia del transformador, en kVA

U_p : Tensión en el primario del transformador, en kV

Por tanto, teniendo en cuenta que en el primario del transformador llegará una tensión de 690 V se tiene que:

$$I_p = \frac{6.300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,69 \text{ kV}} = 5.271,46 \text{ A}$$

Intensidad en el lado de media tensión

Del mismo modo, se obtiene la intensidad en el lado de media tensión del transformador, es decir, la intensidad en el secundario, que en este caso estará a 20 kV:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde

I_s : Intensidad en el secundario del transformador, en A

P : Potencia del transformador, en kVA

U_s : Tensión en el secundario del transformador, en kV

$$I_s = \frac{6.300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 181,87 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión

El siguiente paso consiste en calcular las corrientes de cortocircuito de la instalación. En el caso de la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, se emplea la siguiente definición:

$$I_{ccp} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_p}$$

Donde

I_{ccp} : Corriente de cortocircuito en el primario del transformador, en kA

P : Potencia del transformador, en kVA

E_{cc} : Tensión de cortocircuito en el transformador, en %

U_p : Tensión en el primario, en V

Tomando la tensión de cortocircuito como un 8%, se obtiene el siguiente valor de corriente de cortocircuito en el primario del transformador:

$$I_{ccp} = \frac{6.300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 8\% \cdot 690 \text{ V}} = 65,89 \text{ kA}$$

Corriente de cortocircuito en el lado de media tensión

La corriente de cortocircuito en el lado de media tensión se obtiene con la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde

I_{ccp} : Corriente de cortocircuito en el secundario del transformador, en kA

S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red, en kVA

U_p : Tensión de servicio, en V

El valor de la potencia de cortocircuito debe ser especificado por la compañía eléctrica. En este caso tiene un valor de 500 MVA, por tanto, se obtiene el siguiente valor de la corriente de cortocircuito en el secundario:

$$I_{ccs} = \frac{500.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \text{ V}} = 14,43 \text{ kA}$$

Finalmente, se decide seleccionar un transformador del fabricante BEST, con las siguientes características técnicas:

Datos técnicos del transformador de BT/MT	
Fabricante	BEST
Modelo	BEST-KT-6300-24-8-N
Potencia nominal	6.300 kVA
Voltaje máximo	24 kV
Relación de transformación	0,69/20 kV
Grupo de conexión	Dyn11
Frecuencia	50 Hz
Dimensiones (A x B x C x D)	3.000x1.705x2.750x1.505 mm
Peso	13.800 kg
Tensión de cortocircuito	8%

Tabla 10. Datos técnicos del transformador de BT/MT. Fuente: BEST.

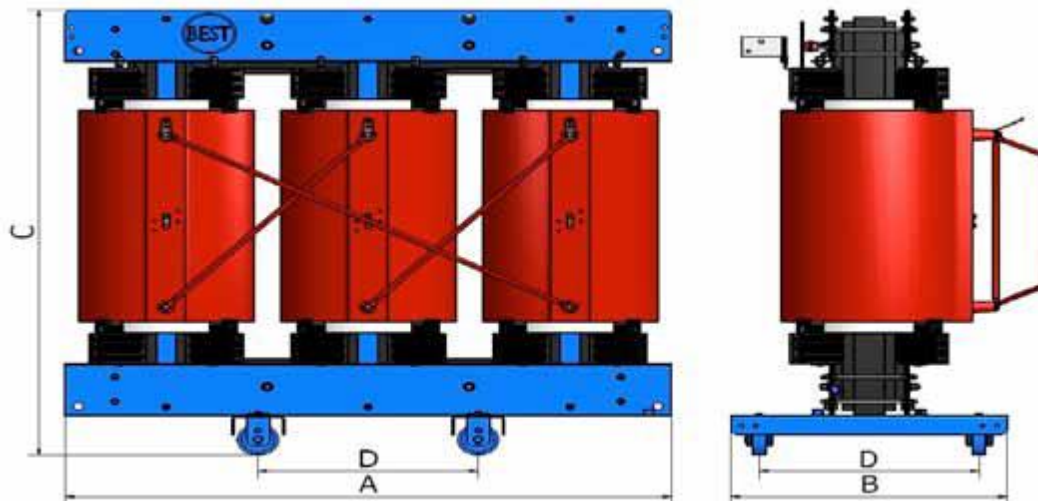


Ilustración 10. Esquema de las dimensiones del transformador BT/MT. Fuente: BEST.



Ilustración 11. Transformador modelo BEST-KT-6300-24-8-N. Fuente: BEST.

3.1.4. Celdas de media tensión

Las celdas de media tensión contienen la aparatada de regulación, protección y control necesaria para actuar como elementos de unión entre la salida de los transformadores de BT/MT instalados en los aerogeneradores y la entrada de la subestación elevadora de MT/AT del parque.

Dado que este parque eólico estaría formado únicamente por dos aerogeneradores, se deben seleccionar dos tipos constructivos de celdas de media tensión.

Por un lado, se debe seleccionar una celda de final de línea en el aerogenerador más alejado de la subestación elevadora del parque, del tipo 0L+1P, que contaría con función de protección de línea y protección del transformador.

En cambio, el aerogenerador más cercano a la subestación debería tener instalada una celda del tipo 0L+1L+1P, ya que contaría, no solo con protección de línea y protección del transformador, sino también con salida de línea.

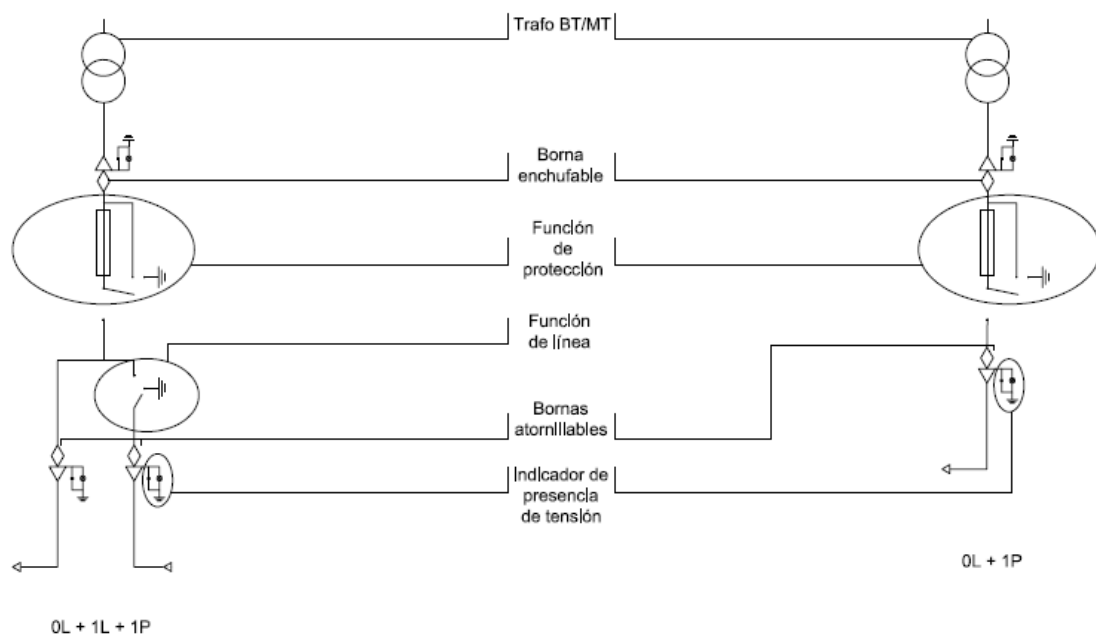


Ilustración 12. Tipos constructivos de celdas de media tensión empeladas en el parque eólico. Fuente: Elaboración propia, basado en el libro "Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica".

Para seleccionar unas celdas apropiadas se tienen en cuenta algunos de los parámetros calculados anteriormente.

Habitualmente, se suelen seleccionar celdas modulares para este tipo de aplicaciones, ya que, a pesar de ser más caras, sus dimensiones son menores y su mantenimiento es más sencillo.

Finalmente, se decide seleccionar las celdas modulares de media tensión del fabricante Ormazabal, con las siguientes características técnicas.

Celda modular de función de línea

Estas celdas modulares, equipadas con un interruptor-seccionador, se emplean en la entrada o salida de los cables de media tensión que permiten la comunicación con el embarrado principal del centro de transformación.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Línea	400 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV
Interruptor-Seccionador	
Poder de corte de corriente principalmente activa	400 A

Tabla 11. Características técnicas de la celda de media tensión de función de línea. Fuente: Ormazabal.



Ilustración 13. Esquema de la celda tipo L. Fuente: Ormazabal.

Celda modular de función de protección con fusibles

Este tipo de celda cuenta con protección por fusibles y con un interruptor-seccionador de tres posiciones. Permite la protección general y del transformador, así como la realización de maniobras de conexión y desconexión.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Bajante de transformador	200 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV
Interruptor-Seccionador	
Poder de corte de corriente principalmente activa	200 A
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	50 Hz: 40 A

Tabla 12. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.

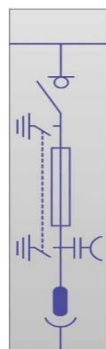


Ilustración 14. Esquema de la celda tipo P. Fuente: Ormazabal.

Celda modular de función de remonte de barras

Este tipo de celda cuenta con aislamiento en gas y remonte de barras. Se empleará únicamente en la celda de media tensión del aerogenerador más cercano a la subestación elevadora, ya que funcionará como módulo de salida de línea, contando únicamente con un indicador de presencia de tensión.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente asignada	
Interconexión general de embarrado y celdas	400 A
Línea	400 A
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV

Tabla 13. Características técnicas de la celda de media tensión de función de protección. Fuente: Ormazabal.



Ilustración 15. Esquema de la celda tipo rb.
Fuente: Ormazabal.

3.1.5. Cableado que va desde el convertidor al centro de transformación BT/MT

Al igual que en el cálculo del cableado que une el generador con el convertidor, se emplean los tres criterios especificados en el Anexo II del REBT.

En este caso, se considera que la longitud del cable debe ser de aproximadamente 140 m, ya que el convertidor se encuentra en la góndola del aerogenerador y el centro de transformación se ubica en la base de la torre, que tiene una altura de 117 m.

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

Primero se calcula la intensidad que circulará por la línea. Para ello, se aplica la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \cdot F_u \cdot F_s$$

Donde

P: Potencia activa prevista para la línea (W), 4,8 MW

U: Tensión nominal de línea (V), es de 690 V

cos(φ): Factor de potencia de la carga, que se determinó como 0,82

F_u: Factor de utilización, se considerará como 1

F_s: Factor de simultaneidad, se considerará como 1

Por tanto:

$$I = \frac{4,8 \cdot 10^6 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 690 \text{ V} \cdot 0,82} \cdot 1 \cdot 1 = 4.915,34 \text{ A}$$

A continuación, se calcula la caída de tensión mediante valores unitarios. Para ello, se atiende a los valores recogidos en la tabla 6 del Anexo 2 de la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Más concretamente, se ha decidido tomar la caída de tensión como un 5%.

Parte de la instalación	Para alimentar a :	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro.	e=ΔU _{III}	e=ΔU _I
LGA: (Línea General de Alimentación)	Suministros de un único usuario	No existe LGA	--	--
	Contadores totalmente concentrados	0,5%	2 V	--
	Centralizaciones parciales de contadores	1,0%	4 V	--
DI (Derivación Individual)	Suministros de un único usuario	1,5%	6 V	3,45 V
	Contadores totalmente concentrados	1,0%	4 V	2,3 V
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2 V	1,15 V
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3%	12 V	6,9 V
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3%	12 V	6,9 V
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5%	20 V	11,5 V

Ilustración 16. Límites de caídas de tensión reglamentarios. Fuente: Anexo 2 de la guía BT.

Por tanto:

$$e = 5\% \cdot U = 5\% \cdot 690 V = 34,5 V$$

A partir de este valor se calcula una primera sección para los conductores empleando la siguiente expresión:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Donde

P: Potencia activa prevista para la línea (W)

U: Tensión nominal de la línea (V)

L: Longitud de la línea (m), se supondrá de 140 m

γ : Conductividad (m/ Ω ·mm²)

e: Caída de tensión mediante valores unitarios (V)

La conductividad del conductor se toma de la tabla 3 del anexo antes mencionado. Más concretamente, se toma un valor de 44 m/ Ω ·mm², al tratarse de conductores de cobre y estar a la temperatura más desfavorable.

Por tanto:

$$S = \frac{4,8 \cdot 10^6 W \cdot 140 m}{44 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 34,5 V \cdot 690 V} = 641,58 mm^2$$

A partir de la sección que se ha calculado, se emplea la Tabla 1 del ITC-BT-19 "Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)" para obtener la sección comercial más próxima. Una vez se ha seleccionado la sección comercial en función del tipo instalación y la naturaleza del aislamiento, se pueden extraer de la tabla los valores de intensidad máxima admisible de los conductores.

Sin embargo, dado que la intensidad que tendría que soportar cada fase es muy elevada, y esto supondría emplear secciones del conductor no consideradas en el reglamento, se ha decidido emplear varios conductores por fase, conectados en paralelo, de modo que se reparta la corriente entre ellos y las secciones empleadas puedan ser menores.

Para obtener el número de conductores que se deberán instalar por cada fase, se han seguido los cálculos indicados por el fabricante de conductores Prysmian, al igual que en el cálculo del cableado que va del generador al convertidor.

Del mismo modo, el modelo de conductor a emplear es el mismo que el utilizado en la conexión del generador con el convertidor, es decir, el modelo RETENAX CPRO Flex de Prysmian.

El fabricante Prysmian indica que el factor de corrección que se aplica al emplear varios conductores por fase no debe ser inferior a 0,9. Además, indica que los conductores deberán agruparse en ternas que incluyan cada una de las fases, discurrir en paralelo, ser de la misma sección y naturaleza de conductor.

Teniendo en cuenta los mismos factores de corrección por temperatura y por agrupación de varios conductores, así como el tipo de instalación, que al igual que en el caso anterior se considera de tipo F (Cables unipolares en contacto mutuo), se obtienen los siguientes resultados:

mm ²	Columna 11 de la norma	2 ternas	¿Cumple con 2 ternas?	3 ternas	¿Cumple con 3 ternas?	15 ternas	¿Cumple con 15 ternas?	20 ternas	¿Cumple con 20 ternas?
1,5	21	30,618	No	40,82	No	178,61	No	238,14	No
2,5	30	43,74	No	58,32	No	255,15	No	340,20	No
4	40	58,32	No	77,76	No	340,20	No	453,60	No
6	52	75,816	No	101,09	No	442,26	No	589,68	No
10	72	104,976	No	139,97	No	612,36	No	816,48	No
16	97	141,426	No	188,57	No	824,99	No	1099,98	No
25	122	177,876	No	237,17	No	1037,61	No	1383,48	No
35	153	223,074	No	297,43	No	1301,27	No	1735,02	No
50	188	274,104	No	365,47	No	1598,94	No	2131,92	No
70	243	354,294	No	472,39	No	2066,72	No	2755,62	No
95	298	434,484	No	579,31	No	2534,49	No	3379,32	No
120	350	510,3	No	680,40	No	2976,75	No	3969,00	No
150	401	584,658	No	779,54	No	3410,51	No	4547,34	No
185	460	670,68	No	894,24	No	3912,30	No	5216,40	Sí
240	545	794,61	No	1059,48	No	4635,23	No	6180,30	Sí
300	630	918,54	No	1224,72	No	5358,15	Sí	7144,20	Sí

Tabla 14. Aplicación de los factores de corrección. Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, sólo serán válidas las siguientes opciones:

- Emplear 15 ternas con una sección de 300 mm².
- Emplear 20 ternas con una sección de 185 mm².
- Emplear 20 ternas con una sección de 240 mm².
- Emplear 20 ternas con una sección de 300 mm².

Finalmente, se decide emplear 20 ternas de 185 mm², por ser el valor que más se ajusta a la intensidad calculada.

Por último, se comprueba que la temperatura real soportada por el conductor no supera la admisible empleando la siguiente expresión:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot (I/I_{m\acute{a}x})^2$$

Donde

T: Temperatura real estimada del conductor

$T_{m\acute{a}x}$: Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (90°C)

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (40°C)

I: Intensidad prevista para el conductor

$I_{m\acute{a}x}$: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación

Por tanto:

$$T = 40 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (90 - 40)^\circ\text{C} \cdot (4.915,34 \text{ A}/5.216,40)^2 = 84,40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dado que el valor de la temperatura obtenida difiere de la temperatura supuesta inicialmente, se debe realizar una iteración para recalcular la sección del conductor.

Para ello, se calcula la resistividad del conductor a la temperatura obtenida previamente empleando la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Donde

ρ_{20} : Resistividad del conductor a 20°C (0,018 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

α : Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en $^\circ\text{C}^{-1}$ (0,00392 $^\circ\text{C}^{-1}$)

θ : Temperatura del conductor, 84,40 °C

Por tanto:

$$\rho = 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot [1 + (0,00392 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (84,40^\circ\text{C} - 20))] = 0,0225 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Teniendo en cuenta que la conductividad es la inversa de la resistividad, se calcula de nuevo la sección del conductor y se realiza de nuevo el procedimiento que se empleó en los pasos anteriores para obtener una sección comercial que sea válida.

En este caso se obtiene una sección de 636,39 mm² para toda la línea, lo que finalmente se traduce en que se empleará el mismo número de cables que se obtuvo anteriormente.

Criterio de la caída de tensión

Para la comprobación de este apartado se consideran los siguientes datos:

- Tensión de la línea: 690 V
- Longitud: 140 m
- Factor de potencia: 0,82
- Caída de tensión admisible: 5% (34,5 V)
- Reactancia aproximada considerada: 0,08 Ω /km (norma UNE-HD 60364-5-52)
- Tipo de instalación: En bandeja perforada con conductores colocados en una capa
- Conductor empleado: RETENAX CPRO Flex
- Intensidad de la línea: 4.915,34 A

Se realiza una primera iteración de la sección. Para ello, se emplea la siguiente definición:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot X \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

Donde

I: Intensidad de la línea (A), 4.915,34 A

L: Longitud de la línea (m), se supondrá de 15 m

$\cos \varphi$: Factor de potencia, 0,76

γ : Conductividad ($m/\Omega \cdot mm^2$), 45,5 $m/\Omega \cdot mm^2$ (Valor a la máxima temperatura admisible del conductor)

X: Reactancia (Ω /km)

ΔU : Caída de tensión (V), 34,5 V

Para comprobar que la configuración de 20 ternas de 185 mm^2 obtenida con el anterior criterio es válida, se calcula la reactancia teniendo en cuenta el número de conductores por fase:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{km}}{20 \frac{conductores}{fase}} = 0,040 \frac{\Omega}{km}$$

Por tanto:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 m \cdot 4.915,34 A \cdot 0,82}{45,5 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot (34,5 V - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,040 \frac{\Omega}{km} \cdot 140 m \cdot 4.915,34 A \cdot \sin(\arccos(0,82)))}$$

$$S = 674,13 mm^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 185 mm² calculada con el anterior criterio para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{674,13 \text{ mm}^2}{185 \text{ mm}^2} \approx 4 \text{ conductores de } 185 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Se realiza una segunda iteración con el nuevo número de conductores por fase obtenido, por lo que se debe recalcular la reactancia:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}}{4 \frac{\text{conductores}}{\text{fase}}} = 0,020 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Por tanto:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot 0,82}{45,5 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \left(34,5 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,020 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot \sin(\text{acos}(0,82)) \right)}$$

$$S = 1.031,17 \text{ mm}^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 185 mm² para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{1.031,17 \text{ mm}^2}{185 \text{ mm}^2} \approx 6 \text{ conductores de } 185 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Se realiza una tercera iteración siguiendo el mismo procedimiento:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}}{6 \frac{\text{conductores}}{\text{fase}}} = 0,0133 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot 0,82}{45,5 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \left(34,5 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,0133 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot \sin(\text{acos}(0,82)) \right)}$$

$$S = 844,75 \text{ mm}^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 185 mm² para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{844,75 \text{ mm}^2}{185 \text{ mm}^2} \approx 5 \text{ conductores de } 185 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Se realiza una cuarta iteración:

$$X = \frac{0,08 \frac{\Omega}{\text{km}}}{5 \frac{\text{conductores}}{\text{fase}}} = 0,0160 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot 0,82}{45,5 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \left(34,5 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,0160 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 140 \text{ m} \cdot 4.915,34 \text{ A} \cdot \sin(\text{acos}(0,82)) \right)}$$

$$S = 910,60 \text{ mm}^2$$

Se divide la sección obtenida entre la sección comercial de 185 mm² para obtener el número de conductores por fase necesario:

$$S = \frac{910,60 \text{ mm}^2}{185 \text{ mm}^2} \approx 5 \text{ conductores de } 185 \text{ mm}^2 \text{ por fase}$$

Finalmente, se obtiene el mismo número de conductores por fase que en la iteración anterior, por lo que, para cumplir con el criterio de la caída de tensión, se deben instalar, al menos, 5 ternas de 185 mm².

Dado que esta configuración es menos restrictiva que la obtenida con el criterio de la intensidad admisible, se sigue optando por la instalación de 20 ternas de 185 mm².

Criterio de intensidad máxima de cortocircuito

Para el cálculo de corrientes de cortocircuito se emplea el método simplificado propuesto en el Anexo III del REBT.

Por lo tanto, se puede emplear la siguiente fórmula simplificada:

$$I_{CC} = \frac{0,8 \cdot U}{R}$$

Donde

I_{CC} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado

U: Tensión nominal de la línea (V), 690 V

R: Resistencia del conductor de fase entre el generador y el convertidor

Se calcula la resistencia de la línea según la siguiente expresión aproximada:

$$R = 1,02 \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L}{S}$$

Se recalcula la resistividad para el valor más desfavorable, que se da a una temperatura de 40 °C:

$$\rho_{40} = 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot [1 + (0,00392 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (40 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}))] = 0,0194 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Por tanto, se obtiene el siguiente valor de resistencia:

$$R = 1,02 \cdot 0,0194 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{140 \text{ m}}{185 \text{ mm}^2} = 0,0150 \Omega$$

Se obtiene la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{CC} = \frac{0,8 \cdot 690 \text{ V}}{0,0150 \Omega} = 36.840,90 \text{ A}$$

Dividimos entre el número de ternas:

$$I_{CC} = \frac{36.840,90 A}{20} = 1.842,04 A$$

A continuación, se debe calcular la intensidad máxima admisible de cortocircuito. Teniendo en cuenta que el aislamiento es termoestable, se debe emplear la siguiente expresión:

$$I_{CC,adm} = k \cdot \frac{S}{\sqrt{t}}$$

Donde

$I_{CC,adm}$: Corriente de cortocircuito admisible en amperios

k: Constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento termoplástico o termoestable (k=143)

S: Sección del conductor en mm²

t: Duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos)

Teniendo en cuenta que el conductor es de cobre y que su aislamiento es termoestable se ha empleado un valor de k de 143. Se ha tomado una duración de cortocircuito de 0,5 segundos.

Por tanto:

$$I_{CC,adm} = 143 \cdot \frac{185 \text{ mm}^2}{\sqrt{0,5 \text{ s}}} = 37.413,02 A > 1.842,04 A$$

Una vez se ha calculado esta intensidad, se comprueba que su valor es mayor que la intensidad de cortocircuito en el conductor.

Por tanto, finalmente se opta por la siguiente configuración:

- Emplear 20 ternas con una sección de 185 mm².

A continuación, se debe seleccionar la sección del neutro. Para ello, se deben tener en cuenta las indicaciones del ITC-BT-06, donde se indica lo siguiente:

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución la sección mínima del conductor neutro será:

- a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores: la sección de neutro será como mínimo, la de la tabla 1 de la ITC-BT-07, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

Dado que la instalación cuenta con las tres fases, el neutro y el conductor de protección, se debe acudir a la tabla 1 del ITC-BT-07.

Sección 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 15. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase. Fuente: ITC-BT-07.

En este caso, debido a que el conductor seleccionado para las fases posee una sección de 185 mm², se deberá seleccionar un neutro de 95 mm². Por tanto, se emplearán 20 conductores de 95 mm² del mismo material que las fases.

En cuanto al conductor de protección, su sección se escoge según lo establecido en la tabla 2 del ITC-BT-18 que se muestra a continuación:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 16. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: ITC-BT-18.

En este caso, la sección mínima de los conductores de protección deberá ser, al menos, la mitad de la sección de fase, es decir, de 92,5 mm².

Por tanto, se escoge la sección comercial más próxima, que es de 95 mm².

Estos conductores serán del mismo material que los cables activos, por lo que se utilizarán 20 conductores de 95 mm² del mismo conductor que en el caso de las fases.

3.1.6. Interruptor automático principal

El interruptor automático principal debe ser capaz de proteger el cableado que va desde el convertidor hasta el centro de transformación sin comprometer su durabilidad. Por tanto, su intensidad nominal debe ser superior a la máxima intensidad de operación del sistema, pero al mismo tiempo, debe ser menor que la máxima intensidad admisible del conductor que va a proteger.

Por tanto, teniendo en cuenta estos criterios, se debe cumplir que:

$$I_{operación} < I_{interruptor} < I_{adm,conductor}$$

$$4.915,2 A < I_{interruptor} < 5.358,15 A$$

Finalmente, se decide seleccionar el modelo Masterpact MTZ3 del fabricante Schneider, cuyos datos técnicos son los siguientes:

Interruptor automático principal	
Modelo/Fabricante	Masterpact MTZ3/Schneider
Frecuencia de red	50 Hz
Corriente nominal	5.000 A
Tensión nominal de aislamiento	1.000 V
Resistencia a picos de tensión	12 kV
Capacidad nominal de cortocircuito	220 kV
Tensión nominal	690 V
Poder de corte en servicio	100 kA

Tabla 17. Datos técnicos del interruptor automático principal. Fuente: Schneider.



Ilustración 17. Interruptor automático principal Masterpact MTZ3. Fuente: Schneider.

3.1.7. Protección contra sobretensiones

Los parques eólicos son instalaciones especialmente sensibles al impacto directo de rayos, debido, principalmente, a la gran altura de los aerogeneradores, por lo que se debe diseñar una protección adecuada contra las descargas atmosféricas.

Este tipo de protección es la encargada de derivar la corriente de rayo a tierra, evitando diferencias de potencial peligrosas dentro de las instalaciones del parque.

Para el diseño de estas protecciones, existe una normativa específica denominada “IEC 61400-24 Wind turbine generator systems – Part 24: Lightning protection for wind turbines”, donde se especifican las siguientes medidas:

- Medidas de protección interna
- Medidas de protección externa

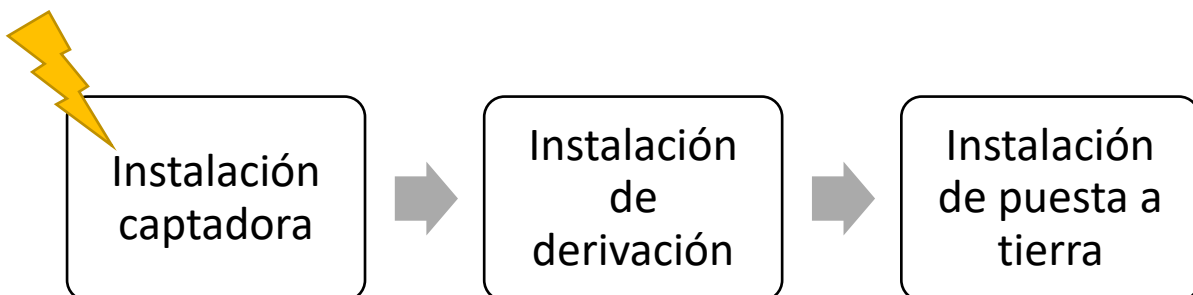
A continuación, se explica cada una de ellas, atendiendo a los criterios especificados en el libro “Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica” que se especifica en la bibliografía del proyecto.

Medidas de protección externa

Las medidas de protección externas son las encargadas de conducir la corriente del rayo a tierra a través de un circuito establecido, de modo que los aerogeneradores queden protegidos del impacto directo de estos fenómenos atmosféricos.

Para llevar a cabo este objetivo, estas protecciones están formadas por:

- Instalación captadora del rayo: Habitualmente se colocan en la punta de las palas y en la parte final de la góndola, ya que son las zonas del aerogenerador donde se producen la mayoría de los impactos por rayo.
- Instalación de derivación: Conduce la corriente de rayo a través de las palas y la góndola.
- Instalación de puesta a tierra: Ofrece un camino de baja impedancia a través del cual se puede derivar la corriente de rayo.



Dentro de las instalaciones captadoras y derivadoras del rayo en los aerogeneradores, son de especial importancia las situadas en los álabes, ya que es una de las zonas donde se produce con mayor frecuencia la incidencia de rayos.

En la siguiente ilustración se pueden observar diferentes técnicas utilizadas en la actualidad para proteger a los álabes de los efectos de las sobretensiones.

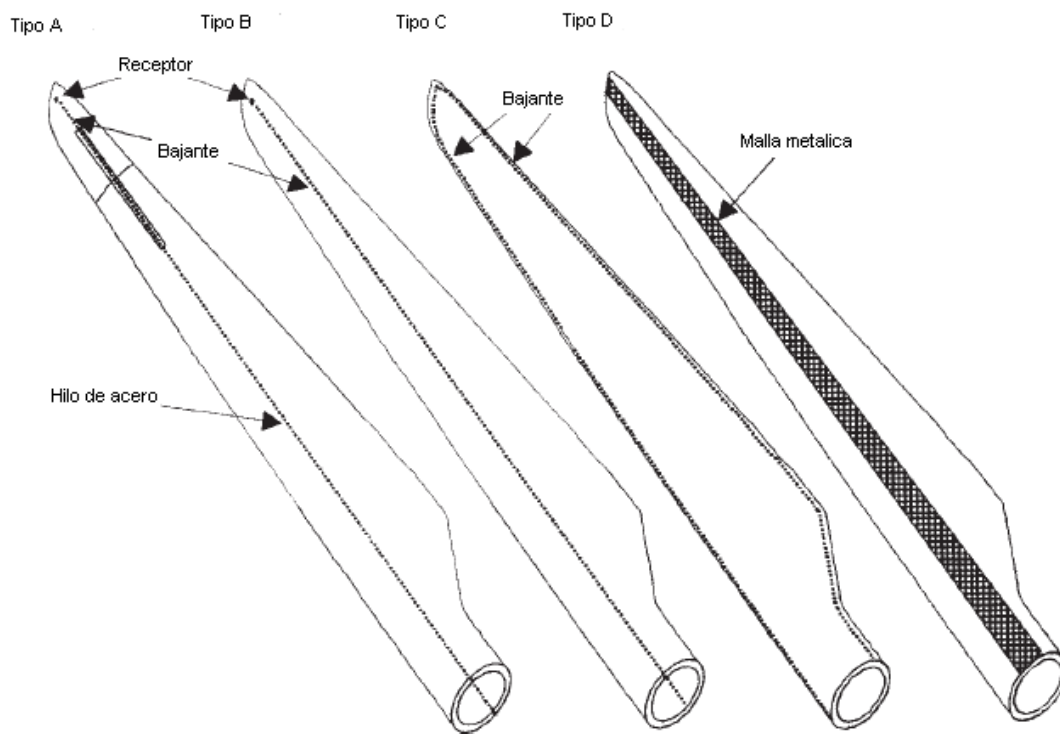


Ilustración 18. Métodos de captación del rayo en los álabes. Fuente: monografias.com.

En los métodos A y B, estas protecciones están constituidas por un único conductor, mientras que en las tipologías C y D se opta por la protección completa del ala. A continuación, se detallan las características de cada uno de estos métodos:

- **Tipo A:** En este caso se coloca un conductor en la punta del ala y se emplea el conductor de acero para el control de freno como bajante.
- **Tipo B:** Esta configuración se emplea en palas sin punta móvil, por lo que al carecer del conductor para el control de freno se debe instalar un conductor adicional.
- **Tipo C:** Esta configuración se caracteriza por presentar los bajantes en los bordes u orillas de los álabes.
- **Tipo D:** Este método emplea una malla conductora en cada cara del ala.

En este proyecto se considerará que los elementos de protección externa que intervienen en la captación y la derivación del rayo vienen de fábrica incorporados en el aerogenerador, de modo que no será necesaria su selección. En cambio, en siguientes apartados se realiza el diseño del sistema de puesta a tierra de los aerogeneradores.

Medidas de protección interna

Los sistemas de protección interna son los encargados de proteger los equipos conectados a las redes de energía de los efectos de las sobretensiones producidas por la descarga de un rayo.

Para ello, se instalan descargadores de tensión según el principio de protección por zonas. Los valores habituales de estas protecciones son:

- Corriente nominal de descarga: Valor de cresta de la corriente de choque 8/20 μ s, para la que está dimensionado el dispositivo.
- Corriente de choque de rayo: Valor de cresta de la corriente de choque de rayo 10/350 μ s que el descargador debe ser capaz de derivar repetidas veces sin ser destruido.
- Nivel de protección: Valor instantáneo más alto de la tensión después del descargador.

Para seleccionar la protección contra sobretensiones que se señala en la siguiente ilustración, se han analizado los diferentes modelos que ofrece el fabricante Raycap y se han tenido en cuenta la tensión nominal del dispositivo.

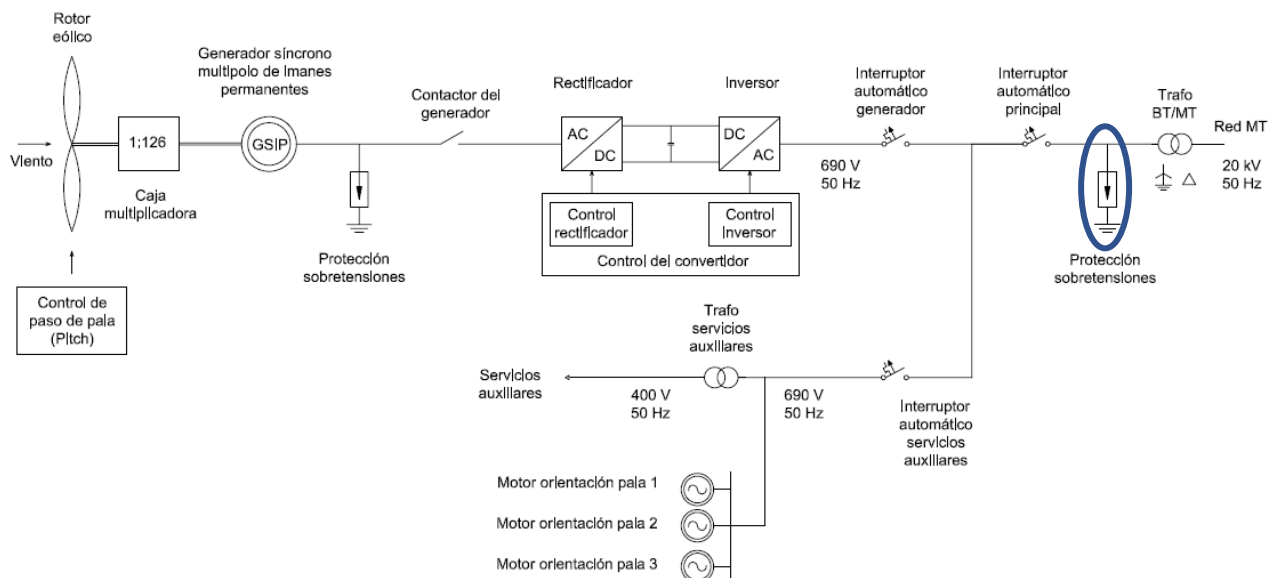


Ilustración 19. Esquema unifilar de la instalación de baja tensión. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se ha seleccionado el siguiente descargador:

Datos técnicos del descargador	
Modelo // Fabricante	Strikesorb 40-G // Raycap
Tipo de protección	Clase 1
Tensión nominal de operación	1.000 V
Tiempo de respuesta	<1 ns
Corriente nominal de descarga	20 kA
Corriente de choque de rayo	12,5 kA
Nivel de protección	4.400 V
Frecuencia de operación	50 Hz

Tabla 18. Datos técnicos del descargador. Fuente: Raycap.

Se trata de una protección de clase 1 según la IEC, por lo que su uso es apropiado para instalaciones de gran altura que reciben directamente el impacto de los rayos, como es el caso de los aerogeneradores de este proyecto.



Ilustración 20. Raycap Strikesorb 40-G. Fuente: Raycap.

4. Instalaciones eléctricas de media tensión

Dentro de este apartado del anexo se realizan los cálculos necesarios para dimensionar la línea de media tensión que une los aerogeneradores entre sí y transporta la energía generada hasta la subestación elevadora del parque.

Esta línea, como se comentó en apartados anteriores, es subterránea y parte de la celda de media tensión del aerogenerador más alejado de la subestación, transportando la energía a través del parque a una tensión de 20 kV, de modo que se reducen las pérdidas energéticas.

En los siguientes apartados se abordan los diferentes criterios que se deben tener en cuenta para diseñar esta línea.

4.1. Trazado y zanjas

El trazado de la red de media tensión está determinado por la posición de los diferentes equipos que componen el sistema eléctrico, que en este caso son los aerogeneradores y la subestación elevadora del parque, siendo esta última la encargada de aumentar la tensión de 20 kV que sale de los aerogeneradores hasta 66 kV para su evacuación en la red de transporte de la isla.

Por tanto, para poder determinar la longitud total que tendrá la línea subterránea de media tensión, se debe comenzar eligiendo la ubicación de la subestación elevadora.

Como criterio para la elección de la ubicación, se han medido las distancias entre el último aerogenerador y las torres de alta tensión más cercanas al emplazamiento del parque, para averiguar cuál es la menos alejada y, por tanto, daría lugar a una línea de evacuación en AT más corta, lo que se traduciría en un menor coste económico y unas menores pérdidas de energía en el transporte.



Ilustración 21. Distancias entre el aerogenerador y la torre. Fuente: Google Earth.

Finalmente, se decide evacuar la energía producida en el parque eólico en la torre de alta tensión situada a la izquierda, por ser la que se encuentra a una distancia menor, como se puede observar en la anterior ilustración. Por tanto, la subestación elevadora se deberá ubicar en algún punto entre el aerogenerador 1 y esta torre.

Para elegir su ubicación, también debe tenerse en cuenta que, según el *Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23*, por motivos de seguridad no se permite la construcción de subestaciones de exterior bajo la franja del terreno definida por la servidumbre del vuelo de una línea aérea de alta tensión ajena a la subestación, incrementada a cada lado en la altura de los apoyos de la línea más de 10 m.

Teniendo en cuenta las distancias establecidas por la normativa, finalmente, se decide ubicar la subestación elevadora del parque en el punto que se muestra en la siguiente ilustración, cuyas coordenadas son:

- Latitud: 28,1145°
- Longitud: -16,4787°



Ilustración 22. Ubicación de la subestación elevadora del parque. Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.

A continuación, una vez que se ha decidido la ubicación de la subestación elevadora dentro del parque, se debe determinar la longitud de la línea subterránea de media tensión, que estaría formada por dos tramos:

- **Tramo 1:** Unión entre los aerogeneradores.
- **Tramo 2:** Unión entre el último aerogenerador y la subestación elevadora.

Para medir de forma exacta la longitud de cada uno de los tramos de la línea, se deben tener en cuenta las irregularidades que presenta el emplazamiento, por lo que es necesario analizar el perfil del terreno donde va a ser instalada la línea. Para ello, se ha empleado una herramienta del visor de Grafcan que permite obtener perfiles MDT (Modelo Digital del Terreno) y se han utilizado los datos que ofrece para generar gráficas en Excel como las que se muestran a continuación.

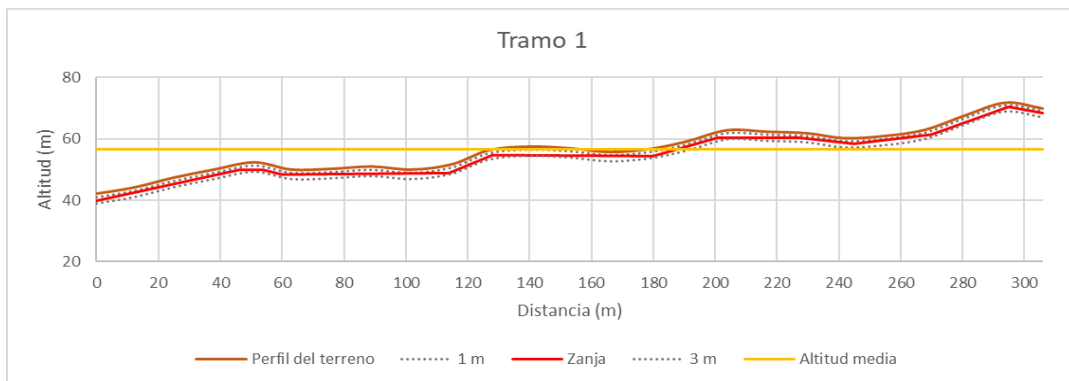
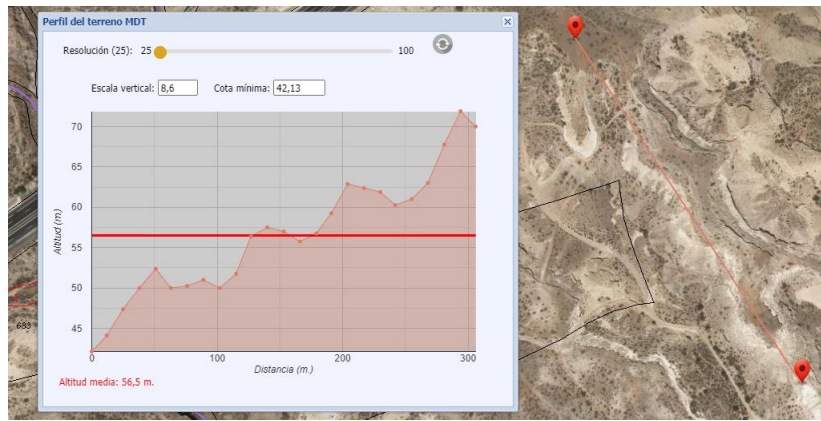


Ilustración 23. Perfil MTD del tramo 1. Fuente: Grafcan y elaboración propia empleando Excel.

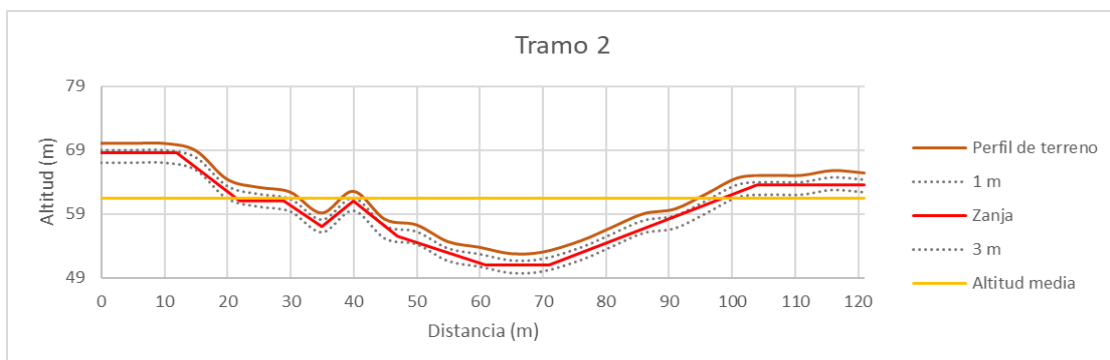
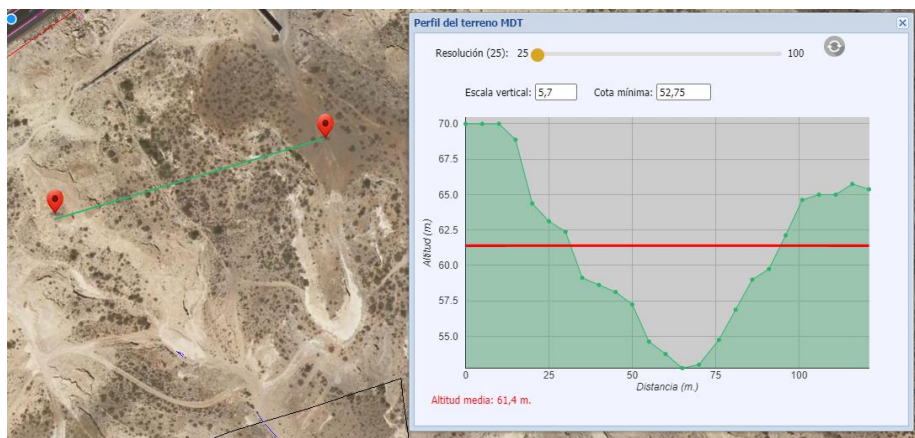


Ilustración 24. Perfil MTD del tramo 2. Fuente: Grafcan y elaboración propia empleando Excel.

En las anteriores gráficas, se han tenido en cuenta las indicaciones del libro “Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica”, en el que se indica que la línea de media tensión debe estar enterrada al menos a un metro de profundidad, buscando el compromiso entre la disipación de calor a la atmósfera, que se consigue a poca profundidad, y la humedad del entorno, que aumenta con la profundidad. Por ello, en color rojo se han dibujado las zanjas a una profundidad de entre 1 y 3 metros, intentando que el trazado sea lo más sencillo posible, ya que se deben evitar los ángulos pronunciados.

Sin embargo, debido a las características del terreno, que presenta diferencias de cota muy acentuadas, el trazado presenta en algunos tramos ángulos bastante marcados, por lo que se decide que se deberá igualar el terreno a la altitud media indicada en las gráficas, de modo que se consiga un trazado rectilíneo de las zanjas, que irían ubicadas a un metro de profundidad.

Finalmente, midiendo sobre plano las distancias con ayuda de Google Earth, se determinan las distancias de los dos tramos que formarían la línea subterránea de media tensión:

	Descripción	Distancia
Tramo 1	Unión entre ambos aerogeneradores	307,7 m
Tramo 2	Unión entre el último aerogenerador y la subestación elevadora del parque	121,9 m
Total	Línea subterránea de media tensión	429,6 m

Tabla 19. Descripción de los tramos que componen la línea subterránea de media tensión. Fuente: Elaboración propia.

En el ITC-LAT-06 se indican las características que debe poseer la zanja donde irán alojados los cables que forman la línea de media tensión.

Más concretamente, en este apartado de la normativa se indica lo siguiente:

“Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalentes. Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de A.T. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización”.

4.2. Elección de los cables

Según la bibliografía consultada, la línea subterránea de media tensión debe calcularse en función de los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible.
- Solicitación térmica de la corriente de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima.

Por otro lado, según el *Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23*, la línea subterránea de media tensión, al transportar la electricidad a una tensión de 20 kV, se clasifica dentro de la tercera categoría, debido a que la tensión nominal es igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Una vez se ha determinado la categoría de la línea, a partir de la tabla 1 del ITC-RAT 04 se determina la tensión más elevada del material, U_m , que en este caso es de 24 kV. Por tanto, se deberán seleccionar conductores que sean capaces de operar a esta tensión.

Tensión nominal de la red (U_n) kV	Tensión más elevada de la red (U_s) kV	Tensión más elevada del material (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Tabla 20. Tensiones nominales normalizadas. Fuente: ITC-RAT 04.

Por otro lado, la ITC RAT-05 indica que los cables aislados deben diseñarse atendiendo a los criterios del ITC-LAT 06, donde se exponen las categorías de las redes según la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita.

En el caso de este proyecto, se considera que la línea de media tensión pertenece a la categoría A, donde los defectos a tierra se eliminan tan rápidamente como sea posible y, en cualquier caso, antes de 1 minuto.

Teniendo en cuenta la categoría, se obtiene de la tabla 2 el nivel de aislamiento de los cables y sus accesorios.

Tensión nominal de la red U_n kV	Tensión más elevada de la red U_s kV	Categoría de la red	Características mínimas del cable y accesorios	
			U_0/U_{0c} ó U_0 kV	U_p Kv
3	3,6	A-B	1,8/3	45
		C	3,6/6	60
6	7,2	A-B		
		C		
10	12	A-B	8,7/15	95
		C		
15	17,5	A-B	12/20	125
		C		
20	24	A-B	15/25	145
		C		
25	30	A-B	18/30	170
		C		
30	36	A-B	26/45	250
		C		
45	52	A-B	36	(1)
66	72,5	A-B	64	(1)
110	123	A-B	76	(1)
132	145	A-B	87	(1)
150	170	A-B	127	(1)
220	245	A-B	220	(1)
400	420	A-B		

Ilustración 25. Tabla 2. Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios. Fuente: ITC-LAT 06.

En este apartado de la normativa, también se indica que los cables utilizados en redes subterráneas deben tener conductores de cobre o aluminio y estar aislados con materiales adecuados a las condiciones de la instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Teniendo en cuenta esto último, se debe procurar que los conductores seleccionados estén aislados con polietileno reticulado (XLPE).

Por otro lado, en el ITC-RAT 05 se indica que la instalación de estos cables aislados podrá ser:

- Directamente enterrado en zanja abierta en el terreno con lecho y relleno de arena debidamente preparado.
- En tubos debidamente enterrados en zanjas.
- En atarjeas o canales revisables, con un sistema de evacuación de agua cuando estén a la intemperie. Este tipo de canalizaciones no podrá usarse en las zonas de libre acceso al público, salvo que el acceso al interior de la atarjea o canal revisable requiera de medios mecánicos para su manipulación, llaves o herramientas.
- En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared.
- Colgados de fiadores, situados a una altura que permita, cuando sea necesario, la libre circulación sin peligro de personas o vehículos, siendo obligatoria la indicación del máximo gálibo admisible.

En este caso, los cables irán directamente enterrados en zanja, a una profundidad de 1 m, como se comentó en apartados anteriores.

Por otro lado, la sección de los conductores aislados se determina según lo indicado en el ITC-LAT 06, en el apartado de intensidades admisibles.

4.2.1. Criterio de la máxima intensidad admisible

Según el ITC-LAT 06, la intensidad máxima permanente admisible del conductor se calcula según la norma UNE 21144, de modo que no se supere la temperatura máxima asignada.

Primero, se consulta en la tabla 5 de la norma la temperatura máxima asignada al conductor en función de su aislamiento. En el caso de este proyecto, al emplear cables aislados con polietileno reticulado se tiene que:

Tipo de aislamiento seco	Condiciones	
	Servicio Permanente θ_s	Cortocircuito θ_{cc} ($t \leq 5$ s)
Policloruro de vinilo (PVC)* S \leq 300 mm ² S > 300 mm ²	70 70	160 140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno - Propileno (EPR)	90	250
Etileno - Propileno de alto módulo (HEPR)	105 para $U_0/U \leq 18/30$ kV 90 para $U_0/U > 18/30$ kV	250

Ilustración 26. Cables aislados con aislamiento seco. Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor. Fuente: ITC-LAT 06.

A continuación, se consulta en la tabla 6 cuál es la intensidad máxima admisible en servicio permanente en corriente alterna para conductores con el aislamiento seleccionado. Esta tabla recoge las intensidades máximas admisibles para una terna de cable unipolar directamente enterrado en toda su longitud a 1 metro de profundidad (medido hasta la parte superior del cable), en un terreno de resistividad térmica media de 1,5 K·m/W, con una temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25 °C y con una temperatura del aire ambiente de 40 °C.

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Ilustración 27. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados. Fuente: ITC-LAT 06.

Por otro lado, se debe comprobar si en el terreno donde iría ubicada la línea subterránea de media tensión la temperatura es distinta de 25 °C, ya que en ese caso se deben aplicar factores de corrección para considerarlo.

Para ello, se analizan las temperaturas medias mensuales en el emplazamiento de la instalación mediante los datos ofrecidos por el visor de Grafcan, para determinar si la máxima temperatura anual difiere de 25 °C.

Temperatura diurna media, °C	
Enero	16,9
Febrero	17,2
Marzo	18,3
Abril	18,2
Mayo	19,4
Junio	21,1
Julio	22,8
Agosto	23,6
Septiembre	23,3
Octubre	22,4
Noviembre	19,8
Diciembre	18,3

Tabla 21. Temperaturas medias en el terreno. Fuente: Grafcan.

En este caso, como se puede comprobar en la anterior tabla, en el mes de agosto se da la temperatura media más elevada, siendo esta de 23,6 °C. Sin embargo, para estar del lado de la seguridad, dado que se trata de una temperatura promedio, se supondrá que se pueden alcanzar temperaturas de hasta 35 °C.

Teniendo en cuenta esta consideración, se debe aplicar el siguiente factor de corrección:

Temperatura °C Servicio Permanente θ_s	Temperatura del terreno, θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Ilustración 28. Factor de corrección, F , para temperatura del terreno distinta de 25 °C. Fuente: ITC-LAT 06.

A continuación, se debe comprobar si la resistividad térmica media del terreno es de 1,5 K·m/W. Para ser consistente con el tipo de terreno considerado en el anexo de la cimentación de los aerogeneradores, se considera que se trata de un terreno arenoso medio.

Teniendo en cuenta el tipo de terreno, se comprueba en la tabla 9 del ITC-LAT 06 si es necesario corregir la resistividad térmica del mismo.

Resistividad térmica del terreno (K·m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Ilustración 29. Resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad. Fuente: ITC-LAT 06.

En este caso, la descripción que mejor se adapta al terreno del emplazamiento del proyecto es la de suelo arenoso muy seco, que posee una resistividad térmica de 1,5 K·m/W, por lo que no es necesario aplicar ningún factor de corrección.

Por tanto, finalmente se tiene que el factor de corrección que se deberá aplicar a la intensidad admisible de la línea es de 0,92, siempre y cuando sólo se emplee una terna de cables unipolares. Los resultados corregidos se muestran a continuación:

Sección (mm ²)	Máx. intensidad admisible, A (XLPE / Cobre)		Máx. intensidad admisible, A (XLPE / Aluminio)	
	Sin corregir	Corregido	Sin corregir	Corregido
25	130	119,6	100	92,0
35	155	142,6	120	110,4
50	180	165,6	140	128,8
70	225	207,0	170	156,4
95	265	243,8	205	188,6
120	300	276,0	235	216,2
150	340	312,8	260	239,2
185	380	349,6	295	271,4
240	440	404,8	345	317,4
300	490	450,8	390	358,8
400	560	515,2	445	409,4

Tabla 22. Máxima intensidad admisible del conductor después de aplicar el factor de corrección. Fuente: Elaboración propia a partir del ITC-LAT 06.

El siguiente paso consiste en determinar la intensidad nominal que circula por la línea de media tensión, que se obtiene a partir de la siguiente definición:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Donde

I: Intensidad nominal que circula por la línea subterránea de media tensión, (A)

P: Potencia activa prevista para la línea, (kW)

U: Tensión nominal de línea, (kV)

cos(φ): Factor de potencia de la carga

La potencia activa prevista para la línea es la suma de las potencias nominales de ambos aerogeneradores, es decir:

$$P = 4.800 \text{ kW} \cdot 2 \text{ aerogeneradores} = 9.600 \text{ kW}$$

Por otro lado, se considera que el factor de potencia es de 0,98, tal y como se establece en el 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.

Finalmente, se obtiene que:

$$I = \frac{9.600 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot 0,98} = 282,78 \text{ A}$$

Por tanto, según este criterio, la sección del cable deberá ser de 150 mm² si es de cobre y de 240 mm² si es de aluminio.

4.2.2. Solicitación térmica de la corriente de cortocircuito

Según la guía eólica del Gobierno de Canarias, la sección del conductor de la línea de media tensión debe ser capaz de soportar la corriente de cortocircuito durante el tiempo suficiente para que puedan actuar las protecciones generales del parque ubicadas en el edificio de control.

Más concretamente, la corriente de cortocircuito debe calcularse considerando, por un lado, la aportación de la corriente de cortocircuito de la red y, por otro lado, la posible aportación de la corriente de cortocircuito de los aerogeneradores.

$$I_{cc} = I_{cc,red} + I_{cc,aerogeneradores}$$

Donde I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en las barras del edificio de mando, en kA

$I_{cc,red}$: Intensidad de cortocircuito aportada por la red, en kA

$I_{cc,aerogeneradores}$: Intensidad de cortocircuito aportada por los aerogeneradores

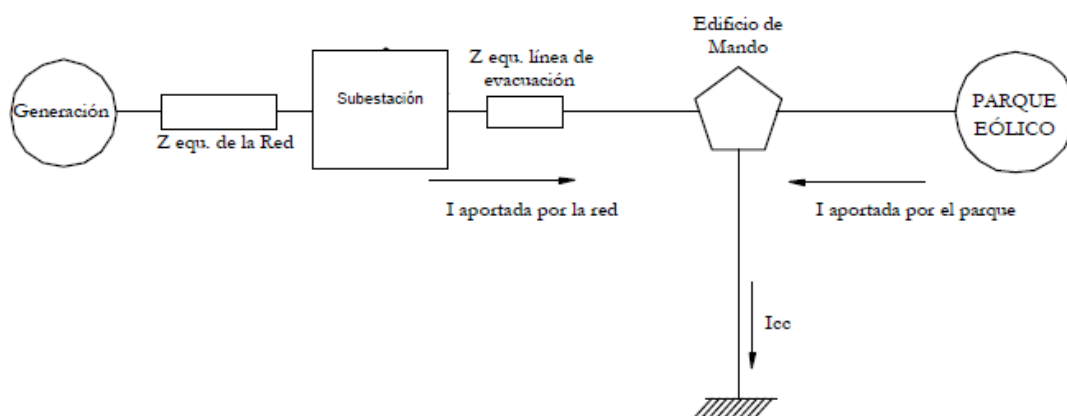


Ilustración 30. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en barras del edificio de mando. Fuente: Guía eólica del Gobierno de Canarias.

En el caso de la corriente de cortocircuito aportada por la red, la compañía eléctrica, que en este caso es Red Eléctrica de España, debe facilitar la intensidad de cortocircuito en cada subestación y, a partir de este valor, es posible calcular la potencia de cortocircuito en las barras del edificio de mando.

Código	Nudo	kV	Intensidad de cortocircuito trifásica (kA)					
			P1	P5	P10	P50	P90	P99
39210	ABONA	66	8.2	9.0	9.3	10.9	13.5	14.8
39003	AGÜIMES	66	6.6	7.0	7.1	7.7	8.2	8.6
39005	ALDEA BLANCA	66	9.7	10.1	10.3	11.4	12.7	13.7
39010	ARGUINEGUIN	66	7.6	7.8	8.1	9.0	9.9	10.5
39221	ARICO2	66	6.8	7.6	7.9	11.3	12.8	13.9
79221	ARICO2	66	5.3	5.9	6.0	6.6	7.8	8.6

Ilustración 31. Intensidad trifásica de cortocircuito en Arico. Fuente: Red Eléctrica de España.

Como se puede ver en la anterior tabla, se toma como máxima corriente de cortocircuito trifásica la indicada en el percentil 99, con un valor de 13,9 kA en la subestación de Arico, que es la más próxima al parque eólico objeto de este proyecto.

A partir de este valor, se puede obtener la potencia de cortocircuito, teniendo en cuenta que la línea de evacuación transporta la energía a 66 kV.

$$S_{red} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{cc}$$

$$S_{red} = \sqrt{3} \cdot 66.000 \text{ V} \cdot 13.900 \text{ A} = 1.588,98 \text{ MVA}$$

En el caso de la corriente de cortocircuito de los aerogeneradores, es necesario obtener previamente la impedancia equivalente del parque para poder calcular la corriente de cortocircuito que podrían aportar los aerogeneradores a las barras del edificio de mando.

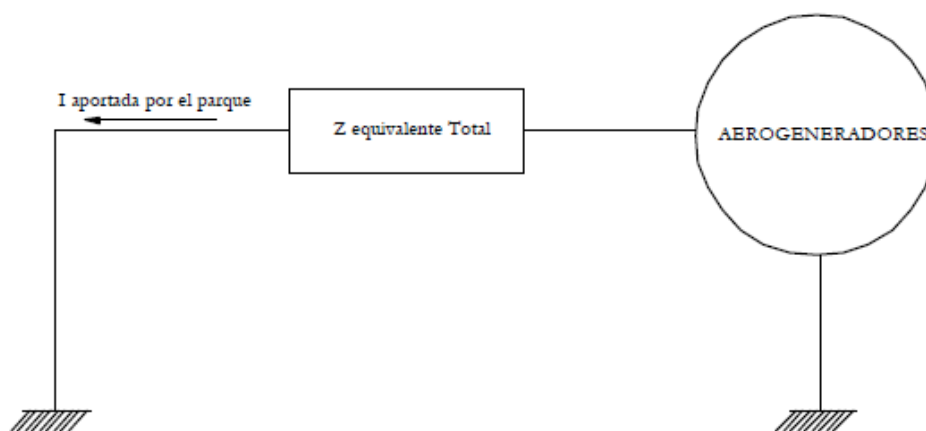


Ilustración 32. Intensidad de cortocircuito aportada por los aerogeneradores. Fuente: Guía eólica del Gobierno de Canarias.

La impedancia equivalente total del parque se calcula a partir de los siguientes valores individuales de impedancia:

- Impedancia de los generadores.
- Impedancia de los transformadores de BT/MT.
- Impedancia de la línea: Se desprecia debido a que las longitudes no son muy grandes.

Por tanto, la impedancia equivalente del parque se puede calcular como:

$$Z_{aerogeneradores} = \frac{(Z_G + Z_{T,BT/MT}) \cdot (Z_G + Z_{T,BT/MT})}{(Z_G + Z_{T,BT/MT}) + (Z_G + Z_{T,BT/MT})} = \frac{1}{2} \cdot (Z_G + Z_{T,BT/MT})$$

Donde Z_G : Impedancia de los generadores síncronos de los aerogeneradores

$Z_{T,BT/MT}$: Impedancia del transformador de BT a MT de cada aerogenerador

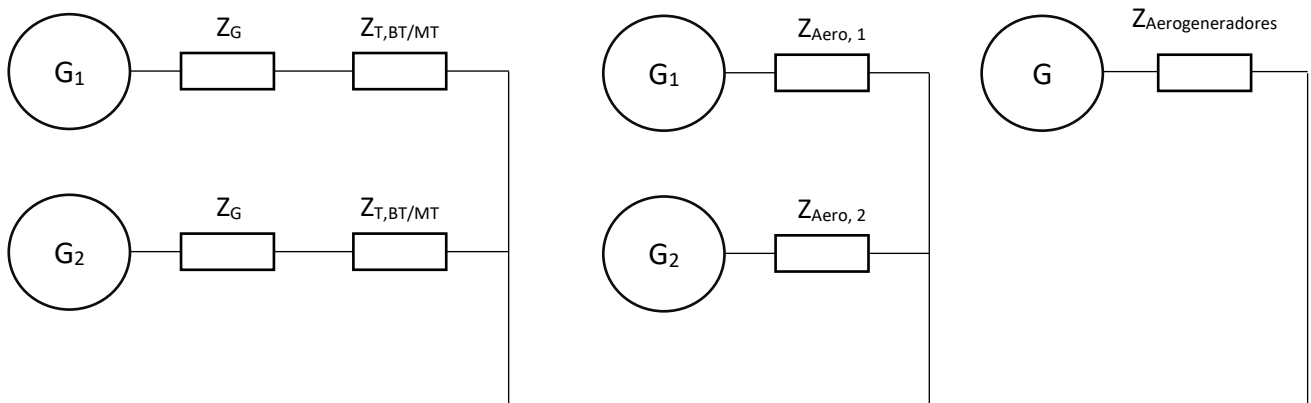


Ilustración 33. Cálculo de la impedancia equivalente de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de las impedancias de los generadores y de los transformadores, se van a seguir los criterios empleados los proyectos “Implantación de un parque eólico de 21,25 MW y su conexión a la red de 132 kV” de la Universidad de Sevilla y “Estudio del potencial eólico en Colombia, viabilidad de un parque eólico” de Johann Ricardo Rodríguez Arcila.

En el caso de los transformadores, la impedancia de cortocircuito se obtiene a partir de los datos facilitados por el fabricante, que indica que la tensión de cortocircuito es del 8%.

La impedancia equivalente del transformador se define como:

$$Z_{BT/MT} = \varepsilon_{cc,BT/MT} \cdot \frac{U_T^2}{S_T}$$

Donde $Z_{BT/MT}$: Impedancia equivalente de los transformadores BT/MT, en Ω

$\varepsilon_{cc,BT/MT}$: Tensión de cortocircuito de los transformadores, en %

U_T^2 : Tensión asignada al transformador, en V

S_T : Potencia aparente nominal en el transformador, en VA

Por tanto, en el lado de baja tensión se tiene la siguiente impedancia:

$$Z_{BT/MT,690V} = 8\% \cdot \frac{(690 V)^2}{6.300 \cdot 10^3 VA} = 0,006 \Omega$$

En el lado de media tensión, se obtiene la siguiente impedancia:

$$Z_{BT/MT,20 kV} = 8\% \cdot \frac{(20.000 V)^2}{6.300 \cdot 10^3 VA} = 5,08 \Omega$$

Para trabajar en valores por unidad se generan los siguientes valores base:

$$U_{base} = 20 kV$$

$$S_{base} = \frac{n^{\circ} \text{ aerogeneradores} \cdot P_{aerogenerador}}{\cos(\varphi)} = \frac{2 \cdot 4,8 \cdot 10^6 W}{0,98} = 9,80 MVA$$

Se ha tomado el factor de potencia como 0,98, tal y como se establece en el 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.

Se obtienen la intensidad y la impedancia base a partir de los valores calculados anteriormente:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot U_{base}} = \frac{9,80 \cdot 10^6 VA}{\sqrt{3} \cdot 20.000 V} = 282,90 A$$

$$Z_{base} = \frac{U_{base}^2}{S_{base}} = \frac{(20.000 V)^2}{9,80 \cdot 10^6 VA} = 40,82 \Omega$$

Por tanto, se tiene que:

$$Z_{BT/MT,690V} = \frac{0,006 \Omega}{40,82 \Omega} = 1,47 \cdot 10^{-4} pu$$

$$Z_{BT/MT,20 kV} = \frac{5,08 \Omega}{40,82 \Omega} = 0,12 pu$$

En el caso de los generadores síncronos de cada uno de los aerogeneradores, la impedancia equivalente se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$Z_{generador} = X'' \cdot \frac{U_{generador}^2}{S_{generador}}$$

Donde X'' : Reactancia subtransitoria de los aerogeneradores, se aproxima por el 10%

$U_{generador}$: Tensión asignada al generador, en V

$S_{generador}$: Potencia aparente asignada al generador, en VA

Por tanto, se tiene que:

$$Z_{generador} = 10\% \cdot \frac{(690 V)^2}{\frac{4,8 \cdot 10^6 W}{0,98}} = 0,00972 \Omega$$

$$Z_{generador} = \frac{0,00972 \Omega}{40,82 \Omega} = 2,38 \cdot 10^{-4} pu$$

A partir de los valores obtenidos se puede calcular la impedancia equivalente del parque:

$$Z_{aerogeneradores} = \frac{1}{2} \cdot (Z_G + Z_{T,BT/MT}) = \frac{1}{2} \cdot (2,38 \cdot 10^{-4} pu + 0,12 pu) = 0,0601 pu$$

Se obtiene la impedancia equivalente de la red en valores por unidad:

$$Z_{red} = \frac{(66.000 V)^2}{1.588,98 \cdot 10^6 VA} = 2,74 \Omega$$

$$Z_{red} = \frac{2,74 \Omega}{40,82 \Omega} = 0,0671 pu$$

Por tanto, se tiene el siguiente circuito equivalente:

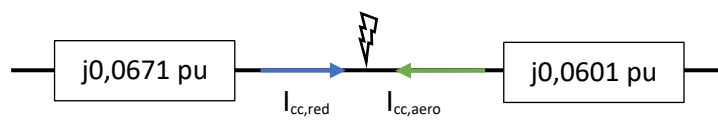
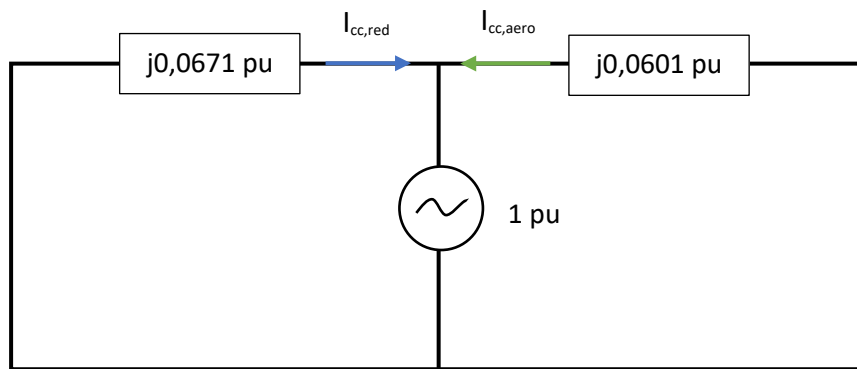


Ilustración 34. Esquema del cálculo de cortocircuito. Fuente: Elaboración propia.

Se obtienen las intensidades de cortocircuito:

$$I_{cc,red} = \frac{U}{Z_{red}} = \frac{1 \text{ pu}}{0,0671 \text{ pu}} = 14,90 \text{ pu}$$

$$I_{cc,red} = 14,90 \text{ pu} \cdot 282,90 \text{ A} = 4,22 \text{ kA}$$

$$I_{cc,aerogeneradores} = \frac{U}{Z_{aerogeneradores}} = \frac{1 \text{ pu}}{0,0601 \text{ pu}} = 16,64 \text{ pu}$$

$$I_{cc,red} = 16,64 \text{ pu} \cdot 282,90 \text{ A} = 4,71 \text{ kA}$$

Por tanto, la intensidad de cortocircuito en las barras del edificio de mando es:

$$I_{cc} = I_{cc,red} + I_{cc,aerogeneradores}$$

$$I_{cc} = 4,22 \text{ kA} + 4,71 \text{ kA} = 8,93 \text{ kA}$$

Una vez determinada la corriente de cortocircuito, se siguen las directrices establecidas en el apartado 6.2 del ITC-LAT 06. En este apartado se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, debido a que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es bastante corta, de modo que se puede aplicar la siguiente definición:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde I_{cc} : Corriente de cortocircuito, (A)

S : Sección del conductor, (mm²)

K : Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito, (A/mm²)

t_{cc} : Duración del cortocircuito, (s)

Por tanto, el tiempo de actuación de las protecciones que protegen la línea se puede expresar como:

$$t_{cc} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{cc}} \right)^2$$

Para determinar el tiempo de actuación, primero se debe seleccionar la sección del conductor. Para ello, teniendo en cuenta la bibliografía consultada, se selecciona un conductor normalizado por Endesa de aluminio con pantalla de cobre del fabricante Prysmian.

Sus características técnicas son las siguientes:

Datos técnicos del conductor de la línea de MT	
Fabricante	Prysmian
Modelo	AL VOLTALENE H
Tensión asignada	12/20 kV
Norma diseño	UNE HD 620-10E
Designación genérica	AL RHZ1-OL
Clase	Clase 2
Temperatura máxima en servicio permanente	90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito	250 °C
Tensión nominal entre fases	20 kV
Tensión máxima entre fases	24 kV
Tensión a impulsos	125 kV

Tabla 23. Datos técnicos del conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.



Ilustración 35. Conductor AL VOLTALENE H. Fuente: Prysmian.

Según el criterio de la máxima intensidad admisible, se determinó que la sección del conductor debe ser de al menos 240 mm^2 . En la ficha técnica del conductor seleccionado se puede observar que la máxima intensidad de cortocircuito que puede soportar durante 1 segundo es de 22,56 kA.

Dado que en apartados anteriores se determinó que la corriente de cortocircuito en las barras del edificio de mando puede ser de hasta 8,93 kA, se considera que el conductor seleccionado es apropiado para la instalación.

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO TUBO Y ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DIRECTAMENTE ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR DURANTE 1s (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 y 18/30 kV (pant, 16 mm ²)
1 x 95/16	190	205	255	8930	3130
1 x 150/16	245	260	335	14100	3130
1 x 240/16	320	345	455	22560	3130
1 x 400/16	415	445	610	37600	3130

Ilustración 36. Intensidades máximas admisibles del conductor escogido. Fuente: Prysmian.

Por último, una vez se ha determinado la sección del conductor se puede calcular el tiempo de actuación de las protecciones.

El parámetro K, que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito, se toma con un valor de 94 A/mm^2 , atendiendo a lo establecido en la normativa.

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, t_{cc} , en segundos										
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
PVC:												
sección $\leq 300 \text{ mm}^2$	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43	
sección $> 300 \text{ mm}^2$	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39	
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54	
HEPR $U_0/U_{\leq 18/30 \text{ kV}}$	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51	

Ilustración 37. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 , para conductores de aluminio. Fuente: ITC LAT-06.

Por tanto, se obtiene que:

$$t_{cc} = \left(\frac{94 \text{ A/mm}^2 \cdot 240 \text{ mm}^2}{8.930 \text{ A}} \right)^2 = 6,38 \text{ s}$$

Las protecciones deberán ser capaces de actuar en un tiempo inferior a 6,38 segundos para proteger la línea de media tensión de las intensidades de cortocircuito.

4.2.3. Caída de tensión máxima

Para comprobar que la caída de tensión en la línea no supera el 5%, se analiza la caída producida en toda la línea, es decir, tanto en el tramo 1 como en el tramo 2. De este modo se garantiza el cumplimiento de este criterio.

Para ello, según la guía eólica del Gobierno de Canarias, se deben emplear los datos de resistencia y reactancia a 50 Hz facilitados por el fabricante.

Más concretamente, la caída de tensión se puede determinar según la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi))}{U} \cdot 100$$

Donde L : Longitud de la línea considerada, 0,4296 km

I : Intensidad nominal que circula por la línea, 282,78 A

R : Resistencia del conductor a la temperatura considerada, en Ω/km

$\cos(\varphi)$: Factor de potencia, 0,98

$\sin(\varphi)$: 0,20

X : Reactancia del conductor según el fabricante, 0,106 Ω/km

U : Tensión de la línea, 20.000 V

Como valor de resistencia del conductor se tomará el de la temperatura más desfavorable ofrecido por el fabricante, que en este caso es de 0,161 Ω/km a 90 °C.

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A T 20 °C (Ω/km)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A T MAX (90 °C) (Ω/km)	REACTANCIA INDUCTIVA (Ω/km)		CAPACIDAD ($\mu\text{F}/\text{km}$)	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1x 95/16	0.320	0.410	0.123	0.132	0.217	0.167
1x 150/16	0.206	0.264	0.114	0.123	0.254	0.192
1x 240/16	0.125	0.161	0.106	0.114	0.306	0.229
1x 400/16	0.078	0.100	0.099	0.106	0.376	0.277

Ilustración 38. Datos eléctricos del conductor seleccionado para la línea de MT. Fuente: Prysmian.

Por tanto, la caída de tensión en el conductor es de:

$$\Delta U(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,4296 \text{ km} \cdot 282,78 \text{ A} \cdot (0,161 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 0,98 + 0,106 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 0,20)}{20.000 \text{ V}} \cdot 100$$

$$\Delta U(\%) = 0,20\%$$

La caída de tensión obtenida es inferior al 5%, por lo que finalmente se da por válida la sección de 240 mm² seleccionada anteriormente.

4.2.4. Régimen de neutro de media tensión

En los parques eólicos el neutro de la red de media tensión debe instalarse según alguna de las siguientes configuraciones:

- Neutro aislado.
- Conexión de neutro impedante.

Más concretamente, la forma en la que se conecta el neutro a la red de MT viene determinada por el tipo de conexión del neutro en AT. Habitualmente, se conecta alguno de los devanados del transformador de MT/AT en triángulo, ya que este tipo de conexión previene que pasen armónicos de tercer orden de un nivel de tensión a otro.

En el caso de este proyecto, se ha optado por una de las configuraciones más empleadas en parques eólicos, que consiste en una conexión triángulo-estrella en el transformador de MT/AT con neutro impedante mediante un transformador de puesta a tierra en disposición zig-zag, también denominado reactancia en zig-zag.

Se elige emplear una configuración con neutro impedante debido a que permite reducir las sobretensiones y mejorar la detección de defectos a tierra, lo que al mismo tiempo evita que se generen corrientes de defecto a tierra demasiado elevadas.

El empleo de reactancias en zig-zag permite que las faltas monofásicas se despejen muy rápidamente, en intervalos de tiempo inferiores a 1 segundo, por lo que se considera que entran dentro de la categoría de aislamiento de nivel A.

Debido a que se debe encontrar un equilibrio entre la disminución de la corriente de falta y la detección de las protecciones se suelen adoptar valores comprendidos entre los 150 y los 600 A. En el diseño de este parque eólico se considera un valor de 500 A.

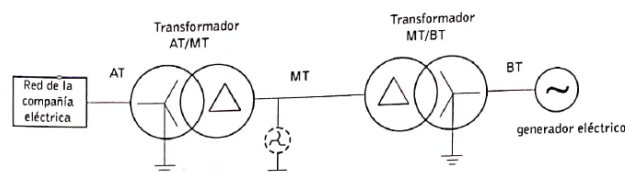


Ilustración 39. Disposición de los devanados de los transformadores y puestas a tierra empleadas en parques eólicos. Fuente: *Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*.

4.3. Subestación elevadora del parque

Como se comentó en apartados anteriores, la subestación elevadora del parque es el elemento encargado de elevar la tensión transportada por la línea subterránea de media tensión de 20 kV a 66 kV para poder verter la energía producida en la red de transporte de la isla.

Más concretamente, la subestación elevadora cuenta con los siguientes elementos:

- Celdas de Media Tensión.
- Transformador principal de MT/AT.
- Transformador de servicios auxiliares.
- Aparata de protección y medida.
- Embarrado de Alta Tensión (fuera del alcance de este proyecto).

Habitualmente, las subestaciones en los parques eólicos son de tipo mixto intermedio-interior, de modo que se puedan realizar ampliaciones futuras en caso de que sea necesario.

En cuanto al funcionamiento, la energía eléctrica transportada por la línea subterránea de media tensión llega al embarrado de media tensión a través de las celdas de media tensión de la subestación, donde una parte es derivada al transformador de servicios auxiliares y el resto es dirigida hacia el transformador de MT/AT. Finalmente, la energía eléctrica es transportada hasta el embarrado de alta tensión para su posterior vertido en la red de transporte de la isla.

A continuación, se realizan los cálculos necesarios para poder seleccionar cada uno de los elementos que forman parte de la subestación elevadora del parque eólico objeto de este proyecto.

4.3.1. Transformador de MT/AT

El centro de transformación de la subestación es el elemento encargado de elevar la energía proveniente de la línea de media tensión de 20 a 66 kV.

En el caso de los parques eólicos, es habitual emplear transformadores con regulación de tensión en carga, debido a que las compañías eléctricas necesitan mantener sus variaciones de tensión controladas, sin que haya grandes fluctuaciones en ellas.

Por otro lado, dado que la tendencia actual es que los parques eólicos sean repotenciados con los años, se decide seleccionar un transformador para la subestación de mayor potencia que la requerida para evacuar la energía generada por los dos aerogeneradores seleccionados, de modo que no sea necesario cambiar este elemento si se aumentara la potencia nominal del parque en el futuro.

Más concretamente, si se supone un incremento del 100% de la potencia del parque en el futuro, la potencia nominal del transformador de la subestación elevadora debería ser de al menos:

$$S = \frac{2 \cdot 4.800 \text{ kW}}{0,98} = 9.795,92 \text{ kVA}$$

$$S(\text{incremento } 100\%) = 19.591,84 \text{ kVA}$$

Por tanto, de forma aproximada, se debe seleccionar un transformador con una potencia nominal de 20 MVA para que pueda seguir siendo utilizado en futuras ampliaciones del parque eólico.

Finalmente, se decide seleccionar un transformador de potencia sumergido en aceite del fabricante Schneider Electric que permite la regulación de la tensión en carga. Sus características técnicas son las que se muestran a continuación.

Datos técnicos del transformador de MT/AT	
Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Minera MP
Potencia nominal	20 MVA
Voltaje máximo	72,5 kV
Relación de transformación	20/66 kV
Grupo de conexión	Ydn11
Frecuencia	50 Hz
Dimensiones (A x B x C x E)	5.000x4.100x4.000x1.500 mm
Peso	32.000 kg
Tensión de cortocircuito	10%

Tabla 24. Datos técnicos del transformador de MT/At de la subestación elevadora. Fuente: Schneider Electric.

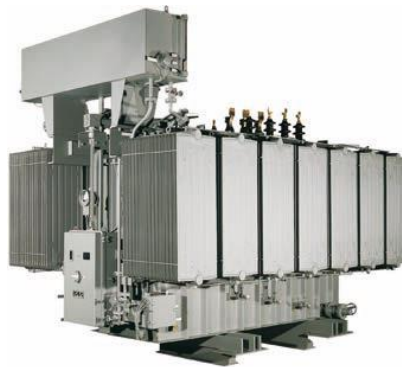


Ilustración 40. Transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.

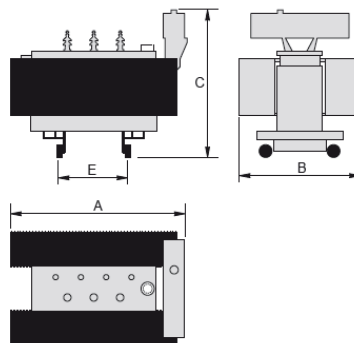


Ilustración 41. Esquema de las medidas del transformador de potencia Minera MP. Fuente: Schneider Electric.

4.3.2. Celdas de media tensión

Las celdas de media tensión de la subestación elevadora serán de tipo modular, y contarán con las siguientes funciones:

- **Función de entrada de línea:** Se encarga de recoger la energía proveniente de la línea subterránea de media tensión.
- **Función de protección del transformador de servicios auxiliares:** Se supondrá que el transformador tiene una relación de transformación de 20/0,40 kV y una potencia nominal de 400 kVA, ya que no se dispone de información para la selección de sus características.
- **Función de salida de línea:** Se encarga de dirigir la energía desde las barras a 20 kV al centro de transformación principal de la subestación, cuya relación de transformación es 20/66 kV.

Más concretamente, se han seleccionado celdas modulares aisladas en gas (SF₆) del fabricante Schneider Electric. Sus características son las que se muestran a continuación.

Celda modular de función de línea

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidades	
Intensidad nominal	1.250 A
Intensidad nominal de cresta	40 kA
Intensidad de cortocircuito, 1 s	16 kA
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV

Tabla 25. Características de la celda de media tensión con función de línea de la subestación. Fuente: Schneider Electric.

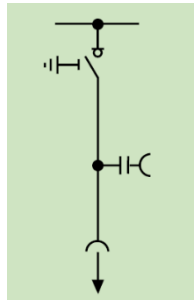


Ilustración 42. Esquema de celda de media tensión con función C. Fuente: Schneider Electric.

Celda modular de función de protección

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidades	
Intensidad nominal	1.250 A
Intensidad nominal de cresta	40 kA
Intensidad de cortocircuito, 1 s	1 kA
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)	
Entre fases y tierra	50 kV
A través de la distancia de seccionamiento	60 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	
Entre fases y tierra	125 kV
A través de la distancia de seccionamiento	145 kV

Tabla 26. Características de la celda de media tensión con función de protección de la subestación. Fuente: Schneider Electric.

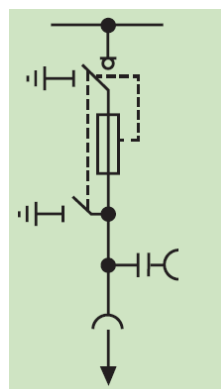


Ilustración 43. Esquema de celda de media tensión con función T1. Fuente: Schneider Electric.

4.3.3. Transformador de servicios auxiliares

Como se comentó en apartados anteriores, ante la falta de datos, se supondrá que el transformador de servicios auxiliares deberá contar con las siguientes características.

Características mínimas		
Tipo	Trifásico, seco encapsulado	
Relación	20 kV / 400 V	
Potencia nominal	400 kVA	
Frecuencia	50 Hz	
Grupo de conexión	Ydn11	
Tensión de cortocircuito	<=6%	
Clase de aislamiento	F	
Nivel de aislamiento del primario	Frecuencia industrial	24 kV
	Impulso tipo rayo	125 kV
Nivel de aislamiento del secundario	Frecuencia industrial	3 kV

Tabla 27. Características mínimas del transformador de SS.AA. de la subestación. Fuente: Elaboración propia.

Este transformador se encontrará alojado en el interior del centro de control de la subestación y recibirá la energía a través del embarrado de 20 kV de la celda modular de media tensión con función de protección alojada en ese mismo lugar.

4.3.4. Aparata de protección de la instalación de media tensión

Para proteger la subestación de los efectos de las sobretensiones de origen atmosférico se deben instalar diferentes juegos de pararrayos autoválvula.

Más concretamente, se deben instalar los siguientes elementos:

Ubicación	Tensión	N.º de autoválvulas
Reactancia de puesta a tierra	20 kV	3
Transformador de potencia MT/AT	66 KV	3
Línea de salida	66 kV	3
	Total	9

Tabla 28. Ubicación de las autoválvulas. Fuente: Elaboración propia.

Para seleccionar las autoválvulas se ha empleado el método simplificado propuesto por ABB y realizado según la norma UNE-EN-60099.

A continuación, se exponen los cálculos realizados según este método.

Tensión de 20 kV

La tensión más elevada para una red de 20 kV es de 24 kV. Dado que este sistema está puesto a tierra y las faltas se eliminan en menos de 1 segundo, la tensión asignada de las autoválvulas debe ser mayor que:

$$0,8 \cdot 24 \text{ kV} = 19,2 \text{ kV} \geq U_r$$

Tierra del sistema	Duración del fallo	Tensión de la red U_m (kV)	Tensión nominal mínima, U_r (kV)
Efectiva	$\leq 1 \text{ s}$	≤ 100	$\geq 0,8 \times U_m$
Efectiva	$\leq 1 \text{ s}$	≥ 123	$\geq 0,72 \times U_m$
Inefectiva	$\leq 10 \text{ s}$	≤ 170	$\geq 0,91 \times U_m$ $\geq 0,93 \times U_m$ (EXLIM T)
Inefectiva	$\leq 2 \text{ h}$	≤ 170	$\geq 1,11 \times U_m$
Inefectiva	$> 2 \text{ h}$	≤ 170	$\geq 1,25 \times U_m$

Ilustración 44. Valor mínimo de tensión nominal del descargador, U_r . Fuente: ABB.

Teniendo en cuenta el valor de la tensión nominal mínima se selecciona la autoválvula de ABB PEXLIM R con una tensión máxima de red de 24 kV y una tensión nominal, U_r , de 21 kV.

Sus datos técnicos son los siguientes:

Tensión máxima de red, U_m	Tensión nominal, U_r	Tensión de trabajo continuo máxima, U_c	Capacidad de sobretensiones temporales		Tensión residual máxima con onda de corriente
			1 s	10 s	8/20 μs 10 kA
24 kV	21 kV	16,8 kV	24,1 kV	23,1 kV	54,4 kV

Ilustración 45. Datos técnicos de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.

A continuación, se comprueba si la autoválvula escogida posee una tensión de funcionamiento continuo válida para la instalación:

$$U_c = \frac{24 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 13,86 \text{ kV}$$

La autoválvula seleccionada soporta tensiones de trabajo continuo de hasta 16,8 kV, por lo que se considera válida.

Por otro lado, dado que la autoválvula tiene una intensidad de descarga nominal de 10 kA podrá soportar una tensión residual de 54,4 kV.

Por último, se debe seleccionar el tipo de revestimiento de las autoválvulas en función del tipo de contaminación.

Según la norma IEC 60815 se definen cuatro niveles diferentes de contaminación:

Nivel de contaminación	Fuga específica en mm/kV (U_m)
Moderado (L)	16
Medio (M)	20
Alto (H)	25
Muy alto (V)	31

Ilustración 46. Niveles de contaminación según la IEC 60815. Fuente: ABB.

Dado que se desconoce el nivel de contaminación real en el emplazamiento seleccionado para este proyecto, se considera para la selección del revestimiento que el nivel de contaminación es medio (M).

Por tanto, la distancia de fuga mínima es:

$$20 \frac{mm}{kV} \cdot 24 kV = 480 mm$$

Teniendo en cuenta la distancia de fuga mínima, se selecciona el siguiente revestimiento:

Tensión máxima de red, U_m	Tensión nominal, U_r	Revestimiento	Distancia de fuga
24 kV	18-27 kV	YV024	1.863 mm

Tabla 29. Datos técnicos del revestimiento de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.

Tensión de 66 kV

La tensión más elevada para una red de 66 kV es de 72,5 kV. Dado que este sistema está puesto a tierra y las faltas se eliminan en menos de 1 segundo, la tensión asignada de las autoválvulas debe ser mayor que:

$$0,8 \cdot 72,5 kV = 58,0 kV \geq U_r$$

Teniendo en cuenta el valor de la tensión nominal mínima se selecciona la autoválvula de ABB PEXLIM R con una tensión máxima de red de 72 kV y una tensión nominal, U_r , de 60 kV.

Sus datos técnicos son los siguientes:

Tensión máxima de red, U_m	Tensión nominal, U_r	Tensión de trabajo continuo máxima, U_c	Capacidad de sobretensiones temporales		Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 μ s 10 kA
			1 s	10 s	
72 kV	60 kV	48 kV	69,0 kV	66,0 kV	156 kV

Ilustración 47. Datos técnicos de la autoválvula PEXLIM R de 72 kV. Fuente: ABB.

A continuación, se comprueba si la autoválvula escogida posee una tensión de funcionamiento continuo válida para la instalación:

$$U_c = \frac{72 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 41,57 \text{ kV}$$

La autoválvula seleccionada soporta tensiones de trabajo continuo de hasta 48 kV, por lo que se considera válida.

Por otro lado, dado que la autoválvula tiene una intensidad de descarga nominal de 10 kA podrá soportar una tensión residual de 156 kV.

Por último, se debe seleccionar el tipo de revestimiento de las autoválvulas en función del tipo de contaminación.

Teniendo en cuenta que se considera para la selección del revestimiento que el nivel de contaminación es medio (M), se obtiene la distancia de fuga mínima:

$$20 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot 72,5 \text{ kV} = 1.450 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta la distancia de fuga mínima, se selecciona el siguiente revestimiento:

Tensión máxima de red, U_m	Tensión nominal, U_r	Revestimiento	Distancia de fuga
72 kV	54-60 kV	YH072	1.863 mm

Tabla 30. Datos técnicos del revestimiento de la autoválvula PEXLIM R de 24 kV. Fuente: ABB.

A modo de resumen, se muestran en la siguiente tabla las autoválvulas seleccionadas para cada punto de la instalación.

Ubicación	Tensión	N.º de autoválvulas	Modelo de la autoválvula
Reactancia de puesta a tierra	20 kV	3	PEXLIM R 21- YV024
Transformador de potencia MT/AT	66 kV	3	PEXLIM R 60- YH072
Línea de salida	66 kV	3	PEXLIM R 60- YH072

Tabla 31. Autoválvulas seleccionadas para la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Más concretamente, el modelo de autoválvula seleccionado consiste en un descargador de óxido de cinc del fabricante ABB, especialmente diseñado para la protección contra sobretensiones atmosféricas en subestaciones de alta tensión, en aplicaciones con moderados niveles de contaminación.

5. Instalaciones de puesta a tierra

Para el diseño de las instalaciones de puesta a tierra se emplean las condiciones establecidas en el ITC-RAT 13.

Según este apartado de la normativa, toda instalación eléctrica debe disponer de una instalación de tierra que permita que las personas que puedan circular por la instalación estén sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto que se pudieran producir durante un fallo eléctrico calculadas según la normativa.

Más concretamente, los valores admisibles de tensión de contacto a los que puede estar sometido el ser humano durante un tiempo determinado entre las manos y los pies se pueden describir según la siguiente gráfica aportada por la normativa.

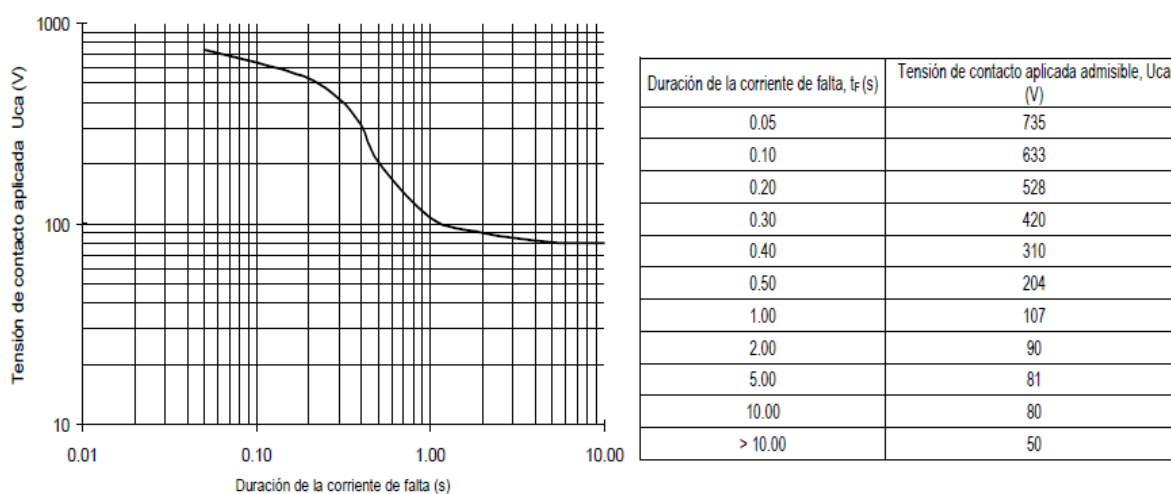


Ilustración 48. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la duración de la corriente de falta. Fuente: ITC-RAT 13.

Según la normativa, los valores admisibles de la tensión de paso para el ser humano, si se considera únicamente la propia impedancia del cuerpo sin resistencias adicionales, se define como diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada:

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

Donde U_{pa} : Tensión de paso aplicada [V]

U_{ca} : Tensión de contacto aplicada [V]

Si la instalación de puesta a tierra cumple con los requisitos de la normativa en lo referido a la tensión de contacto aplicada, se puede prever que no se producirán tensiones de paso aplicadas peligrosas. En caso contrario, cuando las tensiones de contacto obtenidas superen los valores máximos permitidos se deberán tomar medidas adicionales para garantizar la seguridad de las personas.

Según el ITC-RAT 13, el procedimiento que se debe llevar a cabo para el diseño de la instalación de puesta a tierra es el que se muestra a continuación:

1. Investigación de las características del suelo.
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.
7. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los párrafos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones (1) y (2).
8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, pantallas o armaduras de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.
9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

5.1. Puesta a tierra de los aerogeneradores

Según el libro “Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica” los aerogeneradores presentan una única instalación de puesta a tierra general, que hace tanto la función de protección como la de servicio.

Generalmente, la puesta a tierra de los aerogeneradores se diseña a partir de un anillo conductor de cobre que se conecta a dos puntos a 180° de la armadura de la torre, a cierta distancia de la cimentación del aerogenerador. En combinación con este anillo se suelen conectar electrodos verticales.

Por otro lado, se han realizado investigaciones que demuestran que se puede disminuir la impedancia ofrecida a la corriente de rayo si se realizan instalaciones de puesta a tierra lo más cercanas posibles a la superficie del terreno y empleando la disposición de “patas de araña” en las picas.

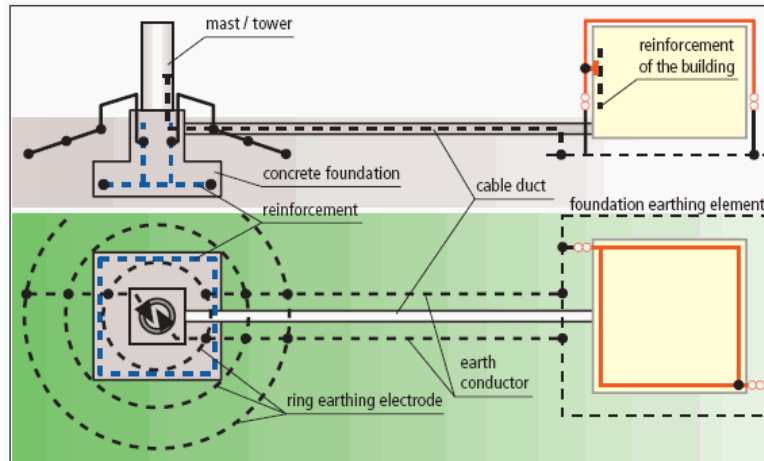


Ilustración 49. Esquema de la puesta a tierra de un aerogenerador. Fuente: monografias.com.

Además, la puesta a tierra de un aerogenerador siempre debe cumplir el principio de equipotencialidad, de modo que se deben conectar a tierra todos los elementos metálicos internos y externos del aerogenerador, así como el transformador y la torre.

En el ITC-RAT 13 se especifican las características que deben tener los conductores empleados en las líneas de puesta a tierra. Las secciones mínimas establecidas por esta norma en función del material son:

- **Cobre:** Secciones de al menos 25 mm².
- **Acero:** Secciones de al menos 50 mm².
- **Aluminio:** Secciones de al menos 35 mm².

En este apartado también se indican cuáles pueden ser las configuraciones de los electrodos de puesta a tierra:

- Picas hincadas en el terreno:
 - Los redondos de cobre o acero recubierto de cobre no serán de un diámetro inferior a 14 mm. Los de acero sin recubrir no tendrán un diámetro inferior a 20 mm.
 - Los tubos no serán de un diámetro inferior a 30 mm ni de un espesor de pared inferior a 3 mm.
 - Los perfiles de acero no serán de un espesor inferior a 5 mm ni de una sección transversal inferior a 350 mm².
- Varillas, barras o conductores enterradas:
 - Los electrodos enterrados, sean de varilla, conductor desnudo o pletina, deberán tener una sección mínima de 50 mm² los de cobre, y 100 mm² los de acero. El espesor mínimo de las pletinas y el diámetro mínimo de los alambres de los conductores no será inferior a 2 mm los de cobre, y 3 mm los de acero.
- Placas o chapas enterradas:
 - Las placas o chapas tendrán un espesor mínimo de 2 mm los de cobre, y 3 mm las de acero.

Teniendo en cuenta los requisitos establecidos por la normativa, se decide comprobar una instalación de puesta a tierra formada por dos anillos de cobre unidos por 8 conductores y 4 picas por anillo. Las picas más alejadas estarán a una distancia de 26 m del centro de la zapata de los aerogeneradores. Las características de cada elemento de se muestran a continuación:

- **Anillo inferior:** De cobre desnudo de 50 mm² y formando un círculo de 38,25 m de diámetro, enterrado a 1,5 m de profundidad.
- **Anillo superior:** De cobre desnudo de 50 mm² y formando un círculo de 17,75 m de diámetro, enterrado a 0,5 m de profundidad.
- **Picas:** Con una longitud de 2 m y un diámetro de 14 mm, ubicadas en los anillos en forma de cuadrado (situadas a 90° entre ellas).

En cuanto a la resistividad del terreno, ante la falta de datos sobre el mismo, se supondrá un valor intermedio de 400 Ω·m, teniendo en cuenta para ello, los valores mínimo y máximo establecidos por el ITC-RAT 13 para los suelos de arena silícea, ya que en otros apartados del proyecto se consideró un terreno arenoso medio.

Naturaleza del terreno	Resistividad en ohmios.m
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Basalto o grava	3000 a 5000

Ilustración 50. Resistividad del terreno. Fuente: ITC-RAT 13.

A partir de estos datos se calcula la resistencia de tierra del electrodo aplicando las expresiones del apartado 4.2. del ITC-RAT 13.

La resistencia de las picas se define como:

$$R_{pica\ vertical} = \frac{\rho}{L} = \frac{400\ \Omega \cdot m}{2\ m \cdot 8\ picas} = 25,00\ \Omega$$

Por otro lado, la resistencia de los conductores se puede calcular como:

$$R_{conductores} = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Donde la longitud total de conductor se obtiene como la suma de las longitudes de los anillos y las longitudes de los conductores de unión entre los anillos.

$$L_{\text{anillo inferior}} = \pi \cdot D = \pi \cdot 38,25 \text{ m} = 120,17 \text{ m}$$

$$L_{\text{anillo superior}} = \pi \cdot D = \pi \cdot 17,75 \text{ m} = 55,76 \text{ m}$$

$$L_{\text{conductores}}^{\text{picas interiores}} = \sqrt{(1,5 \text{ m} - 0,5 \text{ m})^2 + (19,125 \text{ m} - 8,875 \text{ m})^2} = 10,30 \text{ m}$$

$$L_{\text{conductores}}^{\text{picas exteriores}} = 26 \text{ m} - 8,875 \text{ m} = 17,125 \text{ m}$$

Por tanto, se obtiene que:

$$R_{\text{conductores}} = \frac{2 \cdot 400 \Omega \cdot \text{m}}{120,17 \text{ m} + 55,76 \text{ m} + 4 \cdot 10,30 \text{ m} + 4 \cdot 17,125 \text{ m}} = 2,80 \Omega$$

Finalmente, para obtener la resistencia total se hace el paralelo de la resistencia de las picas con la resistencia de los conductores:

$$R_{\text{tierra total}} = \frac{25,00 \Omega \cdot 2,80 \Omega}{25,00 \Omega + 2,80 \Omega} = 2,52 \Omega$$

La resistencia obtenida es menor a 10 Ω , por lo que se considera que la configuración escogida es válida.

5.2. Puesta a tierra de la subestación

Como se comentó en apartados anteriores, se supondrá una configuración inicial y posteriormente se realizarán las comprobaciones establecidas en el ITC-RAT 13 y en el método UNESA.

La información de partida se muestra a continuación:

- **Nivel de aislamiento:** Se tomará una tensión de aislamiento de 10.000 V.
- **Tensión de servicio de la subestación:** La tensión de servicio en el lado de media tensión es de 20 kV.
- **Reactancia del neutro:** Se supone una reactancia de 0 Ω , siguiendo el método UNESA en zonas de Endesa.
- **Resistencia del neutro:** Dado que se asume una reactancia de 0 Ω y una reactancia equivalente de 25,4 Ω , se considera que la resistencia del neutro es de 25,4 Ω .

- **Tiempo de duración de la falta:** Se supone una duración de la falta inferior a 0,5 segundos.
- **Tensión de contacto admisible:** Según la tabla 1 del apartado 1.1. del ITC-RAT 13, para faltas con una duración de 0,5 segundos se tiene una tensión de contacto aplicada admisible de 204 V.
- **Resistividad del terreno:** Como se comentó en el apartado de la puesta a tierra de los aerogeneradores, se toma una resistividad del terreno de 400 $\Omega \cdot m$. En el caso del hormigón que rodea la subestación se considera una resistividad de 3.000 $\Omega \cdot m$.

En las recomendaciones de UNESA se indica la máxima corriente de defecto a tierra que debería producirse en una instalación en función de la tensión nominal de la red.

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente X_{LTH} (Ω)	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra* (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 Ω	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 Ω	4,5	2117
20	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 Ω	5,7	2228
30	Zig-Zag 1000 A	2,117	9000

Ilustración 51. Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de la subestación. Fuente: Método UNESA.

En el caso de la subestación de este proyecto, para una tensión nominal de servicio de 20 kV se proponen diferentes tipos de puesta a tierra, con sus correspondientes reactancias equivalentes y sus máximas corrientes de defecto a tierra.

Como punto de partida se tomará la puesta a tierra en zig-zag con 500 A de intensidad máxima de defecto a tierra y una reactancia equivalente de 25,4 Ω .

Para que la instalación de puesta a tierra esté correctamente diseñada se debe cumplir que el producto de la intensidad de defecto por la resistencia de puesta a tierra sea menor o igual que la tensión de aislamiento en media tensión:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{mt}$$

La intensidad de defecto se define según la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_t + R_n)^2 + (X_n)^2}}$$

Donde I_d : Intensidad de defecto, A

c : Factor de tensión, 1,1

U_n : Tensión de servicio, 20 kV

R_t : Resistencia de puesta a tierra, Ω

R_n : Resistencia del neutro, se toma como 25,4 Ω

X_n : Reactancia de puesta a tierra del neutro, 0 Ω

V_{mt} : Tensión de aislamiento en media tensión, 10 kV

Resolviendo el sistema de ecuaciones formado por las dos expresiones anteriores se llega a siguiente valor de la resistencia de puesta a tierra y la intensidad de defecto:

$$R_t = 94,01 \Omega$$

$$I_d = 106,37 A$$

A partir del valor de la resistencia de puesta tierra obtenido y la resistividad del terreno se calcula el coeficiente del electrodo, K_r .

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_0}$$

Donde K_r : Coeficiente del electrodo

R_t : Resistencia preliminar de puesta a tierra, 94,01 Ω

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot m$

Por tanto, se obtiene el siguiente factor:

$$K_r = 0,2350$$

A continuación, se debe seleccionar de las tablas de UNESA una configuración de puesta a tierra con un factor de electrodo menor al calculado anteriormente.

Los datos de la configuración escogida son los siguientes:

- **Configuración seleccionada:** 20-20/8/42
- **Geometría del sistema:** Anillo rectangular
- **Distancia de la red:** 2 x 2 m
- **Profundidad del electrodo horizontal:** 0,8 m
- **Número de picas:** 4
- **Longitud de las picas:** 2 m
- **Sección del conductor:** 50 mm²
- **Diámetro de las picas:** 14 mm

Los parámetros del electrodo son:

- **De la resistencia K_r :** 0,129 $\Omega/(\Omega \cdot m)$
- **De la tensión de paso K_p :** 0,0231 V/ $(\Omega \cdot m)(A)$
- **De la tensión de contacto K_c :** 0,0699 V/ $(\Omega \cdot m)(A)$

Por otro lado, para poder seguir con los cálculos considerando que no aparecerán tensiones de contacto exteriores ni interiores, se tomarán las siguientes medidas en la subestación:

- No será posible el contacto eléctrico de las masas conductoras que puedan quedar en tensión por defectos o averías con las puertas y rejillas metálicas exteriores del edificio de la subestación.
- La puesta a tierra de la subestación irá conectada a un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm que irá instalada bajo esta.
- En el caso de instalar picas en hilera, se colocarán alineadas frente al edificio de la subestación.
- Se realizará una acera de hormigón de 1 m de ancho en el edificio de la subestación con el fin de elevar la resistividad superficial.

El siguiente paso consiste en calcular el valor real de la resistencia de puesta a tierra de la subestación. Para ello, se emplea el coeficiente del electrodo de la configuración escogida:

$$R'_t = K_r \cdot R_0$$

Donde R'_t : Resistencia real de puesta a tierra, Ω

K_r : Factor del electrodo, 0,129 $\Omega/(\Omega \cdot m)$

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot m$

A partir de estos valores se obtiene:

$$R'_t = 51,60 \Omega$$

Por tanto, se obtiene la siguiente intensidad de defecto real:

$$I'_d = 164,96 \text{ A}$$

A continuación, se calcula la tensión de defecto. Dado que se tomarán las medidas de seguridad mencionadas anteriormente, no es necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior del edificio de la subestación, ya que estas serán prácticamente nulas.

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

Donde V'_d : Tensión de defecto, V

R'_t : Resistencia real de puesta a tierra, 51,60 Ω

I'_d : Intensidad de defecto real, 164,96 A

Por tanto, se obtiene:

$$V'_d = 8.511,79 \text{ V}$$

Por otro lado, la tensión de paso en el acceso es igual a la tensión máxima de contacto debido a que, como se comentó anteriormente, se instalará una malla equipotencial bajo el edificio de la subestación que irá conectada al electrodo de puesta a tierra. Por tanto, se tiene que:

$$V'_{p(acc)} = V'_c = K_c \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde $V'_{p(acc)}$: Tensión de paso en el acceso, V

K_c : Coeficiente de la tensión de contacto, 0,0699 V/($\Omega \cdot m$)(A)

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot m$

I'_d : Intensidad de defecto real, 164,96 A

Por tanto:

$$V'_{p(acc)} = 4.612,20 \text{ V}$$

La tensión de paso en el exterior se define como:

$$V'_p = K_p \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde V'_p : Tensión de paso en el exterior, V

K_p : Coeficiente de la tensión de paso, 0,0231 V/($\Omega \cdot m$)(A)

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot m$

I'_d : Intensidad de defecto real, 164,96 A

Por tanto:

$$V'_p = 1.524,20 \text{ V}$$

El siguiente paso consiste en calcular las tensiones aplicadas, teniendo en cuenta para ello que la duración de la falta se limita a 0,5 segundos.

La tensión de paso aplicada en el exterior se define como:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_0}{1.000} \right]$$

Donde U_p : Tensión de paso aplicada en el exterior, V

U_{ca} : Valor admisible de la tensión de contacto aplicada, 204 V

R_{a1} : Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc., 2.000 Ω

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot m$

Se obtiene que:

$$U_p = 15.096 \text{ V}$$

Por otro lado, la tensión de paso aplicada en el acceso del edificio se define como:

$$U_{pacc} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_0 + 3 \cdot R'_0}{1.000} \right]$$

Por tanto:

$$U_{pacc} = 31.008 \text{ V}$$

Una vez se han obtenido todos estos valores, se debe comprobar que:

Tensión de paso en el exterior

$$V'_p = 1.524,20 \text{ V} < U_p = 15.096 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Tensión de paso en el acceso

$$V'_{p(acc)} = 4.612,20 \text{ V} < U_{pacc} = 31.008 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Tensión de defecto

$$V'_d = 8.511,79 \text{ V} < V_{mt} = 10.000 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Intensidad de defecto

$$I_a = 100 \text{ A} < I'_d = 164,96 \text{ A} < I_{d,max} = 500 \text{ A} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Por último, se debe comprobar que el sistema de tierras de protección no transfiere tensión al sistema de tierras de servicio. Para garantizarlo, se deben separar los electrodos que se encuentren más próximos entre ambos sistemas para asegurar que la tensión de defecto no supera los 1.000 V.

La distancia mínima que deberá existir entre los electrodos se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$D = \frac{R_0 \cdot I'_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Donde D : Distancia mínima de separación, m

R_0 : Resistividad del terreno, 400 $\Omega \cdot \text{m}$

I'_d : Intensidad de defecto real, 164,96 A

Por tanto, los electrodos deberán situarse, al menos, a una distancia de:

$$D = 10,50 \text{ m}$$

El sistema de tierras de servicio debe conectarse a al neutro del transformador de MT/AT.

Este sistema de tierra de servicio tendrá las siguientes características:

- **Identificación:** 8/62
- **Geometría:** Picas alineadas
- **Número de picas:** 6 picas
- **Longitud entre picas:** 2 m
- **Profundidad de las picas:** 0,8 m
- **Sección del conductor:** 50 mm²
- **Diámetro de las picas:** 14 mm
- **Separación entre picas:** 3 m

Los parámetros del electrodo son:

- De la resistencia K_r : $0,0707 \Omega/(\Omega \cdot m)$
- De la tensión de contacto K_c : $0,00833 V/(\Omega \cdot m)(A)$

Para verificar que la configuración de la tierra de servicio seleccionada es válida se toma como criterio que en el electrodo no se debe superar una tensión de 24 V en caso de que se produzca un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA, lo que equivale a que la resistencia de puesta a tierra tiene que ser menor a 37Ω .

Por tanto:

$$R_{t, servicio} = K_r \cdot R_0 = 0,0707 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \cdot 400 \Omega \cdot m = 28,28 \Omega < 37 \Omega \rightarrow \text{Es válida}$$

Por último, dado que se puede seleccionar cualquier otra configuración de tierra que supere los valores calculados anteriormente, se diseña un sistema de puesta a tierra de protección con unas dimensiones que se ajustan mejor al edificio de la subestación elevadora.

Más concretamente, se calcula la resistencia de puesta a tierra de una instalación formada por un anillo rectangular de 8×12 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm^2 enterrado a $0,8$ m de profundidad y 6 picas con una longitud de 2 m y un diámetro de 14 mm.

La resistencia de las picas se define como:

$$R_{pica vertical} = \frac{\rho}{L} = \frac{400 \Omega \cdot m}{2 m \cdot 6 picas} = 33,33 \Omega$$

Por otro lado, la resistencia de anillo de cobre se puede calcular como:

$$R_{anillo} = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot 400 \Omega \cdot m}{40 m} = 20,00 \Omega$$

Finalmente, para obtener la resistencia total se hace el paralelo de la resistencia de las picas con la resistencia del anillo de cobre:

$$R_{tierra total} = \frac{33,33 \Omega \cdot 20,00 \Omega}{33,33 \Omega + 20,00 \Omega} = 12,50 \Omega$$

Una vez se ha obtenido la resistencia de puesta a tierra de la configuración supuesta, se debe comprobar si cumple con los criterios establecidos por la normativa.

$$I_d = \frac{1,1 \cdot 20.000 V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(12,50 \Omega + 25,4 \Omega)^2 + (0 \Omega)^2}} = 335,14 A < 500 A \rightarrow \text{Es válida}$$

$$I_d \cdot R_t = 335,14 A \cdot 12,50 \Omega = 4.189,22 V < 10.000 V \rightarrow \text{Es válida}$$

Por tanto, para esta configuración la separación entre los electrodos debe ser de al menos:

$$D = \frac{400 \, \Omega \cdot m \cdot 335,14 \, A}{2.000 \cdot \pi} = 21,34 \, m$$

La instalación de la puesta a tierra de servicio será la misma que la calculada con la configuración inicial.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

ANEXO IV. Catálogos

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2020

Índice

1. Aerogeneradores.....	2
2. Convertidor de frecuencia.....	4
3. Cableado BT.....	7
4. Transformador BT/MT.....	8
5. Celdas de MT de los aerogeneradores.....	9
6. Interruptor automático general BT.....	15
7. Descargador de tensión.....	17
8. Cableado de MT.....	19
9. Celdas de MT de la subestación.....	22
10. Transformador de la subestación.....	24
11. Autoválvulas.....	26

1. Aerogeneradores

Technical Data

Turbine 

ENO 126

4.8 MW

novation for efficiency

ENO 126

ENO ENERGY

Success with wind.

www.eno-energy.com

Technical Data

Highest efficiency due to maximum performance

Technical specifications eno 126 4.8 MW

General

Type	eno 126
Rated Power	4,800 kW
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	14 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
Tilt angle	5°

Rotor

Diameter	126.0 m
Nominal speed range	4.0 – 11.2 rpm
Swept area	12,469 m ²

Rotor blade

Manufacturer	eno energy systems GmbH
Material	GFK/CFK
Length	61.6 m

Gears

Model	Planetary-/spur gearing
Gear ratio	approx. 1:126

Generator

Type	Synchronous generator
Design	slip ringless / brushless excitation

Tower (hub height)

87 m, 97 m, 117 m, 137 m, 162 m

Converter

Type	Full power converter
Model	Modular IGBT inverter topology

Sound power level¹

with serrations	103.5 dB(A)
without serrations	105.5 dB(A)

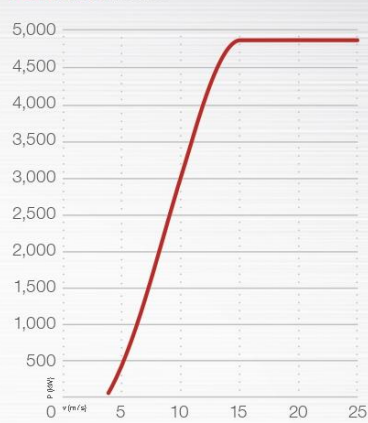
Wind class

hub height	87 m	97 m	117 m	137 m	162 m
Wind class according to IEC ed.3	S	S	S	S	S
Wind zone according to DIBt 2012	WZ4	WZ4	WZ3	WZ3	S
	GK II	GK II	GK II	GK II	

¹ noise-reduced operation modes available on request

² annual energy yields valid for k = 2.0 (Weibull distribution)

Power curve eno 126



Estimated annual energy yield²

Vw, hub height	eno 126
6.0 m/s	10,183 MWh/a
6.5 m/s	12,052 MWh/a
7.0 m/s	13,894 MWh/a
7.5 m/s	15,676 MWh/a
8.0 m/s	17,371 MWh/a
8.5 m/s	18,958 MWh/a

Reference yield according to FGWTR 5 (EEG 2017)

hub height	reference yield in kWh
87 m	55,294,528
97 m	58,467,529
117 m	64,220,030
137 m	69,165,137
162 m	74,555,330



eno energy systems GmbH
 Am Strande 2 e . 18055 Rostock . Germany
 phone: +49 (0)381 . 20 37 92-0
 fax: +49 (0)381 . 20 37 92-101
 mail: sales@eno-energy.com
 www.eno-energy.com

Issue: 07/2016 - Subject to technical modifications.

2. Convertidor de frecuencia



—
LOW VOLTAGE WIND CONVERTERS

ABB wind turbine converters

ACS880, 800 kW to 8 MW



Technical data

ACS880 full power wind turbine converter

Converter model	ACS880-77LC in-line configuration	ACS880-87LC back-to-back configuration
Converter type	Full power converter for permanent magnet and asynchronous generators	
Generator power range	0.8 to 4.6 MW	1.5 to 8 MW
Cooling	Liquid cooling with totally enclosed cabinet	
Control principle	Direct torque control (DTC)	
Electrical data		
Rated grid voltage	525 to 690 V AC, 3-phase, $\pm 10\%$	
Rated generator voltage	0 to 750 V AC	
Nominal grid frequency	50/60 Hz	
Efficiency at converter's rated point, typical value	97%	
Generator-side converter du/dt, measured value	1.25 kV/ μ s	
Grid harmonics		
Total harmonic current distortion, measured value	2.5%	
Environmental limits		
Ambient temperature	Transport -40 to +70 °C Storage -40 to +70 °C Operation -30 to +50 °C	
Coolant inlet temperature	+5 to +50 °C	+5 to +45 °C
Altitude	0 to 1000 m	
Degree of protection	Totally enclosed cabinet IP54 / UL type 12	
Cabling connections	Bottom	
Cooling connections	Left or right side	
Cabinet configuration	In-line, back-to-back or several separate	
Control		
Fieldbus interface	EtherCAT, PROFINET IO, PROFIBUS-DP, CANopen, Modbus, ControlNet, InterBus-S, DeviceNet	
Interface for PC browser	Standard Ethernet	
Grid code compliance		
Grid codes	Supports wind turbines to comply with the most stringent grid code requirements.	
Product compliance		
Product markings	CE, GL2010, North American	
EMC	EN 61800-3/ A11 (2000), EN 61800-3 (2004) 2nd environment, unrestricted distribution, category C3	
Quality assurance system	ISO 9001	
Environmental system	ISO 14001	
Options		
Sub-converter configuration	Available from 0.8 MW	Available from 1.5 MW
Cooling method	Liquid or combined cooling	
Reconfiguration	Online	
Energy storage	Integrated	
Generator side protection	Output contactors	
High coolant inlet temperature	Up to +55 °C	
High altitude	Up to 4000 m	
Product approvals	UL61800-5-1, CSA C22.2 No 274, DNVGL-SE-0441	

Ratings, types and voltages

ACS880-77LC and ACS880-87LC

In-line configuration, ACS880-77LC, 690 V										
Converter type ¹⁾	Typical generator rating	Rated generator apparent power	Rated grid apparent power	Module setup: no. of inverter units + no. of IGBT supply units	Cabinet width	Cabinet depth	Cabinet weight	Cooling flow rate		
	(kW)	(kVA)	(kVA)		INU + ISU	(mm)	(mm)	(kg)	(l/min)	
	ACS880-77LC-860A/800A-7	800	1028		956	1 + 1	1400	600	1200	90
ACS880-77LC-1686A/1568A-7	1500	2014	1874	2 + 2	2300	600	2000	135		
ACS880-77LC-2503A/2328A-7	2300	2991	2782	3 + 3	2900	600	2600	175		
Twin cabinet versions										
ACS880-77LC-1720A/1600A-7	1600	2056	1912	2 x (1 + 1)	2 x 1400	2 x 600	2 x 1200	2 x 90		
ACS880-77LC-3372A/3136A-7	3000	4029	3748	2 x (2 + 2)	2 x 2300	2 x 600	2 x 2000	2 x 135		
ACS880-77LC-5006A/4656A-7	4600	5982	5564	2 x (3 + 3)	2 x 2900	2 x 600	2 x 2600	2 x 175		
Back-to-back configuration, ACS880-87LC, 690 V										
Converter type ¹⁾	Typical generator rating	Rated generator apparent power	Rated grid apparent power	Module setup: no. of inverter units + no. of IGBT supply units	Cabinet width	Cabinet depth	Cabinet weight	Cooling flow rate		
	(kW)	(kVA)	(kVA)		INU + ISU	(mm)	(mm)	(kg)	(l/min)	
	ACS880-87LC-1686A/1568A-7	1500	2014		1874	2 + 2	1250	1200	1800	135
ACS880-87LC-2503A/2328A-7	2300	2991	2782	3 + 3	1450	1200	2300	175		
ACS880-87LC-3302A/3072A-7	3000	3947	3671	4 + 4	2300	1200	2800	235		
ACS880-87LC-4000A/3800A-7	3800	4780	4541	5 + 5	2500	1200	3500	280		
ACS880-87LC-4000A/4134A-7	4000	4780	4941	5 + 6	2700	1200	4500	300		
Twin cabinet versions										
ACS880-87LC-5006A/4656A-7	4600	5982	5564	2 x (3 + 3)	2 x 1450	2 x 1200	2 x 2300	2 x 175		
ACS880-87LC-6604A/6144A-7	6000	7893	7343	2 x (4 + 4)	2 x 2300	2 x 1200	2 x 2800	2 x 235		
ACS880-87LC-8000A/7600A-7	7600	9561	9083	2 x (5 + 5)	2 x 2500	2 x 1200	2 x 3500	2 x 280		
ACS880-87LC-8000A/8268A-7	8000	9561	9881	2 x (5 + 6)	2 x 2700	2 x 1200	2 x 4500	2 x 300		

Standard cabinet height is 2000 mm. Please see dimensions drawings for exact measurements.
Ratings shown here are subject to change depending on the selected options.

¹⁾ Converter type code shows generator and grid side nominal current ratings. For example for ACS880-77LC-860A/800A-7 the generator side current is 860 A and the grid side current is 800 A.

3. Cableado BT

CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS BAJA TENSIÓN

RETENAX CPRO Flex RV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 21123-2
 Designación genérica: RV-K



DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm²	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (t)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (t)	PESO kg/km (t)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE ENTERRADO (3) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2) Y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	5,7	42	13,3	21	21	26,50	21,36
1 x 2,5	0,7	6,2	54	7,98	30	27,5	15,92	12,88
1 x 4	0,7	6,6	70	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	7,2	91	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	8,3	135	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	9,4	191	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	11	280	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	12,5	389	0,554	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14,2	537	0,386	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	15,8	726	0,272	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	17,9	958	0,206	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	18,9	1170	0,161	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	21,2	1460	0,129	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	23,8	1830	0,106	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	26,7	2310	0,0801	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	29,3	3100	0,0641	630	380	0,14	0,19
2 x 1,5	0,7	8,7	95	13,3	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	9,6	125	7,98	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	10,5	165	4,95	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	11,7	215	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	13,9	330	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	16,9	503	1,21	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	20,6	775	0,78	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	23,6	1060	0,554	168	140	1,31	1,16
2 x 50	1	27	1470	0,386	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	9,2	110	13,3	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	10,1	150	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	11,1	200	4,95	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	12,3	270	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	14,7	415	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	18	639	1,21	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	21,4	946	0,78	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	25,1	1355	0,554	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28,8	1900	0,386	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	32,3	2550	0,272	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	35,9	3290	0,206	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	39,2	4060	0,161	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	44,2	5070	0,129	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	50,3	6400	0,106	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	56,7	8200	0,0801	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	62,2	10450	0,0641	549	380	0,14	0,18

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
 → XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
 → XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
 → XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b (3x trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
 → XLPE3 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 1x, 3x trifásica.
 → XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.



4. Transformador BT/MT

Cast Resin Dry Type Distribution Transformer

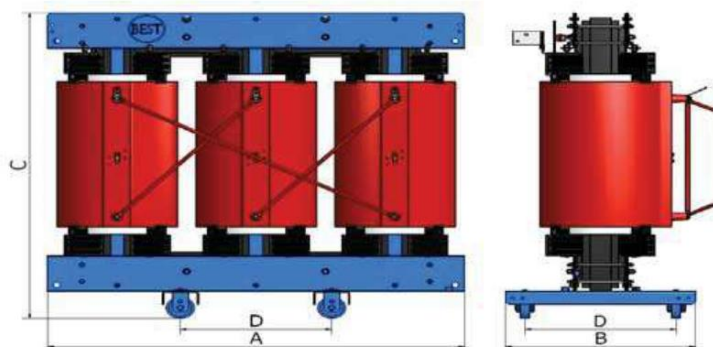


Technical data: 4000 to 20000 kVA %50 Hz.

Standard vector group is Dyn11. Other vector groups are available upon request.

Type	Rated power P_N kVA	Max. voltage U_m kV	Impedance voltage at 120 °C (U_k) (%)	No-load loss P_0 W	Load loss at 120 °C (P_k) W	Sound-pressure power L_{pk}/L_{TMA} dB	Dimensions (mm)				Weight (kg)
							A	B	C	D	
BEST-KT-4000-24-N	4000	24	7	5800	25000	60/76	2420	1270	2600	1070	9300
BEST-KT-4000-36-8-N		36	8	7500	28000	60/76	2760	1270	2650	1070	9800
BEST-KT-5000-24-8-N	5000	24	8	7000	27500	63/80	2640	1270	2650	1070	10800
BEST-KT-5000-36-8-N		36	8	9000	30500	63/80	3010	1270	2650	1070	11800
BEST-KT-6300-24-8-N	6300	24	8	9000	32500	64/82	3000	1705	2750	1505	13800
BEST-KT-6300-36-8-N		36	8	11200	35000	64/82	3200	1705	2870	1505	14750
BEST-KT-8000-24-8-N	8000	24	8	11000	38500	66/85	3020	1705	3100	1505	15750
BEST-KT-8000-36-9-N		36	9	13000	39000	66/85	3300	1705	3100	1505	16750
BEST-KT-10000-24-9-N	10000	24	9	13000	42500	66/85	3250	1705	3100	1505	18250
BEST-KT-10000-36-10-N		36	9	15500	43000	66/85	3300	1705	3120	1505	21000
BEST-KT-12500-24-9-N	12500	24	9	16800	48000	67/86	3500	1705	3300	1505	23500
BEST-KT-12500-36-9-N		36	9	17000	48500	67/86	3600	1705	3300	1505	24000
BEST-KT-16000-24-10-N	16000	24	10	21000	55000	67/86	4100	1705	3400	1505	28500
BEST-KT-16000-36-10-N		36	10	21500	56000	67/86	4200	1705	3400	1505	29500
BEST-KT-20000-24-10-N	20000	24	10	24500	60000	68/88	4700	1705	3500	1505	32000
BEST-KT-20000-36-10-N		36	10	25000	62000	68/88	4800	1705	3500	1505	37800

1) These values are related to under self-cooled AN conditions.



5. Celdas de MT de los aerogeneradores



cgmcosmos
Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

Aparata de media tensión para
soluciones de la red de distribución



Tipo de módulos

cgmcosmos-I

Función de línea

Celda modular de línea, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas		IEC		ANSI/IEEE	
Tensión asignada	U_n [kV]	12*	24	15.5	27
Frecuencia asignada	f_n [Hz]	50/60		50/60	
Corriente asignada					
Interconexión general de embarrado y celdas	I_n [A]	400/630		600	
Línea	I_n [A]	400/630		600	
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)					
Entre fases y tierra	U_{ca} [kV]	28	50	35	60
A través de la distancia de seccionamiento	U_{ca} [kV]	32	60	38,5	66
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo					
Entre fases y tierra	U_{cp} [kV]	75	125	95	125
A través de la distancia de seccionamiento	U_{cp} [kV]	85	145	104,5	137,5
Clasificación arco interno	IAC	AFL 16 kA 0,5 s/16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s AFL[R**] 20** kA 1 s		AFL 16 kA 0,5 s/16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s	
Tensión de corriente continua soportada	[kV]	48 kV sin dispositivo de comprobación de cable 50 kV con dispositivo de comprobación de cable		53	78
Interruptor-seccionador		IEC 62271-103 + IEC 62271-102		IEEE C37.74	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)					
Valor $b_n = (x) s$	I_k [kA]	16/20** (1/3 s)/25 (1 s)		20** (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	I_p [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65
Poder de corte de corriente principalmente activa	I_l [A]	400/630		600	
Poder de corte - carga de cable / poder de corte carga de línea	I_{ca} [A]	50/1,5		15	
Poder de corte bucle cerrado	I_{cc} [A]	400/630		600	
Poder de corte de falta a tierra	I_{ca} [A]	300		n/a	
Poder de corte de cables y líneas en vacío en condiciones de falta a tierra	I_{cb} [A]	100		n/a	
Corriente de conmutación de magnetización del transformador	[A]	21		21	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	I_{ma} [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65
Categoría del interruptor					
Endurancia mecánica		1000-M1/5000-M2		1000/5000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E3		3	
Seccionador de puesta a tierra		IEC 62271-102		IEEE C37.74	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)					
Valor $b_n = (x) s$	I_k [kA]	16/20** (1/3 s)/25 (1 s)		20** (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	I_p [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	I_{ma} [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 54,6**/65
Categoría del seccionador de puesta a tierra:					
Endurancia mecánica (manual)		1000-M0		1000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E2		3	

* También disponible con $U_n = 7,2$ kV bajo demanda
 ** ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA y 25 kA/65 kA
 *** Con escape de gas hacia arriba por un conducto para celdas de 1740 mm de altura y hacia fiso para celdas de 1300 mm de altura

Aplicaciones

Entrada o salida de los cables de media tensión que permiten la comunicación con el embarrado principal del centro de transformación.





Aparata de media tensión para soluciones de la red de distribución

Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

cgmcosmos



Configuración

Celda

- Arco interno IAC AFLR
 - 20 kA 1 s
- Arco interno IAC AF/AFL
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s
 - 25 kA 1 s
- Arco interno: cuba
 - 16 kA 0,5 s 20 kA 0,5 s
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s 25 kA 1 s
- Celda de 1740 mm de altura
- 1450 mm (con dispositivo de comprobación de cable)
- Celda de 1300 mm de altura

Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con contactos y compensación de temperatura

Conexión frontal:

- Pasatapas de cable

Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados
- Extensibilidad a la izquierda / derecha ciega
- Extensibilidad a la derecha / izquierda ciega

Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
 - Derecha Izquierda Ambas
- Pasatapas
 - Derecha Izquierda Ambas

Mecanismos de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo manual tipo B
- Mecanismo motorizado tipo BM
- Alarma sonora **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis**
- Indicador capacitivo de presencia / ausencia de tensión **ekor.ivds**
- Otros indicadores capacitivos de tensión

- Estándar
- Opcional

- Unidad de control integrado y monitorización **ekor.rci**
- Unidad de detección de tensión **ekor.rtk**

Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Enclavamientos con cerradura
- Candados

Compartimento de cables

- Pasatapas IEC de tipo atornillable
- Pasatapas ANSI de tipo atornillable
- Dispositivo de comprobación de cable
- Tapa para un conector por fase
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

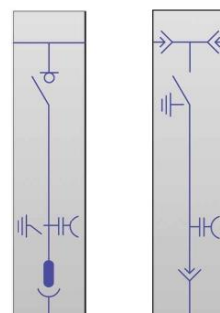
Conducto de expansión de gases

- Conducto posterior

Cajón de Control

- Otros indicadores de tensión
- Otros relés de protección
- Otros componentes de medida y automatización

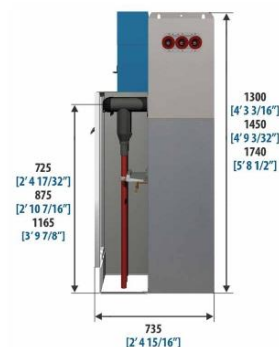
Dimensiones



IEC

ANSI/IEEE

[mm]
[pies/pulgadas]



90/100 kg

198/220 Lbm

gmcocosmos
Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

Aparata de media tensión para
soluciones de la red de distribución

DNS

gmcocosmos-p

Función de protección con fusibles

Celda modular con protección con fusibles, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra y protección con fusibles limitadores.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

Características eléctricas		IEC		ANSI/IEEE	
Tensión asignada	U_n [kV]	12*	24	15.5	27
Frecuencia asignada	f_n [Hz]	50/60		50/60	
Corriente asignada					
Interconexión general de embarcado y celdas	I_n [A]	400/630		600	
Bajante de transformador	I_n [A]	200		200	
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)					
Entre fases y tierra	U_{ca} [kV]	28	50	35	60
A través de la distancia de seccionamiento	U_{ca} [kV]	32	60	38,5	66
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo					
Entre fases y tierra	U_p [kV]	75	125	95	125
A través de la distancia de seccionamiento	U_p [kV]	85	145	104,5	137,5
Clasificación arco interno	IAC	AFL 16 kA 0,5 s/16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s AFL[R**] 20** kA 1 s		AFL 16 kA 0,5 s/16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s	
Tensión de corriente continua soportada	[kV]	n/a		53	78
Interruptor-seccionador		IEC 62271-103 + IEC 62271-102		IEEE C37.74	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)					
Valor $t_n = (x)$ s	I_k [kA]	16/20** (1/3 s)/25 (1 s)		20** (1/3 s)/25 (1 s)	
Valor de pico	I_p [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 52**/65
Poder de corte de corriente principalmente activa	I_n [A]	200		200	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	I_{na} [kA]	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 40/52**/62,5 60 Hz: 41,6/52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 52**/65	50 Hz: 52**/62,5 60 Hz: 52**/65
Categoría del interruptor					
Endurancia mecánica		1000-M1/2000/5000-M2		1000/5000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E3		3	
Interruptor-relé combinado (elkor.rpt) corriente de intersección					
I_{na} de corte según TD _{max} IEC 62271-105	[A]	1700	1300	n/a	n/a
Corriente de transferencia combinado interruptor-fusible					
I_{na} de corte según TD _{max} IEC 62271-105	[A]	2300	1600	n/a	n/a
Seccionador de puesta a tierra		IEC 62271-102		IEEE C37.74	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)					
Valor $t_n = (x)$ s	I_k [kA]	1 (1/3 s)/3 (1 s)		1 (1/3 s)/3 (1 s)	
Valor de pico	I_p [kA]	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	I_{na} [kA]	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8	50 Hz: 2,5/7,5 60 Hz: 2,6/7,8
Categoría del seccionador de puesta a tierra:					
Endurancia mecánica (manual)		1000-M0		1000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase		5-E2		3	

* También disponible con $U_n = 7,2$ kV bajo demanda
** Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA y 25 kA/65 kA
*** Con escape de gas hacia arriba por un conducto para celdas de 1740 mm de altura y hacia foso para celdas de 1300 mm de altura

Aplicaciones

Protección general y del transformador, así como maniobras de conexión o desconexión.



Aparata de media tensión para soluciones de la red de distribución

Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

cgmcosmos



Configuración

Celda

- Arco interno IAC AFLR
 - 20 kA 1 s
- Arco interno IAC AF/AFL
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s
 - 25 kA 1 s
- Arco interno: cuba
 - 16 kA 0,5 s 20 kA 0,5 s
 - 16 kA 0.5 s 20 kA 0.5 s
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s 25 kA 1 s
- Celda de 1740 mm de altura
- Celda de 1300 mm de altura

Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con contactos y compensación de temperatura

Conexión frontal:

- Pasatapas de cable

Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados
- Extensibilidad a la izquierda / derecha ciega
- Extensibilidad a la derecha / izquierda ciega

Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
 - Derecha Izquierda Ambas
- Pasatapas
 - Derecha Izquierda Ambas

Disparo del fusible:

- Mediante fusibles combinados
- Mediante fusibles asociados

Portafusibles:

- 24 kV
- 12 kV

Mecanismos de maniobra

- Palancas de accionamiento
- Mecanismo manual tipo BR
- Mecanismo manual tipo AR
- Mecanismo motorizado tipo ARM
- Bobina de disparo

- Estándar
- Opcional

- Alarma sonora *ekor.sas*
- Indicador capacitivo de presencia de tensión *ekor.vpis*
- Indicador capacitivo de presencia/ ausencia de tensión *ekor.ivds*
- Otros indicadores capacitivos de tensión
- Unidad de protección del transformador *ekor.rpt/ekor.rpa*
- Unidad de detección de tensión *ekor.rtk*

Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Enclavamientos con cerradura
- Candados

Compartimento de cables

- Pasatapas IEC de tipo enchufable
- Pasatapas IEC de tipo atornillable
- Pasatapas ANSI de tipo atornillable
- Tapa para un conector por fase
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de doble cable
- Tapa extendida de compartimento de cables para conexión de cable más autoválvula
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

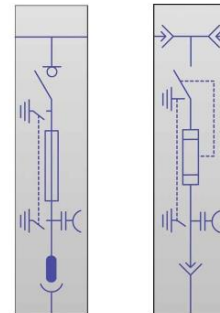
Conducto de expansión de gases

- Conducto posterior

Cajón de Control

- Otros indicadores de tensión
- Otros relés de protección
- Otros componentes de medida y automatización

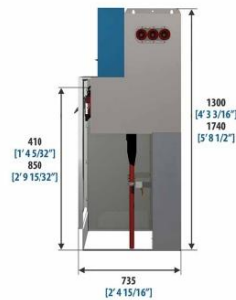
Dimensiones



IEC

ANSI/IEEE

[mm]
[pies/pulgadas]



140/150 kg
309/331 Lbm



cgmcosmos
Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

Aparata de media tensión para
soluciones de la red de distribución



cgmcosmos-rb

Función de remonte de barras

Celda modular con aislamiento en gas y remonte de barras. Seccionador de puesta a tierra opcional (rb-pt).

Extensibilidad: derecha y ambos lados.

Características eléctricas			IEC		ANSI/IEEE	
Tensión asignada	U _i	[kV]	12*	24	15.5	27
Frecuencia asignada	f	[Hz]	50/60		50/60	
Corriente asignada						
Interconexión general de embarrado y celdas	I _r	[A]	400/630		600	
Línea	I _r	[A]	400/630		600	
Tensión asignada de corta duración soportada a frecuencia industrial (1 min)						
Entre fases y tierra	U _d	[kV]	28	50	35	60
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo						
Entre fases y tierra	U _p	[kV]	75	125	95	125
Clasificación arco interno	IAC		AFL 16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s AFL[R***] 16 kA 1 s/20 kA 1 s		AFL 16 kA 1 s/20** kA 1 s/25 kA 1 s	
Seccionador de puesta a tierra [opcional]			IEC 62271-102		IEEE C37.74	
Corriente soportada nominal de corta duración						
Valor t ₁ = 1 s	I _k	[kA]	16/20**/25	16/20**/25	20**/25	
Valor de pico	I _p	[kA]	40/52**/62,5	40/52**/62,5	52**/62,5	
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra (valor de pico)	I _{ms}	[kA]	40/52**/62,5	40/52**/62,5	52**/62,5	
Categoría del seccionador de puesta a tierra						
Endurancia mecánica			1000-M0		1000	
Ciclos de maniobras (cierres en cortocircuito)- clase			5-E2		3	

* También disponible con U = 7.2 kV bajo demanda

** Ensayos realizados a 21 kA/52,5 kA y 25 kA/65 kA

*** Con escape de gas hacia arriba por un conducto para celdas de 1740 mm de altura y hacia foso para celdas de 1300 mm de altura

Aplicaciones

Entrada o salida de cables de Media Tensión que permiten la comunicación con el embarrado del centro de transformación, en el lado derecho (rbd) o en ambos lados (rba).





Aparata de media tensión para soluciones de la red de distribución

Sistema modular y compacto (RMU) con aislamiento integral en gas

cgmcosmos

Configuración

Celda

- Arco interno IAC AFLR
 - 20 kA 1 s
- Arco interno IAC AF/AFL
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s
 - 25 kA 1 s
- Arco interno: cuba
 - 16 kA 0,5 s 20 kA 0,5 s
 - 16 kA 1 s 20 kA 1 s
 - 25 kA 1 s
- Celda de 1740 mm de altura
- Celda de 1300 mm de altura

Cuba de gas

- Cuba de acero inoxidable

Indicador de presión del gas:

- Manómetro sin contactos
- Manómetro con contactos y compensación de temperatura

Conexión frontal:

- Pasatapas de cable

Conexión lateral:

- Extensibilidad a ambos lados: rba
- Extensibilidad a la derecha / izquierda ciega: rba

Tipo de conexión lateral:

- Tulipa
 - Derecha Izquierda Ambas
- Pasatapas
 - Derecha Izquierda Ambas

Puesta a tierra:

- Con seccionador de puesta a tierra

Mecanismos de maniobra

- Mecanismo manual tipo B
- Mecanismo motorizado tipo BM
- Alarma sonora **ekor.sas**
- Indicador capacitivo de presencia de tensión **ekor.vpis** (con puesta a tierra)
- Indicador capacitivo de presencia / ausencia de tensión **ekor.lvds** (con puesta a tierra)

- Estándar
- Opcional

- Otros indicadores capacitivos de tensión
- Unidad de control integrado y monitorización **ekor.rci**
- Unidad de detección de tensión **ekor.rtk**

Enclavamientos adicionales:

- Enclavamientos eléctricos
- Enclavamientos con cerradura
- Candados

Compartimento de cables

- Tapa para un conector por fase
- Detección de descargas parciales (DP) para el diagnóstico de la red

Conducto de expansión de gases

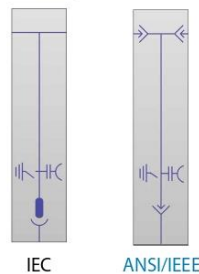
- Conducto posterior

Cajón de Control

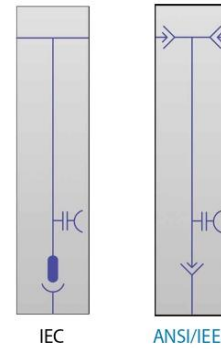
- Otros indicadores de tensión
- Otros relés de protección
- Otros componentes de medida y automatización

Opciones

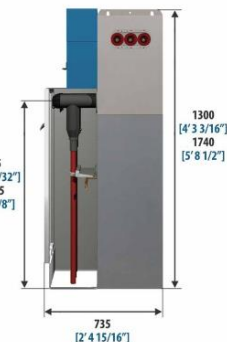
cgmcosmos-rb-pt



Dimensiones



[mm]
[pies/pulgadas]



90/100 kg
198/220 Lbm

ORMAZABAL
velatía



6. Interruptor automático general BT

Hoja de características del producto

Características

LV848345

Circuit breaker Masterpact MTZ3 50H1 - 5000 A - 4P drawout - w/o Micrologic



Principal

Gama	Masterpact
Nombre del producto	Masterpact MTZ3
Nombre corto del dispositivo	MTZ3 50 H1
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Aplicación del dispositivo	Protección
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
Tipo de red	CA
Frecuencia de red	50/60 Hz
Código de poder de corte	H1
Poder de seccionamiento	Sí acorde a IEC 60947-2
Selectivity category	Category B

Complementario

Tipo de control	Pulsador
Tipo de montaje	Extraíble
Soporte de montaje	Rails Placa de base
[In] Corriente nominal	5000 A en 40 °C
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	1000 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	12 kV acorde a IEC 60947-2
[Icm] capacidad nominal de cortocircuito	220 kA 220/415 V CA en 50/60 Hz 220 kA 440 V CA en 50/60 Hz 220 kA 500/525 V CA en 50/60 Hz 220 kA 660/690 V CA en 50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Calibre CT del interruptor automático	5000 A
Performance level	100 kA Icu en 220/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2

26-jun-2020

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

	100 kA Icu en 500/525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA Icu en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ics] poder de corte en servicio	100 kA en 220/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA en 500/525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Durabilidad mecánica	10000 ciclos with periodic preventive maintenance acorde a IEC 60947-2
Durabilidad eléctrica	AC-3, estado 1 6000 ciclos 440/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 1500 ciclos 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 1500 ciclos 690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 AC-23A, estado 1 1500 ciclos 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 AC-23A, estado 1 1500 ciclos 690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3
Paso de conexión	230 mm
[Icw] Corriente temporal admisible	100 kA 0.5 s acorde a IEC 60947-2 100 kA 1 s acorde a IEC 60947-2 100 kA 3 s acorde a IEC 60947-2
Tiempo de corte máximo	25 ms
Maximum closing response time	80 ms
Altura	Drawout circuit breaker without chassis, estado 1 300 mm Drawout circuit breaker with chassis, estado 1 479 mm
Anchura	Drawout circuit breaker without chassis, estado 1 838 mm Drawout circuit breaker with chassis, estado 1 1016 mm
Profundidad	Drawout circuit breaker without chassis, estado 1 300 mm Drawout circuit breaker with chassis, estado 1 403 mm

Entorno

Normas	IEC 60364-8-1 IEC 60947-2
Certificaciones de producto	ASTA
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60947-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	SÍ
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
Sin PVC	Sí

SPECIFICATIONS

Surge Protection Solutions

Strikesorb® 40 Module Series



Strikesorb 40-V1 • Strikesorb 40-A • Strikesorb 40-B • Strikesorb 40-C
Strikesorb 40-D • Strikesorb 40-E • Strikesorb 40-F • Strikesorb 40-G

Electrical	Strikesorb 40-V1	Strikesorb 40-A	Strikesorb 40-B	Strikesorb 40-C	Strikesorb 40-D	Strikesorb 40-E	Strikesorb 40-F	Strikesorb 40-G
Surge Protective Device (SPD) Type per UL 1449 4 th Edition	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly	Type 2 Component Assembly
Surge Protective Device (SPD) Class per IEC 61643-11	Class I	Class I	Class I	Class I	Class I	Class I	Class I	Class I
Nominal Operating AC Voltage [U _n]	60V	120V	240V	277V	480V**	480V	600V	1000V
Maximum Continuous Operating AC Voltage [U _c]	75V	150V	300V	350V	550V***	600V	750V*	1200V
Temporary AC Overvoltage Withstand [U _t] for 5s per IEC 61643-11	114V	229V	442V	528V	762V	918V	1143V	1905V
Response Time [t _r]	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns	<1 ns
Nominal Discharge Current [I _n] per UL 1449 4 th Edition	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs	20 kA 8/20 μs
Impulse Discharge Current [I _{imp}] per IEC 61643-11	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs	12.5 kA 10/350 μs
Maximum Surge Current Capacity [I _{max}]	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs	140 kA 8/20 μs
Voltage Protection Rating (VPR) per UL 1449 4 th Edition	400V	600V	1200V	1200V	1500V	2000V	2500V	4000V
Voltage Protection Level [U _v] per IEC 61643-11	300V	600V	1200V	1300V	1800V	2300V	2800V	4400V
Operating Frequency Range	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz	0...500Hz
Long Duration Surge Performance 500A square waveform 2msec	250 hits	250 hits	250 hits	250 hits	250 hits	250 hits	250 hits	250 hits
Mechanical								
Environmental Ingress Protection (IP) Rating	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Operating Temperature (°C)	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C	-40 °C to +100 °C
Dimensions	Diameter	2.5" [63.5 mm]	2.5" [63.5 mm]	2.5" [63.5 mm]	2.5" [63.5 mm]	2.5" [63.5 mm]	2.5" [63.5 mm]	2.76" [70.0 mm]
	Height	3.73" [94.6 mm]	3.73" [94.6 mm]	3.73" [94.6 mm]	3.73" [94.6 mm]	3.73" [94.6 mm]	3.91" [99.4 mm]	4.24" [107.8 mm]
Weight	1.32 lbs [600 g]	1.33 lbs [604 g]	1.35 lbs [612 g]	1.35 lbs [614 g]	1.36 lbs [615 g]	1.36 lbs [615 g]	1.46 lbs [660 g]	1.76 lbs [800 g]

Standards Compliance & Certifications

Standards UL 1449 4th Edition, IEC 61643-11, EN 61643-11, IEEE C62.11, IEEE C62.41.2, IEEE C62.45

Certifications UL, VDE, CE

* 690V per IEC 61643-11

** 400V per IEC 61643-11

***480V per IEC 61643-11



www.raycap.com



G02-00-138 190818

8. Cableado de MT

CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

AL VOLTALENE H AL RHZ1-OL (NORMALIZADO POR ENDESA (TRADICIONAL))

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
 Norma diseño: UNE HD 620-10E
 Designación genérica: AL RHZ1-OL



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



LIBRE DE HALÓGENOS
 EN 60754-1
 IEC 60754-1

REDUCIDA EMISIÓN
 DE GASES TÓXICOS
 EN 60754-2
 IEC 60754-2

BAJA OPACIDAD
 DE HUMOS
 UNE-EN 61034-2
 IEC 61034-2



F_{ca}
 CPR

DESCÁRGATE
 la DoP (Declaración de
 Prestaciones) en este código QR.
www.prysmianub.es/cprlog/DoP



Nº DoP 1003886



RESISTENCIA
 AL FRÍO



RESISTENCIA
 A LOS RAYOS
 ULTRAVIOLETA



CAPA SEMICONDUCTORA EXTERNA PELABLE EN FRÍO Mayor facilidad de instalación de terminales, empalmes o conectores separables. Instalación más segura al ejecutarse más fácilmente con corrección.

TRIPLE EXTRUSIÓN Capa semiconductora interna, aislamiento y capa semiconductora externa se extruyen en un solo proceso. Mayor garantía al evitarse deterioros y suciedad en las interfaces de las capas.

AISLAMIENTO RETICULADO EN CATENARIA Mejor reticulación de las cadenas poliméricas. Mayor vida útil.

CUBIERTA VEMEX Mayor resistencia a la absorción de agua, al rozamiento y abrasión, a los golpes, al desgarro, mayor facilidad de instalación en tramos tubulares, mayor seguridad de montaje. Resistencia a los rayos uva.

GARANTÍA ÚNICA PARA EL SISTEMA Posibilidad de instalación con accesorios Prysmian (terminales, empalmes, conectores separables).

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min. (tensión conductor-pantalla): 42 kV (cables 12/20 kV) y 63 kV (cables 18/30 kV).
- Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2.

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): F_{ca}.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.

Normativa de fuego también aplicable a países

que no pertenecen a la Unión Europea:

- Libre de halógenos: EN 60754-1; EN 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; IEC 60754-2.
- Baja opacidad de humos: UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR

Metal: cuerda redonda compacta de hilos de aluminio.

Flexibilidad: clase 2, según UNE-EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

SEMICONDUCTORA INTERNA

Capa extrusionada de material conductor.

AISLAMIENTO

Material: polietileno reticulado (XLPE).

SEMICONDUCTORA EXTERNA

Capa extrusionada de material conductor **separable en frío**.

PROTECCIÓN LONGITUDINAL CONTRA EL AGUA
 cordones cruzados higroscópicos o cinta hinchante.

PANTALLA METÁLICA

Material: hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.
 Sección total 16 mm².

SEPARADOR

Cinta de poliéster.

CUBIERTA EXTERIOR

Material: poliolefina termoplástica, Z1 Vemex.

Color: rojo.



A brand of the
Prysmian
 Group

V-2018.02.28

CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

AL VOLTALENE H

AL RHZ1-OL (NORMALIZADO POR ENDESA (TRADICIONAL))

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
 Norma diseño: UNE HD 620-10E
 Designación genérica: AL RHZ1-OL



DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	Ø NOMINAL AISLAMIENTO* (mm)	ESPESOR AISLAMIENTO* (mm)	Ø NOMINAL EXTERIOR* (mm)	ESPESOR CUBIERTA* (mm)	PESO* (kg/km)	RADIO DE CURVATURA ESTÁTICO (POSICIÓN FINAL) (mm)	RADIO DE CURVATURA DINÁMICO (DURANTE TENSIÓN) (mm)
12/20 kV							
1 x 95/16	23,3	5,5	31	2,5	1020	465	620
1 x 150/16	26,2	5,5	34	2,5	1250	510	680
1 x 240/16	30,4	5,5	38	2,5	1620	570	760
1 x 400/16	35,6	5,5	4,3	2,5	2200	650	866
18/30 kV							
1 x 95/16	28,3	8,0	36	2,5	1270	540	720
1 x 150/16	31,2	8,0	39	2,5	1500	585	780
1 x 240/16	35,4	8,0	43	2,5	1910	645	860
1 x 400/16	40,6	8,0	48,3	2,5	2510	725	966

(*): Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación).

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

	12/20 kV	18/30 kV
Tensión nominal simple, U ₀ (kV)	12	18
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20	30
Tensión máxima entre fases, U _m (kV)	24	36
Tensión a impulsos, U _p (kV)	125	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90	
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250	

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO TUBO Y ENTERRADO* (A)		INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)		INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR 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 y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV (pant. 16 mm ²)
1 x 95/16	190	205	255	8930	3130	3130
1 x 150/16	245	260	335	14100	3130	3130
1 x 240/16	320	345	455	22560	3130	3130
1 x 400/16	415	445	610	37600	3130	3130

(*): Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K·m/W.

(**): Condiciones de instalación: una terna de cables al aire (a la sombra) a 40 °C.

(***): Calculado de acuerdo con la norma IEC 60949.



V-2018-02-28

CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

AL VOLTALENE H

AL RHZ1-OL (NORMALIZADO POR ENDESA (TRADICIONAL))

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
 Norma diseño: UNE HD 620-10E
 Designación genérica: AL RHZ1-OL



DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) / SECCIÓN PANTALLA (Cu) (mm ²)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR AT 20 °C) (Ω/km)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR AT MÁX (90 °C) (Ω/km)	REACTANCIA INDUCTIVA (Ω/km)		CAPACIDAD (μF/km)	
			12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV
1 x 95/16	0,320	0,410	0,123	0,132	0,217	0,167
1 x 150/16	0,206	0,264	0,114	0,123	0,254	0,192
1 x 240/16	0,125	0,161	0,106	0,114	0,306	0,229
1 x 400/16	0,078	0,100	0,099	0,106	0,376	0,277

NOTA: valores obtenidos para una tema de cables al tresbolillo y en contacto.

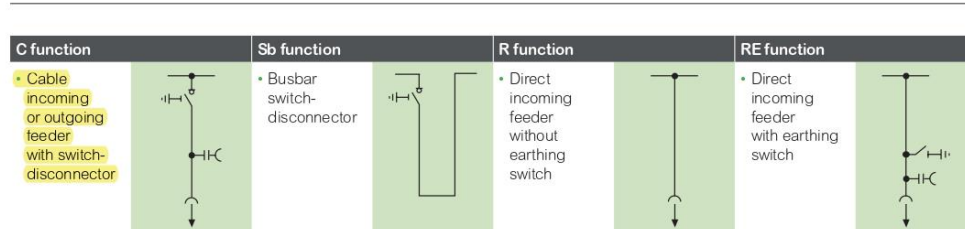


V-2018.02.28

9. Celdas de MT de la subestación

Functions and characteristics

C, Sb, R, RE functions Switch-disconnector (1)



Characteristics of the C, Sb, R, RE functions

Rated voltage	kV	12	17.5	24		
Rated frequency	Hz	50/60	50/60	50/60		
Rated lightning impulse withstand voltage						
Directly earthed	kV	75	95	125		
On the sectionalized distance	kV	85	110	145		
Rated power frequency withstand voltage						
Directly earthed	kV	28	38	50		
On the sectionalized distance	kV	32	45	60		
Level of insulation for the SF6 pressure - Pre = 0.00 MPa						
Rated lightning impulse withstand voltage	kV	75	95	95		
Rated power frequency withstand voltage	kV	28	38	50		
Level of insulation of the sectionalized distance for the cable test						
Energized busbar	Ur kV	12	17.5	24		
Maximum AC feeder test voltage (30 min)	kV 0.1 Hz	18	26	35		
Maximum DC feeder test voltage (15 min)	kV	48	60	96 ⁽²⁾		
Rated current						
Busbar, C, R, RE functions	A	630 / 1 250	630 / 1 250	630 / 1 250		
Busbar, Sb function	A	630	630	630		
Outgoing feeder	A	630	630	630		
Rated peak current	kA	40	52.5	62.5	40	50
Rated short-circuit making capacity	kA	40	52.5	62.5	40	50
Rated short time current, main electrical circuit	1 s kA	16	21	25	16	20
	3 s kA	16	21	-	16	20
Rated short-time current of earthing circuit	1 s kA	16	21	25	16	20
	3 s kA	16	21	-	16	20
Rated network load and closed-loop breaking current	A	630	630	630	630	
Rated no-load cable-breaking current	C1 A	160	160	160	160	
Rated breaking current under earth fault conditions	A	600	600	600	600	
Rated no-load cable breaking current under earth fault conditions	A	277	277	277	277	
Number of operating cycles without inspection						
Mechanical	Switch-disconnector/ Earthing switch	M1/M0	1 000	1 000	1 000	
Electrical	Rated current	E3	100	100	100	
	Short circuit making	Switch-disconnector	5	5	5	
	Earthing switch	E2	5	5	5	

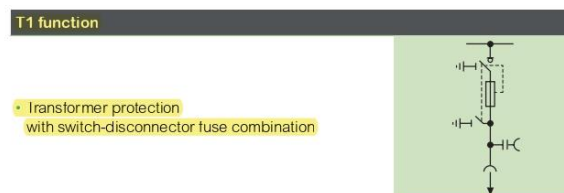
(1) General use switch. The characteristics of the switch-disconnector are not applicable to the R and RE functions.

(2) For the first cable test on a new unit. Later tests can be carried out at 67 kV.

Functions and characteristics

T1 function

Switch-disconnector fuse combination



Characteristics of the T1 function

Rated voltage	kV		12		17.5		24				
Rated frequency	Hz		50/60		50/60		50/60				
Rated lightning impulse withstand voltage											
Directly earthed	kV		75		95		125				
On the sectionalized distance	kV		85		110		145				
Rated power frequency withstand voltage											
Directly earthed	kV		28		38		50				
On the sectionalized distance	kV		32		45		60				
Level of insulation for the SF6 pressure - Pre = 0.00 MPa											
Rated lightning impulse withstand voltage	kV		75		95		95				
Rated power frequency withstand voltage	kV		28		38		50				
Rated current for continual service											
Busbar	A		630 / 1 250			630 / 1 250					
Outgoing feeder	A		Refer to the fuses selection table								
Rated peak current, main circuit (prospective current, limited by fuses)	A		40	52.5	52.5	62.5	40	52.5	40	50	
Rated short-time current, downstream of fuse protection circuit	1 s	kA	1	1	5	5	1	5	1	5	
	3 s	kA	-	-	3	3	-	3	-	3	
Rated peak current, downstream of fuse protection circuit	kA		2.5	2.5	13	13	2.5	13	2.5	13	
Rated short circuit making current, downstream of fuse protection circuit	kA		2.5	2.5	13	13	2.5	13	2.5	13	
Rated short-time current of earthing circuit	1 s	kA	16	21	21	25	16	21	16	20	
	3 s	kA	16	21	21	-	16	21	16	20	
Rated no-load cable-breaking current	A		60			60			60		
Rated breaking current under earth fault conditions	A		200			200			200		
Rated no-load cable breaking current under earth fault conditions	A		87			87			87		
Rated transfer current in accordance with IEC 62271-105	A		2 000			1 100			1 100		
Opening time in the case of fuse striker tripping T ₀	ms		34			34			34		
Number of operating cycles without inspection											
Mechanical	Switch-disconnector/ Earthing switch	M1/M0	1 000			1 000			1 000		
Electrical	Rated current	E1 (1)	10			10			10		
	Short circuit making	Switch-disconnector	E3	5			5			5	
		Earthing switch	E2	5			5			5	

(1) E3 (100 x rated current) on request.

10. Transformador de la subestación

[Oil Distribution Transformers]

Minera MP From 5 to 60 MVA, for 7.2 to 123 kV systems



Minera MP
Oil immersed medium power transformer

Standard

These transformers comply with standards:

- IEC standards;
 - French standards NFC 52 100 (1990);
- Schneider Electric guarantees that its transformers are assembled using new PCB-free components.

Description

This range consists of transformers complying with the following specification:

- Three-phase transformers, 50 or 60 Hz, for indoor or outdoor use (installation to be specified);
- Maximum ambient temperature: 40°C (others ambient temperatures 45°C, 50°C, 55°C, etc. upon request);
- Mineral oil immersed (other dielectric upon request);
- Breathing type with conservator ;
- Cover bolted on tank or welded bell type as per specification;
- ONAN, ONAF, ODAF or ODWF cooling type;
- Standard anti-corrosion surface treatment and coating (others possibilities upon request);
- Final colour RAL 7033.

Standard fitting

Each transformer includes:

- 1 off-circuit tappings switch with padlocking located on the cover ; this switch operates on the highest rated voltage to bring the transformer to the supply voltage-actual value (generally $\pm 5\%$, 3 or 5 positions);
- Porcelain bushings on primary and secondary sides;
- 2 earthing terminals;
- 1 conservator with level indicator tube;
- 1 silicagel airdryer;
- 1 Buchholz relay with 2 contacts (alarm and tripping);
- 1 thermostat with two contact (alarm and tripping);

- 1 dial type thermometer (without contact);
- 4 directional flat rollers;
- Lifting and/or untanking lugs;
- 1 rating plate;
- 1 filling plug;
- 1 draining device and treatment valve with sampler.

Options

The following fittings may be provided as an option:

- 1 on-load tap changer in the main tank (generally $\pm 12\%$ - 19 positions maximum) with:
 - 1 motor drive unit fitted on tank;
 - 1 tap changer compartment in the conservator with a level indicator;
 - 1 protective relay and eventually, on request:
 - 1 parallel operation device;
 - 1 voltage regulator with voltage drop equalizer;
 - 1 remote indicator of tap changer position.
- Magnetic level indicator (with or without contact, please specify);
- HV fixed plug-in connectors HN 52 S 61 :
 - 250, 400, 630 or 1250 A - 24 kV;
 - 400, 630 or 1250 A - 36 kV.
- HV mobile plug-in connectors HN 52 S 61, straight or elbow (the cable characteristics should be specified);
- Condenser bushings;
- Increased creepage distance bushings;
- 1 bonnet on HV bushings:
 - in the air for connection by dry cables or busducts (except rated insulation level 72.5 kV) ;
 - oil immersed, hermetically sealed for cable connection;
 - SF6 immersed, hermetically sealed for connection by busbars on oil/SF6 bushings;
- Winding temperature indicator by thermal image ;
- Current transformer: "bushing" type around terminals - standard type for earth fault current detector;
- 1 overpressure valve (with or without contact, please specify);
- 1 automatic oil retaining valve (between conservator and tank);
- "Atmoseal" oil protection system;
- 1 treatment valve at the upper part of the tank ;
- 1 insulation valve for radiators;
- 4 jacking lugs with hauling eyes.

The above options concern usual cases and are not restrictive. For other information, please consult us.

Schneider
Electric

[Oil Distribution Transformers] Minera MP

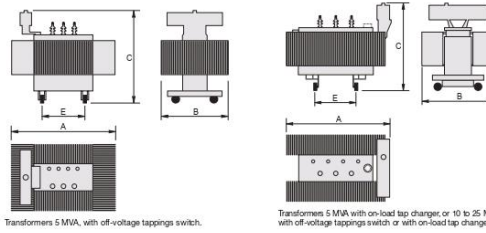
Electrical characteristics

Power (MVA)	5	10	20	25		5	10	20	25	30
Insulation level - Primary - Secondary	24-36 kV 7.2- 12 - 17.5 - 24					72.5 kV 7.2 - 17.5				
No-load losses (w)	6	10	17	21		7	11	18	22	25
Load losses (w)	43	71	120	140		43	71	120	140	160
Impedance voltage (%)	8	9	10	11		8	9	10	11	11

Dimensions and weights

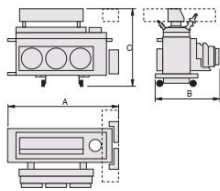
ONAN Type Cooling

Typical dimensions and weights are indicated in the table below for mineral oil immersed transformers, completely set up* with a standard type cooling. They correspond to transformers intended for systems of 7.2 to 72.5 kV having electrical characteristics as indicated in the previous table. For other voltages, other characteristics or when the transformers are immersed in another dielectric, dimensions and weights would be different, please, consult us.



Rated power (MVA)	with off-voltage tapings switch					with on-load tap changer				
	Dimensions (mm)				Total weight Kg	Dimensions (mm)				Total weight Kg
A	B	C	E	A		B	C	E		
Rated insulation level 24 kV										
5	2700	2100	2500	1000	8500	3400	2200	2550	1000	10000
10	3750	2450	3500	1500	17000	3800	2500	3500	1500	19000
20	4300	3900	3600	1500	26500	4600	3900	3600	1500	27000
31 to 60	4000	3900	3800	1500	35000	4100	3900	3800	1500	37000
Rated insulation level 36 kV										
5	3300	2400	2950	1000	11000	3600	2400	3000	1000	13000
10	3900	3300	3600	1500	18000	3900	3400	3600	1500	20000
20	4400	3950	3700	1500	27000	4700	4000	3700	1500	29000
31 to 60	4200	4300	4000	1500	36000	4800	4300	4000	1500	38000
Rated insulation level 72.5 kV										
5	4100	2600	3300	1000	17000	-	-	-	-	-
10	3900	3400	3500	1500	18000	4000	3900	3600	1500	22000
20	4500	4000	4000	1500	27000	5000	4100	4000	1500	32000
31 to 60	4400	4600	4300	1500	41000	5000	4600	4300	1500	43000

ODAF Type Cooling



Transformers 20 to 25 MVA, with off-voltage switch or on-load tap changer.

Rated power (MVA)	With off-voltage tapings switch				With on-load tap changer			
	Dimensions (mm)			Total weight Kg	Dimensions (mm)			Total weight Kg
A	B	C	A		B	C		
Rated insulation level 72.5 kV								
20	3500	2700	4000	21000	4500	3000	4000	23000
25	4000	3000	4300	25000	4700	3000	4300	28000
Rated insulation level >72.5 kV								

The above options concern usual cases and are not restrictive. For other information, please consult us.

Schneider Electric Industries SAS

35, rue Joseph Monier
 CS 30323
 F - 92506 Rueil Malmaison Cedex (France)
 Tél. : +33 (0)1 41 29 70 00
 RCS Nanterre 954 503 439
 Capital social 896 313 776 €
 www.schneider-electric.com
 NRJED311273EN

As standards, specifications and designs change from time to time, please ask for confirmation of the information given in this publication.

Design: Schneider Electric Industries SAS
 Photos: Schneider Electric Industries SAS

© Schneider Electric. All rights reserved.

11. Autoválvulas

PEXLIM R

Descargadores con revestimiento de silicona

Descargador de óxido de cinc PEXLIM R

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de subestaciones de alta tensión, transformadores y otros equipos en redes de alta tensión. Para aplicaciones con requisitos moderados de intensidad de descarga, capacidad de energía y contaminación.

Excelentes para aplicaciones con requisitos de bajo peso, espacios reducidos, montaje flexible, robustez y seguridad adicional del personal.

Componente principal del concepto PEXLINK™ para protección de líneas de transmisión.



Sumario de datos de rendimiento

Tensiones de red (U_m) _m	24 - 170 kV
Tensiones nominales (U_n)	18 - 144 kV
Corriente de descarga nominal (IEC)	10 kA _{pico}
Corriente de clasificación (ANSI/IEEE)	10 kA _{pico}
Resistencia de corriente de descarga	
Corriente alta 4/10 μs	100 kA _{pico}
Corriente baja 2.000 μs	550 A _{pico}
Capacidad de energía:	
Clase de descarga de línea (IEC) [2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	Clase 2 5,1 kJ/kV (U_n)
Cumple con/sobrepasa los requisitos de la prueba de descarga de líneas de transmisión ANSI para sistemas de 170 kV.	
Capacidad de cortocircuito/alivio de presión	50 kA _{sim}
Aislamiento externo	Cumple con/sobrepasa las normas
Resistencia mecánica:	
Carga de servicio estática admisible declarada (DPSSL)	1.000 Nm
Carga de servicio dinámica admisible máxima (MPDSL)	1.600 Nm
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitud de diseño (Mayores altitudes bajo pedido)	máx. 1.000 m
Frecuencia	15 - 62 Hz

Descargadores con revestimiento de silicona

PEXLIM R

Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs		8/20 µs				
						U _C kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	0,5 kA kV _{pico}	1 kA kV _{pico}	2 kA kV _{pico}	5 kA kV _{pico}	10 kA kV _{pico}
24 ³⁾	18	14,4	15,3	20,7	19,8	37,1	38,5	40,3	44,0	46,7	52,3	59,7
	21	16,8	17,0	24,1	23,1	43,2	44,9	47,0	51,3	54,4	61,0	69,7
	24	19,2	19,5	27,6	26,4	49,4	51,3	53,8	58,7	62,2	69,7	79,6
	27	21,6	22,0	31,0	29,7	55,6	57,7	60,5	66,0	70,0	78,4	89,6
36 ³⁾	30	24,0	24,4	34,5	33,0	61,7	64,2	67,2	73,3	77,7	87,1	100
	33	26,4	26,7	37,9	36,3	67,9	70,6	73,9	80,6	85,5	95,8	110
	36	28,8	29,0	41,4	39,6	74,1	77,0	80,6	88,0	93,3	105	120
	39	31,2	31,5	44,8	42,9	80,3	83,4	87,3	95,3	102	114	130
	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
52	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41,3	58,6	56,1	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
72	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
	72	58	58,0	82,8	79,2	149	154	162	176	187	209	239
	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299	
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
100	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
123	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
	102	78	82,6	117	112	210	218	229	250	265	296	339
	108	78	84,0	124	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	78	98,0	138	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	78	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
145	138	78	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
	144	78	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478
	108	86	86,0	124	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	92	98,0	138	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	92	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
	138	92	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
170	144	92	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478
	132	106	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
	138	108	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
144	108	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478	

Para información más detallada sobre la capacidad de sobretensiones temporales (TOV) y las características de protección, ver la publicación IHSM 9543 13-01en.

1) Las tensiones de operación continua U_C (según IEC) y MCOV (según ANSI) sólo se diferencian debido a las desviaciones en los procedimientos de pruebas tipo. U_C sólo debe considerarse cuando la tensión de red real es superior a la indicada. Se puede seleccionar cualquier descargador con U_C superior o igual que la tensión de red real dividida por √3.

2) Con servicio anterior igual a la carga energética máxima de impulso simple (2,5 kJ/kV (U_p)).

3) A petición del cliente se pueden suministrar descargadores para tensiones de red de 36 kV o inferiores, cuando el pedido también contiene descargadores para sistemas de alta tensión.

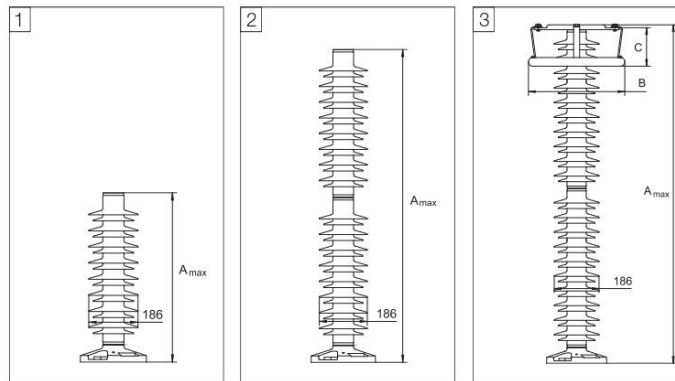
PEXLIM R

Descargadores con revestimiento de silicona

Datos técnicos de los revestimientos

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Revestimiento	Distancia de fuga	Aislamiento Externo				Dimensiones				
				1,2/50 μ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 μ s húmedo	Masa kg	A _{máx.}	B	C	Fig.
U _m kV _{rms}	U _r kV _{rms}		mm	kV _{pico}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}					
24	18-27	YV024	1863	310	150	150	250	13	641	-	-	1
36	30-48	YV036	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
52	42-60	YV052	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	66	YV052	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
72	54-60	YH072	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	54-72	YV072	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
	75-96	YV072	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2
100	75-96	YV100	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2
123	90	YH123	3726	620	300	300	500	26	1236	400	150	3
	96-120	YH123	3726	620	300	300	500	25	1236	-	-	2
	90-96	YV123	4133	680	330	330	550	28	1322	400	150	3
	102-132	YV123	4133	680	330	330	550	27	1302	-	-	2
145	138-144	YV123	4540	740	360	360	600	29	1388	-	-	2
	108	YH145	3726	620	300	300	500	27	1236	400	150	3
	120	YH145	3726	620	300	300	500	25	1216	-	-	2
	108	YV145	4540	740	360	360	600	30	1408	400	150	3
170	120-144	YV145	4540	740	360	360	600	29	1388	-	-	2
	132-144	YH170	4540	740	360	360	600	31	1408	400	150	3
Descargadores con neutro a tierra												
52	30-36	YN052	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
72	42-54	YN072	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
100	60	YN100	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
123	72	YN123	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
	84-120	YN123	3726	620	300	300	500	25	1216	-	-	2
145	75-120	YN145	3726	620	300	300	500	25	1216	-	-	2
170	75-120	YN170	3726	620	300	300	500	25	1216	-	-	2

*) Suma de las tensiones de resistencia para unidades vacías de descargador.





**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

ANEXO V. Estudio de Seguridad y Salud

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2020

Índice

1. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud	2
2. Descripción de la actividad.....	3
3. Identificación y valoración de riesgos	3
4. Planificación de la acción preventiva	7
5. Normas generales de seguridad y salud. Disposiciones mínimas	10
5.1. Consideraciones generales aplicables durante la ejecución de la obra.....	10
5.2. Disposiciones mínimas de seguridad y salud a aplicar en las obras	11
5.2.1. Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras	11
5.2.2. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de locales.....	17
5.2.3. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.....	20
6. Mediciones y presupuestos en materia de Seguridad y Salud.....	25

1. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud

A fin de dar cumplimiento a lo establecido por el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, se redacta el presente Estudio de Seguridad y Salud para la realización de la obra que conlleva este proyecto.

El artículo 4º del Real Decreto 1627/1997 establece los supuestos que hacen obligatoria la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud durante la redacción del proyecto. Estos son:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,1 €).
- b) Que la duración estimada de la obra sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose como tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- d) Obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Dado que el presupuesto de ejecución del proyecto es superior al establecido en el primer apartado del artículo 4º del Real Decreto 1627/1997 se debe elaborar un Estudio de Seguridad y Salud para el proyecto objeto de este Trabajo de Fin de Máster.

En el artículo 5º del Real Decreto 1627/1997 se indica el contenido mínimo que deberá tener este estudio. Más concretamente, este deberá contener, al menos, los siguientes documentos:

- a) Memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

- b) Pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se

trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

- c) Planos en los que se desarrollarán los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.
- d) Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.
- e) Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

2. Descripción de la actividad

El parque eólico objeto de este estudio está situado en el municipio de Arico, en el Sur de la isla de Tenerife. Más concretamente, el parque se ubica en un terreno localizado en las proximidades de la población de San Miguel de Tajao y el complejo ambiental que se encuentra en esta zona de la isla.

Las instalaciones que forman parte de este parque eólicos son, principalmente, los aerogeneradores y la subestación elevadora, donde se encuentra la apartamentada eléctrica necesaria para realizar maniobras eléctricas dentro del parque.

Aunque ha quedado fuera del alcance de este proyecto, en el parque también se encontraría un edificio con oficinas, vestuarios, zonas de esparcimiento para los empleados y salas dedicadas al control de la producción, entre otros.

En cuanto a los trabajadores que operarían dentro del parque, se supone para la realización de este estudio que todos pertenecen a la misma empresa, siendo esta empresa la encargada de realizar las actividades de mantenimiento eléctrico y mecánico de las instalaciones que forman el parque, así como las actividades de control de la producción y del funcionamiento de los equipos.

3. Identificación y valoración de riesgos

En este apartado se realiza la identificación de los factores de riesgo, los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional derivados de los mismos, procediendo a su posterior evaluación, de manera que sirva de base a la posterior planificación de la acción preventiva en la cual se determinarán las medidas y acciones necesarias para su corrección (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales).

La metodología utilizada en el presente informe consiste en identificar el factor de riesgo y asociarle los riesgos derivados de su presencia. La identificación de los riesgos se ha basado en el proyecto "Evaluación de riesgos de un parque eólico" del trabajo de fin de máster del autor Rubén Pereira Álvarez de la Universidade Da Coruña.

Para la evaluación de los riesgos se utiliza el concepto "Grado de Riesgo" obtenido de la valoración conjunta de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad de las consecuencias del mismo.

Se han establecido cinco niveles de grado de riesgo de las diferentes combinaciones de la probabilidad y severidad, las cuales se indican en la tabla siguiente:

GRADO DE RIESGO		Severidad		
		Alta	Media	Baja
Probabilidad	Alta	<i>Muy Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Moderado</i>
	Media	<i>Alto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Bajo</i>
	Baja	<i>Moderado</i>	<i>Bajo</i>	<i>Muy Bajo</i>

La probabilidad se valora teniendo en cuenta las medidas de prevención existentes y su adecuación a los requisitos legales, a las normas técnicas y a los objetos sobre prácticas correctas. La severidad se valora en base a las más probables consecuencias de accidente o enfermedad profesional.

Los niveles bajo, medio y alto de severidad pueden asemejarse a la clasificación A, B y C de los peligros, muy utilizada en las inspecciones generales:

- Peligro Clase A: condición o práctica capaz de causar incapacidad permanente, pérdida de la vida y/o una pérdida material muy grave.
- Peligro Clase B: condición o práctica capaz de causar incapacidades transitorias y/o pérdida material grave.
- Peligro Clase C: condición o práctica capaz de causar lesiones leves no incapacitantes, y/o una pérdida material leve.
- Alta: Cuando la frecuencia posible estimada del daño es elevada.
- Media: Cuando la frecuencia posible estimada es ocasional.
- Baja: Cuando la ocurrencia es rara. Se estima que puede suceder el daño, pero es difícil que ocurra.

En base al proyecto antes mencionado, se han identificado los siguientes riesgos dentro del parque eólico:

Riesgos generales en parques eólicos	
01.- Caídas de personas a distinto nivel	x
02.- Caídas de personas al mismo nivel	x
03.- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	x
04.- Caídas de objetos en manipulación	
05.- Caídas de objetos desprendidos	x
06.- Pisadas sobre objetos	x
07.- Choque contra objetos inmóviles	x
08.- Choque contra objetos móviles	x
09.- Golpes por objetos y herramientas	
10.- Proyección de fragmentos o partículas	
11.- Atrapamiento por o entre objetos	
12.- Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.	
13.- Sobreesfuerzos	
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas	
15.- Contactos térmicos	
16.- Exposición a contactos eléctricos	x
17.- Exposición a sustancias nocivas	
18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas	
19.- Exposición a radiaciones	
20.- Explosiones	
21.- Incendios	x
22.- Accidentes causados por seres vivos	x
23.- Atropello o golpes con vehículos	x
24.- E.P. producida por agentes químicos	
25.- E.P. infecciosa o parasitaria	
26.- E.P. producida por agentes físicos	x
27.- Enfermedad sistemática	
28.- Otros	

En la siguiente tabla se muestra la evaluación de los riesgos identificados según su probabilidad y severidad, siguiendo los criterios mencionados anteriormente:

Riesgos	Factor de peligro	Probabilidad				Severidad			Evaluación
		A	M	B	N/P	A	M	B	
Peligros identificativos									G. Riesgo
01.- Caídas de personas a distinto nivel	Acceso interior mediante escaleras y trabajo en la zona alta del aerogenerador			x		x			Moderado
	Escaleras fijas del centro de trabajo			x			x		Bajo
02.- Caídas de personas al mismo nivel	Suelos irregulares en campo, superficies mojadas, embarradas, etc.			x			x		Bajo
03.- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	Caída de material apilado en almacén			x			x		Bajo
04.- Caídas de objetos en manipulación					x				
05.- Caídas de objetos desprendidos	En realización de trabajos de mantenimiento a aerogeneradores			x		x			Moderado
06.- Pisadas sobre objetos	Pisadas sobre vegetación y otros objetos			x			x		Bajo
07.- Choque contra objetos inmóviles	Golpes contra equipos, palas, máquinas			x		x			Moderado
	Golpes contra equipos, palas, máquinas			x			x		Bajo
08.- Choque contra objetos móviles	Conformidad de los equipos de trabajo			x			x		Bajo
09.- Golpes por objetos y herramientas					x				
10.- Proyección de fragmentos o partículas					x				
11.- Atrapamiento por o entre objetos					x				
12.- Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.					x				
13.- Sobreesfuerzos					x				
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas					x				
15.- Contactos térmicos					x				
16.- Exposición a contactos eléctricos	Instalación eléctrica del aerogenerador			x		x			Moderado
	Instalación eléctrica del aerogenerador			x		x			Moderado
	Instalaciones eléctricas en proximidad			x		x			Moderado
	Contactos eléctricos directos o indirectos durante las comprobaciones finales,			x		x			Moderado
	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica			x		x			Moderado
	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica			x		x			Moderado









	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica			x		x			Moderado
	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica			x		x			Moderado
	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica			x		x			Moderado
17.- Exposición a sustancias nocivas					x				
18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas					x				
19.- Exposición a radiaciones					x				
20.- Explosiones					x				
21.- Incendios	Incendios forestales o en el propio aerogenerador			x		x			Moderado
	Instalaciones			x		x			Moderado
	Instalaciones			x		x			Moderado
	Señalización de emergencia y evacuación			x			x		Bajo
	Iluminación de emergencia			x			x		Bajo
22.- Accidentes causados por seres vivos	Posible presencia en campo de animales diversos			x				x	Muy bajo
23.- Atropello o golpes con vehículos	Presencia de vehículos diversos, movimiento de vehículos y maquinaria diversa			x			x		Bajo
24.- E.P. producida por agentes químicos					x				
25.- E.P. infecciosa o parasitaria					x				
26.- E.P. producida por agentes físicos	Posible presencia de contaminantes físicos (ruido y vibraciones) en el interior del aerogenerador			x			x		Bajo
27.- Enfermedad sistemática					x				
28.- Otros					x				


4. Planificación de la acción preventiva

Tras el análisis de las características de los trabajos y del personal expuesto a los riesgos se establecen las medidas y acciones necesarias para llevarse a cabo por parte de la empresa instaladora, para tratar cada uno de los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional detectados. (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales).

Para ello, se han seguido las indicaciones del “Informe técnico: Innovación y buenas prácticas de seguridad y salud laboral en el sector eólico”.

Riesgos		Medidas preventivas/correctivas	Formación e información
01.- Caídas de personas a distinto nivel	Acceso interior mediante escalas y trabajo en la zona alta del aerogenerador	Cuando se trabaje en las plataformas del tramo, se deberá de estar anclado en todo momento y mantener cerrada la plataforma, pisos y suelos antideslizantes, libres de obstáculos y con sistemas de drenaje	 Caída a distinto nivel
	Escaleras fijas del centro de trabajo	Extremar las precauciones al subir y bajar por las escaleras, evitando correr y distraerse mirando papeles o dispositivos electrónicos. Vigilar el sentido de avance y subir y bajar un escalón en cada paso.	 Protección individual obligatoria contra caídas
02.- Caídas de personas al mismo nivel	Suelos irregulares en campo, superficies mojadas, embarradas, etc.	Usar botas de seguridad con suela antideslizante y con puntera y plantilla metálica. Limpieza de las zonas de trabajo. Eliminar con rapidez manchas o líquidos del suelo. Señalización de obstáculos. Revisiones periódicas del suelo.	
03.- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	Caída de material apilado en almacén	Indicar de manera clara en el almacén las zonas destinadas al apilado de materiales. Indicar la forma correcta de realizar el apilado.	
04.- Caídas de objetos en manipulación			
05.- Caídas de objetos desprendidos	En realización de trabajos de mantenimiento a aerogeneradores	Realizar lentamente la elevación de los materiales. Evitar el transporte de cargas por encima de aquellas zonas donde se encuentren los trabajadores. No permanecer en las proximidades de los aerogeneradores cuando existe hielo o nieve encima de las palas o el nacelle. Señalizar las áreas de desplazamiento.	 Cargas suspendidas
			 Entrada prohibida a personas no autorizadas
06.- Pisadas sobre objetos	Pisadas sobre vegetación y otros objetos	Mantener en buenas condiciones los viales y cunetas. Señalizar los obstáculos presentes en el suelo. Tener el puesto de trabajo únicamente los materiales que se vayan a utilizar en cada momento.	
07.- Choque contra objetos inmóviles	Golpes contra equipos, palas, máquinas		
08.- Choque contra objetos móviles	Conformidad de los equipos de trabajo		
09.- Golpes por objetos y herramientas			
10.- Proyección de fragmentos o partículas			
11.- Atrapamiento por o entre objetos			
12.- Atrapamiento por vuelco			

13.- Sobreesfuerzos			
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas			
15.- Contactos térmicos			
16.- Exposición a contactos eléctricos	Instalación eléctrica del aerogenerador	<p>Las conexiones eléctricas deben realizarse con clavijas normalizadas. Comprobar el estado de los componentes eléctricos. Conectar a tierra toda la maquinaria con una tensión superior a la de seguridad. Prestar atención a los calentamientos anormales. No trabajar con accesorios personales que puedan causar contactos eléctricos accidentales. No manipular los aparatos eléctricos con las manos mojadas. Siempre que sea posible realizar los trabajos en las instalaciones eléctricas sin tensión. Respetar las 5 reglas de oro.</p>	    
	Instalaciones eléctricas en proximidad		
	Contactos eléctricos directos o indirectos durante las comprobaciones finales,		
	Revisiones y verificación de la instalación eléctrica		
17.- Exposición a sustancias nocivas			
18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas			
19.- Exposición a radiaciones			
20.- Explosiones			
21.- Incendios	Incendios forestales o en el propio aerogenerador	<p>Los medios de extinción deben haber pasado las revisiones estipuladas. Queda prohibido fumar en las zonas de trabajo. Se aislará el material combustible si se han de desarrollar trabajos que generen fuentes de calor o chispas. Generar planos identificativos de los caminos de evacuación. Gestión de los residuos generados. Evitar que los cables se impregnen con grasas o aceites.</p>	 
	Instalaciones		
	Señalización de emergencia y evacuación		
	Iluminación de emergencia		
22.- Accidentes causados por seres vivos	Posible presencia en campo de animales diversos	<p>Poner especial atención en las zonas donde haya presencia de animales. Disponer de un botiquín por si fuera necesario.</p>	
23.- Atropello o golpes con vehículos	Presencia de vehículos diversos, movimiento de vehículos y maquinaria diversa	<p>Alejarse de las zonas por las que circulan vehículos. Extremar las precauciones en presencia de vehículos. Llevar ropa que sea fácilmente visible. Alejarse de las cargas que se transporten. Respetar las señales viales.</p>	
24.- E.P. producida por agentes químicos			

25.- E.P. infecciosa o parasitaria			
26.- E.P. producida por agentes físicos	Posible presencia de contaminantes físicos (ruido y vibraciones) en el interior del aerogenerador	Utilizar protecciones auditivas. Utilizar los EPIs necesarios. Realizar un mantenimiento adecuado de las máquinas y herramientas. Reducir, en la medida de lo posible, el tiempo de exposición. Establecer un sistema de rotación en los lugares de trabajo.	
27.- Enfermedad sistemática			
28.- Otros			

5. Normas generales de seguridad y salud. Disposiciones mínimas

En este apartado se incluyen aquellas disposiciones mínimas incluidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997 y que afectan al conjunto de la obra.

5.1. Consideraciones generales aplicables durante la ejecución de la obra

- El mantenimiento de la obra en buenas condiciones de orden y limpieza.
- La correcta elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- Manipulación adecuada de los distintos materiales y utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en marcha y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

5.2. Disposiciones mínimas de seguridad y salud a aplicar en las obras

5.2.1. Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras

Ámbito de aplicación de la parte A

La presente parte será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior de los locales.

1. Estabilidad y solidez

Se deberá asegurar la estabilidad de los materiales y equipos y, en general de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de forma segura.

2. Instalaciones de suministro y reparto de energía

- a) La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa vigente. (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).
En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de éste.
- b) Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- c) El proyecto, la realización y la elección de material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

3. Vías y salidas de emergencia

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán de poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

En todos los centros de trabajo se dispondrá de medios de iluminación de emergencia adecuados a las dimensiones de los locales y número de trabajadores ocupados simultáneamente, capaz de mantener al menos durante una hora, una intensidad de 5 lux, y su fuente de energía será independientemente del sistema normal de iluminación.

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.

Todas las puertas exteriores, ventanas practicables y pasillos de salida estarán claramente rotulados con señales indebles y preferentemente iluminadas o fluorescentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dichas señales deberán fijarse en los lugares adecuados y tener resistencia suficiente.

Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de evacuación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas bajo ningún concepto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en ningún momento.

4. Detección y lucha contraincendios

- a) Según las características de la obra y según las dimensiones y el uso de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales que se hallen presentes, así como el número máximo de personas que puedan hallarse en ellos se deberá prever un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y, si fuere necesario, de detectores de incendios y de sistemas de alarma.
- b) Dichos dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma deberán verificarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse, a intervalos regulares, pruebas y ejercicios adecuados.
- c) Los dispositivos no automáticos de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación. Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

5. Ventilación

Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y los trabajadores no deberán estar expuestos a corrientes de aire que perjudiquen su salud. Siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores, deberá haber un sistema de control que indique cualquier avería.

6. Exposición a riesgos particulares

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos. (gases, vapores, polvo, etc.).

En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberá adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.

En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

7. Temperatura

La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.

8. Iluminación

Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoque. El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.

Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.

Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de la avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

9. Puertas y portones

- a) Las puertas correderas deberán ir provistas de un sistema de seguridad que les impida salirse de los raíles y caerse.
- b) Las puertas y portones que se abran hacia arriba deberán ir provistos de un sistema de seguridad que les impida volver a bajarse.
- c) Las puertas y portones situados en el recorrido de las vías de emergencia deberán estar señalizados de manera adecuada.
- d) En las proximidades inmediatas de los portones destinados sobre todo a la circulación de vehículos deberán existir puertas para la circulación de los peatones., salvo en caso de que el paso sea seguro para éstos. Dichas puertas deberán estar señalizadas de manera claramente visible y permanecer expeditas en todo momento.
- e) Las puertas y portones mecánicos deberán funcionar sin riesgo de accidente para los trabajadores. Deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso y también deberán poder abrirse manualmente excepto si en caso de producirse una avería en el sistema de energía se abren automáticamente.

10. Vías de circulación y zonas peligrosas

- a) Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escaleras fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda la seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.
- b) Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto.
Se señalarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.
- c) Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.
- d) Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visibles.

11. Muelles y rampas de descarga

- a) Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.
- b) Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

12. Espacio de trabajo

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

13. Primeros auxilios

- a) Será de responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, a los trabajadores afectados o accidentados por una indisposición repentina.
- b) Cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad lo requieran, deberán contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.
- c) Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas. Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- d) En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.
- e) Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

14. Servicios higiénicos

- a) Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados.
Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

- b) Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente.
Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.
Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuere necesario, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.
Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre unos y otros deberá ser fácil.
- c) Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un número suficiente de retretes y de lavabos.
- d) Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

15. Locales de descanso o de alojamiento

- a) Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.
- b) Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.
- c) Cuando no existan este tipo de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas durante la interrupción del trabajo.
- d) Cuando existan locales de alojamiento fijos, deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento.

Dichos locales deberán estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores, y se deberá tener en cuenta, en su caso, para su asignación, la presencia de trabajadores de ambos sexos.

- e) En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.

16. Mujeres embarazadas y madres lactantes

Las mujeres embarazadas y las madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.

17. Trabajos de minusválidos

Los lugares de trabajo deberán estar acondicionados teniendo en cuenta, en su caso a los trabajadores minusválidos. Esta disposición se aplicará en particular a las puertas, vías de circulación, escaleras, duchas, lavabos, retretes y lugares de trabajo utilizados u ocupados directamente por trabajadores minusválidos.

18. Disposiciones varias

- a) El perímetro y los accesos de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.
- b) En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.
- c) Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso, para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

5.2.2. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de locales

Ámbito de aplicación de la parte B

Las obligaciones previstas en la presente se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

1. Estabilidad y solidez

Los locales deberán poseer la estructura y la estabilidad apropiadas a su tipo de utilización.

2. Puertas de emergencia

- a) Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de tal forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.
- b) Estarán prohibidas como puertas de emergencia las puertas correderas y las puertas giratorias.

3. Ventilación

- a) En caso de que se utilicen instalaciones de aire acondicionado o de ventilación mecánica, éstas deberán funcionar de tal manera que los trabajadores no estén expuestos a corrientes de aire molestas.
- b) Deberá eliminarse con rapidez todo depósito de cualquier tipo de suciedad que pudiera entrañar un riesgo inmediato para la salud de los trabajadores por contaminación del aire que respiran.

4. Temperatura

- a) La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.
- b) Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberán permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.

5. Suelos, paredes y techos de los locales

- a) Los suelos de los locales deberán estar libres de protuberancias, agujeros o planos inclinados peligrosos, y ser fijos, estables y no resbaladizos.
- b) Las superficies de los suelos, las paredes y los techos de los locales se deberán poder limpiar y enlucir para lograr condiciones de higiene adecuadas.
- c) Los tabiques transparentes o translúcidos y, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vías de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros

o bien estar separados de dichos puestos y vías, para evitar que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura de dichos tabiques.

6. Ventanas y vanos de ventilación cenital

- a) Las ventanas, vanos de iluminación cenital y dispositivos de ventilación deberán poder abrirse, cerrarse, ajustarse y fijarse por los trabajadores de manera segura. Cuando estén abiertos, no deberán quedar en posiciones que constituyan un peligro para los trabajadores.
- b) Las ventanas y vanos de iluminación cenital deberán proyectarse integrando los sistemas de limpieza o deberán llevar dispositivos que permitan limpiarlos sin riesgo para los trabajadores que efectúen este trabajo ni para los demás trabajadores que se hallen presentes.

7. Puertas y portones

- a) La posición, el número, los materiales de fabricación y las dimensiones de las puertas y portones se determinarán según el carácter y el uso de los locales.
- b) Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista.
- c) Las puertas y los portones que se cierren solos deberán ser transparentes o tener paneles transparentes.
- d) Las superficies transparentes o translúcidas de las puertas o portones que no sean de materiales seguros deberán protegerse contra la rotura cuando ésta pueda suponer un peligro para los trabajadores.

8. Vías de circulación

Para garantizar la protección de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente marcado en la medida en que lo exijan la utilización y las instalaciones de los locales.

9. Escaleras mecánicas y cintas rodantes

Las escaleras mecánicas y las cintas rodantes deberán funcionar de manera segura y disponer de todos los dispositivos de seguridad necesarios. En particular deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso.

10. Dimensiones y volumen de aire

Los locales deberán tener una superficie y una altura que permita que los trabajadores lleven a cabo su trabajo sin riesgos para su seguridad, su salud o bienestar.

5.2.3. Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales

Ámbito de aplicación de la parte C

La presente parte será de aplicación siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

1. Estabilidad y solidez

- a) Los puestos de trabajo y las plataformas de trabajo, móviles o fijos, situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:
- El número de trabajadores que los ocupe.
 - Las cargas máximas, fijas o móviles, que puedan tener que soportar, así como su distribución.
 - Los factores externos que pudieran afectarles.

En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberá garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.

- b) Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.

2. Caídas de objetos

- Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales; para ello se utilizarán, siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.
- Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.
- Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

3. Caídas de altura

- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caídas de altura superior a 2 m de altura, se protegerán mediante barandillas, redes u

otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente, en todos sus bordes o huecos, ni siquiera en el primer forjado cuando se vayan a montar horcas y redes cada 2 alturas.

- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.

4. Factores atmosféricos

Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

5. Andamios y escaleras

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
- Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona competente:
 1. Antes de su puesta en servicio.
 2. A intervalos regulares en lo sucesivo.
 3. Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
- Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.
- Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

6. Aparatos elevadores

- Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en las obras, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

- En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los aparatos elevadores, y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Los aparatos elevadores y los accesorios de izado, incluidos sus elementos constitutivos, sus elementos de fijación, anclajes y soportes, deberán:
 1. Ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que estén destinados.
 2. Instalarse y utilizarse correctamente.
 3. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 4. Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.
- En los aparatos elevadores y en los accesorios de izado se deberá colocar, de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.
- Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquellos a los que estén destinados.
-

7. Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales

- Los vehículos y maquinaria para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimientos de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 1. Estar bien proyectadas y construidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 2. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 3. Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales.
- Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger al conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.

8. Instalaciones, máquinas y equipos

- Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquinas y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
 1. Estar bien proyectados y construidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 2. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 3. Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
 4. Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.
- Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

9. Movimientos de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles

- Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.
- En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:
 1. Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entubación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.
 2. Para prevenir la irrupción accidental de agua, mediante los sistemas o medidas adecuados.
 3. Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.
 4. Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o la caída de materiales.
- Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.
- Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas, en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

10. Instalaciones de distribución de energía

- Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.

- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.
- Cuando existan líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizarán una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

11. Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricada pesadas

- Las estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
- Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidos.
- Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad o inestabilidad temporal de la obra.

12. Otros trabajos específicos

- Los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán realizarse adoptando las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.
- En los trabajos en tejados deberán adoptarse las medidas de protección colectiva que sean necesarias en atención a la altura inclinación o posible carácter o estando resbaladizo, para evitar la caída de trabajadores, herramientas o materiales. Asimismo, cuando haya que trabajar sobre o cerca de superficies frágiles, se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para evitar que los trabajadores las pisen inadvertidamente o caigan a través suyo.
- Los trabajos con explosivos, así como los trabajos en cajones de aire comprimido se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica.
- Las ataguías deberán estar bien construidas, con materiales apropiados y sólidos, con una resistencia suficiente y provistas de un equipamiento adecuado para que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de irrupción de agua y de materiales. La construcción, el montaje, la transformación o el desmontaje de una ataguía deberá realizarse únicamente bajo la vigilancia de una persona competente. Asimismo, las ataguías deberán ser inspeccionadas por una persona competente a intervalos regulares.

6. Mediciones y presupuestos en materia de Seguridad y Salud

A continuación, se muestra el presupuesto donde se detallan los gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Estudio de Seguridad y Salud

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
04.01	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar.....	5.488,47	5,27
04.02	Protecciones colectivas	53.883,00	51,70
04.03	Protecciones individuales	8.020,50	7,70
04.04	Medicina preventiva y primeros auxilios	3.456,40	3,32
04.05	Formación y reuniones de obligado cumplimiento	33.376,50	32,02
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	104.224,87	
	13,00 % Gastos generales	13.549,23	
	6,00 % Beneficio industrial	6.253,49	
	Suma	19.802,72	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IGIC	124.027,59	
	7% IGIC.....	8.681,93	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	132.709,52	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA Y DOS MIL SETECIENTOS NUEVE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS

, septiembre de 2020.

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.01	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar				
04.01.01	Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra	u			
mt50ica010c	Acometida provisional de fontanería a caseta prefabricada de obra.	1,000 u	122,96	122,96	
%0200	Costes directos complementarios	1,230 %	2,00	2,46	
	TOTAL PARTIDA.....				125,42
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICINCO EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS				
04.01.02	Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra	u			
mt50ica010b	Acometida provisional de saneamiento a caseta prefabricada de obra.	1,000 u	495,84	495,84	
%0200	Costes directos complementarios	4,958 %	2,00	9,92	
	TOTAL PARTIDA.....				505,76
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS CINCO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS				
04.01.03	Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra	u			
mt50ica010a	Acometida provisional eléctrica a caseta prefabricada de obra.	1,000 u	210,24	210,24	
%0200	Costes directos complementarios	2,102 %	2,00	4,20	
	TOTAL PARTIDA.....				214,44
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CATORCE EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS				
04.01.04	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra	u			
mt50cas010d	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²)	1,000 u	192,60	192,60	
%0200	Costes directos complementarios	1,926 %	2,00	3,85	
	TOTAL PARTIDA.....				196,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS				
04.01.05	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra	u			
mt50cas050a	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 4,20x2,33x2,30 (9,80) m ²	1,000 u	120,60	120,60	
%0200	Costes directos complementarios	1,206 %	2,00	2,41	
	TOTAL PARTIDA.....				123,01
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTITRÉS EUROS con UN CÉNTIMOS				
04.01.06	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra	u			
mt50cas040	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra, de 7,87x2,33x2,30 (18,40) m ²	1,000 u	219,97	219,97	
%0200	Costes directos complementarios	2,200 %	2,00	4,40	
	TOTAL PARTIDA.....				224,37
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTICUATRO EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS				
04.01.07	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de los materiales	u			
mt50cas020b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales	1,000 u	102,91	102,91	
%0200	Costes directos complementarios	1,029 %	2,00	2,06	
	TOTAL PARTIDA.....				104,97
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUATRO EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS				
04.01.08	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra	u			
mt50cas030b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m ²)	1,000 u	147,85	147,85	
%0200	Costes directos complementarios	1,479 %	2,00	2,96	
	TOTAL PARTIDA.....				150,81
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS				
04.01.09	Accesorios en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos	u			
mt50mca050	Taquilla metálica individual con llave para ropa y calzado.	6,600 u	90,70	598,62	
mt50mca010a	Percha para vestuarios y/o aseos.	20,000 u	7,79	155,80	
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u	107,10	214,20	
mt50mca010b	Espejo para vestuarios y/o aseos.	10,000 u	14,28	142,80	
mt50mca020a	Portarrollos industrial de acero inoxidable.	3,300 u	31,73	104,71	
mt50mca020b	Jabonera industrial de acero inoxidable.	3,300 u	30,34	100,12	
mt50mca030	Secamanos eléctrico.	0,660 u	99,17	65,45	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	6,500 h	17,67	114,86	
%0200	Costes directos complementarios	14,966 %	2,00	29,93	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TOTAL PARTIDA					1.526,49
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS VEINTISÉIS EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					
04.01.10	Accesorios en local o caseta de obra para comedor	u			
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u	107,10	214,20	
mt50mca080	Mesa de melamina para 10 personas.	0,500 u	210,24	105,12	
mt50mca090	Horno microondas de 18 l y 800 W.	0,400 u	239,02	95,61	
mt50mca100	Nevera eléctrica.	0,400 u	393,42	157,37	
mt50mca060	Depósito de basuras de 800 l.	0,500 u	211,07	105,54	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,450 h	17,67	25,62	
%0200	Costes directos complementarios	7,035 %	2,00	14,07	
TOTAL PARTIDA.....					717,53
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS DIECISIETE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS					
04.02	Protecciones colectivas				
04.02.01	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, 21A-144B-C, con 6 kg	u			
mt41ixi010a	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, 21A-144B-C, 6 kg	0,333 u	41,83	13,93	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,157 %	2,00	0,31	
TOTAL PARTIDA.....					16,01
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISÉIS EUROS con UN CÉNTIMOS					
04.02.02	Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral	m			
mt50vbe010dbk	Valla peatonal de hierro, de 1,10x2,50 m, color amarillo, con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo	0,020 u	42,00	0,84	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,026 %	2,00	0,05	
TOTAL PARTIDA.....					2,66
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
04.02.03	Protección de paso peatonal sobre zanjas abiertas mediante pasarela de acero	u			
mt50spm020lbs	Pasarela peatonal de acero, de 1,5 m de longitud para anchura máxima de zanja de 0,9 m	0,050 u	314,40	15,72	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,175 %	2,00	0,35	
TOTAL PARTIDA.....					17,84
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
04.02.04	Protección de paso de vehículos sobre zanjas abiertas en calzada	m²			
mt50spm050a	Chapa de acero de 10 mm de espesor, para protección de zanjas, pozos o huecos horizontales.	0,007 m ²	56,40	0,39	
mt50spm055a	Manta antirroca, de fibras sintéticas, de 6 mm de espesor, peso 900 g/m ² .	0,170 m ²	3,36	0,57	
mt09pce030	Cemento rápido CNR4 según UNE 80309, en sacos.	0,840 kg	0,14	0,12	
mq04cag010a	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,010 h	49,45	0,49	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,033 %	2,00	0,07	
TOTAL PARTIDA.....					3,41
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS					
04.02.05	Red de protección de poliamida de alta tenacidad, color blanco, de 80x80 mm de paso	m²			
mt50sph040c	Red horizontal de protección, para pequeños huecos de forjado, de malla de poliamida de alta tenacidad	1,080 m ²	1,62	1,75	
mt50spr020a	Gancho metálico, D=12 mm, para montaje de red horizontal.	3,180 u	1,26	4,01	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,100 h	18,89	1,89	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,094 %	2,00	0,19	
TOTAL PARTIDA.....					9,61
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS					
04.02.06	Protección de extremo de armadura de 12 a 32 mm de diámetro	u			
mt50spr045	Tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, para protección de los extremos de las armaduras.	0,100 u	0,10	0,01	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,010 h	17,67	0,18	
%0200	Costes directos complementarios	0,002 %	2,00	0,00	
TOTAL PARTIDA.....					0,19
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS					
04.02.07	Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad	m			

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
mt50spr015	Red vertical de protección, de poliamida de alta tenacidad, de color blanco	3,500 m ²	1,56	5,46	
mt50spr170a	Cuerda de unión UNE-EN 1263-1 N de polipropileno de alta tenacidad	0,210 m	0,17	0,04	
mt50spr050	Lona de polietileno de alta densidad, con tratamiento ultravioleta, color verde, 60% de porcentaje de cortaviento	0,300 m ²	0,52	0,16	
mt50spr140d	Anclaje expansivo de 8x60 mm, de acero galvanizado en caliente.	2,300 u	0,70	1,61	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,100 h	18,89	1,89	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,109 %	2,00	0,22	

TOTAL PARTIDA..... 11,15

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.08	Línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas	u			
mt50spl110	Anclaje terminal de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u	11,76	11,76	
mt50spl105a	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	6,000 u	4,75	28,50	
mt50spl100	Anclaje terminal con amortiguador, de acero inoxidable AISI 316, acabado brillante.	1,000 u	102,96	102,96	
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	4,000 u	5,76	23,04	
mt50spl120	Anclaje intermedio de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u	30,60	30,60	
mt50spl130	Cable flexible de acero galvanizado, de 10 mm de diámetro	10,500 m	2,10	22,05	
mt50spl040	Tensor de caja abierta, con ojo en un extremo y horquilla en el extremo opuesto.	1,000 u	79,20	79,20	
mt50spl050	Conjunto de un sujetacables y un terminal manual, de acero inoxidable.	1,000 u	30,00	30,00	
mt50spl080	Protector para cabo, de PVC, color amarillo.	1,000 u	4,80	4,80	
mt50spl060	Placa de señalización de la línea de anclaje.	1,000 u	14,88	14,88	
mt50spl070	Conjunto de dos precintos de seguridad.	1,000 u	18,00	18,00	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,640 h	18,89	12,09	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,960 h	17,67	16,96	
%0200	Costes directos complementarios	3,948 %	2,00	7,90	

TOTAL PARTIDA..... 402,74

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS DOS EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.09	Suministro, colocación y desmontaje de línea de anclaje vertical temporal, de cable de acero, u con dispositivo anticaídas				
mt50spl305	Placa de anclaje de acero galvanizado, para fijación mecánica a paramento.	2,000 u	28,20	56,40	
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	8,000 u	5,76	46,08	
mt50spl400b	Línea de anclaje flexible, formada por 1 dispositivo anticaídas deslizante, EPI de categoría III	0,330 u	329,21	108,64	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,400 h	18,89	7,56	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,200 h	17,67	21,20	
%0200	Costes directos complementarios	2,399 %	2,00	4,80	

TOTAL PARTIDA..... 244,68

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.10	Foco portátil de 500 W de potencia, para interior	u			
mt50spe015a	Foco portátil de 500 W de potencia, para interior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u	21,60	7,19	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,090 %	2,00	0,18	

TOTAL PARTIDA..... 9,14

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.11	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior	u			
mt50spe015b	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u	64,80	21,58	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,234 %	2,00	0,47	

TOTAL PARTIDA..... 23,82

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRÉS EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.12	Toma de tierra independiente para instalación provisional de obra	u			
mt35tte010b	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u	18,00	18,00	
mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	0,250 m	2,81	0,70	
mt35tta040	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u	1,00	1,00	
mt35tta010	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u	74,00	74,00	
mt35tta030	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u	46,00	46,00	
mt35tta060	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de	0,333 u	3,50	1,17	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
mt35www020	puestas a tierra. Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u	1,15	1,15	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,250 h	18,89	4,72	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,251 h	17,67	4,44	
%0200	Costes directos complementarios	1,512 %	2,00	3,02	
TOTAL PARTIDA.....					154,20
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS					
04.02.13	Vallado provisional de solar, de 2 m de altura	m			
mt13ccg100b	Chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta	0,200 m ²	5,75	1,15	
mt50spv040f	Perfil de acero UNE-EN 10210-1 S275JR, hueco, de sección cuadrada de 60x60x1,5 mm.	0,980 m	7,39	7,24	
mt10hmf010Mp	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	0,088 m ³	69,13	6,08	
mt50spd078	Anclaje mecánico con tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela y junta de goma.	2,000 u	0,95	1,90	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,500 h	18,89	9,45	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,500 h	17,67	8,84	
%0200	Costes directos complementarios	0,347 %	2,00	0,69	
TOTAL PARTIDA.....					35,35
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS					
04.02.14	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad	u			
mt50bal050a	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad, de 1,20x0,60x0,40 m	0,050 u	150,00	7,50	
mt08aaa010a	Agua.	0,080 m ³	1,50	0,12	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,050 h	18,89	0,94	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,600 h	17,67	10,60	
%0200	Costes directos complementarios	0,192 %	2,00	0,38	
TOTAL PARTIDA.....					19,54
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
04.02.15	Cinta para balizamiento, de material plástico	m			
mt50bal010a	Cinta para balizamiento, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor	1,100 m	0,12	0,13	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,065 h	17,67	1,15	
%0200	Costes directos complementarios	0,013 %	2,00	0,03	
TOTAL PARTIDA.....					1,31
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS					
04.02.16	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar	u			
mt50bal040b	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar, con lámpara Led y enganche metálico para soporte.	0,100 u	21,00	2,10	
mt50bal041a	Pila de 6V tipo 4R25 estándar.	2,000 u	5,40	10,80	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,147 %	2,00	0,29	
TOTAL PARTIDA.....					14,96
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
04.02.17	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado	u			
mt50les020a	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación.	0,333 u	12,90	4,30	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	6,000 u	0,03	0,18	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h	17,67	3,53	
%0200	Costes directos complementarios	0,080 %	2,00	0,16	
TOTAL PARTIDA.....					8,17
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS					
04.02.18	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado	u			
mt50les030nb	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm	0,333 u	3,66	1,22	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
TOTAL PARTIDA.....					4,07
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con SIETE CÉNTIMOS					
04.02.19	Señal de obligación, de PVC serigrafiado	u			
mt50les030vb	Señal de obligación, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm	0,333 u	3,66	1,22	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
TOTAL PARTIDA.....					4,07
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con SIETE CÉNTIMOS					
04.02.20	Señal de extinción, de PVC serigrafiado	u			
mt50les030Dc	Señal de extinción, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm	0,333 u	4,98	1,66	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %	2,00	0,09	
TOTAL PARTIDA.....					4,52
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS					
04.02.21	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado	u			
mt50les030Lc	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm	0,333 u	4,98	1,66	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %	2,00	0,09	
TOTAL PARTIDA.....					4,52
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS					
04.03	Protecciones individuales				
04.03.01	Sistema anticaídas	u			
mt50epd010d	Conector básico (clase B), EPI de categoría III	0,250 u	18,09	4,52	
mt50epd011d	Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible, EPI de categoría III	0,250 u	102,43	25,61	
mt50epd012ad	Cuerda de fibra como elemento de amarre, de longitud fija, EPI de categoría III	0,250 u	76,57	19,14	
mt50epd013d	Absorbedor de energía, EPI de categoría III	0,250 u	109,27	27,32	
mt50epd014d	Arnés anticaídas, con un punto de amarre, EPI de categoría III	0,250 u	34,00	8,50	
%0200	Costes directos complementarios	0,851 %	2,00	1,70	
TOTAL PARTIDA.....					86,79
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					
04.03.02	Casco de protección, destinado a proteger al usuario contra la caída de objetos	u			
mt50epc020j	Casco de protección, EPI de categoría II	0,100 u	2,77	0,28	
%0200	Costes directos complementarios	0,003 %	2,00	0,01	
TOTAL PARTIDA.....					0,29
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con VEINTINUEVE CÉNTIMOS					
04.03.03	Par de botas de media caña de seguridad	u			
mt50epp010pbw	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a impacto	0,500 u	53,21	26,61	
%0200	Costes directos complementarios	0,266 %	2,00	0,53	
TOTAL PARTIDA.....					27,14
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS					
04.03.04	Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma	u			
mt50epm010cd	Par de guantes contra riesgos mecánicos, EPI de categoría II	0,250 u	16,03	4,01	
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
TOTAL PARTIDA.....					4,09
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS					
04.03.05	Cinturón con bolsa de varios compartimentos para herramientas	u			
mt50epu040j	Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II	0,100 u	28,85	2,89	
%0200	Costes directos complementarios	0,029 %	2,00	0,06	
TOTAL PARTIDA.....					2,95
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
04.03.06	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante	u			
mt50epu030hce	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante, EPI de categoría II	0,200 u	27,47	5,49	
%0200	Costes directos complementarios	0,055 %	2,00	0,11	
TOTAL PARTIDA.....					5,60
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS					
04.03.07	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión	u			
mt50epu031e	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, EPI de categoría III	0,200 u	144,34	28,87	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,289 %	2,00	0,58	
TOTAL PARTIDA.....					29,45
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
04.03.08	Juego de orejeras, estándar				
mt50epo010dj	Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 30 dB, EPI de categoría II	0,100 u	44,88	4,49	
%0200	Costes directos complementarios	0,045 %	2,00	0,09	
TOTAL PARTIDA.....					4,58
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
04.03.09	Juego de tapones desechables, moldeables				
mt50epo020aa	Juego de tapones desechables, moldeables, con atenuación acústica de 31 dB, EPI de categoría II	1,000 u	0,02	0,02	
TOTAL PARTIDA.....					0,02
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con DOS CÉNTIMOS					
04.03.10	Mono de protección				
mt50epu005e	Mono de protección, EPI de categoría I	0,200 u	46,56	9,31	
%0200	Costes directos complementarios	0,093 %	2,00	0,19	
TOTAL PARTIDA.....					9,50
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS					
04.03.11	Gafas de protección con montura universal				
mt50epj010ace	Gafas de protección con montura universal, EPI de categoría II	0,200 u	15,52	3,10	
%0200	Costes directos complementarios	0,031 %	2,00	0,06	
TOTAL PARTIDA.....					3,16
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con DIECISÉIS CÉNTIMOS					
04.03.12	Pantalla de protección facial				
mt50epj010aie	Pantalla de protección facial, EPI de categoría II	0,200 u	24,02	4,80	
%0200	Costes directos complementarios	0,048 %	2,00	0,10	
TOTAL PARTIDA.....					4,90
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS					
04.03.13	Mascarilla autofiltrante contra partículas				
mt50epv020ba	Mascarilla autofiltrante contra partículas, FFP1, EPI de categoría III	1,000 u	2,15	2,15	
%0200	Costes directos complementarios	0,022 %	2,00	0,04	
TOTAL PARTIDA.....					2,19
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS					
04.03.14	Pantalla de protección facial, para soldadores				
mt50epj010pke	Pantalla de protección facial, con fijación en la cabeza y con filtros de soldadura, EPI de categoría II	0,200 u	29,10	5,82	
%0200	Costes directos complementarios	0,058 %	2,00	0,12	
TOTAL PARTIDA.....					5,94
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
04.03.15	Mono de protección para trabajos de soldeo				
mt50epu010ac	Mono de protección para trabajos de soldeo, sometidos a una temperatura ambiente hasta 100°C, EPI de categoría II	0,330 u	99,41	32,81	
%0200	Costes directos complementarios	0,328 %	2,00	0,66	
TOTAL PARTIDA.....					33,47
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS					
04.03.16	Par de manguitos para soldador				
mt50epm030d	Par de manguitos al hombro de serraje grado A para soldador, EPI de categoría II	0,250 u	16,30	4,08	
%0200	Costes directos complementarios	0,041 %	2,00	0,08	
TOTAL PARTIDA.....					4,16
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con DIECISÉIS CÉNTIMOS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estudio de Seguridad y Salud

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.04 Medicina preventiva y primeros auxilios					
04.04.01	Botiquín de urgencia para caseta de obra	u			
mt50eca010	Botiquín de urgencia provisto del material necesario	1,000 u	115,39	115,39	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h	17,67	3,53	
%0200	Costes directos complementarios	1,189 %	2,00	2,38	
TOTAL PARTIDA.....					121,30
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTIÚN EUROS con TREINTA CÉNTIMOS					
04.04.02	Reposición del botiquín de urgencia	u			
mt50eca011b	Bolsa para hielo, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	3,66	3,66	
mt50eca011e	Apósitos adhesivos, en caja de 120 unidades, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	6,60	6,60	
mt50eca011f	Algodón hidrófilo, en paquete de 100 g, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,08	1,08	
mt50eca011g	Esparadrapo, en rollo de 5 cm de ancho y 5 m de longitud, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	4,50	4,50	
mt50eca011i	Analgésico de ácido acetilsalicílico, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,50	1,50	
mt50eca011j	Analgésico de paracetamol, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,68	1,68	
mt50eca011l	Botella de agua oxigenada, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	2,04	2,04	
mt50eca011m	Botella de alcohol de 96°, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,62	1,62	
mt50eca011n	Frasco de tintura de yodo, de 100 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	2,94	2,94	
%0200	Costes directos complementarios	0,256 %	2,00	0,51	
TOTAL PARTIDA.....					26,13
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISÉIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS					
04.04.03	Camilla portátil para evacuaciones, colocada en caseta de obra	u			
mt50eca020	Camilla portátil para evacuaciones.	0,250 u	170,57	42,64	
%0200	Costes directos complementarios	0,426 %	2,00	0,85	
TOTAL PARTIDA.....					43,49
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					
04.04.04	Reconocimiento médico obligatorio anual al trabajador	u			
mt50man010	Reconocimiento médico obligatorio anual al trabajador.	1,000 u	122,64	122,64	
%0200	Costes directos complementarios	1,226 %	2,00	2,45	
TOTAL PARTIDA.....					125,09
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICINCO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS					
04.05 Formación y reuniones de obligado cumplimiento					
04.05.01	Reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión de dos horas	u			
mt50mas010	Coste de la reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.	1,000 u	132,89	132,89	
%0200	Costes directos complementarios	1,329 %	2,00	2,66	
TOTAL PARTIDA.....					135,55
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
04.05.02	Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado	u			
mt50mas020	Coste de la hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por técnico cualificado.	1,000 u	94,66	94,66	
%0200	Costes directos complementarios	0,947 %	2,00	1,89	
TOTAL PARTIDA.....					96,55
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
04.05.03	Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.	u			
Sin descomposición					
TOTAL PARTIDA.....					500,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS EUROS					



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Planos

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

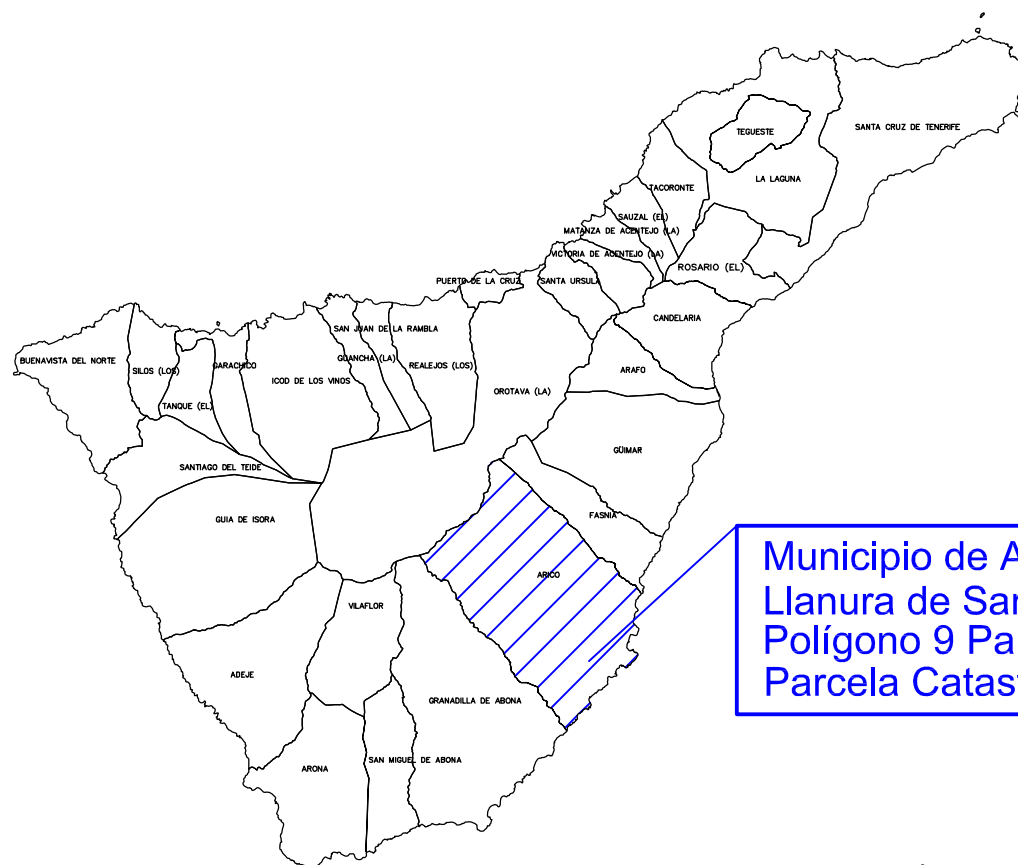
Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020



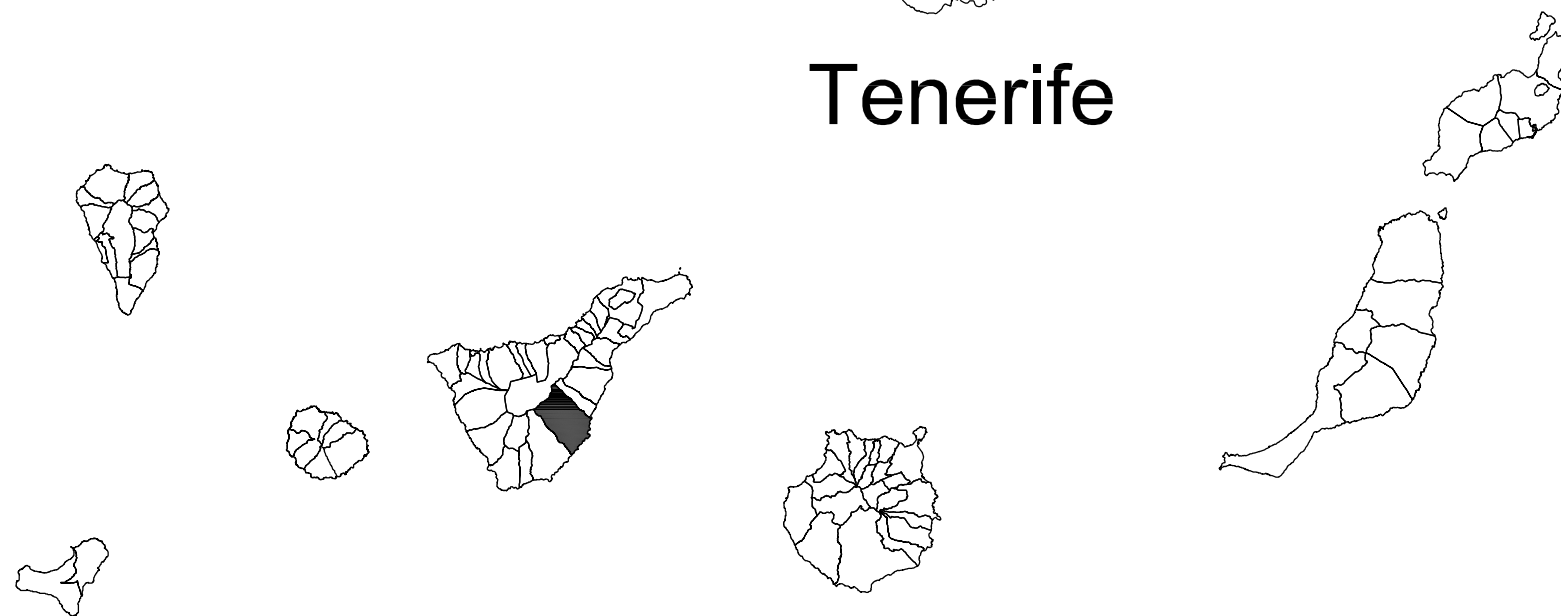
Índice

- 1.00 – Situación
- 2.00 – Emplazamiento
- 3.01 – Áreas de sensibilidad eólica de los aerogeneradores
- 3.02 – Área de sensibilidad eólica del parque eólico
- 4.01 – Zapata de los aerogeneradores
- 4.02 – Armadura de las zapatas de los aerogeneradores
- 5.00 – Esquema unifilar: Baja Tensión
- 6.01 – Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de los aerogeneradores
- 6.02 – Trazado de la línea de Media Tensión
- 6.03 – Sección de la Zanja de la línea de Media Tensión
- 6.04 – Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de la subestación
- 7.00 – Esquema unifilar: Parque eólico
- 8.01 – Instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores
- 8.02 – Instalación de puesta a tierra de la subestación
- 8.03 – Instalación de puesta a tierra del parque eólico
- 9.01 – Equipos de Protección Individual 1
- 9.02 – Equipos de Protección Individual 2
- 9.03 – Elementos de Protección Colectiva 1
- 9.04 – Elementos de Protección Colectiva 2
- 9.05 – Elementos de Protección Colectiva 3
- 9.06 – Elementos de Protección Colectiva 4
- 9.07 – Elementos de Protección Colectiva 5
- 9.08 – Elementos de Protección Colectiva 6
- 9.09 – Elementos de Protección Colectiva 7
- 9.10 – Elementos de Protección Colectiva 8
- 9.11 – Elementos de Protección Colectiva 9
- 9.12 – Instalaciones de Higiene y Bienestar 1
- 9.13 – Instalaciones de Higiene y Bienestar 2




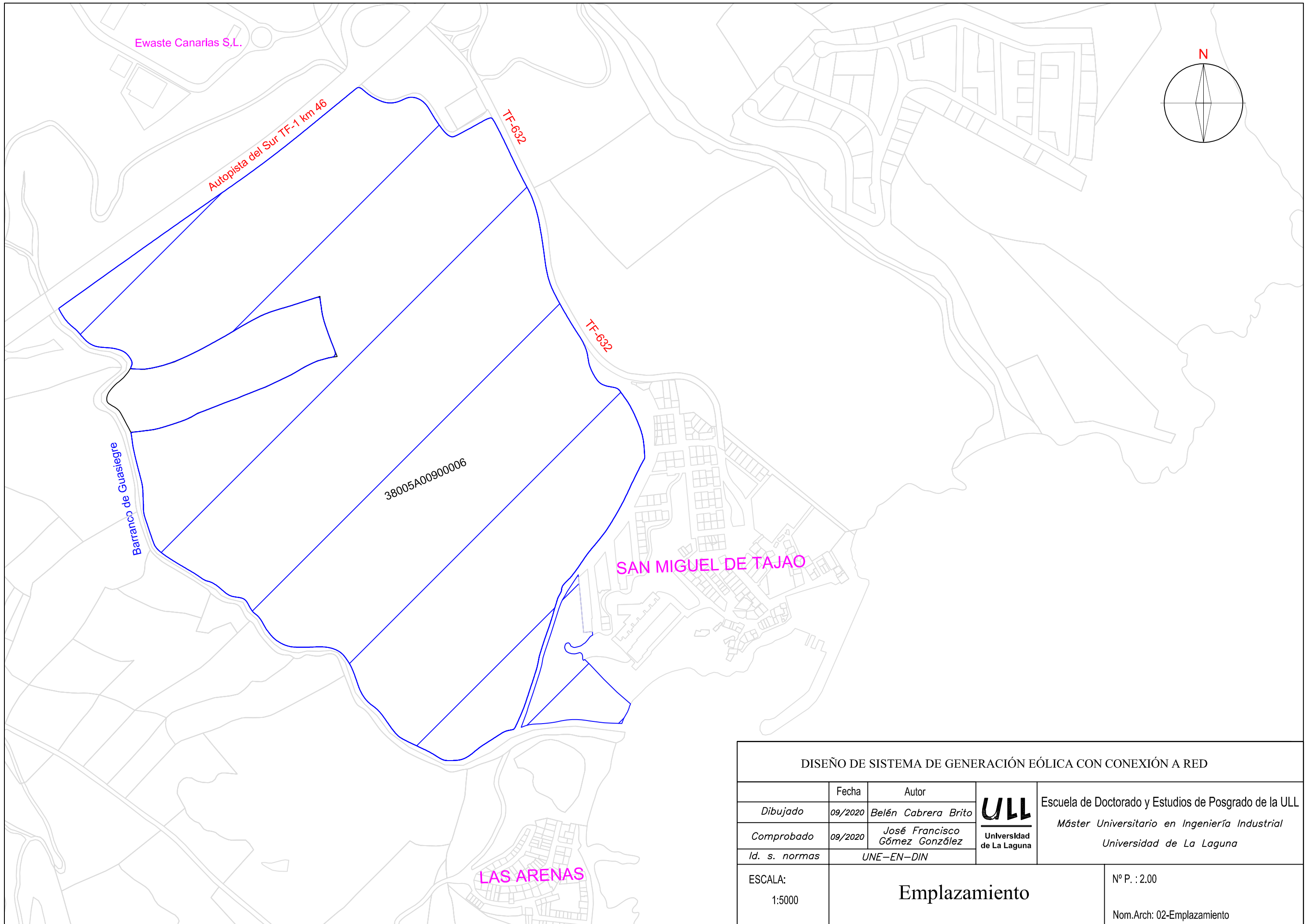
Municipio de Arico
 Llanura de Santiago
 Polígono 9 Parcela 6
 Parcela Catastral: 38005A009000050000SL

Tenerife



Islas Canarias

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
<i>Dibujado</i>	09/2020	Belén Cabrera Brito	
<i>Comprobado</i>	09/2020	José Francisco Gómez González	
<i>Id. s. normas</i>	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Situación		Nº P. : 1.00 Nom.Arch: 01-Situación



Ewaste Canarias S.L.

Autopista del Sur TF-1 km 46

TF-632

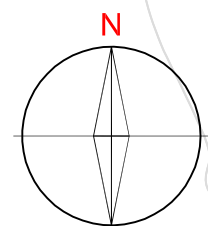
TF-632


Barranco de Guasiegte

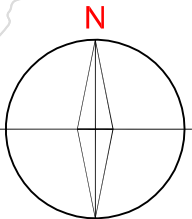
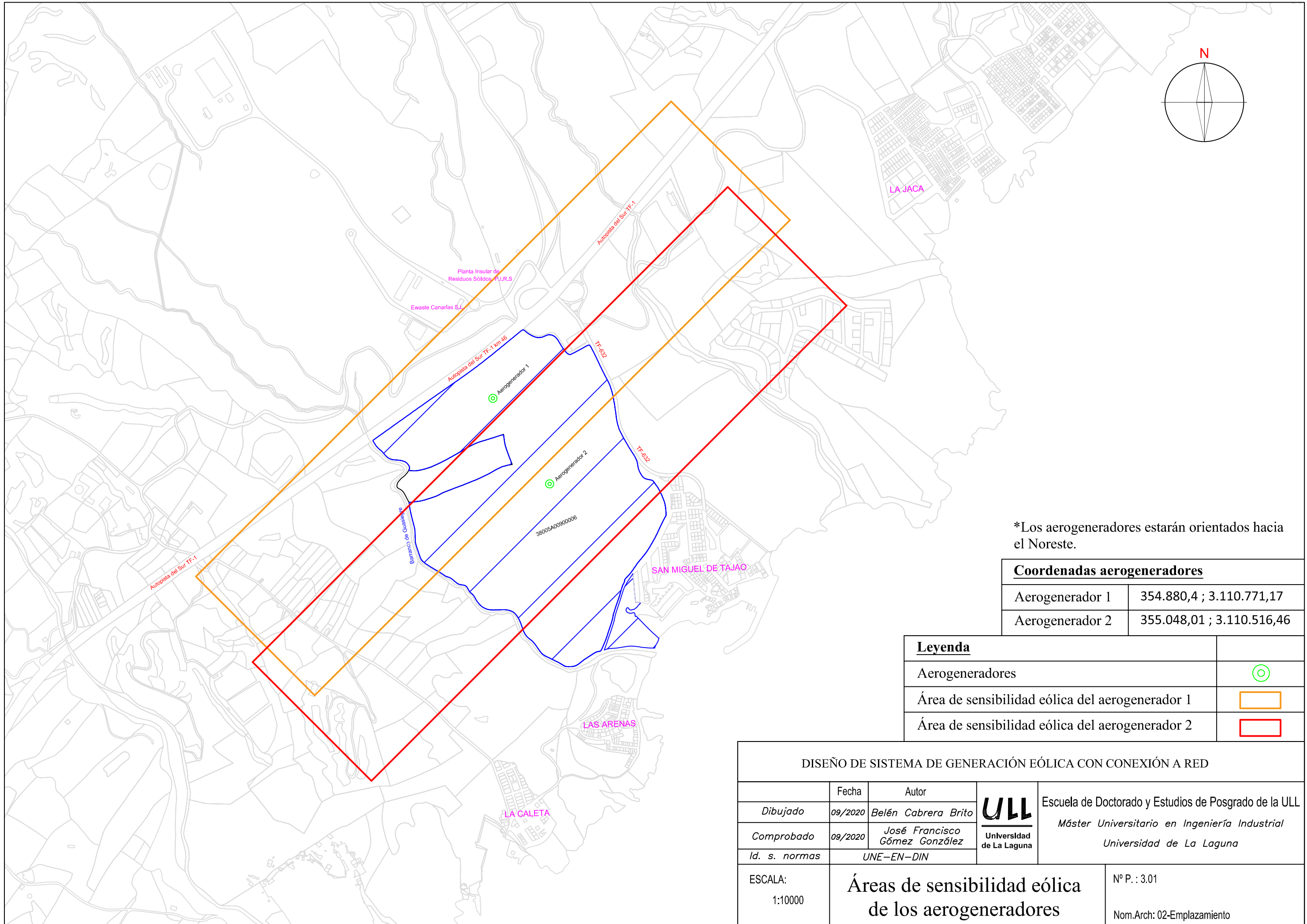
38005A00900006

SAN MIGUEL DE TAJAO

LAS ARENAS



DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:5000	Emplazamiento		Nº P. : 2.00 Nom.Arch: 02-Emplazamiento

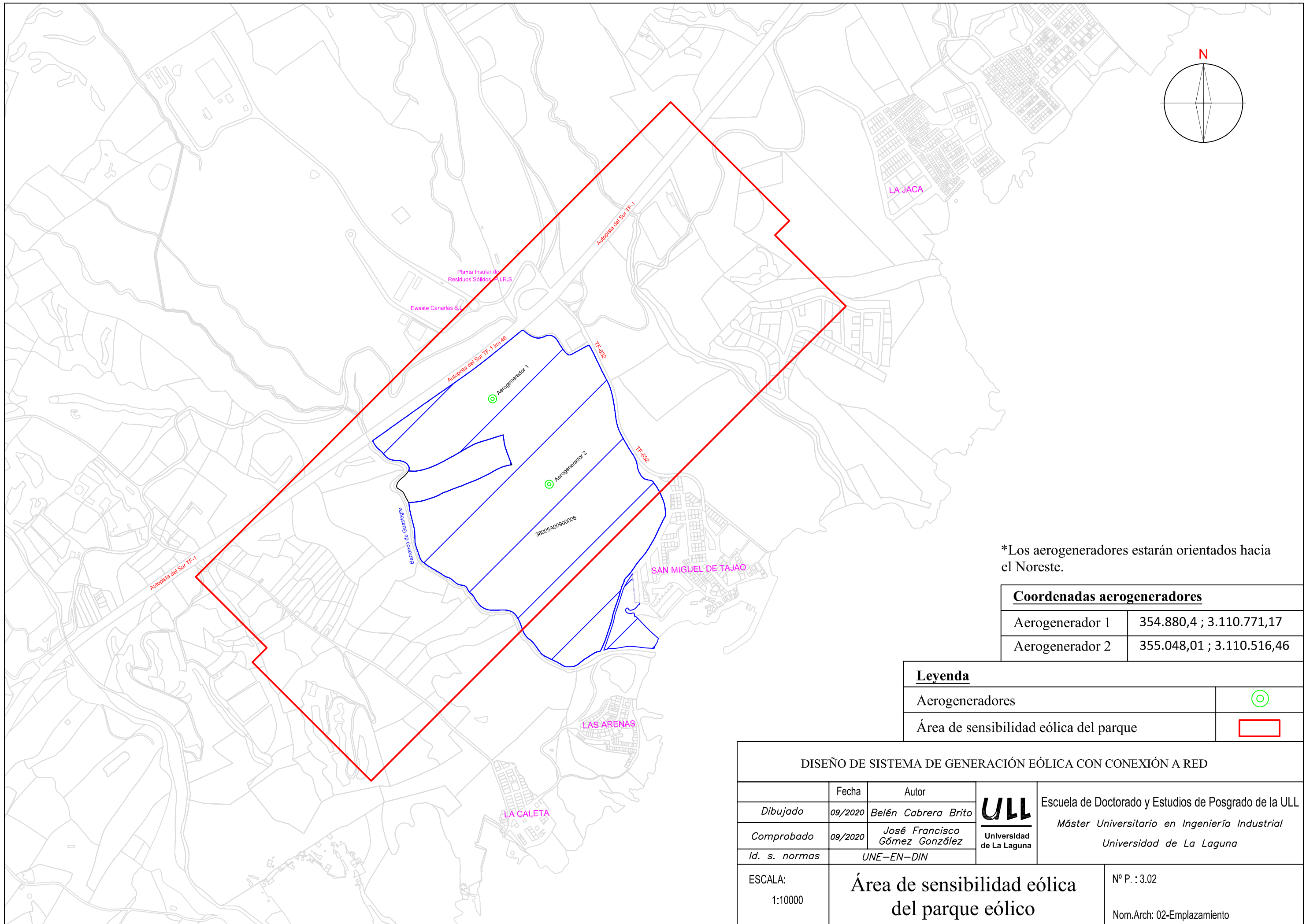


*Los aerogeneradores estarán orientados hacia el Noreste.

Coordenadas aerogeneradores	
Aerogenerador 1	354.880,4 ; 3.110.771,17
Aerogenerador 2	355.048,01 ; 3.110.516,46

Leyenda	
Aerogeneradores	
Área de sensibilidad eólica del aerogenerador 1	
Área de sensibilidad eólica del aerogenerador 2	

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:10000	Áreas de sensibilidad eólica de los aerogeneradores			Nº P.: 3.01 Nom.Arch: 02-Emplazamiento

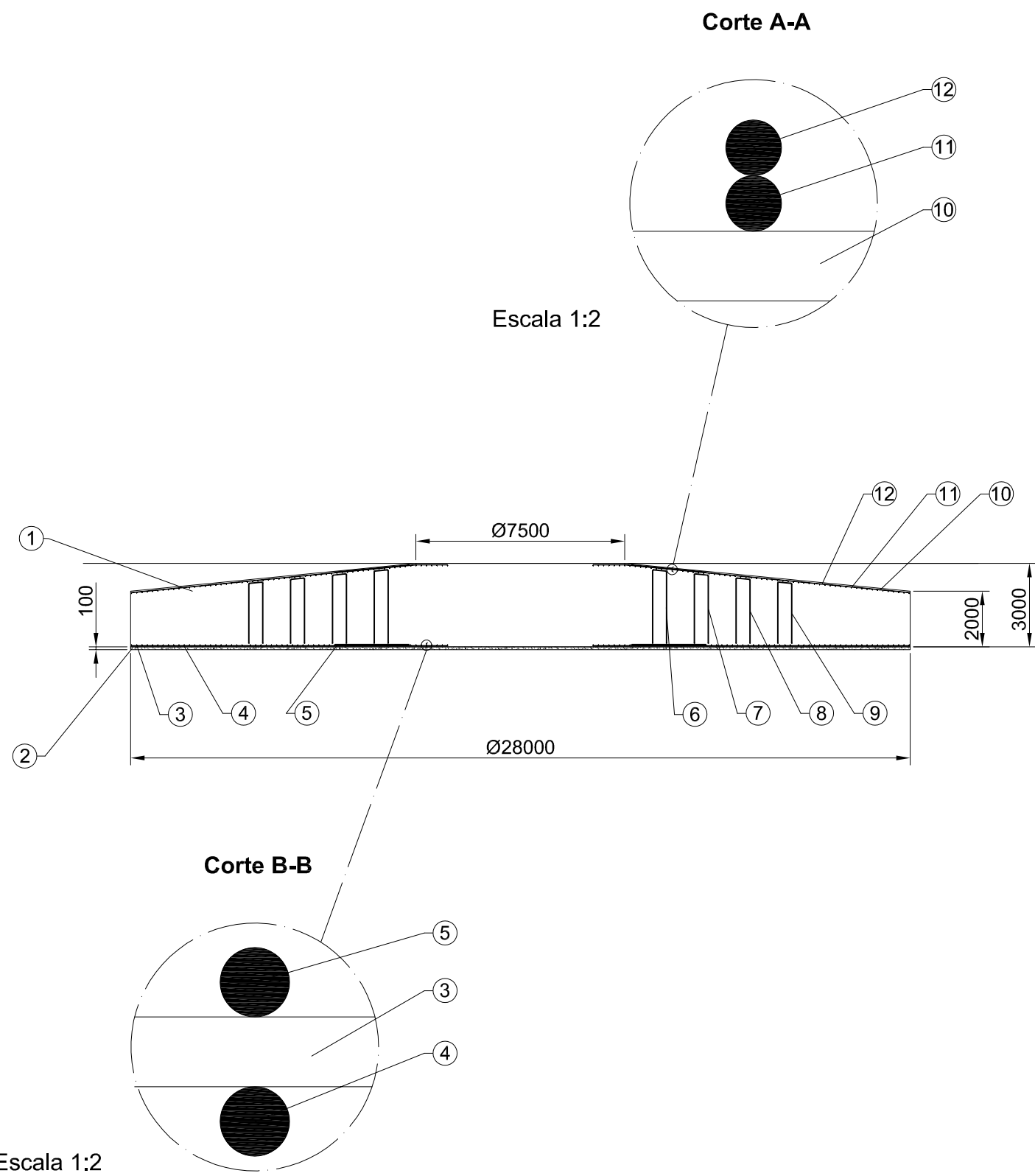


*Los aerogeneradores estarán orientados hacia el Noreste.

Coordenadas aerogeneradores	
Aerogenerador 1	354.880,4 ; 3.110.771,17
Aerogenerador 2	355.048,01 ; 3.110.516,46

Leyenda	
Aerogeneradores	
Área de sensibilidad eólica del parque	


DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:10000	Área de sensibilidad eólica del parque eólico		Nº P. : 3.02 Nom.Arch: 02-Emplazamiento



Medidas en mm

Marca	Unidades	Concepto	Material
1		Hormigón	HA-25/B/20/IIa
2		Hormigón de limpieza	HL-150/B20
3	61 x Ø25 c/164,17	Armadura circular inferior	B500 SD
4	528 x Ø25 c/141,87	Armadura radial inferior, L1=11.340 mm	B500 SD
5	528 x Ø25 c/141,87	Armadura radial inferior, L2=2.660 mm	B500 SD
6	52 x Ø25 c/600	Armadura cortante	B500 SD
7	67 x Ø25 c/600	Armadura cortante	B500 SD
8	82 x Ø25 c/600	Armadura cortante	B500 SD
9	97 x Ø25 c/600	Armadura cortante	B500 SD
10	61 x Ø25 c/164,17	Armadura circular superior	B500 SD
11	264 x Ø20 c/314,39	Armadura radial superior, L1=11.340 mm	B500 SD
12	264 x Ø20 c/314,39	Armadura radial superior, L2=2.660 mm	B500 SD

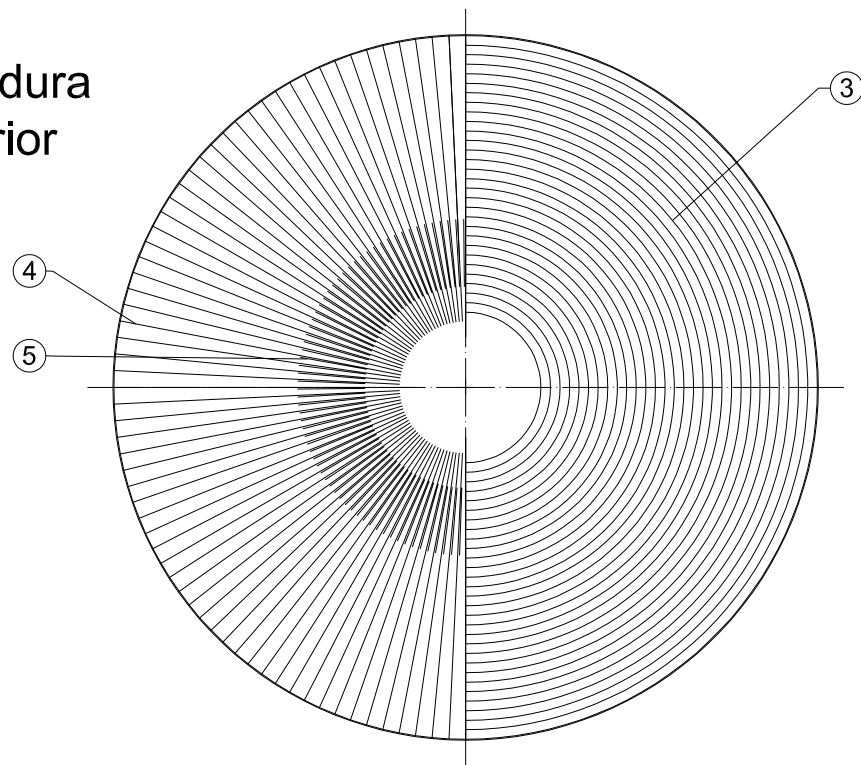
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor		Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

Escala 1:2

ESCALA: 1:200	Zapata de los aerogeneradores	Nº P. : 4.01 Nom.Arch: 03-Cimentación y puesta a tierra
------------------	--------------------------------------	--

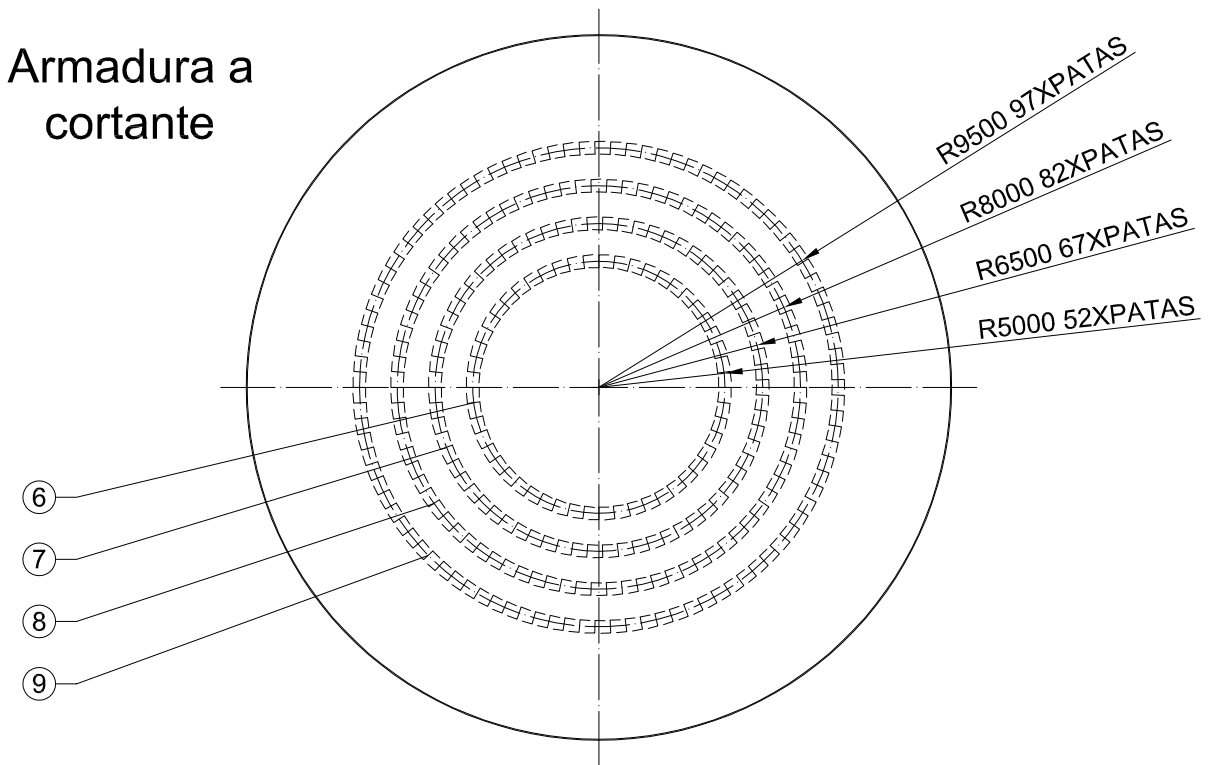
Armadura inferior



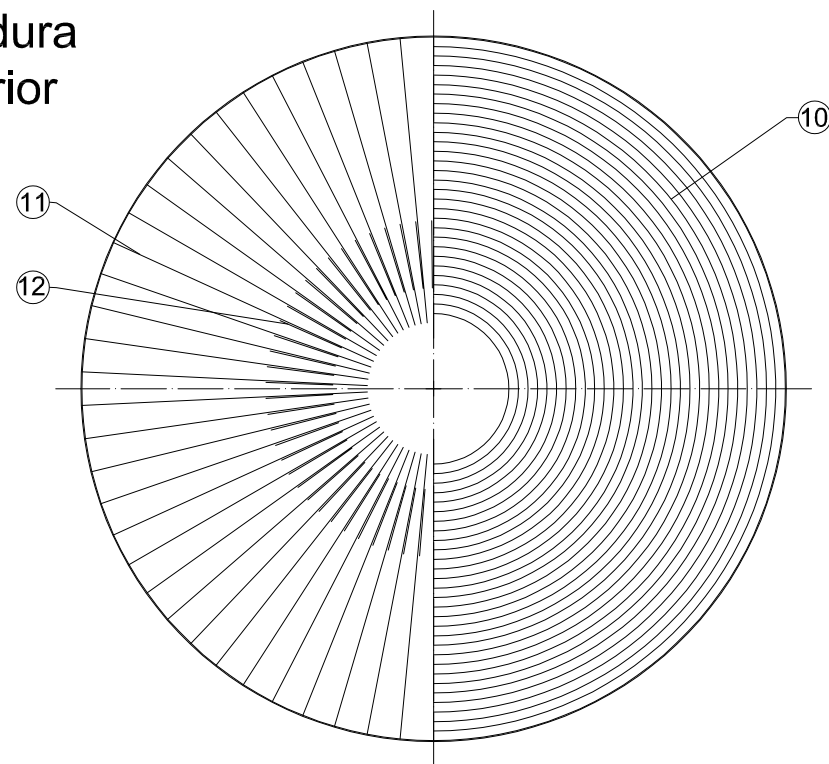
Se ha representado la cuarta parte de la armadura radial para facilitar su visualización

Se ha representado la mitad de la armadura circular para facilitar su visualización

Armadura a cortante



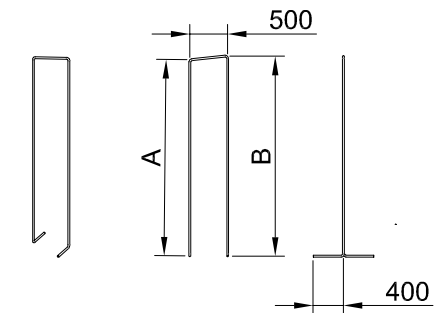
Armadura superior



Se ha representado la cuarta parte de la armadura radial para facilitar su visualización

Se ha representado la mitad de la armadura circular para facilitar su visualización

Detalle de la armadura cortante

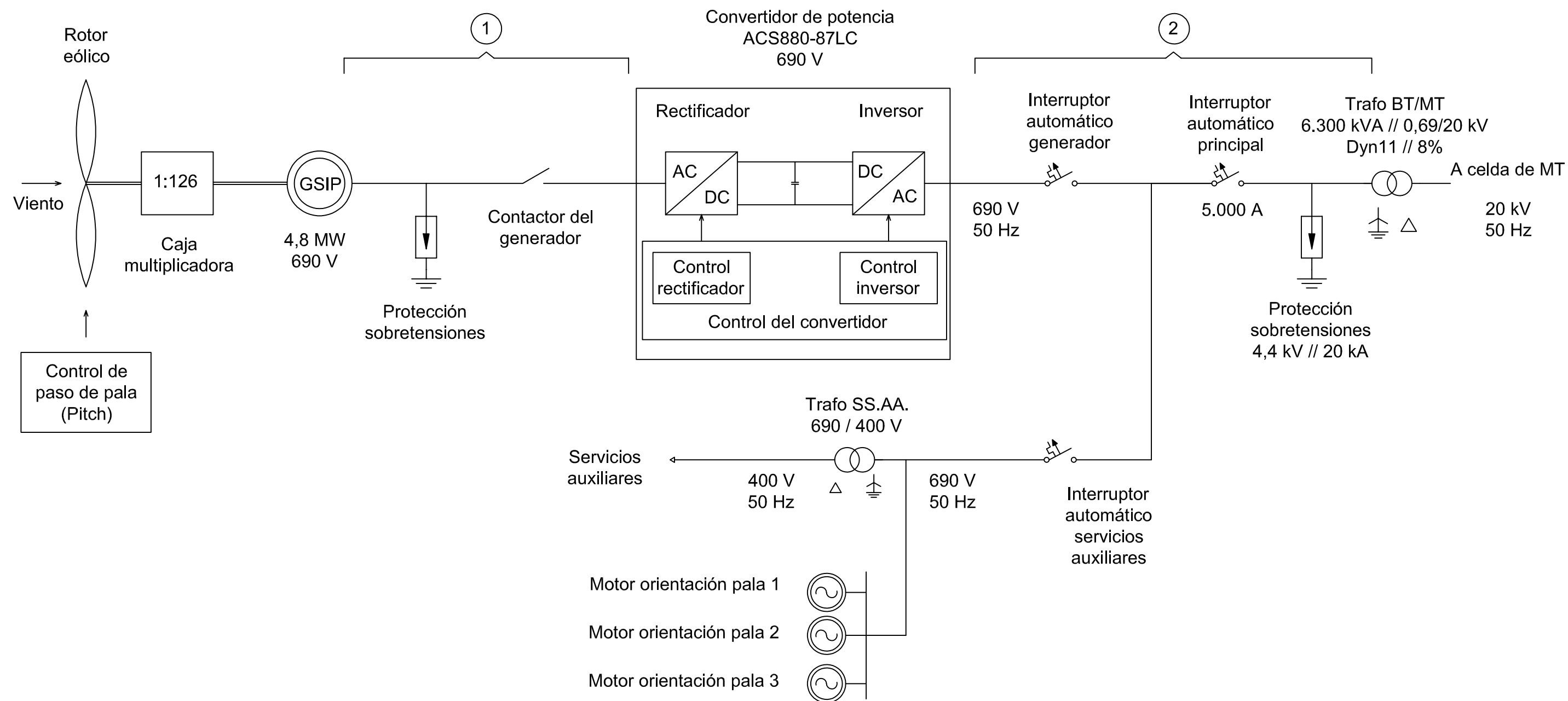


Escala 1:100

Detalles de la armadura a cortante			
Marca	Uds	A (mm)	B (mm)
6	52	2.593,21	2.641,80
7	67	2.446,87	2.495,46
8	82	2.300,53	2.349,12
9	97	2.154,19	2.202,77

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:300	Armadura de las zapatas de los aerogeneradores		Nº P. : 4.02 Nom.Arch: 03-Cimentación y puesta a tierra



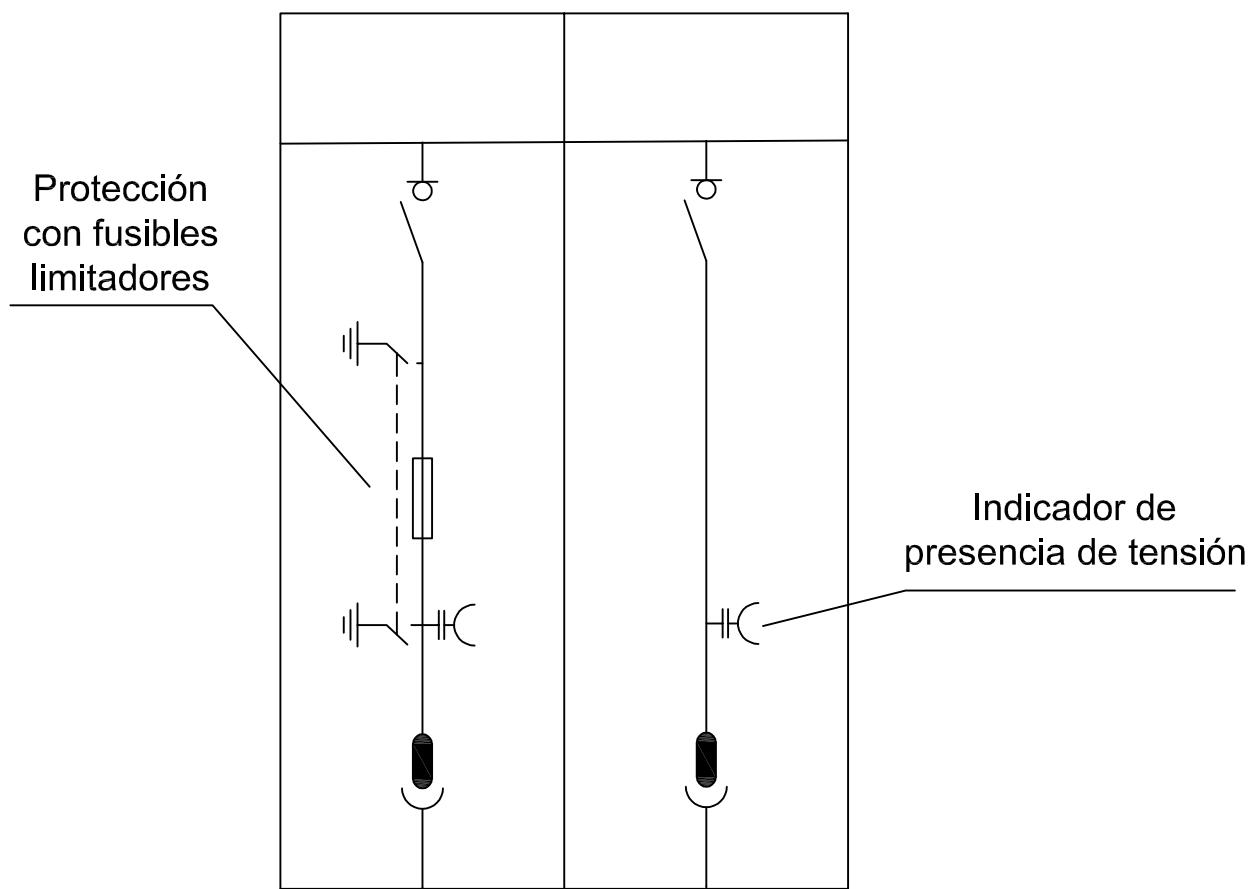
Marca	Conductor	Nº de cables	Sección fases	Sección neutro y protección	Longitud
1	RV-K 0,6/1 kV	45F+15N+15TT	300 mm ²	150 mm ²	15 m
2	RV-K 0,6/1 kV	60F+20N+20TT	185 mm ²	95 mm ²	140 m

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: N/A	Esquema unifilar: Baja Tensión			Nº P. : 5.00 Nom.Arch: 04-Esquema unifilar

0L + 1P

Protección del transformador Salida de línea

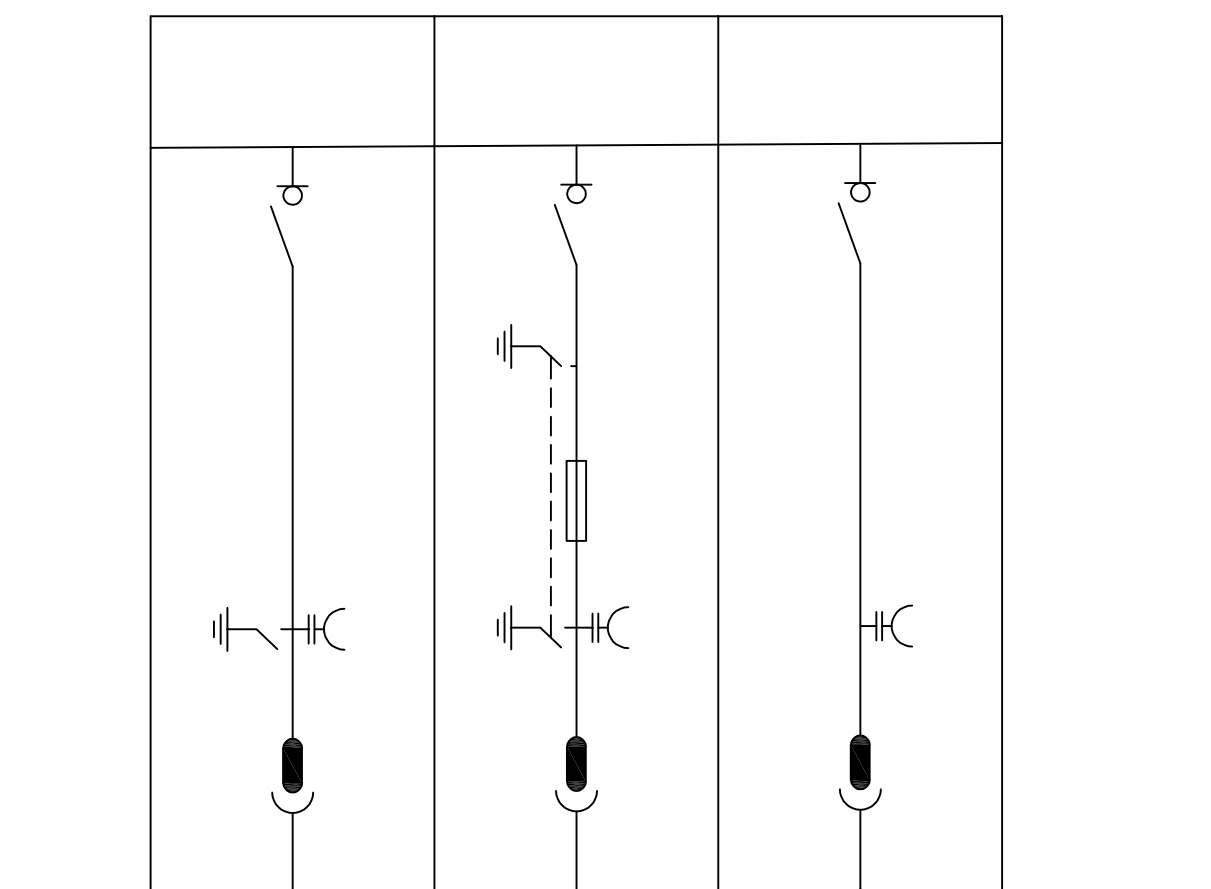


De trafo BT/MT de aerogenerador 2

A aerogenerador 1 por línea de MT

0L + 1L + 1P

Entrada de línea Protección del transformador Salida de línea



De línea de MT

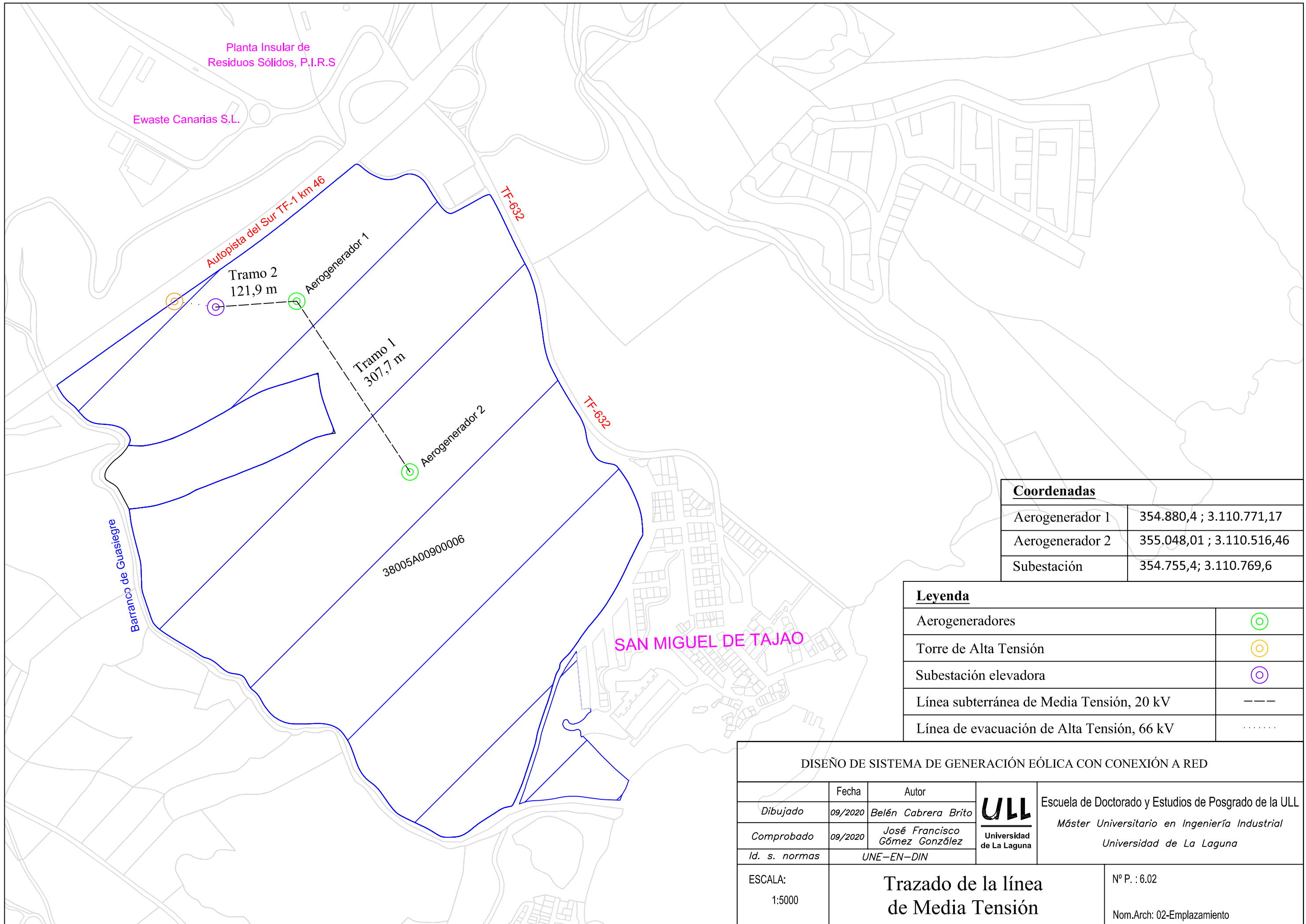
De trafo BT/MT de aerogenerador 1

A subestación elevadora del parque por línea de MT

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

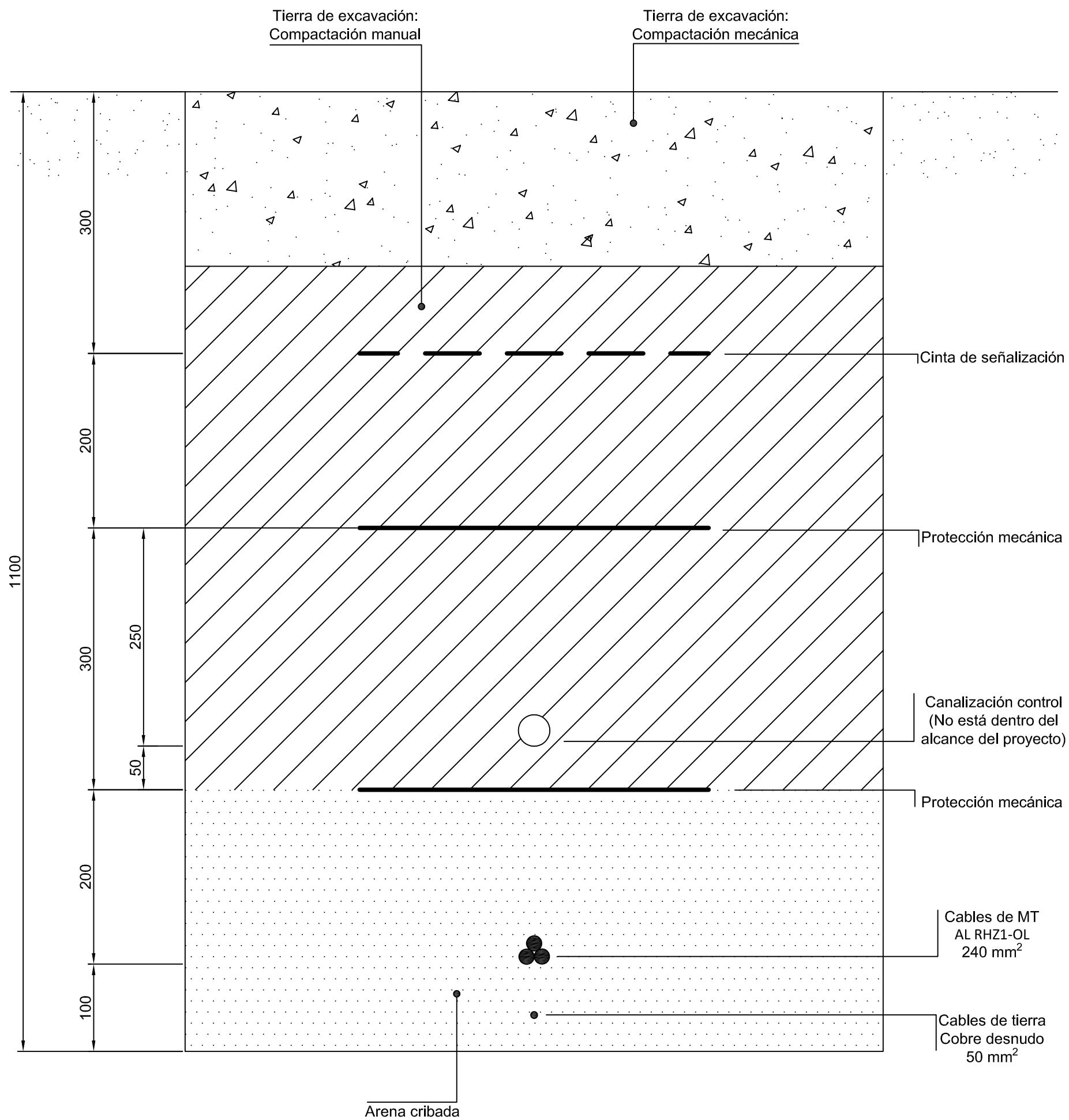
ESCALA: N/A	Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de los aerogeneradores	Nº P.: 6.01 Nom.Arch: 04-Esquema unifilar
----------------	--	--



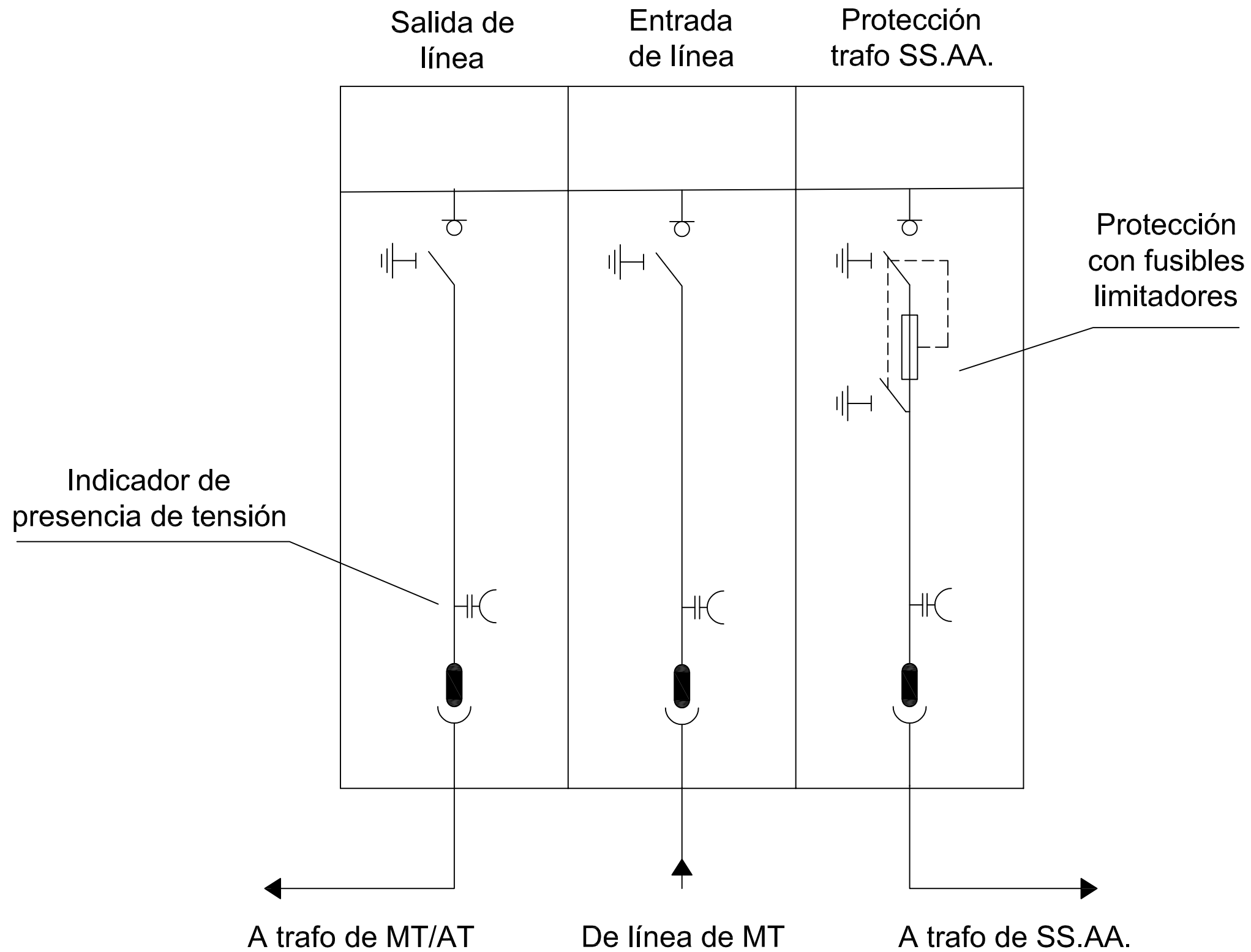
Coordenadas	
Aerogenerador 1	354.880,4 ; 3.110.771,17
Aerogenerador 2	355.048,01 ; 3.110.516,46
Subestación	354.755,4; 3.110.769,6


Leyenda	
Aerogeneradores	
Torre de Alta Tensión	
Subestación elevadora	
Línea subterránea de Media Tensión, 20 kV	---
Línea de evacuación de Alta Tensión, 66 kV

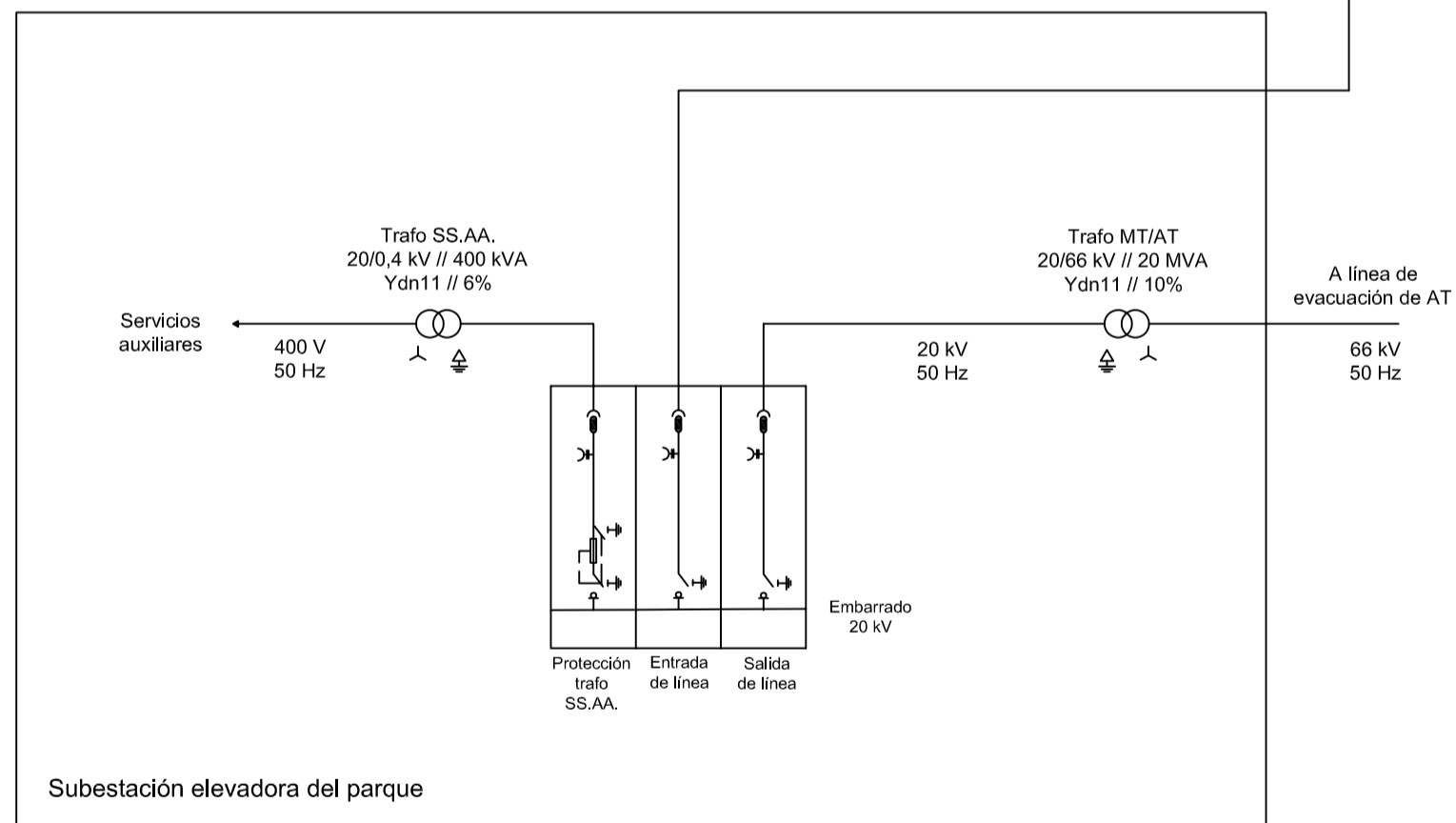
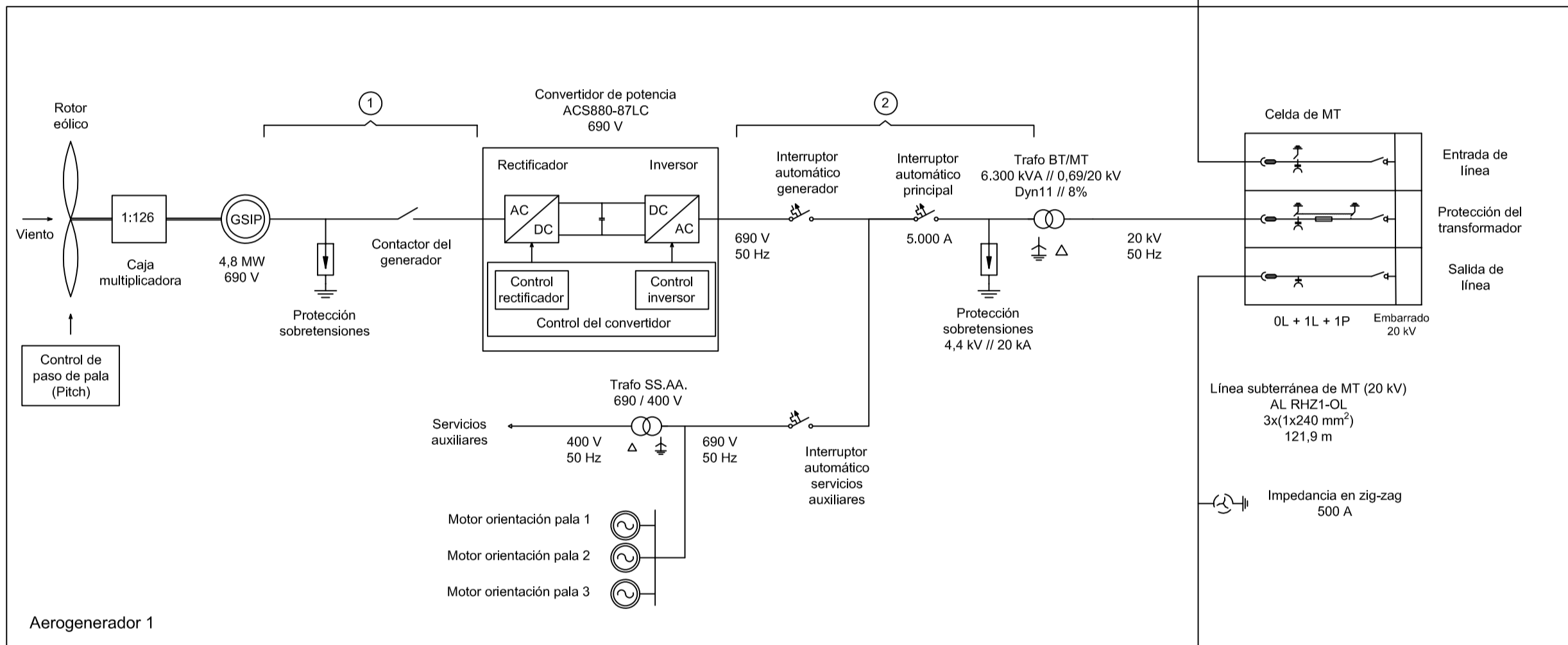
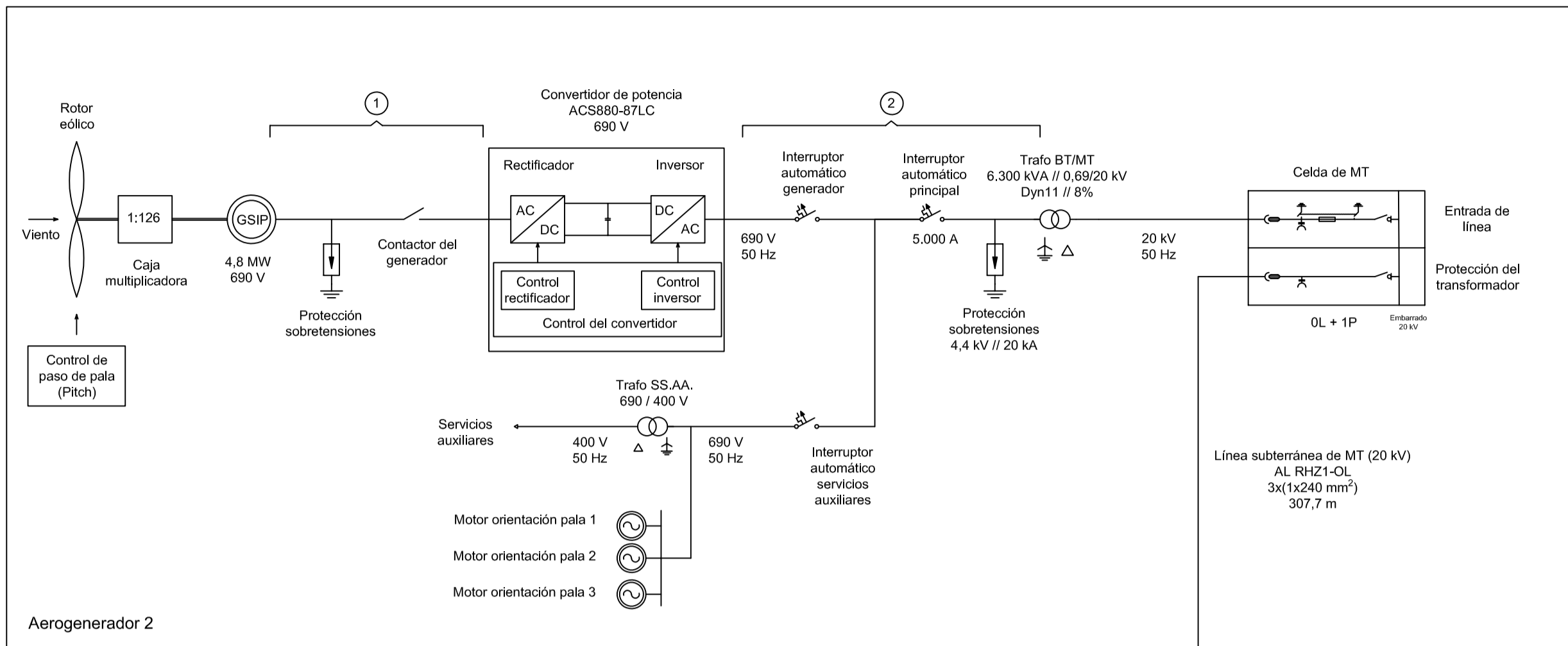
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL <i>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	Trazado de la línea de Media Tensión			Nº P. : 6.02
1:5000				Nom.Arch: 02-Emplazamiento



DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:5	Sección de la zanja de la línea de Media Tensión			Nº P. : 6.03 Nom.Arch:05-Línea de MT



DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor		Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
<i>Dibujado</i>	09/2020	Belén Cabrera Brito		
<i>Comprobado</i>	09/2020	José Francisco Gómez González		
<i>Id. s. normas</i>	UNE-EN-DIN			
ESCALA: N/A	Esquema unifilar: Celdas de Media Tensión de la subestación			Nº P. : 6.04 Nom.Arch: 04-Esquema unifilar

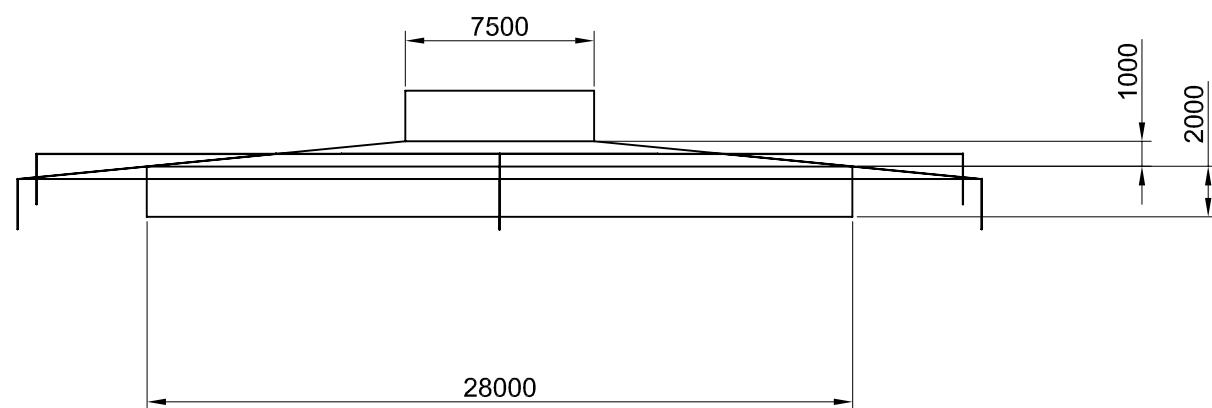
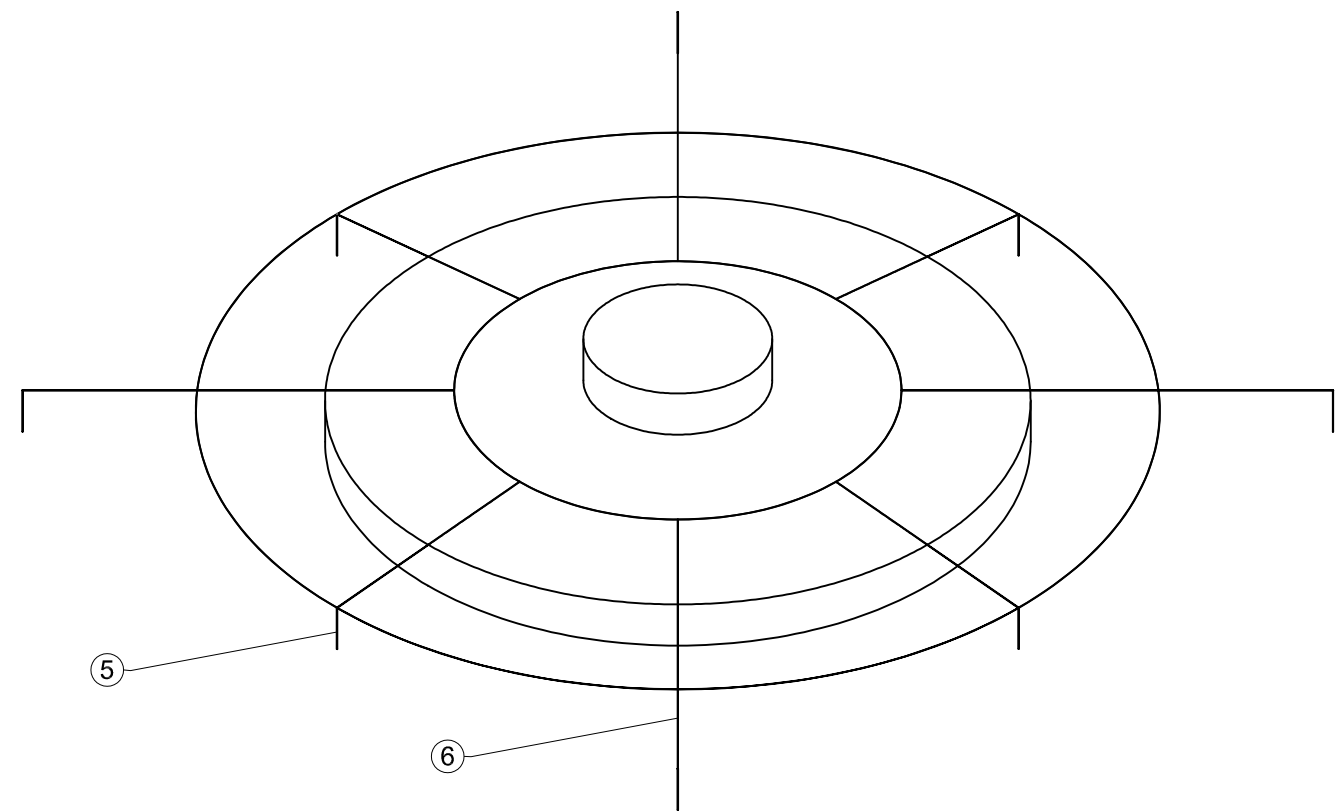
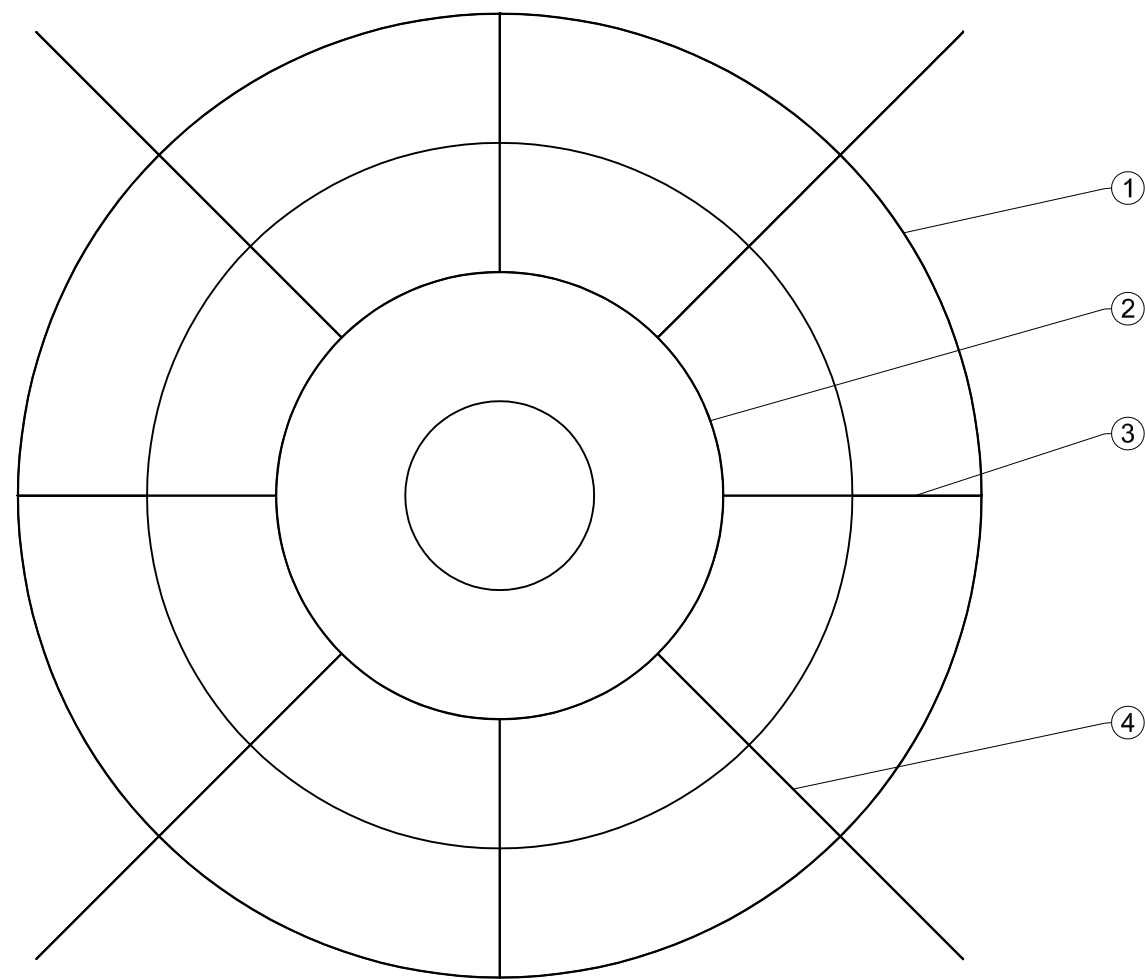


Marca	Conductor	Nº de cables	Sección fases	Sección neutro y protección	Longitud
1	RV-K 0,6/1 kV	45F+15N+15TT	300 mm ²	150 mm ²	15 m
2	RV-K 0,6/1 kV	60F+20N+20TT	185 mm ²	95 mm ²	140 m

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED


Fecha	Autor			Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: N/A	Esquema unifilar: Parque eólico	Nº P. : 7.00 Nom.Arch:04-Esquema unifilar
----------------	------------------------------------	--

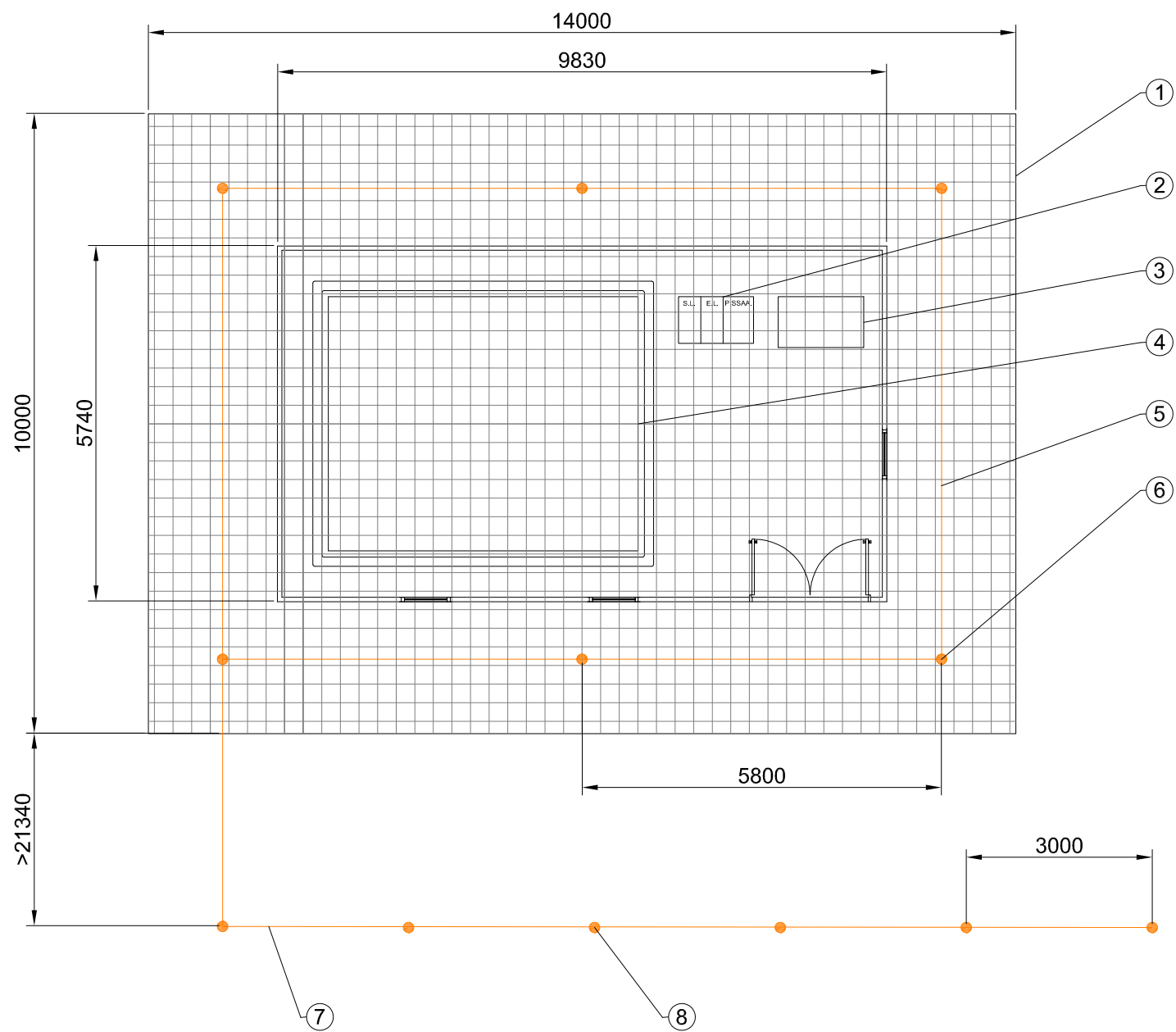


Marca	Unidades	Concepto	Material
1	1	Anillo inferior (Ø38,25 m)	Cobre desnudo de 50 mm ²
2	1	Anillo superior (Ø17,75 m)	Cobre desnudo de 50 mm ²
3	4 x L=10,30 m	Conductor entre el anillo inferior y el superior	Cobre desnudo de 50 mm ²
4	4 x L=17,125 m	Conductor de unión con las picas exteriores	Cobre desnudo de 50 mm ²
5	4	Picas del anillo superior (L=2 m)	Cobre desnudo de Ø14 mm
6	4	Picas exteriores (L=2 m)	Cobre desnudo de Ø14 mm

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:300	Instalación de puesta a tierra de los aerogeneradores	Nº P.: 8.01 Nom.Arch: 03-Cimentación y puesta a tierra
------------------	---	---



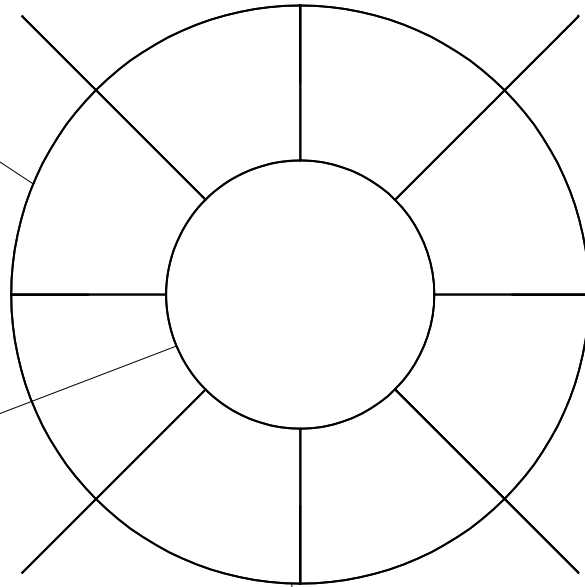
Marca	Unidades	Concepto	Material
1	1	Malla metálica de 14 x 10 m (Cuadrícula de 0,3 x 0,3 m)	Mallazo de cobre de 50 mm ²
2	3	Celdas de MT de la subestación	Celdas modulares de Schneider Electric
3	1	Transformador de Servicios Auxiliares	Trafo de 20/0,4 kV, 400 kVA, Ydn11
4	1	Transformador de MT/AT	Trafo de 20/66 kV, 20 MVA, Ydn11
5	1	Anillo de la puesta a tierra de protección de 8 x 12 m (Profundidad: 0,8 m)	Cobre desnudo de 50 mm ²
6	6	Picas de puesta a tierra de protección (L=2 m)	Cobre desnudo de Ø14 mm
7	1	Conductor de la puesta a tierra de servicio de 15 m (Profundidad: 0,8 m)	Cobre desnudo de 50 mm ²
8	6	Picas de puesta a tierra de servicio (L=2 m)	Cobre desnudo de Ø14 mm

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:100	Instalación de puesta a tierra de la subestación			N° P. : 8.02 Nom.Arch: 03-Cimentación y puesta a tierra

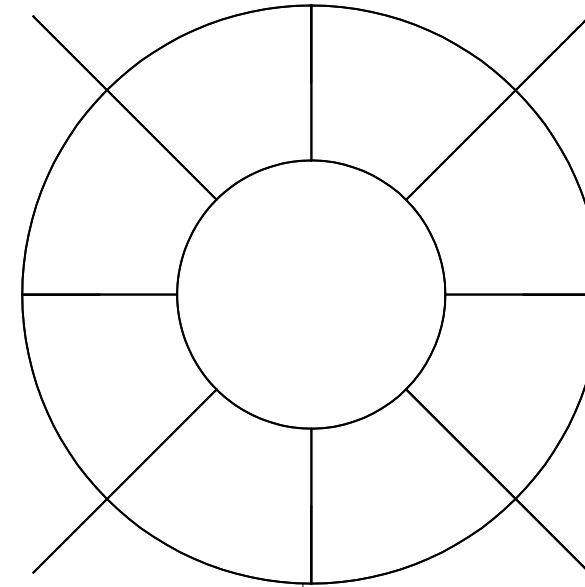
Anillo inferior (Ø38,25 m)
Cobre desnudo de 50 mm²

Anillo superior (Ø17,75 m)
Cobre desnudo de 50 mm²



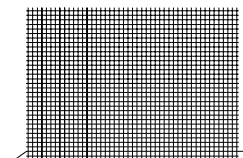
Picas del anillo superior (L=2 m)
Cobre desnudo de Ø14 mm

Picas exteriores (L=2 m)
Cobre desnudo de Ø14 mm



Red de tierras en la línea subterránea de MT
Cobre desnudo de 50 mm²
429,6 m

Malla de puesta a tierra de la
subestación elevadora del parque

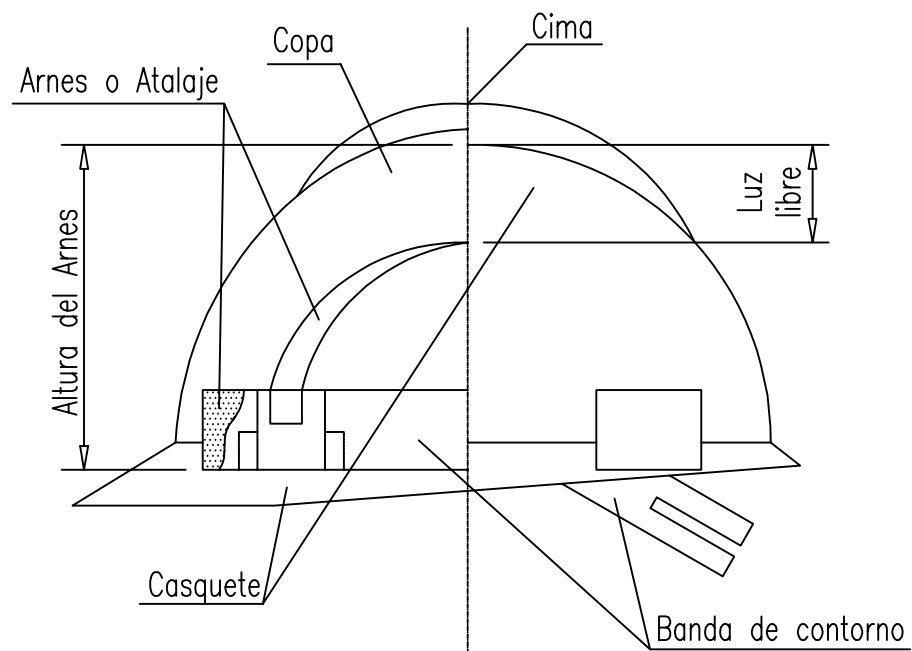
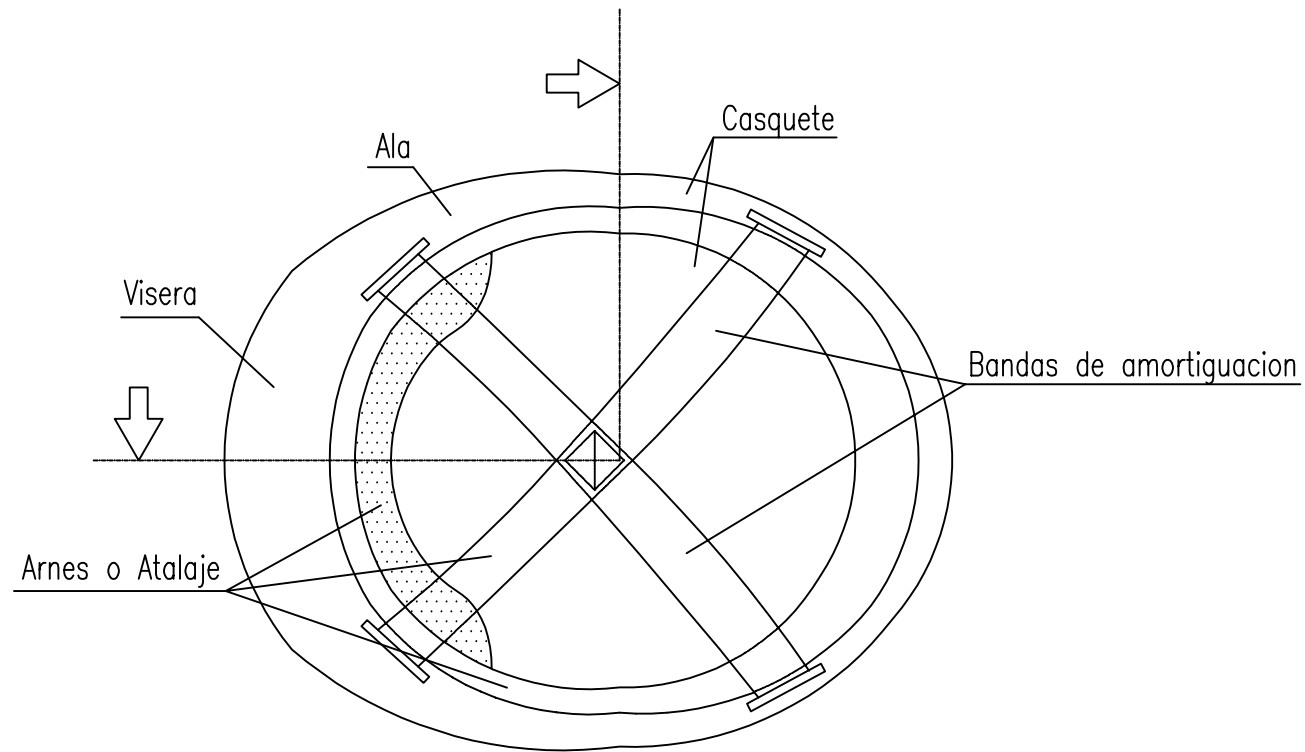


Mallazo redondo de cobre de 50 mm²
Cuadrícula de 0,3 x 0,3 m

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

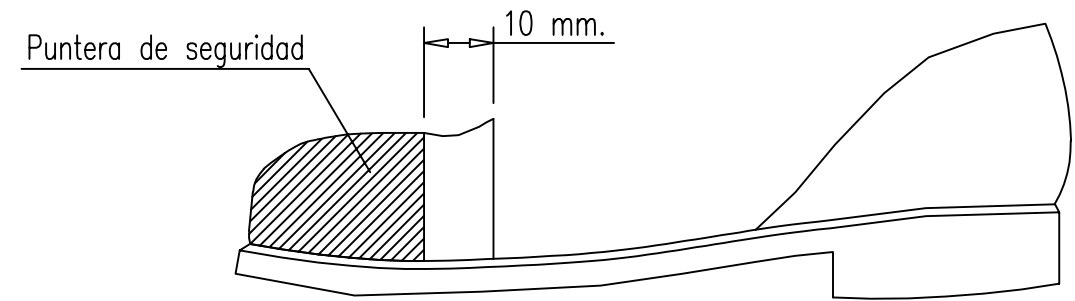
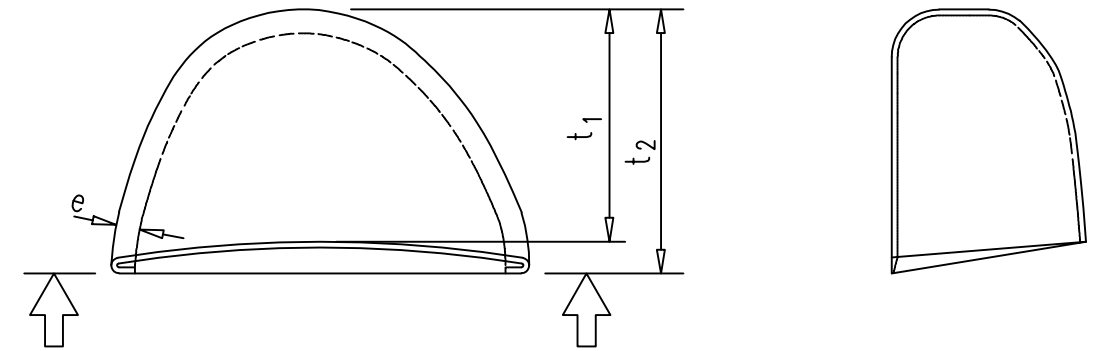
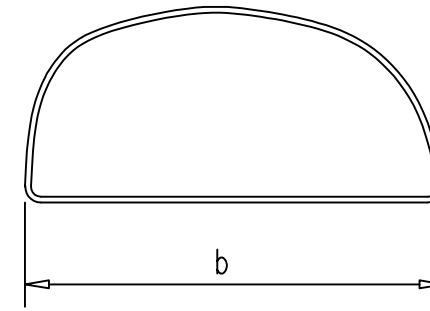
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:500	Instalación de puesta a tierra del parque eólico			Nº P. : 8.03 Nom.Arch: 03-Cimentación y puesta a tierra


PROTECCIONES INDIVIDUALES (CASCO DE SEGURIDAD)



PROTECCIONES INDIVIDUALES (BOTAS DE SEGURIDAD -REFUERZOS -)

PUNTERA

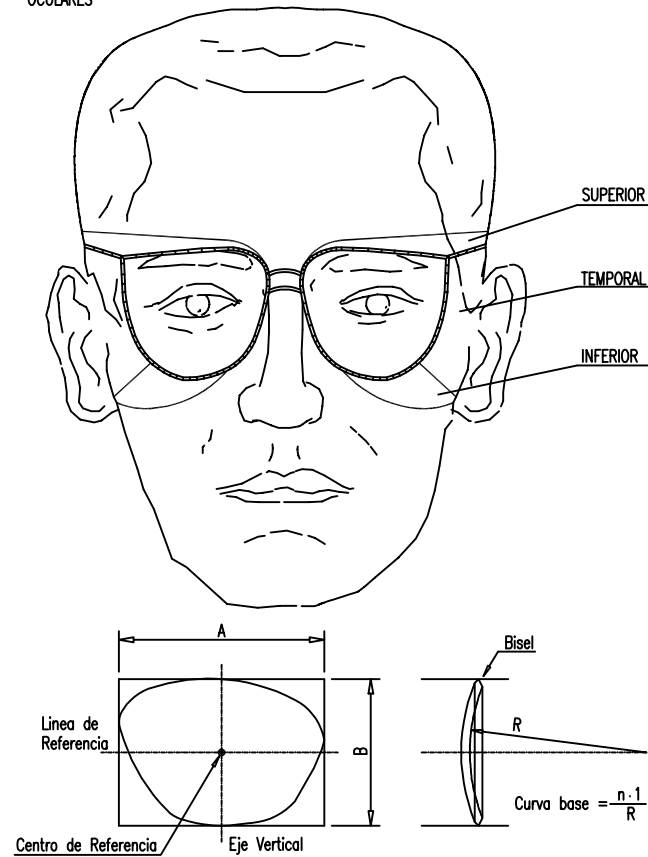


DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Equipos de Protección Individual 1		Nº P. : 9.01 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

ANCLAJES CINTURON DE SEGURIDAD (Seguro de anclaje móvil)

PROTECCIONES INDIVIDUALES (GAFAS DE SEGURIDAD II)

OCULARES

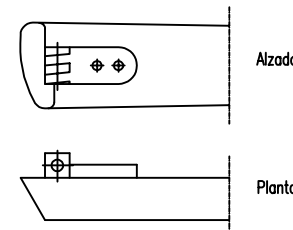


PROTECCIONES INDIVIDUALES (GAFAS DE SEGURIDAD I)

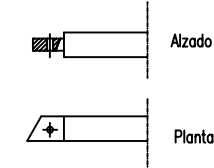
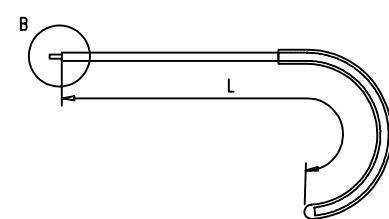
PATILLA DE SUJECCION TIPO ESPATULA



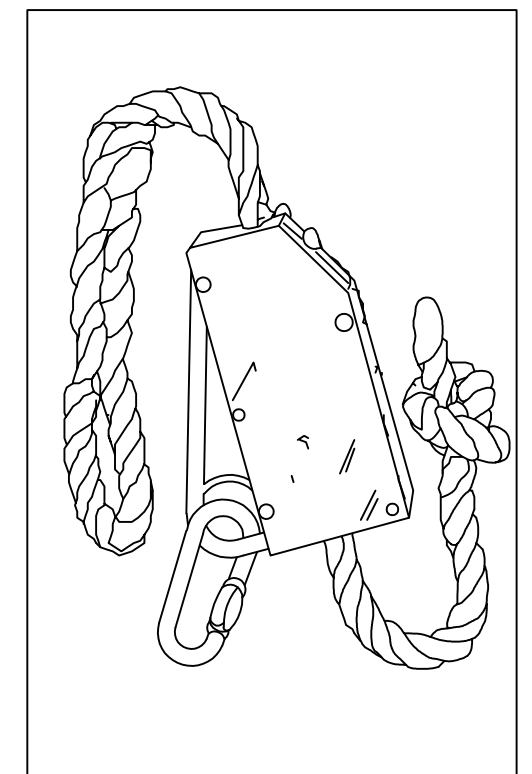
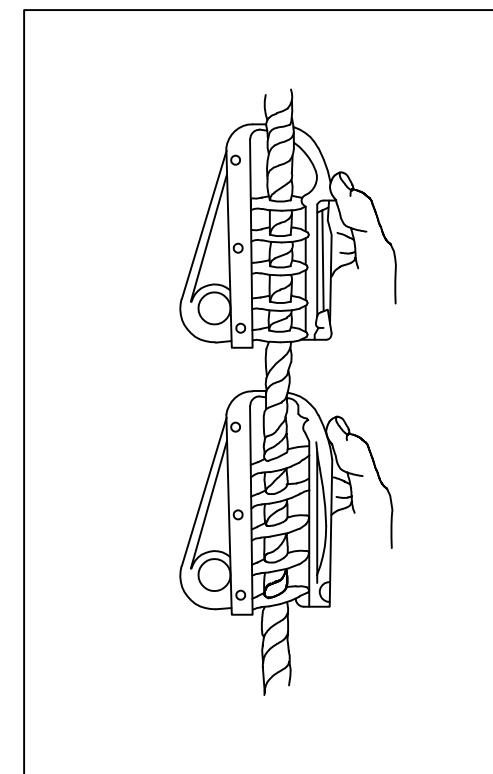
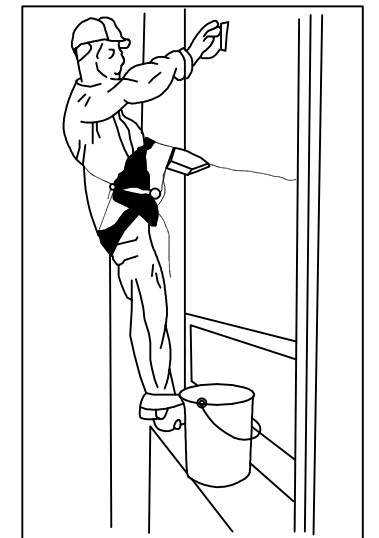
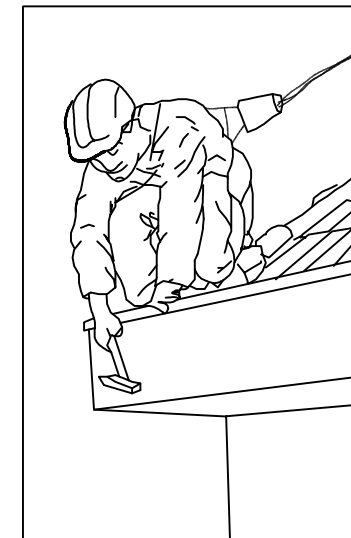
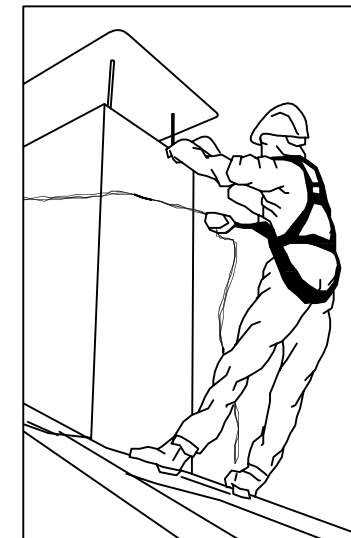
DETALLE A



PATILLA DE SUJECCION TIPO CABLE





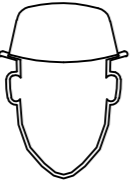
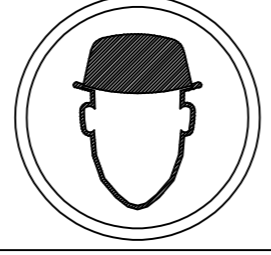





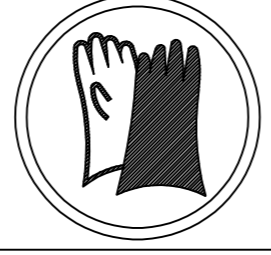



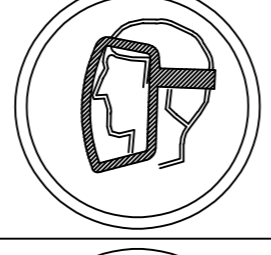


DETALLE B





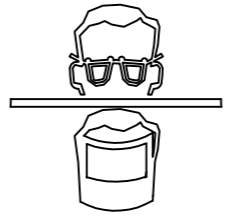


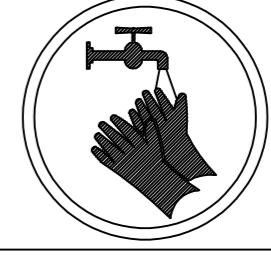

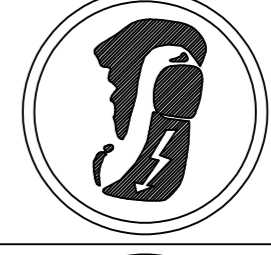

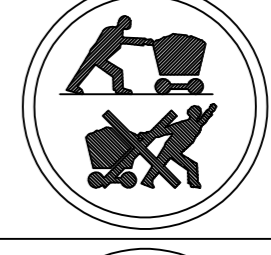

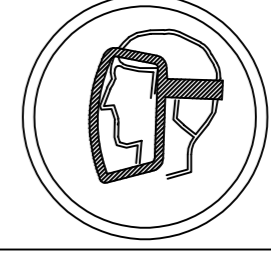

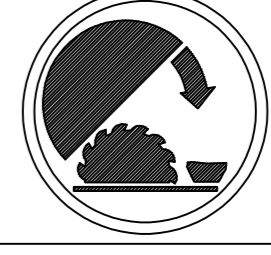
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED


	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: N/A	Equipos de Protección Individual 2			Nº P. : 9.02 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

SEÑALES DE OBLIGACIÓN (I)

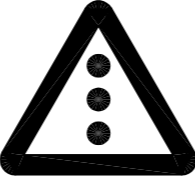

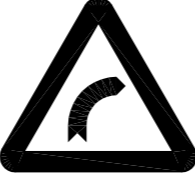

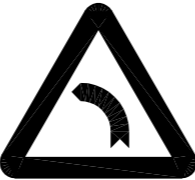
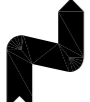






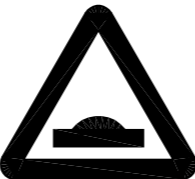

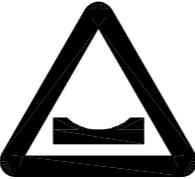


SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCION OBLIGATORIA DE VIAS RESPIRATORIAS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DEL OIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA VISTA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LOS PIES		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

SEÑALES DE OBLIGACION (II)


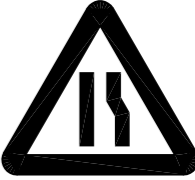

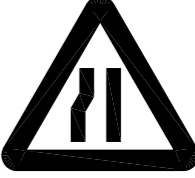



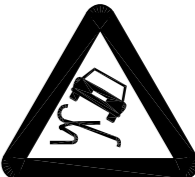
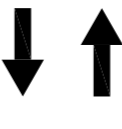
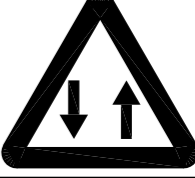
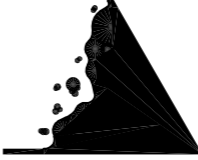






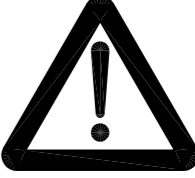
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
USO OBLIGATORIO DE CINTUROS DE SEGURIDAD		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE GAFAS O PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
OBLIGACION DE LAVARSE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE CALZAADO ANTIESTATICO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
EMPUJAR NO ARRASTRAR		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	


DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor		 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	Elementos de Protección Colectiva 1			Nº P. : 9.03
N/A				Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

SEÑALES DE PELIGRO (Hoja I)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SEMAFOROS	⋮	ROJO AMBAR NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A DERECHA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A IZQUIERDA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A DERECHAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
PELIGROSAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
IRREGULAR		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
RESALTO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
BADEN		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ESTRECHAMIENTO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	

SEÑALES DE PELIGRO (Hoja II)

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
SEMAFOROS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A DERECHA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVA PELIGROSA A IZQUIERDA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A DERECHAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
CURVAS PELIGROSAS A IZQUIERDAS		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
PERFIL IRREGULAR		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
RESALTO		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
BADEN		NEGRO	AMARILLO	ROJO	
ESTRECHAMIENTO DE CALZADA		NEGRO	AMARILLO	ROJO	

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor		 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	Elementos de Protección Colectiva 2			Nº P. : 9.04
N/A				Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

SEÑALES DE SALVAMENTO

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DUCHA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	

ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO REFLECTANTE (Hoja I)

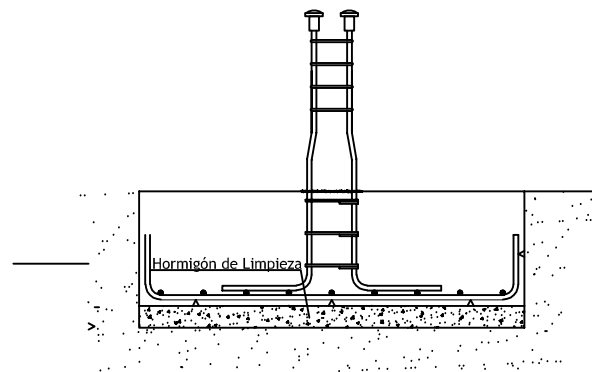
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
DIRECCIONAL		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DIRECCIONAL ESTRECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DOBLE DIRECCIONAL ALTO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DOBLE DIRECCIONAL ESTRECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
PANEL DE ZONA EXCLUIDA AL TRAFICO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
CONO		ROJO	BLANCO	BLANCO	

ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO REFLECTANTE (Hoja II)

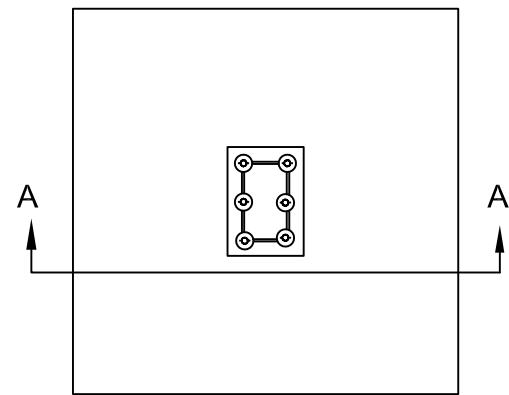
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			ELEMENTO DE SEÑALIZACION
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PIQUETE		ROJO	BLANCO	BLANCO	
BALIZA DE BORDE DERECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
BALIZA DE BORDE DERECHO		ROJO	BLANCO	BLANCO	
HITO DE BORDE REFLEXIVO Y LUMINISCENTE		NARANJA	NARANJA	NARANJA	
GUIRNALDA		ROJO BLANCO	ROJO BLANCO	ROJO BLANCO	
BASTIDOR MOVIL		ROJO AMBAR (Segun señales interiores)	BLANCO	BLANCO	

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor		Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	Elementos de Protección Colectiva 3			Nº P. : 9.05
N/A				Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

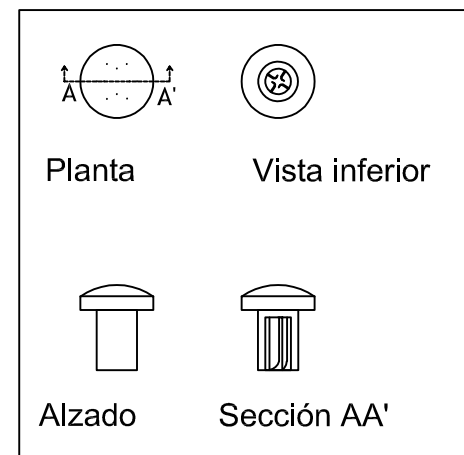
PRECAUCIONES EN LAS EXCAVACIONES



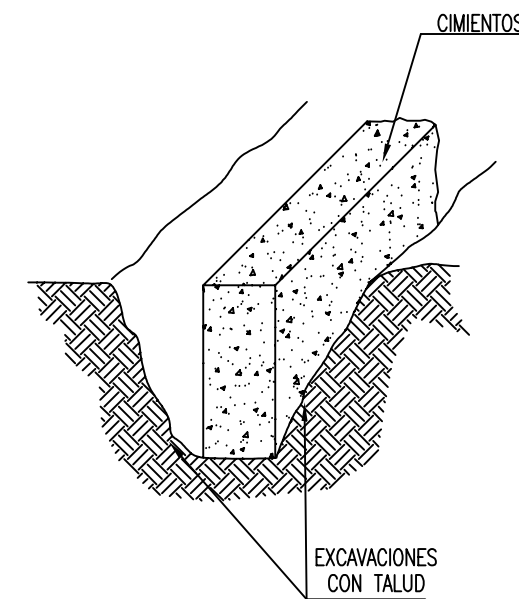
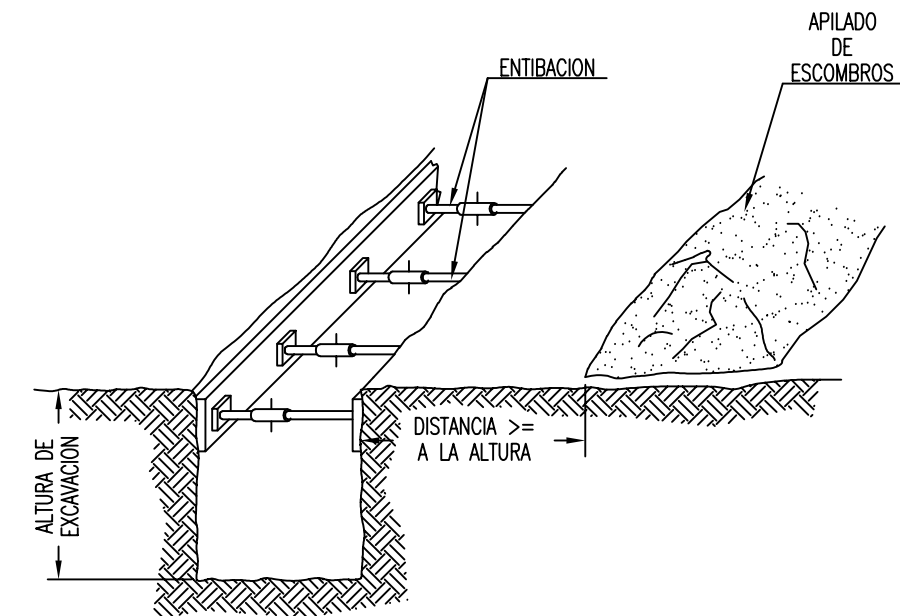
SECCIÓN A-A'



PLANTA



SETA PROTECTORA




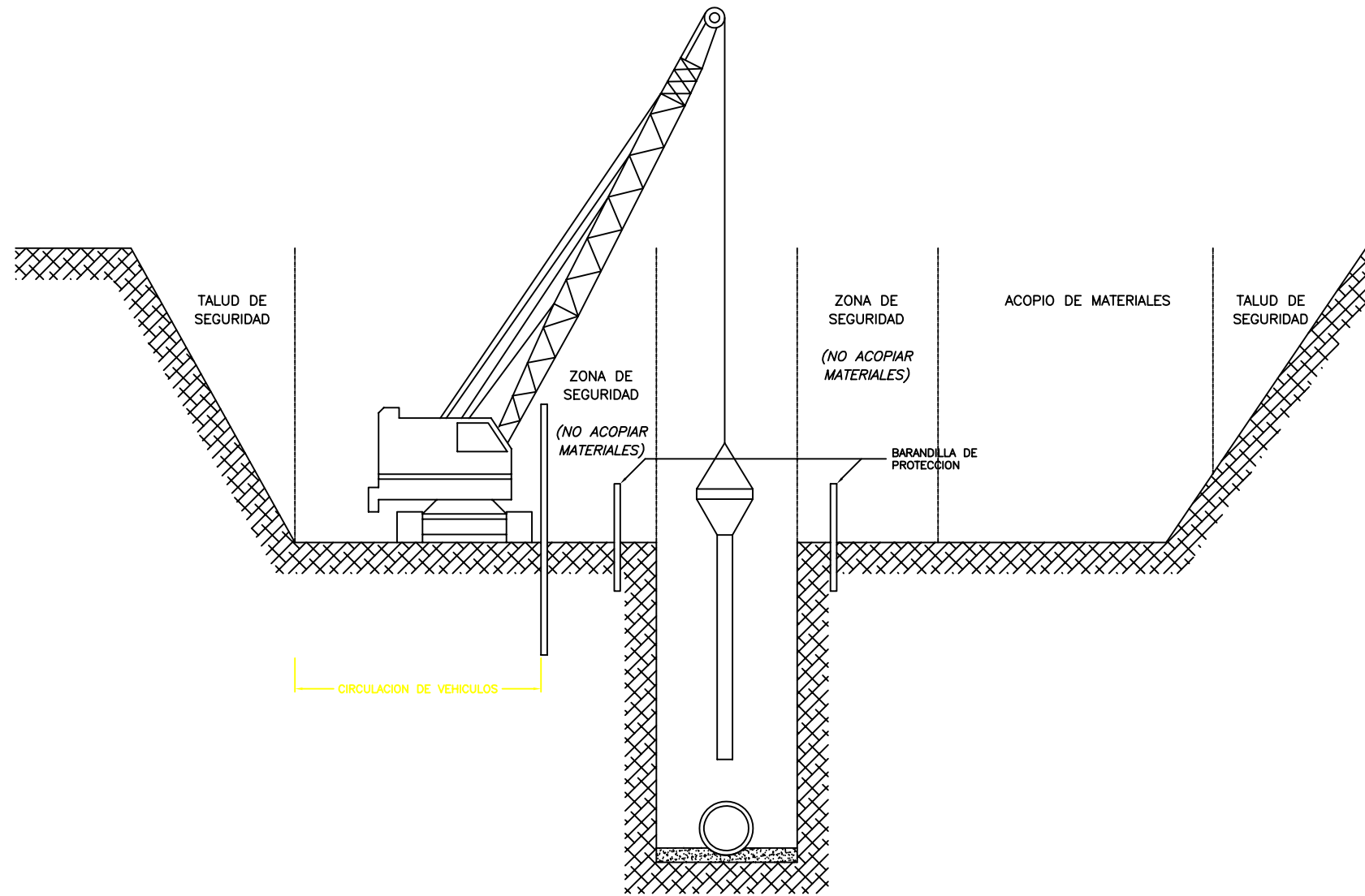
PROTECCIÓN DE ESPERAS DE ZAPATA CON "SETAS" DE PLÁSTICO



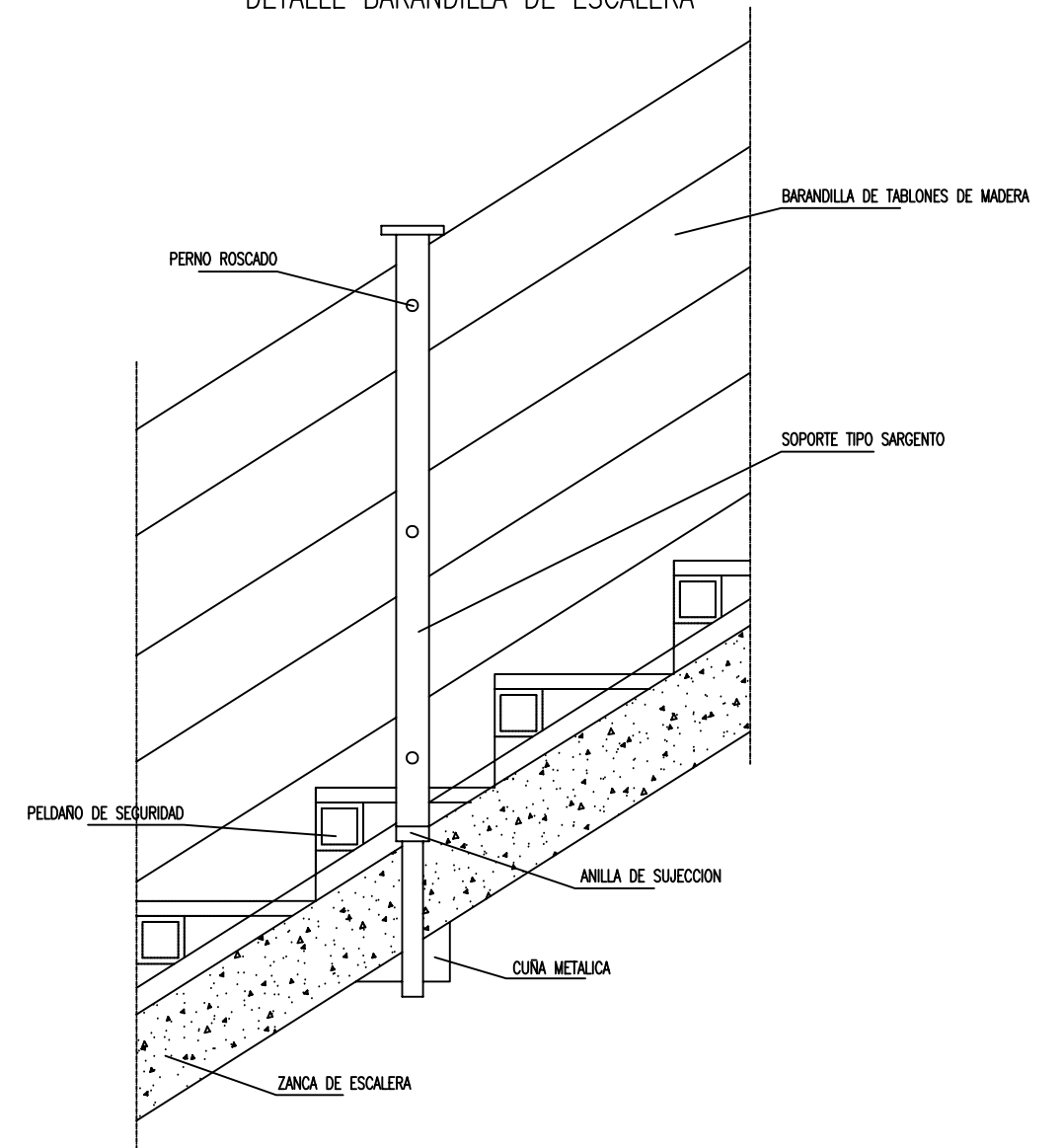
DETALLE DE EJECUCIÓN PARAMENTO EXTERIOR

El arnés a usar tendrá una longitud de 1m., cuando la altura del paramento llegue a los 90 cm. ya no será necesario el uso de arnés de seguridad.

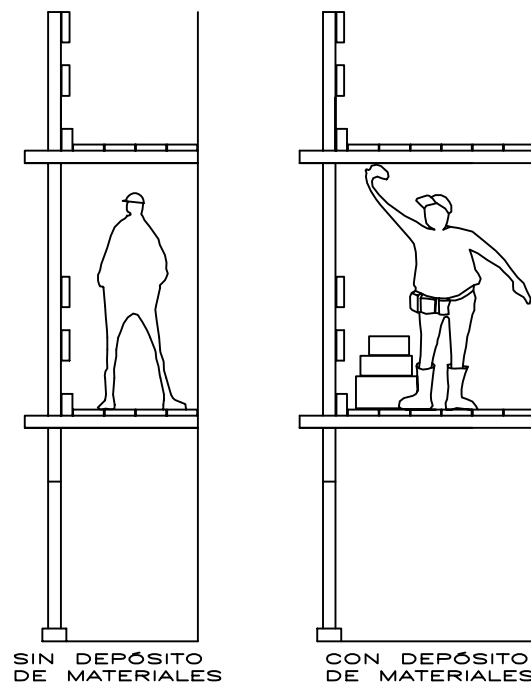
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 4		Nº P. : 9.06 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud



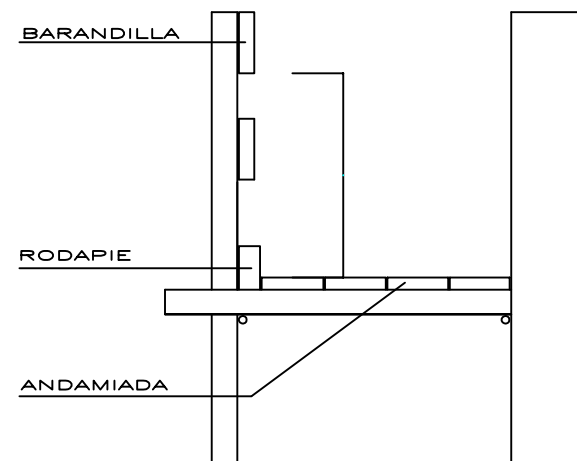
DETALLE BARANDILLA DE ESCALERA



ANCHOS MÍNIMOS DE PLATAFORMAS



ANDAMIADA Y SEGURIDAD



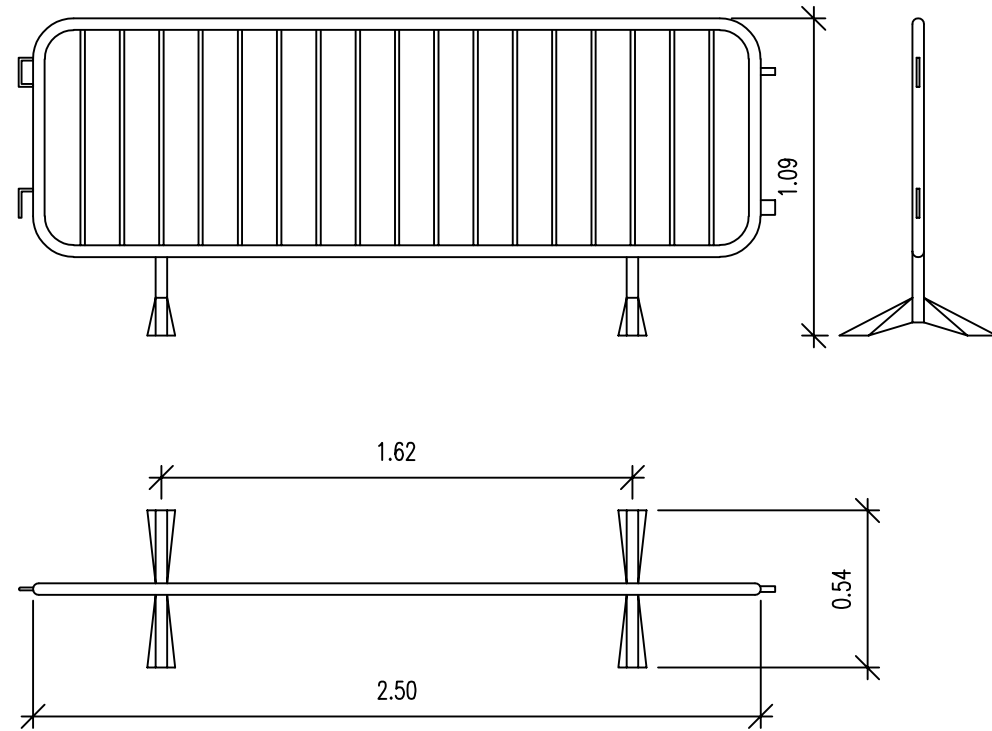
ANDAMIADA COMO MÍNIMO DE TRES TABLONES DE 0.20 X 0.05 m

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

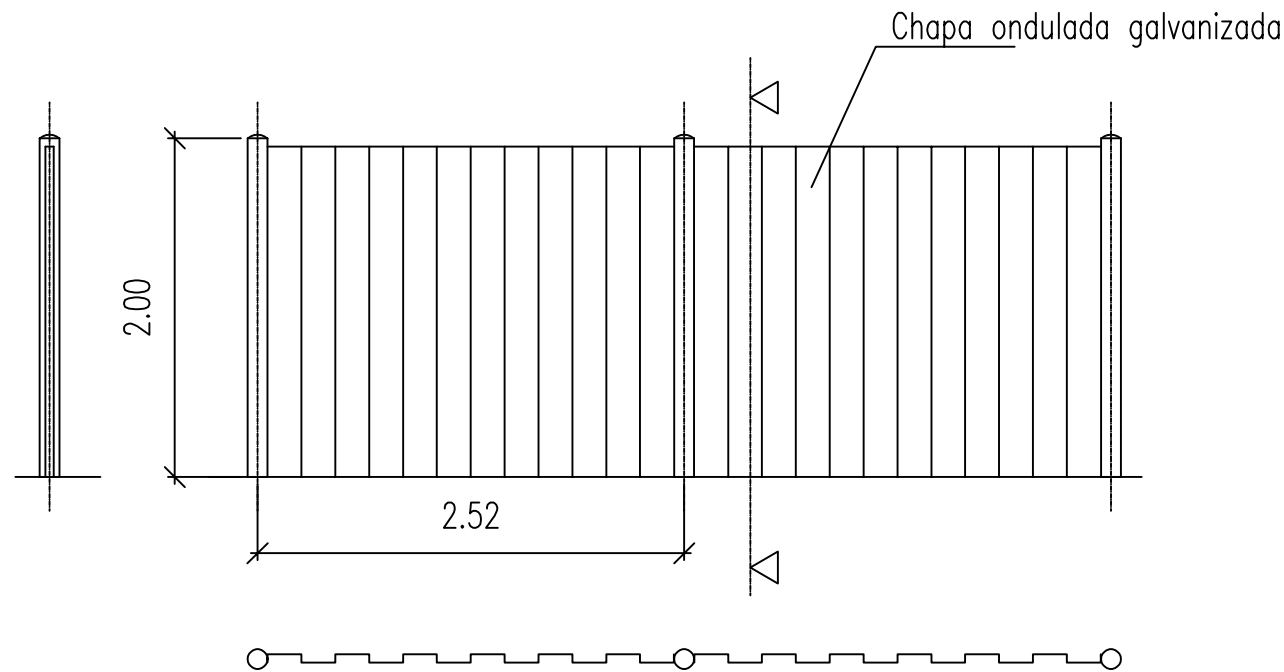
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			Universidad de La Laguna

ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 5	Nº P.: 9.07 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud
----------------	-------------------------------------	--

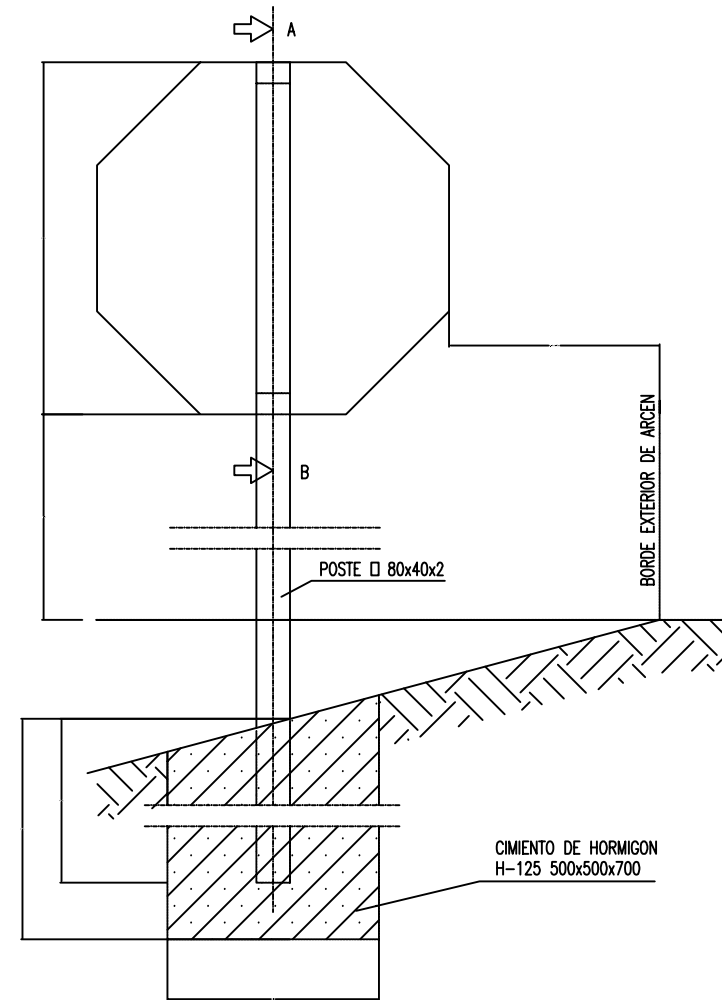
VALLA MOVIL DE PROTECCION Y PROHIBICION DE PASO



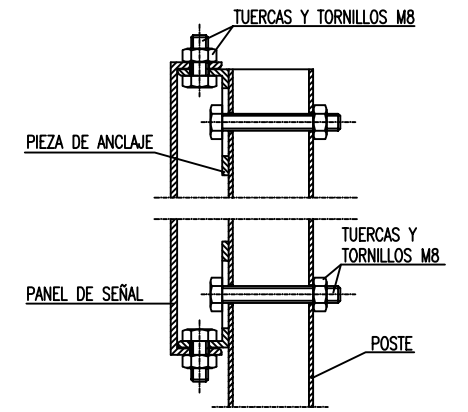
VALLA CON POSTES Y CHAPA GALVANIZADA



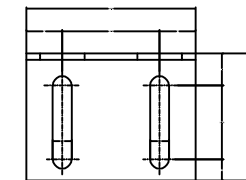
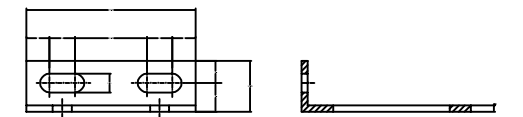
SEÑALIZACION VERTICAL




SEÑAL OCTOGONAL
Escala 1/10



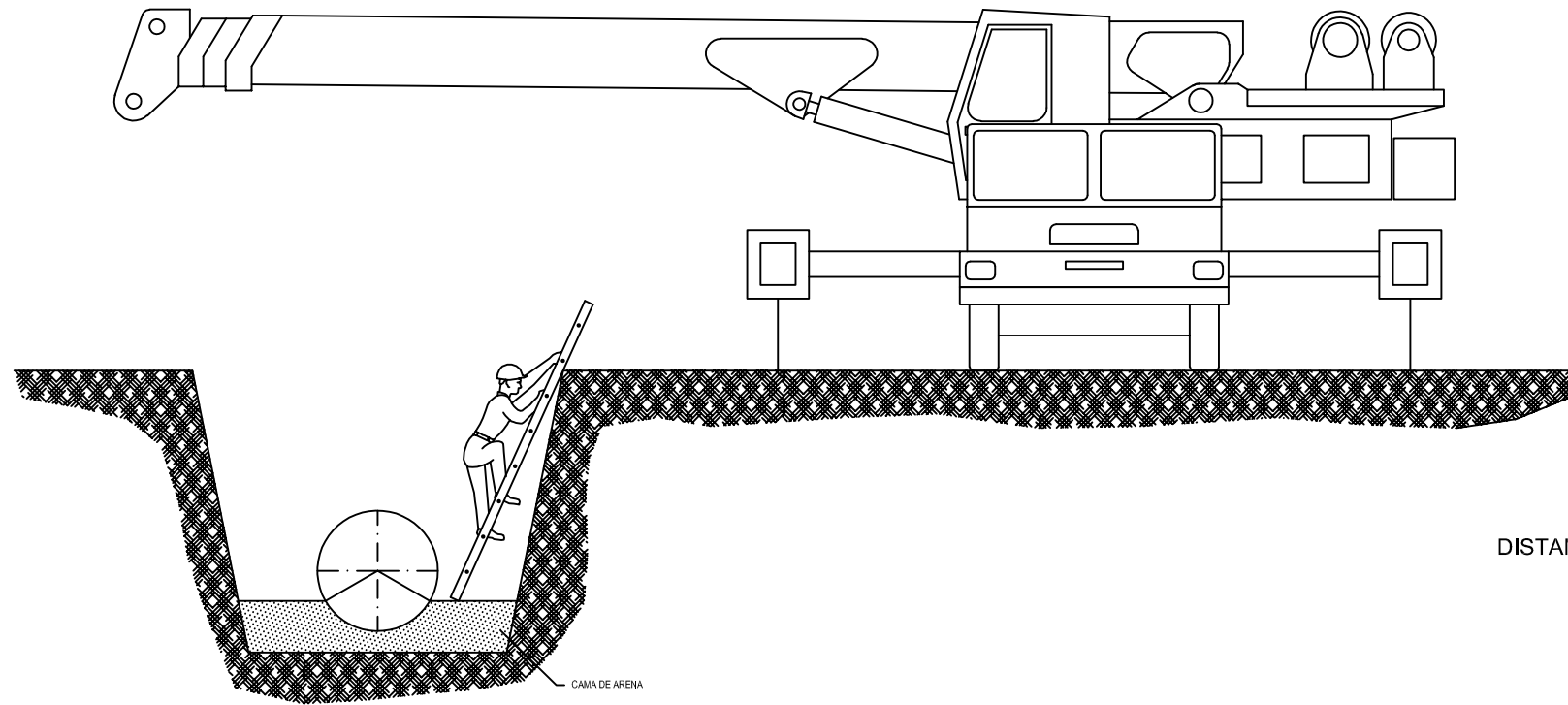
SECCION A-B E = 1/2
(Cotas en mm)



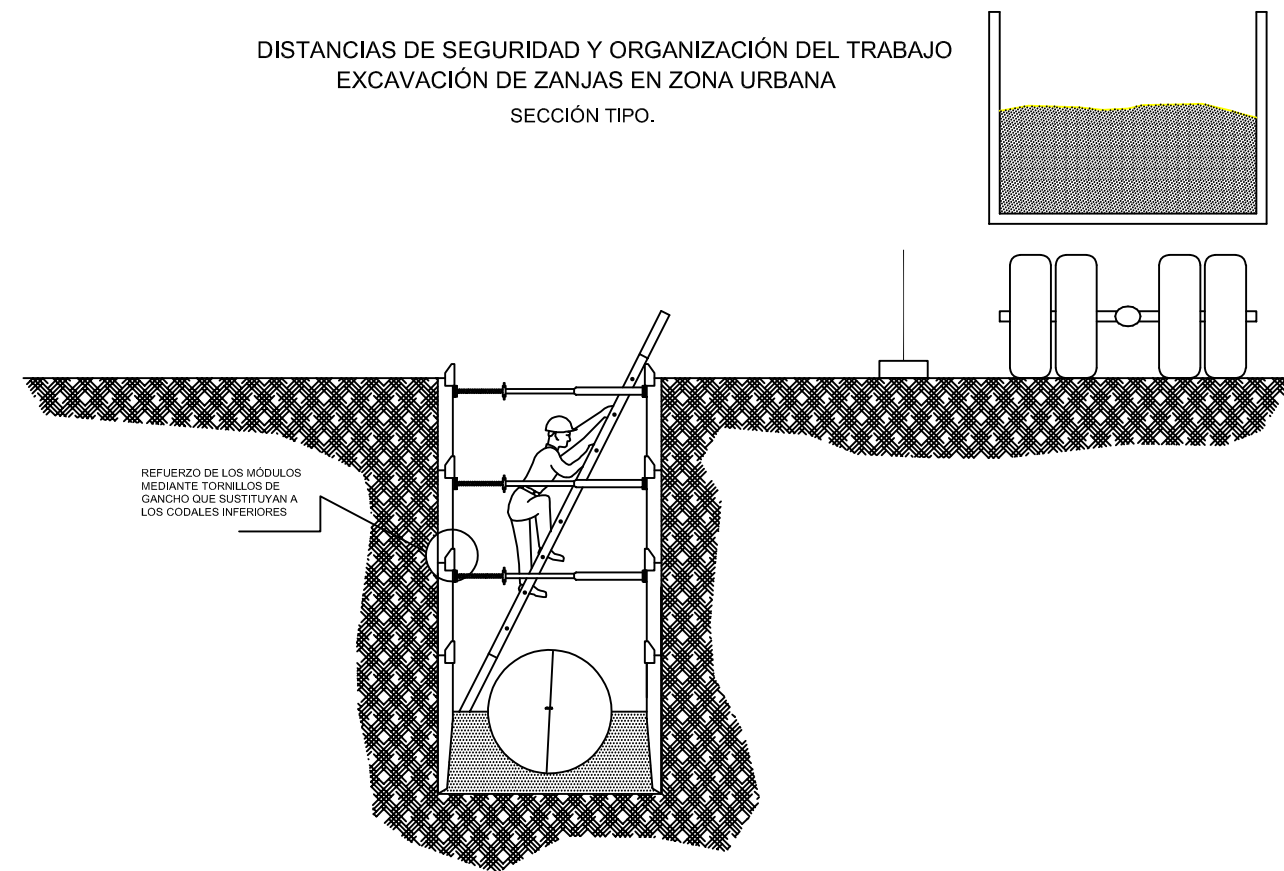
DETALLE DE PIEZA DE ANLAJE
E = 1/4
(Cotas en mm)

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 6		Nº P. : 9.08 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

DISTANCIAS DE SEGURIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO
EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN ZONAS RÚSTICAS
SECCIÓN TIPO.



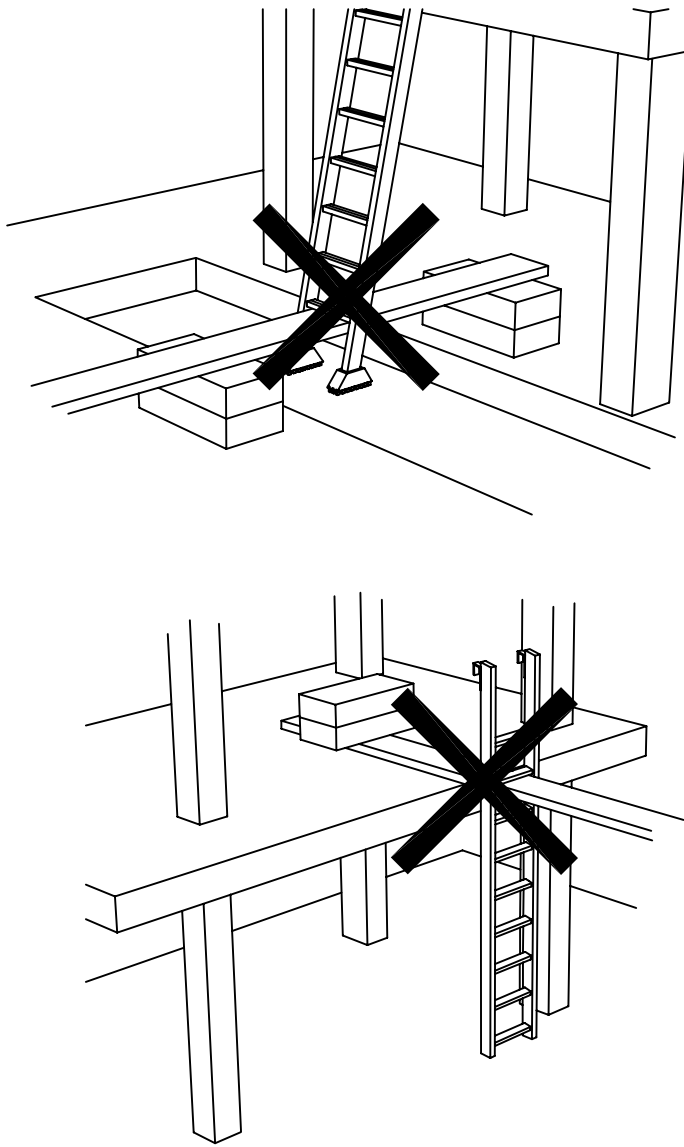
DISTANCIAS DE SEGURIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO
EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN ZONA URBANA
SECCIÓN TIPO.



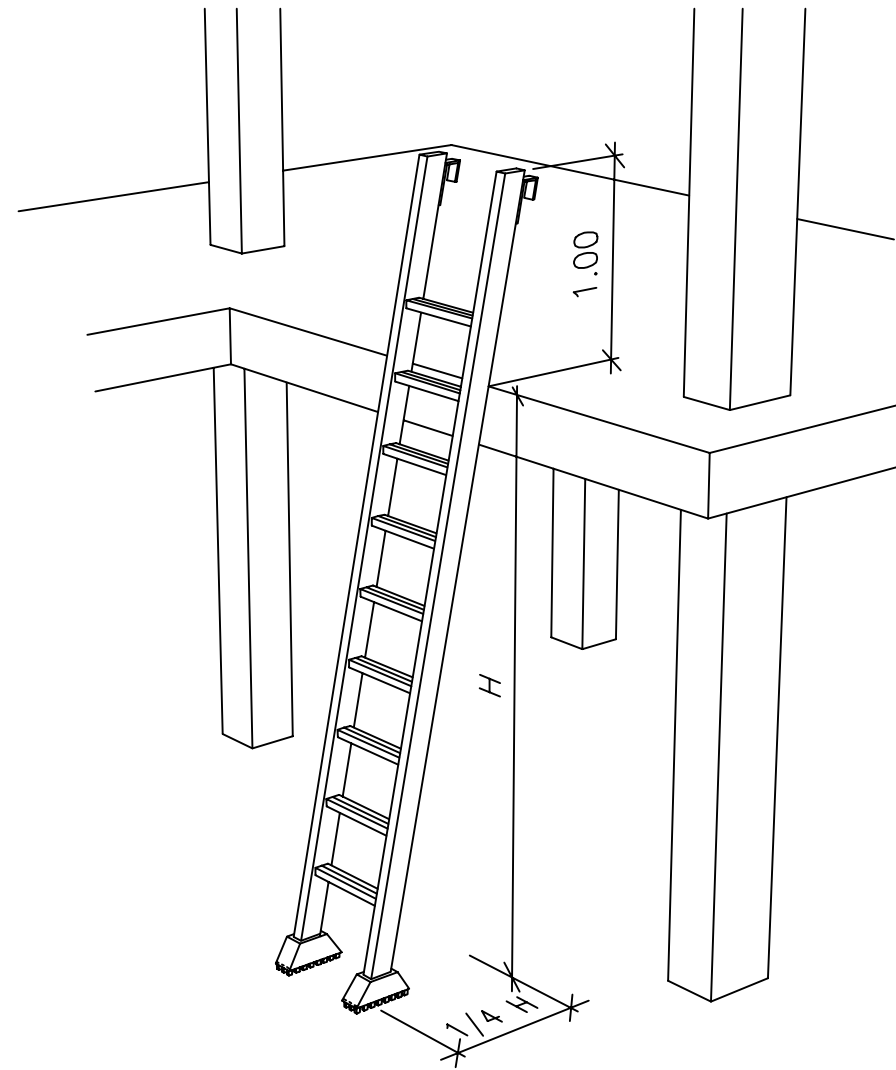
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED

	Fecha	Autor	 <p>Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna</p>
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 7		Nº P. : 9.09 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

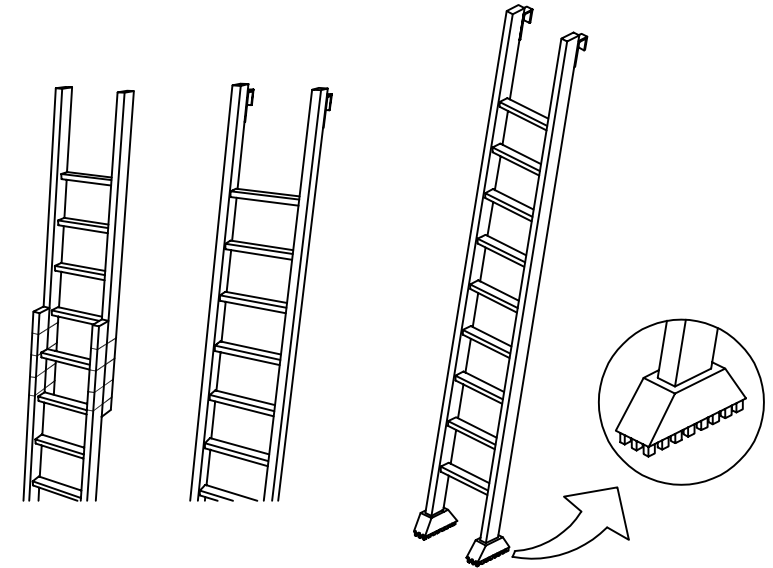
POSICIONES INCORRECTAS DE ESCALERAS DE MANO



POSICION CORRECTA DE ESCALERAS DE MANO

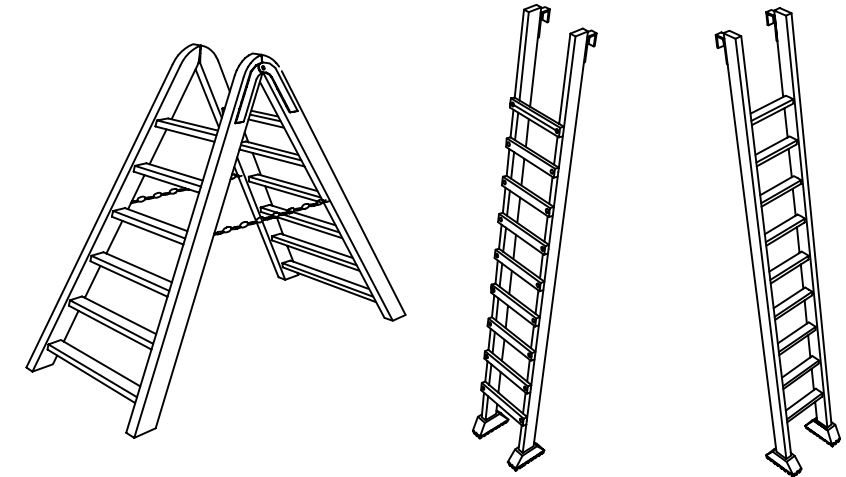


PRECAUCIONES EN EL USO DE ESCALERAS DE MANO




NO SE DEBE REALIZAR NUNCA EL EMPALME IMPROVISADO DE DOS ESCALERAS.

EQUIPAR LAS ESCALERAS PORTATILES CON BASES ANTIRRESBALADIZAS PARA UNA MEJOR ESTABILIDAD.

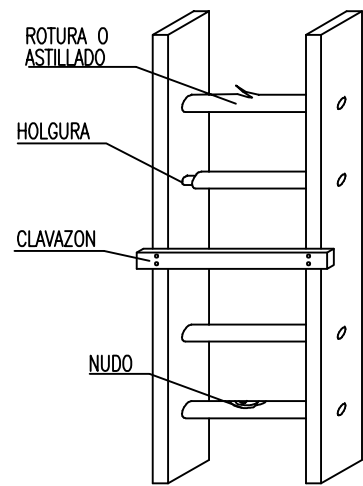
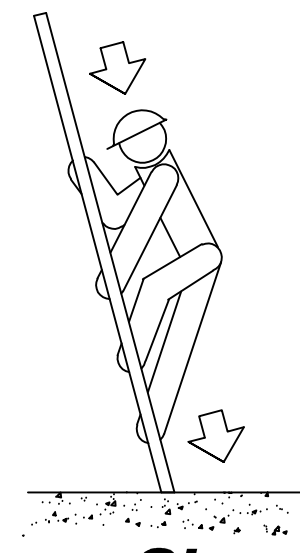
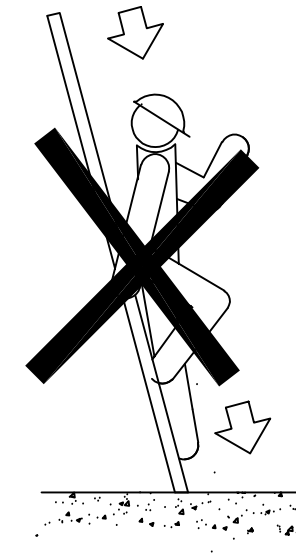
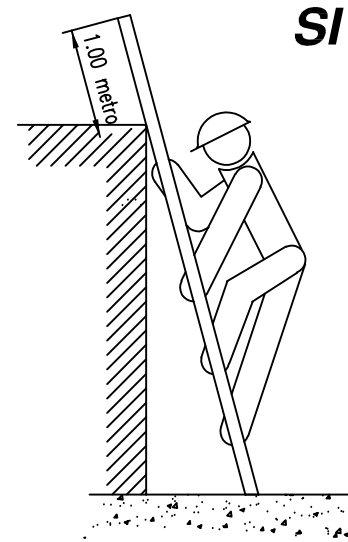
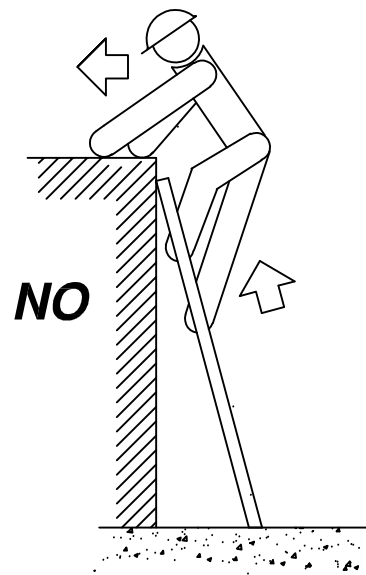
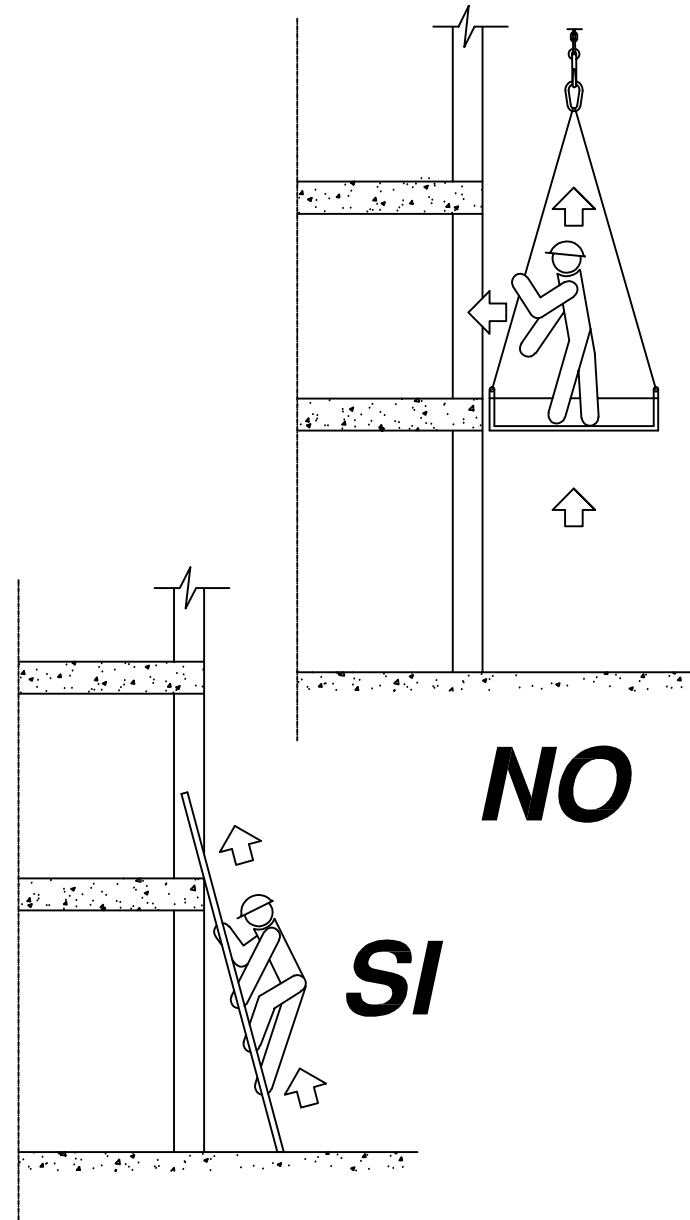


TOPE Y CADENA PARA IMPEDIR LA APERTURA.

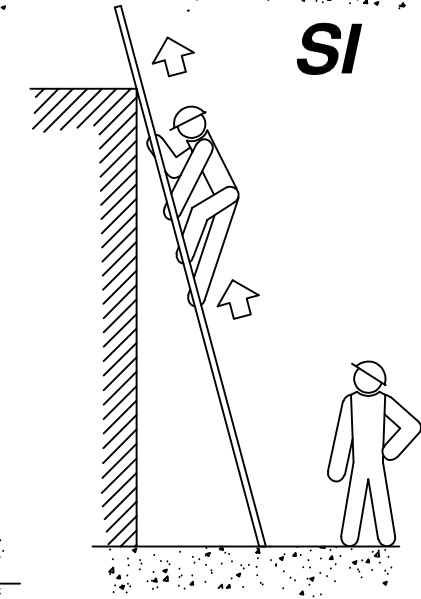
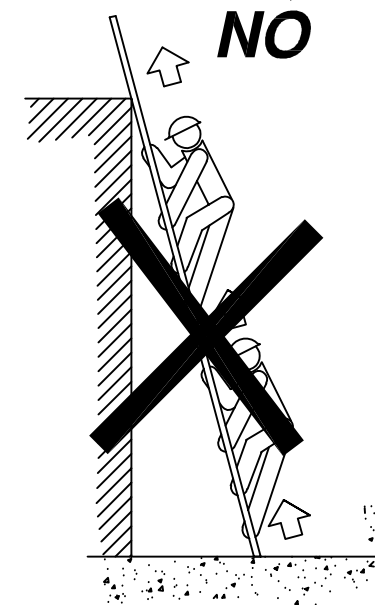
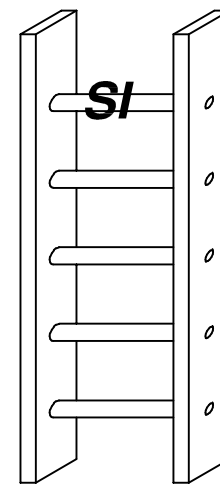
LOS LARGEROS SERAN DE UNA SOLA PIEZA Y LOS PELDANOS ESTARAN BIEN ENSAMBLADOS Y NO CLABADOS.

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 8		Nº P. : 9.10 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

ESCALERAS DE MANO
(PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA
EN SUBIDAS A PLANTAS)




NO

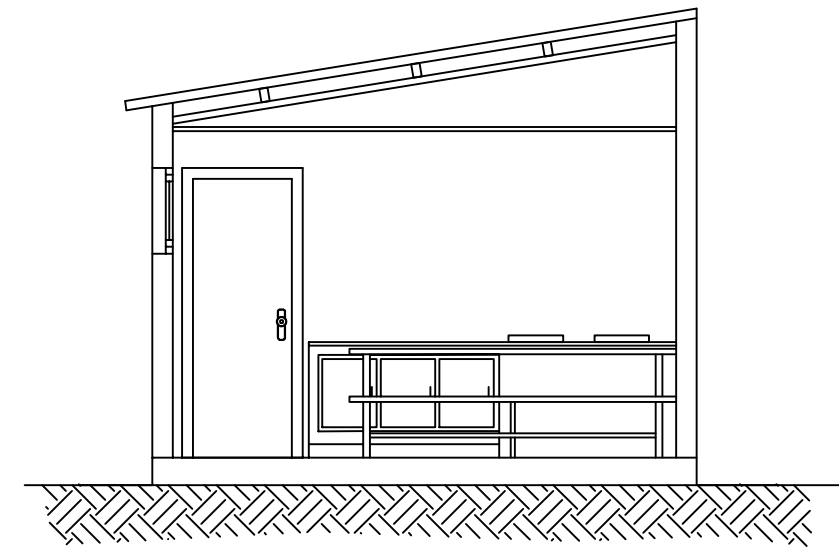
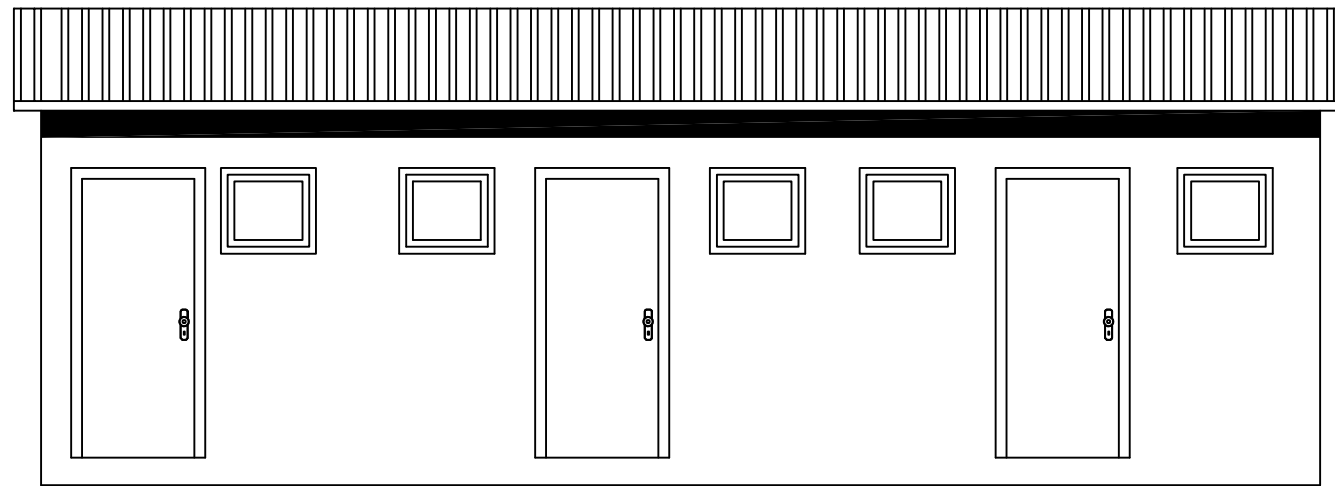


NO

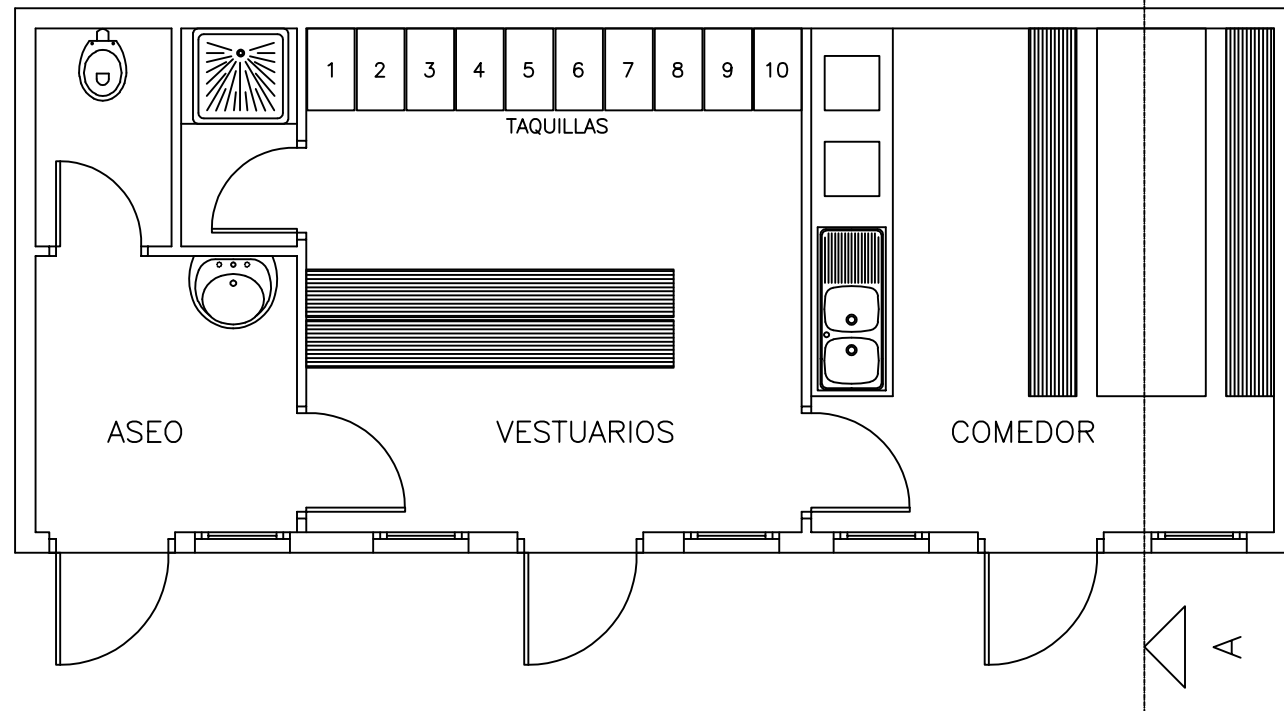
SI

ESCALERAS DE MANO
(PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA
EN SU SUBIDA Y BAJADA)


DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito		
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: N/A	Elementos de Protección Colectiva 9			Nº P.: 9.11 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud

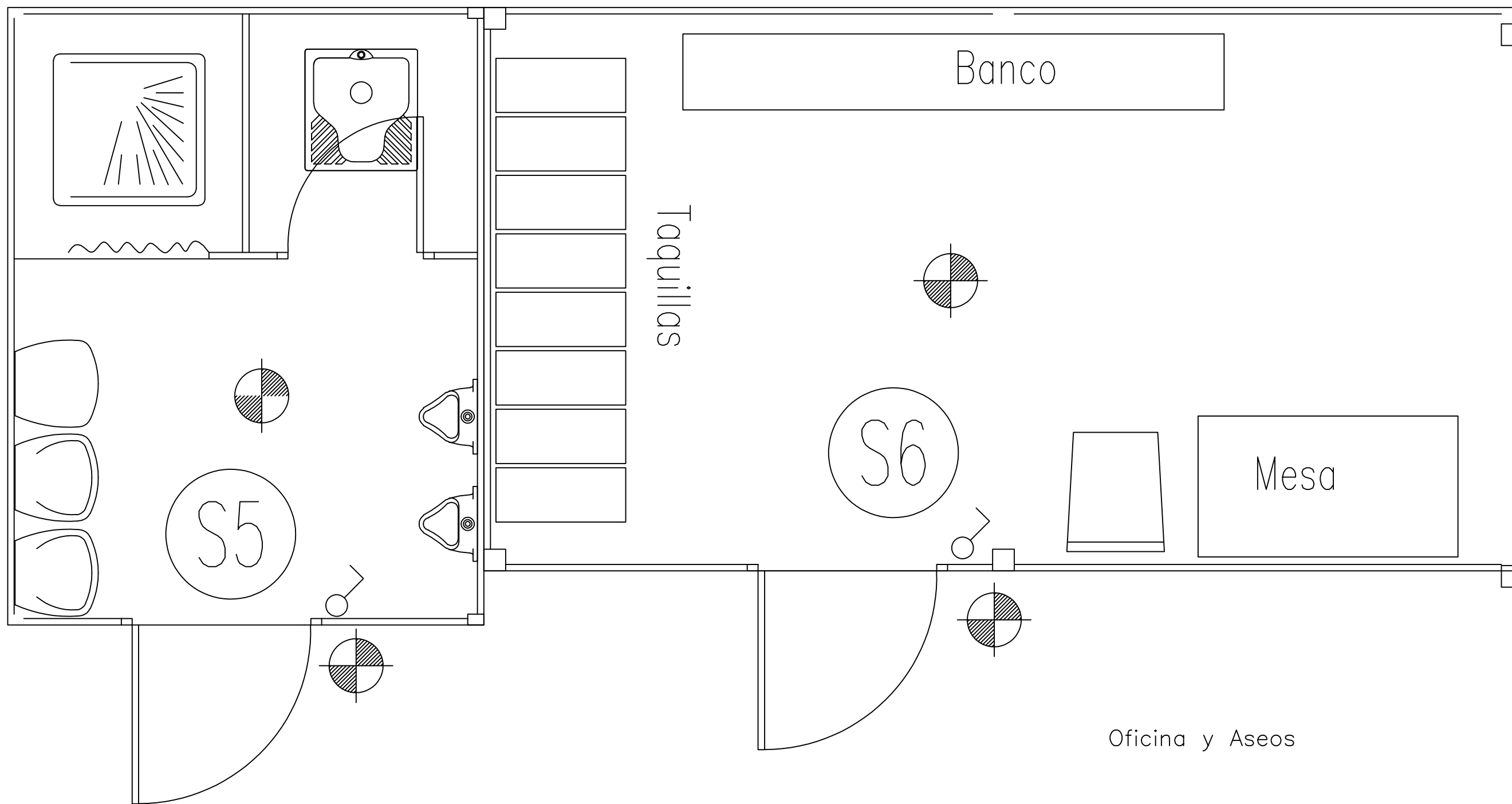



SECCION A-B



ASEO-VESTUARIOS-COMEDOR

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Instalaciones de Higiene y Bienestar 1		Nº P. : 9.12 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud



DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA CON CONEXIÓN A RED			
	Fecha	Autor	 Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL Máster Universitario en Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	09/2020	Belén Cabrera Brito	
Comprobado	09/2020	José Francisco Gómez González	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: N/A	Instalaciones de Higiene y Bienestar 2		Nº P. : 9.13 Nom.Arch:06-Seguridad y Salud



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Pliego de condiciones

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice

1. Objeto.....	2
2. Campo de aplicación	2
3. Normativa de aplicación.....	2
4. Características, componentes, calidades y Condiciones generales de los materiales de la instalación eólica	4
5. De la ejecución o montaje de la instalación eólica	20
6. Control y aceptación, medición y abono.....	27
7. Reconocimientos, pruebas, ensayos y recepción de las obras	29
8. Condiciones de mantenimiento y uso.....	36
9. Inspecciones periódicas	41
10. Inspecciones periódicas de las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica.....	42
11. Condiciones de índole facultativo y legales	45
12. Condiciones de índole económica.....	77

1. Objeto

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto, regirá las obras para la realización del mismo, determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la Instalación Eólica (Parque Eólico) acorde a lo estipulado por el DECRETO 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias, el REAL DECRETO 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como la ORDEN de 13 de Octubre de 2004, por la que se aprueban las normas particulares para las instalaciones de enlace de la empresa Endesa Distribución Eléctrica, S.L., en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Canarias.

2. Campo de aplicación

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, verificaciones y mantenimiento de materiales necesarios en el montaje de instalaciones eólicas, extendiéndose a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de regulación incluida obra civil e infraestructuras necesarias, que forman parte de esta instalación regulada por el DECRETO 141/2009, de 10 de noviembre anteriormente enunciado, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente, siendo necesario que dichas instalaciones eólicas se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural, la seguridad en caso de incendio y la seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas, siendo además respetuosa con el medio ambiente y cumpla la finalidad para la cual es diseñada y construida.

3. Normativa de aplicación

Además de las Condiciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación, a los efectos de garantizar la calidad, funcionalidad, eficiencia y durabilidad de la instalación eólica y se observarán en todo momento durante su ejecución, las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (BOE nº 288 del 01/12/82).

- Real Decreto 2366/1994 de 9 de diciembre sobre producción de energía eléctrica para las instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables. (BOE de 31 de diciembre de 1994).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales; modificaciones por ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales e instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996).
- Orden de 14 de marzo de 1996, por la que se regulan las condiciones de acceso de los generadores eólicos a las redes eléctricas de Canarias.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico.
- Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regularización del Sector Eléctrico Canario (BOC nº 158 de 08/12/97).
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración
- Decreto 100/2000, de 12 de junio, por el que se modifica el Decreto 216/1998, de 20 de noviembre, por el que se regula la organización y el funcionamiento del Registro de Instalaciones de Producción Eléctrica.
- 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. (BOE 27-12-2000).
- Orden de 21 de septiembre de 2001, por la que se regulan las condiciones técnico-administrativas de las instalaciones eólicas ubicadas en Canarias (BOC nº 137, 19/10/01).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- 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.
- Ley 8/2005, de 21 de diciembre, de modificación de la ley 11/1997, de 2 de diciembre, de modificación de la ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.

- Resolución de 4 de octubre de 2006, de la secretaría general de energía, por la que se aprueba el procedimiento de operación 12.3 requisitos de respuesta frente a huecos de tensión de las instalaciones eólicas.
- 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.
- Decreto 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias.
- Orden de 15 de noviembre de 2006, por la que se regulan las condiciones técnico-administrativas de las instalaciones eólicas ubicadas en Canarias. (BOC núm. 225 - lunes 20 de noviembre de 2006).
- Real Decreto 661/2007, de 26 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial que sustituye al Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial por una nueva regulación de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Recomendaciones UNESA en el ámbito de la comunidad autónoma de Canarias.
- Ordenanzas municipales del lugar donde se ubique la instalación.
- Colección de norma une del REBT y normas une declaradas de obligado cumplimiento.
- Y resto de normas o reglamentación que le sean de aplicación.

4. Características, componentes, calidades y Condiciones generales de los materiales de la instalación eólica

4.1. Componentes y productos constituyentes de la instalación eólica

4.1.1. Generalidades

Una instalación eólica conectada a red está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captación de la energía del viento, generando energía eléctrica adaptarla a las características que la hagan utilizable por los consumidores conectados a la red de distribución de corriente alterna. Este tipo de instalaciones eólicas trabajan en paralelo con el resto de los sistemas de generación que suministran a la red de distribución, considerándose como instalaciones de generación eléctrica en régimen especial.

Los componentes o sistemas que conforman la instalación de un parque eólico básicamente son los siguientes:

- Parque de Aerogeneradores.
- Edificio principal que albergará:
 - Centro de control y maniobra.
 - Transformador de servicios auxiliares.
- Red interna baja tensión (BT) que conecte cada aerogenerador con el centro de transformación correspondiente.
- Red externa de media tensión (MT) que conecte el parque con la subestación o centro de transformación de la red de distribución pública.

La instalación eólica se ubicará en un adecuado para el montaje de todos los elementos anteriormente enunciados, el cual determinará tanto el diámetro máximo de palas de los aerogeneradores que se podrán utilizar y la distancia de separación máxima entre éstos. Estos terrenos podrán ser de titularidad pública y/o privada.

4.2. Parque de Aerogeneradores

Sus características generales quedan definidas por:

- a) Tipo (marca, modelo) y número de aerogenerador/es o turbina/s eólica empleada/s.
- b) Condiciones climáticas (margen de temperaturas y humedad ambiente de funcionamiento, protección frente a la corrosión).
- c) Distancia entre aerogeneradores en las dos direcciones perpendiculares de configuración.

4.2.1. Elementos del aerogenerador

- Torre
- Rotor
- Palas y buje
- Góndola
- Multiplicadora
- Eje principal
- Bastidor
- Capota
- Generador eléctrico

- Medición del viento
- Controlador electrónico
- Sistema hidráulico
- Sistema de orientación de las palas
- Sistema de refrigeración

Sus características generales quedan determinadas por:

- Marca y modelo.
- Tipo de rotor, dimensiones, palas
- Orientación de funcionamiento (barlovento o sotavento)
- Sistema de Orientación
- Sistemas de Control
- Buje
- Características Eléctricas
- Multiplicador
- Frenos
- Góndola

Torre del Aerogenerador

Presentando además los siguientes grados de protección de sus elementos:

- Protección del generador eléctrico: IP 54.
- Protección de los aislantes: IP 23.
- Protección de los motores: IP 44.
- Protección de las conexiones de los motores: IP 55.
- Cables eléctricos del tipo anti-propagación de llama, con emisión reducida de humo y gases tóxicos y corrosivos.

4.2.1.1. Torre

Actúa como soporte de la góndola y el rotor del aerogenerador. Las torres de acero tubular se fabrican normalmente en secciones de 20-30 metros con bridas en cada uno de los extremos, y son unidas con pernos "in situ". Son de tipo tronco-cónicas con un diámetro creciente hacia la base, con el fin de aumentar su resistencia y al mismo tiempo ahorrar material.

Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipo: Tronco-cónica.
- Material: Acero tubular.
- Longitud de las secciones: 20 m
- Diámetro en la parte inferior: 7,50 m.
- Altura del buje: 117 m.

Incluirá elementos para el ascenso de personal con las debidas protecciones y descansos cada 10 metros o menos, permitiendo un adecuado acceso a la góndola.

4.2.1.2. Rotor

Es el conjunto formado por las palas y el buje que las une. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica.

Los rotores serán de paso variable (que permiten girar sobre sí mismas a las palas). También puede ser de velocidad variable (cuando la velocidad de giro del rotor es variable) o constante.

El eje del rotor estará soportado por una bancada independiente sobre rodamientos, de manera que el eje que entra en la caja multiplicadora no transmita otros esfuerzos que los de torsión.

Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Diámetro: 126 m.
- Área de Barrido: 12.469 m².
- Velocidad de rotación de operación: 4,0 – 11,2 rpm.
- Orientación: Con el viento a barlovento mirando hacia el Noreste.
- Ángulo de inclinación: 5°.
- Número de palas: 3.

4.2.1.3. Palas y Buje

Las palas de un aerogenerador se fabrican en poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio y normalmente en número de tres.

Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Longitud de pala: 61,6 m.
- Sistema pararrayos.
- Distancia entre raíz de las palas hasta el centro del buje.
- Material de fabricación y concepto estructural de las palas.
- Perfiles aerodinámicos.
- Torsión.
- Peso.
- Cuerda de la pala.
- Conexión de palas.
- Descripción de la unión pala-rodamiento.

El buje es el elemento de unión de las palas, estando acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador. Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipología.
- Material de fabricación y estructura.
- Accesibilidad.
- Cono de la nariz.
- Rodamientos de pala.

4.2.1.4. *Góndola*

En su interior contiene los diferentes dispositivos que van a transformar la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Además, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que facilitan información continua a todo el sistema para su control.

Permitirá el acceso del personal que se ocupa del mantenimiento, proporcionándoles iluminación y espacio y condiciones seguras para acceder y trabajar en las distintas partes. Permitirá también la inspección de las palas y de su sujeción al cubo del rotor.

Dispondrá de un equipo de izado de partes desde la superficie montado sobre un puente para depositarlo en el lugar de montaje.

Contará con el acondicionamiento térmico necesario para lograr un ambiente adecuado a los equipos, para las condiciones climáticas del lugar donde se instale.

4.2.1.5. *Multiplicador*

La potencia de la rotación del rotor del aerogenerador o turbina eólica es transferida al generador a través del tren de potencia, es decir, a través del eje principal, la caja multiplicadora y el eje de alta velocidad

Multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento.

Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipo: De engranaje planetario/recto con suspensión hidráulica en la caja de engranajes y amortiguación activa del tren de transmisión.
- Ratio: 1:126.
- Calentador de aceite:
- Sistema de suministro de aceite con control de temperatura

4.2.1.6. *Eje principal*

Es el elemento encargado de realizar la transmisión del par motor que provoca el viento sobre el rotor hasta la multiplicadora.

4.2.1.7. Bastidor

Es la estructura encargada de soportar sustentar la góndola y transmitir las cargas hasta la torre. La transmisión de estas cargas se realiza a través del cojinete de la corona de orientación.

4.2.1.8. Capota

Es la cubierta que protege los componentes del aerogenerador que se encuentran en la góndola, resaltando las siguientes características:

- Material de fabricación.
- Aislamiento acústico logrado.
- Espacio necesario en el interior de la góndola para realizar actuaciones de reparación y mantenimiento.
- Ventilación.
- Iluminación (claraboyas).
- Diseño seguro para el personal técnico.

4.2.1.9. Generador

Transforma la energía mecánica en energía eléctrica generando normalmente corriente alterna. El alternador será síncrono.

Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipo de rotor: Generador síncrono con excitación sin escobillas.
- Potencia nominal: 4,8 MW.
- Voltaje: 690 V.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Nº de Polos.
- Clase de protección (IP).
- Velocidad nominal de rotación.
- Factor de Potencia.

4.2.1.10. Controlador electrónico

Un ordenador controla continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas, vibraciones, etc.

Los ordenadores y sensores del controlador electrónico son redundantes en todas las áreas de precisión, de seguridad o de servicio. El controlador compara continuamente las lecturas de las medidas en toda la turbina eólica, para asegurar que tanto los sensores como los propios ordenadores funcionan correctamente, registrando continuamente las señales de estos sensores, y cuando detecta algún error realiza las acciones oportunas para subsanarlo. El sistema de control detiene el aerogenerador si el error detectado así lo requiere.

Los parámetros medidos y visualizados localmente en el centro de control y a distancia (telemando remoto) serán:

- Velocidad del viento y su dirección.
- Velocidad de rotación de los ejes.
- Ángulo de palas (si correspondiera).
- Orientación (yaw).
- Potencia activa.
- Potencia reactiva.
- Energía generada.
- Horas de marcha.
- Forma de onda.
- RPM.
- Tensión.
- Frecuencia.
- Corriente.
- Temperaturas de aceite – medida y alarma.
- Niveles de aceite – medida y alarma.
- Presiones de aceite – medida y alarma.
- Temperatura Bobinados – medida y alarma.
- Temperatura armarios de control – medida y alarma.
- Temperatura cojinetes – medida y alarma.
- Temperatura de transformadores (hot spot y devanados) – medida y alarma.
- Vibraciones – amplitud y frecuencia – medida y alarma.
- Desgaste del revestimiento de los frenos mecánicos.

La precisión con la que son medidos deberá ser inferior a 1% para las magnitudes eléctricas y a 5% para las mecánicas.

4.2.1.11. Sistemas hidráulicos

Elementos auxiliares que permiten el accionamiento del giro de las palas sobre su eje, así como el frenado del rotor o el giro y frenado de la góndola, destacando el modelo de corona de orientación, su velocidad de orientación, elementos de fricción y motorizaciones del mecanismo de giro.

4.2.1.12. *Sistemas de frenado*

Los aerogeneradores disponen de sistemas de parada automática en caso de un mal funcionamiento de alguno de los componentes críticos como pueden ser sobrecalentamientos del generador o embalamientos del rotor por lo que es esencial disponer de un sistema doble de freno, de tipo independientes, a prueba de fallos para detener la turbina eólica.

Sistema de frenado aerodinámico

Es el sistema de frenado de la mayoría de los aerogeneradores modernos, el cual consiste en girar las palas del rotor unos 90 grados alrededor del eje.

Estos sistemas suelen estar accionados mediante resortes con el fin de que, incluso en caso de fallo de suministro eléctrico, sigan funcionando, siendo automáticamente activados si el sistema hidráulico de la turbina pierde presión. Una vez que la situación de peligro ha pasado el sistema hidráulico de la turbina suele devolver las palas, o la punta de las palas, a su posición original.

Sistema de frenado mecánico

Las turbinas de regulación por cambio del ángulo de paso no suelen necesitar activar el freno mecánico (excepto en trabajos de mantenimiento), dado que el rotor apenas si puede moverse cuando las palas del rotor están giradas 90 grados.

4.2.1.13. *Sistema de orientación*

Los aerogeneradores disponen de un sistema de orientación que, con ayuda de los datos recogidos por la veleta, coloca siempre el rotor de manera perpendicular al viento.

4.2.1.14. *Medida de viento*

Se dispondrá en el parque eólico de la correspondiente medición de viento mediante instalación de torres meteorológicas equipadas con anemómetros (de tipo copa y ultrasónicos) a la altura del eje del rotor del aerogenerador, con las siguientes características:

- Eje vertical
- Rango 0 a 60m/s, con una precisión de 1m/s a fondo de escala y un umbral de 0,75m/s.
- Resolución: 0,1m/s
- Longitud característica (“delay distance”) inferior a 2 metros

El anemómetro ultrasónico tendrá las siguientes características:

- Rango 0-40m/s,

- Resolución y umbral: 0,01m/s
- Dirección de viento: 0-360°, tanto la dirección horizontal como vertical la dará con una precisión de 0,1°
- Frecuencia de muestro: entre 4Hz y 32Hz

Junto a los anemómetros a la altura de buje se instalará:

- Transductor de dirección del viento, de rango 0 a 360°, resolución 1° y precisión igual o superior a 2 %. (solo para el caso del anemómetro de copa)
- Sensor de temperatura con un rango de -20°C a +60°C, una precisión de 0,1%, tiempo de respuesta menor de 30 segundos, estabilidad de $\pm 0,05\%$ por año.
- Sensor de presión atmosférica de rango 800 a 1100 hPa, error estático de $\pm 0,5$ hPa a 20°C, tiempo de respuesta menor de 1 milisegundo.
- Sensor de humedad relativa de rango 0 a 100%, con precisión $\pm 2\%$, tiempo de respuesta menor a 5 minutos y linealidad $\pm 2\%$.

La información meteorológica será recabada por un sistema de adquisición y registro de datos (datalogger) que podrá ser interrogado localmente desde un PC y en forma remota para lo cual dispondrá de fuente de alimentación autónoma. La conexión entre el datalogger y los sensores estará debidamente protegida contra descargas atmosféricas.

El datalogger de la estación meteorológica se comunicará automáticamente con el centro de control y regulación, y aportará datos que cumplan las recomendaciones dadas por la normativa IEC 61400-1 Ed.2 sobre la medición de la curva de potencia de los aerogeneradores.

4.2.1.15. Unidad de refrigeración

Los generadores necesitan refrigeración durante su funcionamiento. Ésta puede realizarse mediante encapsulamiento del generador en un conducto, utilizando un gran ventilador para la refrigeración por aire, o bien empleándose generadores refrigerados por agua los cuales pueden ser contruidos de forma más compacta, lo que también les proporciona algunas ventajas en cuanto a rendimiento eléctrico se refiere, aunque precisan de un radiador en la góndola para eliminar el calor del sistema de refrigeración por líquido.

Además, contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador.

4.2.1.16. Cimentaciones

Las zapatas de los aerogeneradores deben ser capaces de soportar las cargas gravitacionales provocadas por la torre, la góndola, el transformador y todos los equipos que integran el aerogenerador. La zapata además debe ser capaz de soportar las sollicitaciones provocadas por la acción del viento y resistir al vuelco.

Las características de las cimentaciones de un aerogenerador vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tensión admisible del terreno supuesta.
- Cargas gravitatorias.
- Cargas provocadas por la acción del viento.
- Hormigón a emplear.
- Tipo de Acero para las armaduras.

4.2.2. Clasificación y Tipos de Aerogeneradores

4.2.2.1. Según su posición

Eje horizontal

Son los más habituales y se denomina también "HAWTs", que corresponde a las siglas de la denominación inglesa "horizontal axis wind turbines"

4.2.2.2. Por la orientación del equipo con respecto al viento

A Barlovento

Tienen el rotor de cara al viento y necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor de cara al viento.

4.2.2.3. Por el Número de palas

- De tres palas

4.2.2.4. Por la forma de adecuación de la orientación del equipo a la dirección del viento

Mediante conicidad: Un motor eléctrico y una serie de engranajes permiten el giro de todo el sistema.

4.2.2.5. Por el control de potencia

Todos los aerogeneradores deben poseer algún método de control de la potencia generada, con el fin de evitar que se produzcan daños en los distintos componentes de estos equipos en caso de vientos excesivos.

El método de control de potencia empleado será:

Sistemas de paso variable (pitch regulation): las palas varían su ángulo de incidencia con respecto al viento.

4.2.2.6. Relación de potencias – Aplicaciones de los Aerogeneradores

Denominación	Potencia Pn (kW)	Radio del rotor R (m)	Aplicaciones
Muy Bajas	<1	<1	Embarcaciones, sistemas de comunicación, refugios de montaña, iluminación, etc
	1-10	1-3	Granjas, viviendas aisladas, (sistemas EO-FV), bombeo, etc
Baja	10-100	3-9	Comunidades de vecinos, PYME's (sistemas mixtos EO-diesel), drenaje, tratamiento de aguas...
Media	100-1.000	9-27	Parques Eólicos (terreno complejo).
Alta	1.000-10.000	27-81	Parques Eólicos (terreno llano, mar) adentro).
Muy Alta	> 10.000	> 81	En fase experimental

(*) Según "IDAE"

En este proyecto se emplearán aerogeneradores de relación de potencia alta.

4.2.2.7. Equipamiento de alta tensión

Dispondrán de un transformador elevador en seco dispuesto en la torre, a efectos de elevar la tensión de Baja Tensión del aerogenerador a una tensión de 20 kV.

Estará protegido mediante la correspondiente celda de protección ubicada en la base de la torre, junto con otras celdas o conexiones que permiten la conexión al anillo de media tensión del parque eólico.

Celda de media tensión

Las celdas serán modulares, y estarán equipadas para realizar las funciones de protección del Transformador BT/MT y la conexión a los cables de la Red de MT.

Datos de las celdas

<i>Tipo</i>	<i>Aparamenta SF6</i>
Servicio	Continuo
Instalación	Interior
Nº de fases	
Nº de embarrados	
Tensión nominal asignada	24 kV
Tensión del servicio	20 kV
Frecuencia Nominal	50 Hz
<i>Intensidad Nominal</i>	
Función de protección (P)	200 A
Función de conexión a Red (L)	400 A
<i>Nivel de Aislamiento</i>	
Sobre distancia de seccionamiento (frecuencia industrial / tipo rayo)	60 kV / 145 kV
A tierra entre polos y entre bornas (frecuencia industrial / tipo rayo)	50 kV /125 kV
<i>Intensidad de cortocircuito</i>	
Admisible de corta duración (1 s)	16 kA
Nominal de cresta	40 kA
Voltaje	24 kV
<i>Medidas</i>	
Dimensiones (l) x (a) x (h)	1200 x 800 x 2090 mm

Transformador

El transformador de BT/MT será de tipo seco y aislado con materiales autoextinguibles. Las características mínimas son las siguientes:

Tipo	Trifásico en seco encapsulado
Relación de transformación	20kV / 690 V
Potencia nominal	6.300 kVA
Grupo de conexión	Dyn11n11
Frecuencia	50 Hz
Tensión de cortocircuito	<= 6%
Clase de Aislamiento	F
Frecuencia Nominal	50 Hz
<i>Nivel de Aislamiento</i>	
Nivel de aislamiento del primario (frecuencia industrial / tipo rayo)	24kV // 125 kV
Nivel de aislamiento del secundario (frecuencia industrial / tipo rayo)	3 kV
<i>Medidas</i>	
Dimensiones (l) x (a) x (h)	860 x 1720 x 1660 mm
Peso aproximado	2900 3000 Kg
Norma UNE	UNE 21538

Para protección contra contactos directos, el transformador irá protegido con una malla metálica.

4.2.3. Red interna media tensión (MT) a la tensión de 20.000 V que conecte cada aerogenerador con el centro de transformación correspondiente.

4.2.3.1. Red de media tensión

La red de Media Tensión (MT) tiene como misión transmitir la energía generada en los aerogeneradores hasta el edificio de mando del parque donde se encuentran las celdas de protección y maniobra. También la red servirá para alimentar a los aerogeneradores durante las labores de mantenimiento.

4.2.3.2. Canalizaciones de red interna

Se realizarán mediante zanjas, marcándose las zonas donde se abrirán antes de comenzar los trabajos. Se señalará tanto su anchura como su longitud. Al marcar su trazado se

tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar (El radio de curvatura después de colocado un cable será como mínimo 10 veces su diámetro exterior y 20 veces en las operaciones de tendido).

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se eliminará toda rugosidad del fondo que pudiera dañar la cubierta de los cables y se extenderá una capa de arena o tierra fina de 10cm de espesor que servirá para nivelar el fondo y asiento de los cables. Los conductores se instalarán de tal manera que no se les perjudique ni disminuyan sus características dadas por el fabricante.

Se seguirán en todo momento las indicaciones descritas en el pliego de condiciones técnicas referidas a la instalación de los conductores. Se empleará un sistema, bien mediante cintas señalizadoras o placas de PVC, que permita indicar la presencia de cables eléctricos, frente a una posible apertura o cata en una zanja.

4.2.4. Edificio de mando del parque de aerogeneradores

Albergará las protecciones del conjunto del parque, así como los equipos de medición en bornes de estas protecciones. Asimismo, desde éste se realizarán las operaciones de telecontrol (telefónico, vía satélite, etc.) de cada turbina eólica mediante la correspondiente dotación de equipamiento hardware/software para su maniobra y almacenará los consumibles necesarios (filtros, aceites, etc.) para el correcto funcionamiento de los aerogeneradores.

Descripción general de las estancias y dimensiones

Dimensiones del edificio	L(9,83 m) x A (5,74 m) x H (2,62 m)
--------------------------	-------------------------------------

Se describirán las dimensiones del edificio, así como los elementos constructivos y se justificará tanto el sistema contra incendios proyectado como las correspondientes instalaciones eléctricas necesarias acorde a la vigente normativa, deponiéndose en cada local de tomas de corriente, iluminación y alumbrado de emergencia, siendo conveniente instalar una pequeña UPS para los equipos informáticos.

Se deberá procurar, integrar esta unidad edificatoria en su entorno, a efectos de minimizar el impacto visual.

Estancia de aparamenta eléctrica: Se describirá detalladamente dimensiones, así como la disposición de los equipos de alta tensión y de baja tensión que contendrá, tales como las celdas con aislamiento en gas de SF6 de protección, mando, celda de medida, el transformador de servicios auxiliares, los transformadores de potencia y cuadros generales de baja tensión.

4.2.5. Líneas eléctricas y construcciones asociadas al parque

Las conducciones eléctricas de evacuación de energía serán subterráneas. Asimismo, toda construcción asociada al parque eólico se encontrará preferentemente enterrada o semienterrada en el terreno o, en su defecto, deberán estar contenidas en construcciones cuya arquitectura estará acorde con las construcciones del entorno.

4.2.6. Protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas de los parques eólicos permitirán eliminar rápidamente los defectos que se produzcan con origen en los mismos, o en la instalación de interconexión a la red eléctrica. Dichas protecciones se clasifican en tres niveles según el grado de selectividad:

- a) Nivel I: protecciones afectas a los aerogeneradores, de manera individual.

Se estipula como tarado de las protecciones del Nivel I definido los siguientes valores:

- Máxima frecuencia: 51 Hz, 0,1 s.
- Mínima frecuencia: 47,5 Hz, 0,1 s.
- Sobretensión: 105% Vn, 0,3 s.

- b) Nivel II: protecciones afectas al parque eólico en su conjunto, de carácter global. Estarán ubicadas en el centro de maniobra y control del parque.

- c) Nivel III: protecciones en el punto de conexión a la red.

Los niveles de protección I y II estarán bajo la responsabilidad del titular del parque eólico.

Las protecciones de Nivel III actuarán bajo la responsabilidad de la empresa titular de la red, y su regulación se realizará conforme a criterios de selectividad y coordinación con las de las subestaciones y centros de producción convencionales, debiendo existir enclavamiento eléctrico entre los interruptores correspondientes a los niveles II y III, cuando de la distancia entre ambos resulte un alto factor capacitivo de la línea de interconexión.

La empresa titular de la red, mediante justificación debidamente motivada acompañada de informe favorable del Operador del Sistema, podrá solicitar del Centro Directivo competente en materia de energía adoptar un umbral de regulación de las protecciones distinto al indicado, si concurren circunstancias suficientes, y atendiendo a la dimensión del sistema eléctrico afectado y a la capacidad de respuesta de los grupos convencionales.

Las protecciones deberán estar coordinadas entre sí.

4.2.7. Protección contra descargas atmosféricas y sobretensiones de maniobra

Las partes expuestas del aerogenerador serán capaces de funcionar como bajada eficaz de rayos, adoptándose como rayo de diseño, doscientos (200) kA. En particular las palas serán capaces de descargar los rayos sin sufrir daños. Tanto los aerogeneradores como el sistema eléctrico deberán incorporar un sistema de protección contra sobretensiones debidas a rayos o maniobras eléctricas.

4.2.8. Vías internas y plataformas de montaje de los aerogeneradores

4.2.8.1. Trazado de los caminos internos

Se considerará la pendiente máxima, los radios en curvas mínimo y la inclinación lateral, a efectos de realizar la correcta programación del transporte del material y grúas para el montaje de los aerogeneradores.

4.2.8.2. Plataformas de montaje

Se describirán la constitución y medidas de la plataforma que se dispondrán junto a cada aerogenerador.

4.2.9. Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman la instalación eólica

La Dirección Facultativa velará porque todos los materiales, productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación eólica sean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

Cuando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los equipos y materiales, las

indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

El contratista o instalador autorizado entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en idioma español para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales, éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Concretamente por cada elemento tipo, estas indicaciones para su correcta identificación serán las siguientes:

Aerogeneradores

Certificación, según Norma IEC WT-01 de homologación, por una entidad de reconocida solvencia aceptada para ello por la Administración Pública Canaria, de las condiciones eléctricas, mecánicas, acústicas, energéticas y de seguridad de los aerogeneradores o turbinas eólicas, indicando las normas seguidas para su diseño, fabricación, calidad del proceso de fabricación, instalación, ensayos, pruebas, etc.

El resto de los componentes de la instalación deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

Asimismo, aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

5. De la ejecución o montaje de la instalación eólica

5.1. Consideraciones generales

Las instalaciones eólicas conectadas a la red eléctrica serán ejecutadas por instaladores eléctricos autorizados, para el ejercicio de esta actividad, según lo estipulado por el DECRETO 141/2009 e Instrucciones Técnicas Complementarias ITC del REBT, y deberán realizarse conforme a lo que establece el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y a la reglamentación vigente.

El Ingeniero-Director rechazará todas aquellas partes de la instalación eólica que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora autorizada o Contratista a sustituirlas a su cargo.

Durante el proceso de ejecución de la instalación se dejarán las líneas sin tensión y, en su caso, se conectarán a tierra. Deberá garantizarse la ausencia de tensión mediante un comprobador adecuado antes de cualquier manipulación.

Se cumplirán, además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

La instalación eólica incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad y seguridad del suministro eléctrico.

El Contratista facilitará, de todos los componentes que integran la instalación, fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes. Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en idioma español.

El funcionamiento de las instalaciones eólicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Tampoco podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento, operación y explotación de la red de distribución.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

La instalación eólica incluirá todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como dispone de elementos y protecciones adicionales resultado de la aplicación de la legislación vigente.

Si durante la ejecución de las obras apareciesen restos históricos, arqueológicos o paleontológicos, se paralizarán éstas en la zona afectada, procediendo el titular a ponerlo en conocimiento de las autoridades competentes.

5.2. Tipos de trabajos a realizar

Los trabajos a realizar en el montaje del parque eólico son:

- Trabajos en instalaciones eléctricas de baja tensión, con y sin tensión.
- Trabajos en instalaciones eléctricas de alta tensión, con y sin tensión.
- Trabajos en la ejecución de canalizaciones subterráneas eléctricas.
- Trabajos en la obra civil de cimentaciones y edificio de mando.
- Trabajos de transporte, acopio y montaje de aerogeneradores.
- Trabajos de soldadura

5.3. Comprobaciones iniciales

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación eólica coincidan con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa. Se marcará por Instalador autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa el lugar de montaje los diversos componentes de la instalación.

Al marcar los tendidos de la instalación eléctrica se tendrá en cuenta la separación mínima de 30 cm con la instalación de abastecimiento de agua o fontanería.

5.4. Instalación y Montaje de los elementos

Durante la etapa de construcción será necesario el establecimiento de una zona de acopio para el manejo de materiales y equipos.

5.4.1. Instalación de aerogeneradores y sus elementos

Transportados los componentes del aerogenerador hasta el punto de anclaje, se procederá a su ensamblaje, haciendo uso de una grúa de grandes dimensiones. De este modo se realiza el izado de la torre, la góndola y el rotor.

La corona de orientación, sobre la que está apoyada la góndola mediante unas zapatas de deslizamiento, se atornilla a la torre de manera que el acceso a la turbina se consigue a través de la propia corona y de un agujero practicado en el fondo de la parte delantera de la plataforma.

El anclaje al terreno del aerogenerador consistirá en una zapata de planta circular, con las dimensiones especificadas en este proyecto.

Las acciones de este proceso son: uso de maquinaria; voladuras del sustrato rocoso; movimiento de tierras y cimentación de hormigón.

Los aerogeneradores se montarán sobre torre tubular troncocónica de acero, protegida contra la corrosión.

La torre tubular podrá incorporar lámparas y puntos de potencia, además de escaleras interiores, plataformas de descanso y protección, y cable de seguridad, instalado en la escalera de la torre de celosía.

Antes del levantamiento de las torres se realizarán los trabajos preparativos incluyendo el ajuste de los paneles de compensación para la nivelación de las plataformas de cimientos.

Las mediciones de teodolito deberán asegurar la orientación precisa del segmento inferior de la torre para prevenir un basculamiento que podría generarse a causa de un servicio inseguro de la turbina.

Todos los segmentos de torre serán abridados y apretados con bulones con pares específicos y llaves dinamométricas especiales.

Se continuará con el montaje de la góndola y las palas del rotor.

5.4.1.1. Condiciones a satisfacer respecto a las distancias de los aerogeneradores a viviendas o a otros aerogeneradores

No podrá instalarse ningún aerogenerador si dentro de su área de sensibilidad eólica se localiza un aerogenerador previamente autorizado, o si queda dentro del área de sensibilidad eólica de un aerogenerador previamente autorizado. Dicha área podrá reducirse siempre que se aporte un estudio de afecciones a terceros y que éste se apruebe por parte de la Consejería competente en materia de energía, previa audiencia de los posibles afectados. Asimismo, se prohíbe la instalación de cualquier construcción perteneciente a una infraestructura eólica si afecta a un aerogenerador autorizado.

La distancia mínima entre dos aerogeneradores de una misma línea no será inferior a dos (2) diámetros de rotor. La distancia entre dos líneas de un mismo parque ha de ser como mínimo de cinco (5) diámetros de rotor.

Cuando el planeamiento aplicable no imponga separaciones mayores la distancia entre un aerogenerador y un núcleo habitado no será inferior a 400 m debido a que la potencia es superior a 900 kW.

5.4.1.2. Condiciones a satisfacer respecto a la eficiencia energética

Los parques eólicos y los aerogeneradores que lo componen deberán alcanzar unos niveles mínimos de eficiencia energética.

Los aerogeneradores a instalar deberán ser nuevos y no haber sido puestos en producción con anterioridad a la puesta en marcha del parque eólico. Asimismo, deberán permitir la regulación de potencia a través de mecanismos adecuados.

Con independencia del rendimiento energético de la máquina también se valorará su comportamiento en sistemas eléctricos aislados y pequeños, como los existentes en Canarias. En este sentido, el nivel de respuesta del aerogenerador debe garantizar:

- Una óptima calidad de la energía eléctrica entregada a la red. Es decir, su índice de calidad será igual o superior al de la red, medido en el punto de interconexión.
- Que las fluctuaciones que existan en la red eléctrica debido a sus condiciones intrínsecas sean soportadas, hasta un nivel aceptable, por el aerogenerador sin que pierda su estabilidad respecto de la misma.

En cualquier caso, las máquinas que se instalen en la Comunidad Autónoma de Canarias deberán estar certificadas por una entidad de reconocida solvencia aceptada para ello por la Administración Pública Canaria. Esta entidad deberá certificar las condiciones eléctricas,

mecánicas, acústicas, energéticas y de seguridad de las máquinas, indicando las normas seguidas para su diseño, fabricación, calidad del proceso de fabricación, instalación, etc.

5.4.2. Instalación eléctrica

5.4.2.1. Definición y clasificación de las instalaciones eléctricas

Según Art. 3 del Decreto 141/2009, se define como “instalación eléctrica” todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados destinados a la producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Asimismo, y según Art. 3 del Decreto 141/2009 éstas se agrupan y clasifican en:

- **Instalación de baja tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal se encuentra por debajo de 1 kV ($U < 1$ kV).
- **Instalación de media tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es superior o igual a 1 kV e inferior a 66 kV (1 kV $\leq U < 66$ kV).
- **Instalación de alta tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es igual o superior a 66 kV ($U \geq 66$ kV).

5.4.2.2. Componentes de la instalación eléctrica del parque eólico

El sistema eléctrico del parque eólico tiene por objeto la transferencia de la energía producida por cada aerogenerador hacia la red de la compañía distribuidora de energía eléctrica.

Las características y distancia de la red en el punto de enlace condicionarán el diseño y trazado de la instalación de evacuación eléctrica de cada parque. Sin embargo, se puede generalizar que el sistema eléctrico de un parque eólico comercial, actualmente, está compuesto por los siguientes elementos:

La instalación eléctrica, que abarcará los suministros y montajes de los siguientes elementos:

- Red de tierras de los aerogeneradores.
- Línea/s de interconexión subterránea de media tensión, incluyendo cableado, accesorios y conexionado de la red de potencia, de control y de tierras entre los aerogeneradores, con el Centro de Transformación del parque eólico, con el Centro de Control y con las Estaciones Meteorológicas.
- Centro de Transformación que incluye variable equipamiento.

Y los trabajos de:

- Conexión de cables entre la sala de máquinas y el armario de distribución en la parte inferior de la torre.
- Instalación y configuración de ordenadores para supervisión remota.
- Conmutación de caja de distribución de alta tensión e integración en red.

Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT)

Esta podrá ser interna a cada aerogenerador. Esta configuración consiste en unos circuitos internos al equipo que conectan la salida del generador con el centro de transformación, también interno, que eleva el potencial eléctrico de salida desde Baja Tensión (unos 690 V) hasta Media Tensión (20kV). Este transformador será de tipo seco, al estar localizado dentro de la torre.

Adicionalmente existirá otro circuito, de control (comunicaciones) y servicios auxiliares, para la alimentación de los equipos de regulación, motores de orientación, unidad hidráulica y otras herramientas de alumbrado y maniobra de la góndola y la torre.

Red subterránea de Media Tensión (MT)

Conecta a los aerogeneradores entre sí y a la subestación del parque eólico. Por ello, el trazado de la red de MT se basa en la disposición de los aerogeneradores y es aconsejable que la zanja del cableado transcurra paralela a los caminos de acceso a los mismos. La profundidad de los cables, que irán instalados directamente enterrados en las zanjas, será de un metro. Dicha medida es resultado de un equilibrio entre dos factores condicionantes, desde un punto de vista técnico, pues la cercanía a la superficie favorece la disipación de calor a la atmósfera, mientras que la humedad suele aumentar con la profundidad. La anchura media de las zanjas se mantiene en 0,60m.

Toma de tierra

Además de las canalizaciones descritas, cada aerogenerador debe estar provisto de una específica para la red de tierra. El conductor se puesta a tierra se situará a cierta distancia de la línea subterránea de MT del parque y se rellenará con tierra vegetal y material procedente de la propia excavación o préstamo.

Subestación colectora

Transforma los niveles de MT de las líneas de transmisión del parque en 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).

La tipología más común de subestación transformadora MT/AT consiste en una estructura prefabricada mixta (intemperie-interior), para lo cual sólo será necesario el acondicionamiento del firme sobre el que se vaya a instalar.

Evacuación en Alta Tensión (AT)

Las condiciones técnicas de conexión de un parque eólico a la red pública de distribución de electricidad tendrán en consideración la tensión nominal y máxima de servicio, potencia máxima de cortocircuito admisible, capacidad de transporte de la línea, tipo de red aérea o subterránea, sistema de puesta a tierra, etc. Sin embargo, el diseño de este apartado de la instalación queda fuera del alcance de este proyecto.

5.4.2.3. Instalación eléctrica interior en baja tensión

Componentes y productos constituyentes de la instalación

Genéricamente la instalación contará con:

- Acometida.
- Caja general de protección (CGP).
- Línea general de alimentación (LGA).
- Conductores unipolares en el interior de tubos de PVC, en montaje superficial o empotrado.
- Canalizaciones prefabricadas.
- Conductores de cobre aislados con cubierta metálica en montaje superficial.
- Interruptor seccionador general.
- Centralización de contadores (CC).
- Derivación individual (DI).
- Conductores unipolares en el interior de tubos en montaje superficial o empotrado.
- Canalizaciones prefabricadas.
- Conductores aislados con cubierta metálica en montaje superficial siendo de cobre.
- Cuadro general de distribución.
- Interruptores diferenciales.
- Interruptor magnetotérmico general automático de corte omnipolar.
- Interruptores magnetotérmicos de protección bipolar.
- Interruptor de control de potencia (ICP).
- Instalación interior.
- Circuitos
- Puntos de luz (lámparas y luminarias) y tomas de corriente.
- Regletas de la instalación como cajas de derivación, interruptores, conmutadores, base de enchufes, pulsadores, zumbadores.

5.4.2.4. *Instalación eléctrica subterránea de Media Tensión*

Componentes y productos constituyentes de la instalación

Genéricamente la instalación contará con:

- Conductores
- Dispositivos de protección eléctrica
- Canalizaciones subterráneas. Zanjas.
- Protecciones mecánicas.

5.4.2.5. *Instalación eléctrica de la subestación*

Características, calidades y Condiciones generales de los materiales de obra civil y eléctrica

La subestación de tipo Interior será prefabricada. Sus detalles se muestran en la memoria del proyecto.

5.4.2.6. *Instalación de los equipos de medida*

Para su ejecución se realizará de acuerdo con lo establecido en la ITC -BT-15 del REBT.

5.4.2.7. *Señalización*

Toda la instalación eléctrica deberá estar correctamente señalizada y deberán disponerse las advertencias e instrucciones necesarias que impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos de tensión o cualquier otro tipo de accidentes.

6. Control y aceptación, medición y abono

Para la recepción provisional de las obras una vez terminadas, el Ingeniero Director procederá, en presencia de los representantes del Contratista o empresa instaladora autorizada, a efectuar los reconocimientos y ensayos precisos para comprobar que las obras han sido ejecutadas con sujeción al presente proyecto y cumplen las condiciones técnicas exigidas.

6.1. Control y aceptación

Además de los específicos de la obra civil y de las instalaciones eléctricas (Baja Tensión, Línea Subterránea de Media Tensión y de la Subestación) se realizarán los siguientes controles durante la ejecución:

- Red de accesos.
- Cimentación, zanjas y hormigonado.
- Componentes del aerogenerador: rotor, góndola, torre, sistema de anclaje y sistemas auxiliares mediante certificación.
- Transformadores de media tensión de salida del aerogenerador, compuestos por celda de protección de media tensión, elementos de seguridad y malla de protección.
- Verificación del montaje, a pie de obra de aquellos elementos a incluir en la zapata que puedan ser considerados elementos de anclaje de la torre, en particular, la virola y sus elementos auxiliares de nivelación.
- Verificación del Cuadro de Baja Tensión asociado a cada aerogenerador, completamente instalado, adecuado para su conexionado a la infraestructura eléctrica del parque y red de tierras.
- Confirmación del fabricante, mediante los controles de calidad correspondientes que las máquinas de la instalación vendidas son idénticas, a la máquina tipo certificada.

Otros Controles durante la ejecución:

- Línea de interconexión subterránea de media tensión, incluyendo cableado, accesorios y conexionado de la red de potencia, de control y de tierras entre los aerogeneradores,
- Red de tierras de los aerogeneradores.
- Zanjas y canalizaciones para la instalación eléctrica.
- Protecciones.
- Equipos de medida.
- Cableado, terminales, empalmes, derivaciones y conexiones en general.

Conservación hasta la recepción de las obras

Se preservarán todos los componentes de la instalación eléctrica de entrar en contacto con materiales agresivos y humedad.

6.2. Medición y abono

Los conductores se medirán y valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, todo ello completamente colocado incluyendo tubo, bandeja o canal de aislamiento y parte proporcional de cajas de derivación y ayudas de albañilería cuando existan.

El resto de los elementos de la instalación, como aerogenerador, transformador, caja general de protección, equipos de medida, mecanismos, etc., por unidad totalmente colocada y

comprobada incluyendo todos los accesorios y conexiones necesarios para su correcto funcionamiento.

7. Reconocimientos, pruebas, ensayos y recepción de las obras

7.1. Reconocimiento de las obras

Previamente al reconocimiento de las obras, el Contratista habrá retirado todos los materiales sobrantes, restos (a vertedero autorizado), embalajes, etc., hasta dejarlas completamente limpias y despejadas.

En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales instalados coinciden con los admitidos por la Dirección Facultativa en el control previo efectuado antes de su instalación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento.

Análogamente se comprobará que la realización de la instalación eléctrica ha sido llevada a cabo y terminadas, rematadas correcta y completamente.

7.2. Pruebas y ensayos

Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte del Contratista que se indican a continuación con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas:

Aerogeneradores

El Contratista deberá demostrar mediante las pruebas adecuadas que cada aerogenerador funciona correctamente y de forma segura. Estas pruebas seguirán los procedimientos normales de puesta en marcha de este tipo de instalaciones.

Las pruebas a realizar para cada aerogenerador incluirán como mínimo:

- Una prueba de funcionamiento continuo de un mínimo de 6 horas.
- Una prueba de los niveles de vibración cuyos valores se tendrán que atener a las especificaciones del Contratista.
- Una prueba de funcionamiento para cada aerogenerador cuando esté generando.
- Demostración de un funcionamiento correcto en caso de corte de la línea para evitar velocidades excesivas.
- Demostración del correcto funcionamiento del sistema de orientación y de frenos.
- Pruebas de aislamiento.

Se registrará la curva del factor de potencia en función de la carga, de forma que se verifique que cada aerogenerador funciona de acuerdo con las especificaciones dadas por el Contratista.

Una vez superadas estas pruebas, se procederá a demostrar la disponibilidad de los aerogeneradores durante un mínimo de 96 horas de funcionamiento continuo, puede ser intermitente, pero siempre con velocidad de viento en rango de operación. Si durante esta prueba sucediera algún incidente de relevancia, el Contratista procederá a su reparación inmediatamente y se realizará de nuevo esta prueba desde el comienzo.

Sistema eléctrico

Las pruebas de puesta en marcha del sistema eléctrico se realizarán como mínimo sobre los siguientes componentes eléctricos de la instalación:

- Cableados y líneas de evacuación,
- Transformadores,
- Conmutadores,
- Sistema de protección y relés,
- Toma de tierra.

Además, el Contratista deberá demostrar que la instalación alcanza todos los requerimientos especificados para la conexión a la red eléctrica.

Sistema de control

Las pruebas del sistema de control y regulación incluirán las pruebas de puesta en marcha normales para dicho sistema, además de las pruebas necesarias para demostrar que el sistema satisface los requerimientos descritos en las especificaciones técnicas.

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos, además de los contemplados en el primer párrafo del presente apartado:

Entrega de toda la documentación requerida en este Pliego de Condiciones Técnicas.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

Asimismo, realizará las siguientes comprobaciones:

- **Medida de aislamiento de la instalación:** el ensayo de aislamiento se realizará para cada uno de los conductores activos en relación con el neutro puesto a tierra, o entre conductores activos aislados. La medida de aislamiento se efectuará según lo indicado en el artículo 28 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- **Protecciones contra sobretensiones y cortocircuitos:** se comprobará que la intensidad nominal de los diversos interruptores automáticos sea igual o inferior al valor de la intensidad máxima del servicio del conductor protegido.
- **Empalmes:** se comprobará que las conexiones de los conductores son seguras y que los contactos no se calientan normalmente.
- **Medición de los niveles de aislamiento de la instalación de puesta a tierra** con un óhmetro previamente calibrado, verificando, el Ingeniero Director, que están dentro de los límites admitidos.

Tan pronto como sea posible, el Contratista, iniciará las inspecciones y ensayos previos a la puesta en servicio de las instalaciones o la parte pertinente de ellas.

A tales efectos el Contratista propondrá al Ingeniero-Director de la obra los correspondientes procedimientos.

Tan pronto como se hayan completado satisfactoriamente todas las inspecciones, pruebas y los ensayos previos a la puesta en servicio de las instalaciones o cualquier parte de ellas, el Contratista realizará las pruebas funcionales que correspondan según los procedimientos que previamente propondrá al Ingeniero-Director.

Si durante las pruebas funcionales se constata un defecto, el Contratista corregirá tal defecto o deficiencia y repetirá la prueba funcional del equipo o sistema en forma completa.

El Contratista entregará a la Propiedad un listado completo de las fábricas donde se construyen los materiales y equipos.

Para proceder al embarque de materiales y componentes será necesario que todos los ensayos y verificaciones previstos hayan sido ejecutados y que los resultados hayan sido presentados a la Propiedad.

7.3. Puesta en servicio del parque eólico

La puesta en servicio del parque eólico se realizará en dos fases, una provisional o de prueba por un período máximo de 12 meses, en la que se irán conectando a la red paulatinamente los correspondientes escalones de potencia que se establezcan, y otra de puesta en servicio definitiva, una vez garantizada la estabilidad del sistema eléctrico al que se conecte. El Ingeniero-Director de obra se hará responsable durante el período de prueba del buen resultado de la misma, debiendo acreditarlo mediante el correspondiente certificado.

La fase de prueba se desarrollará en una o más etapas, estableciéndose en la resolución de puesta en marcha provisional, el escalonamiento que se considere necesario en la conexión a la red de la potencia total autorizada. En estas etapas se procederá a la comprobación, ajuste y regulación de todos los equipos de generación, transformación, protección, interconexión, medida y comunicación.

Se deberá solicitar la puesta en marcha provisional del parque eólico acompañada al menos de la siguiente documentación:

- a) Certificado final de obra, donde se incluyan datos principales de la instalación.
- b) Certificado de conformidad a norma de los aerogeneradores, transformadores, celdas y demás elementos de importancia.
- c) Descripción de las etapas en las que se procederá en la fase de prueba.

Superada la fase de prueba con resultado satisfactorio y una vez inscrito el parque eólico en el registro de instalaciones de producción, el titular de la instalación deberá presentar la correspondiente solicitud de puesta en servicio definitiva del parque, acompañada de la siguiente documentación adicional:

- a) Certificación del Ingeniero-director de obra de que el sistema de monitorización y telecontrol del parque eólico está activado y funcionando correctamente, así como del resultado satisfactorio de las pruebas realizadas con el centro de control remoto y el operador del sistema.
- b) Contrato de mantenimiento con empresa autorizada para el montaje y mantenimiento de las instalaciones, o acreditación del titular de que dispone de medios de mantenimiento equivalentes.
- c) Protocolo que regulará las condiciones de funcionamiento entre la entidad explotadora del parque eólico y la empresa titular de la red, en los términos establecidos en el artículo 32 del Decreto 32/2006, de 27 de marzo.

Examinada la documentación presentada, y previa inspección de las instalaciones, se procederá, en su caso, a emitir la correspondiente autorización de puesta en marcha definitiva.

7.4. Recepción provisional

Antes de proceder a la recepción provisional de las obras, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras

Una vez realizadas satisfactoriamente las pruebas y el reconocimiento enunciado anteriormente, el Contratista podrá solicitar de la Propiedad, la recepción provisional de las obras, donde las partes elaborarán la correspondiente “Acta de inspección previa a la recepción provisional”.

Posteriormente, se firmará el “Acta de recepción provisional de las obras”, y las instalaciones serán puestas en operación.

La falta de terminación de algunos trabajos o fases cuya ejecución no sea indispensable a juicio del Ingeniero-Director de la obra para el servicio normal de las obras sometidas a recepción, y que se puedan ejecutar sin inconvenientes una vez iniciada la operación, no constituirán impedimento para la recepción provisional, pero se dejará constancia de ello en el Acta respectiva, fijándose un plazo para su ejecución o entrega, el cual no será superior a tres meses.

En el momento de la recepción provisional se produce la transferencia de propiedad del parque a su titular. A partir de la recepción provisional, y hasta la recepción definitiva, el Contratista realizará la operación y las acciones de mantenimiento del parque.

7.5. Garantías y límites de las garantías

El período de garantía mínimo requerido para la instalación eólica será de dos (2) años y empezará a contar desde la fecha de formalización del Acta de recepción provisional del parque.

Si en el transcurso del período de garantía por defectos, por cualquier causa atribuible al Contratista, una parte cualquiera de los equipos tuviera que ser reconstruida, modificada o sustituida, el Contratista prorrogará el período de garantía de la siguiente forma:

- 1) Si el defecto causa indisponibilidad del parque eólico, la prórroga será para todas las partes del parque eólico por un tiempo igual al tiempo que el parque eólico estuvo indisponible, contado a partir de la resolución del defecto.
- 2) Si el defecto causa indisponibilidad de alguno de los grupos aerogeneradores u otras instalaciones del parque eólico, la prórroga de la garantía será por el período entre la detección del defecto y la correspondiente resolución.

La fecha del Acta de recepción provisional se producirá antes de 30 días desde la puesta en marcha del último aerogenerador de la instalación, siempre y cuando las pruebas hayan sido realizadas satisfactoriamente, la documentación final requerida haya sido entregada, y una vez conectada la planta a la subestación se haya alcanzado una disponibilidad técnica del conjunto

de un 90% al menos durante 96 horas de funcionamiento continuo (puede ser intermitente, pero siempre con velocidad de viento en rango de operación). Durante el período de garantía el Contratista será responsable de la conservación de la instalación, siendo de su cuenta y cargo todas las reparaciones originadas por defecto de diseño, construcción, montaje, puesta en marcha y pruebas de la misma o mala calidad de los materiales.

Si durante el período de garantía más del 20% del número de un determinado componente de la instalación no cumpliera con las especificaciones dadas, el Contratista deberá demostrar que no se trata de un defecto genérico que pudiera producirse en toda la instalación. En caso contrario, el Contratista deberá volver a diseñar, certificar y reemplazar dicho componente en toda la instalación. Se exceptúan los grandes componentes (multiplicadora, juego de palas, generador eléctrico, ejes, buje, etc.), en cuyo caso el límite se establece en más de 2 unidades

En cualquier caso, los aerogeneradores instalados se garantizarán contra cualquier defecto de materiales, funcionamiento o error de diseño y montaje que altere su correcta operación o el comportamiento esperado de sus componentes y que se manifieste dentro del período de garantía.

La garantía cubre la reparación y reposición de los materiales e instalaciones averiados, los cuales serán sustituidos por otros materiales nuevos, sobre los cuales entrará en vigor un nuevo período de garantía adicional igual al considerado anteriormente (24 meses). Se entiende que esta garantía cubre la mano de obra, así como los medios necesarios para llevar a cabo la reposición.

El Contratista garantizará la existencia de repuestos para los equipos instalados durante la vida operativa de la instalación (estimada en 20 años desde la recepción provisional), aportando la documentación técnica necesaria, referencias de suministros y despiece de subconjuntos con el nombre del fabricante de los componentes significativos (palas, generador eléctrico, multiplicador, circuito hidráulico y motor de orientación).

El Contratista garantizará durante el período en el que realice la Operación y Mantenimiento una disponibilidad total de la planta mínima del 95 %.

El Contratista no será considerado responsable del incumplimiento de alguna de las garantías otorgadas en el presente Pliego de Condiciones a causa de:

- a) Alteraciones o reparaciones llevadas a cabo por personal no autorizado por el Contratista, a menos que se deba a un incumplimiento de contrato por parte de éste, y en la medida en que resulte necesario, las reparaciones las llevará a cabo un profesional o trabajador estándar de acuerdo con los manuales de operación y mantenimiento.
- b) El uso de materiales, diagramas o diseños suministrados o estipulados por la Propiedad.
- c) Las condiciones ambientales, como la temperatura, el viento u otras circunstancias que excedan de los límites descritos en las especificaciones generales de los aerogeneradores, la descripción técnica o las especificaciones del diseño,

incluyendo, pero sin limitarse a un número excesivo (más de treinta (30) al año) de fallos de red que provoquen la desconexión de los aerogeneradores.

- d) Motivos de fuerza mayor.
- e) Desgaste y rotura considerados normales.

Excepto en los casos estipulados en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista no será responsable de ninguna otra pérdida, incluidas pérdidas de producción, pérdidas de beneficios, pérdidas de contratos, pérdidas de permisos y licencias, consentimientos y otras pérdidas resultantes, indirectas o accidentales.

7.6. Recepción definitiva y entrega o transferencia de la instalación eólica a la propiedad

Antes de proceder a la recepción definitiva de la instalación, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras.

Culminado el período de veinticuatro (24) meses contados a partir de la recepción provisional o agotado el período de garantía por defectos, con las extensiones que se hubieran determinado (lo que se cumpla último), ambas partes, con el reconocimiento anteriormente enunciado, elaborarán el “Acta de inspección previa a la recepción definitiva” del parque eólico.

La responsabilidad del Contratista por concepto de los equipos adquiridos cesará a los cuatro (4) años a partir de la recepción definitiva del parque eólico. Dicha responsabilidad comprenderá la reparación o eventual sustitución del equipamiento dañado como consecuencia de los eventuales vicios ocultos que se detectaren en el equipamiento adquirido con posterioridad a la recepción definitiva.

Posteriormente, una vez subsanados todos los problemas observados durante el período de garantía y se hayan cumplido la totalidad de los términos del contrato, se firmará el “Acta de recepción definitiva de las obras”.

Otorgada la recepción definitiva de la obra, la Propiedad autorizará y procederá a la devolución de las garantías de cumplimiento de contrato dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes.

La recepción definitiva y la devolución de las garantías al Contratista, no liberan a éste de las responsabilidades que establecen la normativa vigente al respecto

La transferencia de propiedad se produce en el momento de la recepción provisional. No obstante, el Contratista será responsable del cuidado y la custodia de los suministros y de las instalaciones o de cualquier parte de ellas hasta la recepción definitiva.

8. Condiciones de mantenimiento y uso

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones eléctricas de las Instalaciones Eólicas conectadas a red son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

El titular o la Propiedad de la instalación eléctrica no están autorizados a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones deberán ser ejecutadas siempre por una empresa instaladora autorizada.

Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas de generación, transporte, distribución, conexión, enlace y receptoras, deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento sus instalaciones eléctricas, utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales.

La Propiedad o titular de la instalación deberá presentar, junto con la solicitud de puesta en servicio de la instalación que requiera mantenimiento, conforme a lo establecido en las "Instrucciones y Guía sobre la Legalización de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión" (anexo VII del Decreto 141/2009), un contrato de mantenimiento con empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento.

Los contratos de mantenimiento se formalizarán por períodos anuales, prorrogables por acuerdo de las partes, y en su defecto de manera tácita. Dicho documento consignará los datos identificativos de la instalación afectada, en especial su titular, características eléctricas nominales, localización, descripción de la edificación y todas aquellas otras características especiales dignas de mención.

No obstante, cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones, podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de automantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

Para aquellas instalaciones nuevas o reformadas, será preceptiva la aportación del contrato de mantenimiento o el certificado de automantenimiento junto a la solicitud de puesta en servicio.

Las empresas instaladoras autorizadas deberán comunicar al Centro Directivo competente en materia de energía las altas y bajas de contratos de mantenimiento a su cargo, en el plazo de un mes desde su suscripción o rescisión.

Las comprobaciones y chequeos a realizar por los responsables del mantenimiento se efectuarán con la periodicidad acordada, atendiendo al tipo de instalación, su nivel de riesgo y el entorno ambiental, todo ello sin perjuicio de las otras actuaciones que proceda realizar para corrección de anomalías o por exigencia de la reglamentación. Los detalles de las averías o defectos detectados, identificación de los trabajos efectuados, lista de piezas o dispositivos

reparados o sustituidos y el resultado de las verificaciones correspondientes deberán quedar registrados en soporte auditable por la Administración.

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones eléctricas son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

Para tener derecho a financiación pública, a través de las ayudas o incentivos dirigidos a mejoras energéticas o productivas de instalaciones o industrias, la persona física o jurídica beneficiaria deberá justificar que se ha realizado la inspección técnica periódica correspondiente de sus instalaciones, conforme a las condiciones que reglamentariamente estén establecidas.

8.1. Mantenimiento y conservación de las instalaciones eólicas

Se caracterizan por ser trabajos de riesgo elevado (seguridad) con desplazamientos a zonas de difícil acceso ya que normalmente el emplazamiento de los parques se realiza en montañas o colinas, alejados de núcleos urbanos o industriales, donde además se producen movimientos de cargas pesadas con grúas de gran tonelaje en zonas de reducido tamaño y con elevación, control de cargas a gran altura y depositado en espacios muy reducidos y con gran precisión.

Las labores de mantenimiento de un parque eólico se basan principalmente en el seguimiento periódico del funcionamiento de los aerogeneradores para detección y solución de los fallos que desencadenan sus paradas.

Con respecto a este seguimiento se establecen tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Éstas son:

- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de estos, extremándose las precauciones y medidas de seguridad para evitar derrames de aceites, disolventes o cualquier otro tipo de residuos.
- Reparación de canalizaciones subterráneas.
- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados.
- Almacenamiento de recambios de elementos críticos, y materiales de mantenimiento (como aceites). Los aceites usados y cualquier otro residuo peligroso deberán ser gestionados correctamente, entregando el residuo a gestor autorizado.
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios, puesto que en instalaciones eólicas de cierta envergadura se hace necesaria la presencia continuada de personal de mantenimiento.
- Uso de los accesos asociados al parque.
- Todas las tareas de mantenimiento de equipos y maquinaria móvil se realizarán fuera de la zona de obra, en instalaciones adecuadas a tal fin.

Mantenimiento correctivo

Son intervenciones no programadas o de emergencia. Las intervenciones de mantenimiento correctivo las realizará personal cualificado para realizar tal fin.

- Pequeño mantenimiento correctivo: pequeñas averías y cambios de componentes pequeños.
- Grandes mantenimientos correctivos: cambio de rotor, de generador, de multiplicadora, de corona, de nacelle y de tramo.

Mantenimiento preventivo

Son inspecciones programadas de mantenimiento.

- A los 3 meses: reapriete y comprobación de pernos
- Mantenimiento preventivo menor: comprobaciones de pares de apriete, engrases, etc.
- Mantenimiento preventivo mayor: revisión exhaustiva del aerogenerador.
- Generador: megado del generador cada año.
- Cambio de aceite de la multiplicadora: cada 18 meses.
- Cambio de aceite del grupo hidráulico: cada 5 años.

En la programación de estas intervenciones es recomendable seguir las indicaciones del fabricante, y como mínimo incluirán las siguientes tareas:

Buje

- Detección de fisuras.
- Revisión del par de apriete de los tornillos.

Palas

- Inspección visual de las palas.
- Detección de fisuras.
- Inspección del extender de las palas.

Eje transversal, biela

- Lubricación cojinetes de las bielas.
- Lubricación sistema de anti-rotación para el eje transversal.
- Lubricación soporte del eje transversal y del cojinete liso delantero.
- Chequeo del par de apriete de los tornillos.
- Chequeo de los rodamientos.

Cilindro del pitch

- Lubricación anillos guía en alojamiento del eje de orientación de palas.
- Lubricación rodamiento del eje de orientación.
- Lubricación cabeza de bulón en el vástago del pistón.
- Lubricación soporte del cilindro hidráulico.
- Chequeo del par de apriete de los tornillos.
- Chequeo del cojinete liso.
- Chequeo de las partes en tubo portador.
- Chequeo de rodamiento del eje de orientación de palas y anillos guía.
- Chequeo del soporte del cilindro.
- Chequeo del cilindro hidráulico.
- Chequeo de posibles fugas de aceite.
- Chequeo de la posición cero del sistema del eje de orientación de las palas.

Eje principal

- Lubricación rodamiento principal, frontal/trasero.
- Chequeo de rodamientos.
- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

Sistema de amortiguación

- Lubricación disco de muelles derecho/izquierdo.
- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

Reductora

- Lubricación general.
- Chequeo par de apriete de los tornillos.
- Chequeo de la holgura de los rodamientos.
- Chequeo fugas de aceite.
- Test de aceite.

Frenos

- Chequeo del par de apriete de los tornillos.
- Chequeo pinzas y pastillas de frenos.
- Chequeo del disco de freno.
- Eje de transmisión.
- Lubricación general.
- Chequeo del eje de transmisión.

Generador

- Lubricación general.
- Chequeo de los amortiguadores de caucho.
- Chequeo de los rodamientos.
- Chequeo del dispositivo protector del ventilador y tratamiento de la superficie.

Sistema hidráulico

- Revisión de niveles.
- Cambio filtro alta presión.

Motor de orientación

- Lubricación general.
- Chequeo de rodamientos.
- Revisión de fugas de aceite.

Sistema del rodamiento de orientación

- Lubricación mordazas, vértice inferior, borde interno, dientes.
- Chequeo del par de apriete de los tornillos.
- Chequeo de los rodamientos de deslizamiento.
- Control del material.

Góndola y corona

- Chequeo del par de apriete de los tornillos.
- Control del material.
- Chequeo de soldaduras.

Carcasa

- Revisión general.

Torre tubular

- Chequeo del par de apriete de los tornillos y revisión general.

Consumibles

Los consumibles que sean necesarios tales como aceites, lubricantes, grasas, filtros, juntas, fusibles, etc., tanto en las inspecciones programadas de mantenimiento como en las intervenciones no programadas. Por ello se dispondrá un almacén, cuya misión será albergar los consumibles necesarios para los trabajos de mantenimiento

8.2. Reparación. Reposición

Siempre que se revisen las instalaciones, se repararán los defectos encontrados y, en el caso que sea necesario, se repondrán las piezas que lo precisen.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

9. Inspecciones periódicas

Las inspecciones periódicas sobre las instalaciones eléctricas son independientes de las actuaciones de mantenimiento que preceptivamente se tengan que realizar.

Deberán realizarse en los plazos siguientes, en función de su fecha de autorización de puesta en marcha o de su antigüedad, según el caso:

- 1.1. Instalaciones con puesta en marcha presentada después del 18 de septiembre de 2003: 5 años.
- 1.2. Instalaciones con puesta en marcha presentada antes del 18 de septiembre de 2003:
 - 1.2.1. Desde la última revisión periódica realizada en cumplimiento de la Orden de 30 de enero de 1996: 5 años.
 - 1.2.2. Resto de las instalaciones sin revisión realizada, contados desde su puesta en marcha: 5 años.

Las sucesivas inspecciones tendrán una periodicidad de 5 años.

En cualquier caso, estas inspecciones serán realizadas por un Organismo de Control Autorizado (O.C.A.), libremente elegido por el titular de la instalación.

9.1. Certificados de inspecciones periódicas

Los certificados de inspección periódica se presentarán según modelo oficial previsto en el anexo VIII del DECRETO 141/2009 de 10 de noviembre, haciendo mención expresa al grado de cumplimiento de las condiciones reglamentarias, la calificación del resultado de la inspección, la propuesta de las medidas correctoras necesarias y el plazo máximo de corrección de anomalías, según proceda.

Los certificados deberán ser firmados por los autores de la inspección estando visados por el correspondiente Colegio Oficial de profesionales con competencias en la materia, en un (1) mes desde su realización. Cuando se trate de un técnico adscrito a un OCA, éste estampará su sello oficial.

Los certificados se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias o Administración competente en materia de energía durante el mes siguiente al cumplimiento de los plazos máximos establecidos en el párrafo anterior.

9.2. Protocolo genérico de inspección periódica

El protocolo genérico de inspección que debe seguirse será el aprobado por la Administración competente en materia de energía, si bien la empresa titular de las instalaciones podrá solicitar la aprobación de su propio protocolo específico de revisión.

9.3. De la responsabilidad de las inspecciones periódicas

Los responsables de la inspección no podrán estar vinculados laboralmente al titular o Propietario de la instalación, ni a empresas subcontratadas por el citado titular. Deberán suscribir un seguro de responsabilidad civil acorde con las responsabilidades derivadas de las inspecciones realizadas y disponer de los medios técnicos necesarios para realizar las comprobaciones necesarias.

10. Inspecciones periódicas de las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica

Las instalaciones de producción en régimen ordinario, así como las de transporte y distribución de energía eléctrica, serán revisadas periódicamente por un OCA o por un técnico titulado con competencia equivalente a la requerida para la puesta en servicio de la instalación, libremente elegidos por el titular de la instalación.

La revisión se producirá al menos cada tres (3) años, en lo referente a las redes de distribución y de transporte. En el caso de instalaciones de generación se podrá adoptar, como plazo de revisión, el definido por el fabricante para la revisión mayor, si bien no se podrán superar los plazos siguientes, en función de la tecnología del grupo generador:

- Grupos diésel: DOS (2) años
- Turbinas de gas: UN (1) año y SEIS (6) meses
- Turbinas de vapor: CUATRO (4) años
- Otros sistemas generadores: TRES (3) años

En el caso de que existan instalaciones auxiliares vinculadas a grupos de distinta tecnología, se adoptará el plazo más restrictivo de ellos.

10.1. Inspecciones periódicas del resto de instalaciones eléctricas

El titular de la instalación eléctrica estará obligado a encargar a un OCA, libremente elegido por él, la realización de la inspección periódica preceptiva, en la forma y plazos establecidos reglamentariamente.

Las instalaciones eléctricas de Baja Tensión que, de acuerdo con la Instrucción ITC-BT-05 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, estén sometidas a inspecciones periódicas, deberán referenciar los plazos de revisión tomando como fecha inicial la de puesta en servicio o la de antigüedad, según se establece en el anexo VII del Decreto 141/2009.

Las instalaciones de media y alta tensión serán sometidas a una inspección periódica al menos cada tres años.

Los titulares de la instalación están obligados a facilitar el libre acceso a las mismas a los técnicos inspectores de estos Organismos, cuando estén desempeñando sus funciones, previa acreditación y sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos de seguridad laboral preceptivos.

La empresa instaladora que tenga suscrito un contrato de mantenimiento tendrá obligación de comunicar al titular de la instalación, con un (1) mes de antelación y por medio que deje constancia fehaciente, la fecha en que corresponde solicitar la inspección periódica, adjuntando listado de todos los OCA o referenciándolo a la página Web del órgano competente en materia de energía, donde se encuentra dicho listado.

Igualmente comunicará al órgano competente la relación de las instalaciones eléctricas, en las que tiene contratado el mantenimiento que hayan superado en tres meses el plazo de inspección periódica preceptiva.

El titular tendrá la obligación de custodiar toda la documentación técnica y administrativa vinculada a la instalación eléctrica en cuestión, durante su vida útil.

10.2. De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA

El OCA hará llegar, en el plazo de CINCO (5) días de la inspección, el original del certificado al titular de la instalación y copia a los profesionales presentes en la inspección. En cada acto de inspección, el OCA colocará en el cuadro principal de mando y protección, una etiqueta identificativa o placa adhesiva de material indeleble con la fecha de la intervención.

El certificado de un OCA tendrá validez de CINCO (5) años en el caso de instalaciones de Baja Tensión y de TRES (3) años para las instalaciones de Media y Alta Tensión, siempre y cuando no se haya ejecutado una modificación sustancial en las características de la instalación a la que hace referencia.

Si la inspección detecta una modificación en la instalación que no haya sido previamente legalizada o autorizada, según corresponda, deberá ser calificada como negativa por defecto grave. Para instalaciones nuevas, tal circunstancia implicará la no autorización de su puesta en servicio, y para instalaciones en servicio será considerado un incumplimiento grave, todo ello sin perjuicio de las infracciones en que incurran los sujetos responsables, conforme a las leyes vigentes.

Los profesionales habilitados adscritos a los OCA estarán obligados a cumplimentar y firmar los certificados de las inspecciones, ya sean periódicas, iniciales o extraordinarias, de las instalaciones donde intervengan, debiendo consignar y certificar expresamente los resultados de la revisión y custodiar las plantillas de control utilizadas y las notas de campo de tales reconocimientos. los resultados de la revisión y custodiar las plantillas de control utilizadas y las notas de campo de tales reconocimientos.

10.3. De la gravedad de los defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones y de las obligaciones del titular y de la empresa instaladora

Cuando se detecte, al menos, un defecto clasificado como muy grave, el OCA calificará la inspección como "negativa", haciéndolo constar en el Certificado de Inspección que remitirá, además de al titular de la instalación y a los profesionales presentes en la inspección, a la Administración competente en materia de energía.

Para la puesta en servicio de una instalación con Certificado de Inspección "negativo", será necesaria la emisión de un nuevo Certificado de Inspección sin dicha calificación, por parte del mismo OCA una vez corregidos los defectos que motivaron la calificación anterior. En tanto no se produzca la modificación en la calificación dada por dicho Organismo, la instalación deberá mantenerse fuera de servicio. Con independencia de las obligaciones que correspondan al titular, el OCA deberá remitir a la Administración competente en materia de energía el certificado donde se haga constar la corrección de las anomalías.

Si en una inspección los defectos técnicos detectados implicasen un riesgo grave, el OCA está obligado a requerir, al titular de la instalación y a la empresa instaladora, que dejen fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, procediendo al precinto total o parcial

de la instalación y comunicando tal circunstancia a la Administración competente en materia de energía. La inspección del OCA para poner de nuevo en funcionamiento la instalación se hará dentro de las 24 horas siguientes a la comunicación del titular de que el defecto ha sido subsanado.

Si a pesar del requerimiento realizado el titular no procede a dejar fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, el OCA lo pondrá en conocimiento de la Administración competente en materia de energía, identificando a las personas a las que comunicó tal requerimiento, a fin de que adopte las medidas necesarias.

Si en la inspección se detecta la existencia de, al menos, un defecto grave o un defecto leve procedente de otra inspección anterior, el OCA calificará la inspección como "condicionada", haciéndolo constar en el Certificado de Inspección que entregará al titular de la instalación y a los profesionales presentes en la inspección. Si la instalación es nueva, no podrá ponerse en servicio en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y el OCA emita el certificado con la calificación de "favorable". A las instalaciones ya en funcionamiento el OCA fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los seis meses, en función de la importancia y gravedad de los defectos encontrados. Transcurrido el plazo establecido sin haberse subsanado los defectos, el OCA emitirá el certificado con la calificación de "negativa", procediendo según lo descrito anteriormente.

Si como resultado de la inspección del OCA no se determina la existencia de ningún defecto muy grave o grave en la instalación, la calificación podrá ser "favorable". En el caso de que el OCA observara defectos leves, éstos deberán ser anotados en el Certificado de Inspección para constancia del titular de la instalación, con indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos en breve plazo y, en cualquier caso, antes de la próxima visita de inspección.

11. Condiciones de índole facultativo y legales

11.1. Del titular de la instalación y sus obligaciones

Las comunicaciones del titular a la Administración se podrán realizar empleando la vía telemática (correo electrónico e internet), en aras de acelerar el procedimiento administrativo, siempre y cuando quede garantizada la identidad del interesado, asegurada la constancia de su recepción y la autenticidad, integridad y conservación del documento.

Cualquier solicitud o comunicación que se realice en soporte papel, se dirigirá al Director General competente en materia de energía y se presentará en el registro de la Consejería competente en materia de energía, o en cualquiera de los lugares habilitados por el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

La inexactitud o falsedad en cualquier dato, manifestación o documento, de carácter esencial, que se acompañe o incorpore a una comunicación previa implicará la nulidad de lo actuado, impidiendo desde el momento en que se conozca, el ejercicio del derecho o actividad

afectada, sin perjuicio de las responsabilidades, penales, civiles o administrativas a que hubiera lugar.

Antes de iniciar el procedimiento correspondiente, el titular de las mismas deberá disponer del punto de conexión a la red de distribución o transporte y de los oportunos permisos que le habiliten para la ocupación de suelo o para el vuelo sobre el mismo. En caso de no poseer todos los permisos de paso deberá iniciar la tramitación conjuntamente con la de utilidad pública cuando proceda.

El titular o Propiedad de una instalación eléctrica podrá actuar mediante representante, el cual deberá acreditar, para su actuación frente a la Administración, la representación con que actúa, de acuerdo con lo establecido en el artículo 32.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas de generación, transporte, distribución, conexión, enlace y receptoras deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento sus instalaciones eléctricas, utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales.

El titular deberá presentar, junto con la solicitud de puesta en servicio de las instalaciones eléctricas privadas, las de generación en régimen especial y las instalaciones eléctricas de baja tensión que requieran mantenimiento, conforme a lo establecido en las "Instrucciones y Guía sobre la Legalización de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión" (anexo VII del Decreto 141/2009), un contrato de mantenimiento con empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento.

No obstante, cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de automantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

11.1.1. Obligaciones del titular frente a determinados incumplimientos

El titular o la Propiedad del parque eólico estará obligado a adoptar las medidas correctoras necesarias en el caso de que se incurra en incumplimiento respecto de alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Superar los límites de potencia o energía autorizados.
- b) No alcanzar el nivel de eficiencia energética establecido para la instalación.
- c) No cumplir las características individuales garantizadas para el aerogenerador.

- d) Incumplimiento de las condiciones de explotación previstas respecto de la red eléctrica.
- e) Mantenimiento inadecuado que afecte al buen funcionamiento del parque o ponga en riesgo a personas o bienes de terceros.

En el caso de que en el plazo requerido por la Administración no se adoptasen dichas medidas, se podrá revocar la autorización administrativa para la totalidad de la instalación.

11.1.2. Condiciones de conexión a la red eléctrica

El titular de la instalación del parque eólico o, en su caso, el que pretenda adquirir esta condición, solicitará a la empresa distribuidora de energía eléctrica el punto y condiciones técnicas de conexión el cual propondrá las condiciones de conexión a la misma de cada parque eólico. La solicitud se acompañará de la siguiente información:

- Nombre, dirección, teléfono u otro medio de contacto.
- Situación de la instalación.
- Esquema unifilar de la instalación.
- Punto propuesto para realizar la conexión.
- Características técnicas de la instalación entre las que se incluirá la descripción de los dispositivos de protección y elementos de conexión previstos.

Aquellos parques eólicos cuya potencia instalada supere los 6 megavatios, quedarán obligados a conectarse a una tensión mínima de 66 kilovoltios, en aquellos sistemas insulares en que sea posible.

El Centro Directivo competente en materia de energía resolverá sobre cualquier discrepancia respecto a las condiciones de conexión, que pudiera surgir entre el titular del parque eólico y el titular de la red.

11.1.3. Normas de conexión y desconexión de parques eólicos

El operador del sistema deberá presentar para su aprobación por la Consejería competente en materia de energía, un procedimiento denominado "Normas de conexión y desconexión de parques eólicos" de la red eléctrica, que garantizará tanto el mantenimiento de la calidad del servicio eléctrico en cada uno de los sistemas, como el máximo aprovechamiento eólico técnicamente posible.

Dicho procedimiento establecerá los supuestos en los que se procederá a la desconexión de los parques cuando las condiciones de la red así lo aconsejen, siguiendo criterios equitativos en cuanto a la distribución de tiempos y potencias de desconexión

11.2. De la dirección facultativa

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en la obra o instalación. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra. En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente.

La dirección facultativa velará porque los productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación que acredite las características de los mismos, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista, así como las garantías que ostente.

11.3. Suministrador

Será aquella entidad o persona física o jurídica que, mediante el correspondiente contrato, realice la venta de alguno de los materiales y/o equipos comprendidos en el presente proyecto.

La misma denominación recibirá quien suministre algún material, pieza o elemento no incluido en el presente proyecto, cuando su adquisición haya sido considerada como necesaria por parte del Ingeniero-Director para el correcto desarrollo de los trabajos.

11.4. De la empresa instaladora o contratista

La empresa instaladora o Contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial correspondiente del órgano competente en materia de energía, que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones (eléctricas, obra civil, aerogeneradores, etc.) que se le encomiende y esté autorizada para ello.

El Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o lo establecido en el presente Pliego de Condiciones Generales, podrá ser representado por un Delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa.

Este Delegado tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en prácticas las órdenes recibidas del Ingeniero-Director.
- Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en la ejecución de los trabajos.

El Delegado del Contratista tendrá la titulación profesional mínima exigida por el Ingeniero-Director. Asimismo, éste podrá exigir también, si así lo estimase oportuno, que el Contratista designe además al personal facultativo necesario bajo la dependencia de su técnico Delegado. El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Ingeniero-Director para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Por otra parte, el Ingeniero-Director podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo Delegado, y en su caso cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique su actuación y los trabajos a realizar.

Se sobreentiende que antes de la firma del contrato, el Contratista ha examinado toda la documentación necesaria del presente proyecto para establecer una evaluación económica de los trabajos, estando conforme con ella, así como ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS el Contratista manifestará que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará por escrito las aclaraciones pertinentes.

Son obligaciones del Contratista:

- a) La ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato y la legislación aplicable, con sujeción a las instrucciones de la Dirección Facultativa.
- b) Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.
- c) Designar al Jefe de obra, que asumirá la representación técnica del Contratista y que, con dedicación plena permanecerá en la obra a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la obra, así como por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra, el cual deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa, custodiando y firmando el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en los mismos, así como cerciorarse de la correcta instalación de los medios auxiliares, comprobar replanteos y realizar otras operaciones técnicas.
- d) Asignar a la obra los medios humanos y materiales correctos que su importancia requiera.
- e) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- f) Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de la obra.
- g) Facilitar al Jefe de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.

- h) Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente, concertando además los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- i) Redactar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo
- j) Designar al Coordinador de Seguridad y Salud en la obra entre su personal técnico cualificado con presencia permanente en la obra el cual velará por el estricto cumplimiento de las medidas de seguridad y salud precisas según normativa vigente y el plan de Seguridad y Salud.
- k) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- l) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- m) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- n) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- o) Abonar todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.
- p) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- q) Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.
- r) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- s) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- t) Facilitar el acceso a la obra a los Laboratorios y Entidades de Control de Calidad contratados, debidamente homologados y acreditados para el cometido de sus funciones.
- u) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E. (Ley de Ordenación de la Edificación)

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra, bajo su responsabilidad, previo consentimiento de la Propiedad y de la Dirección Facultativa, asumiendo en cualquier caso el Contratista las actuaciones de las subcontratas.

La Propiedad podrá introducir otros constructores o instaladores, además de los del Contratista, para que trabajen simultáneamente con ellos en las obras, bajo las instrucciones de la Dirección Facultativa.

El Contratista, a la vista del proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Ingeniero-Director.

El Contratista tendrá a su disposición el proyecto de Control de Calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos, marcas de calidad; ensayos homologados, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el Ingeniero.

Además de poseer la correspondiente autorización del órgano competente en materia de energía, contará con la debida solvencia reconocida por el Ingeniero-Director.

Tendrá obligación de extender un Certificado de Instalación (según modelo oficial) y un anexo de información (o manual de información e instrucciones) por cada instalación que ejecute, ya sea nueva o reforma de una existente.

El Contratista se obliga a que el funcionamiento del parque eólico satisfaga las garantías siguientes que se verificarán en el momento previo a la recepción provisional o definitiva según corresponda.

Parámetro de desempeño	Nivel exigido
Curva de potencia	+/- 5% de la garantizada
Factor de potencia	> 0,95
Pérdidas eléctricas dentro del parque	< 4 %
Disponibilidad parque	≥ 95%
Ambientales	
Emisiones sonoras	Según especificaciones técnicas

Si, por razones atribuibles al Contratista, no se satisface en todo o en parte el nivel exigido de las condiciones de funcionamiento establecidas anteriormente, éste hará, a su cargo, todos los cambios, y/o modificaciones e incluso añadidos al parque o a cualquiera de sus partes que puedan ser necesarios para satisfacer por lo menos el nivel exigido.

Con referencia a las mediciones realizadas en las pruebas previas de la Recepción Provisional y de la Definitiva, el Contratista notificará al Ingeniero-Director cuándo se hayan completado los cambios, modificaciones y/o adiciones necesarias y solicitará a éste que se repita la prueba de garantía hasta que se satisfaga el nivel exigido.

Si finalmente el Contratista no satisface el nivel exigido de las garantías de funcionamiento, el Ingeniero-Director de la obra, de acuerdo con la Propiedad, podrá considerar la rescisión del contrato.

Estarán a cargo del Contratista las tareas de traslado de la totalidad de los suministros desde el lugar de su fabricación al emplazamiento de las obras.

El transporte se realizará en estricta coordinación con las tareas de montaje a los efectos de evitar el depósito de los elementos del parque en condiciones adversas y de acuerdo con el cronograma de ejecución acordado.

Asimismo, el Contratista será responsable del cuidado y la custodia de todos los suministros y de las instalaciones o de cualquier parte de ellas hasta la Recepción Definitiva.

El Contratista será también responsable de toda pérdida o daño a los suministros y/o a las instalaciones causadas por él o por sus subcontratistas durante la realización de cualquier trabajo a su cargo hasta la Recepción Definitiva.

Si se constatasen vicios de fabricación, o el empleo de materiales defectuosos o inapropiados, el Contratista deberá corregir, a su cargo, los vicios o defectos constatados, sin lugar a observaciones ni reclamaciones.

11.5. Coordinador de Seguridad y Salud

Será aquel personal técnico cualificado designado por el Contratista que velará por el estricto cumplimiento de las medidas precisas según normativa vigente contempladas en el Plan de Seguridad y Salud, correspondiéndole durante la ejecución de la obra, las siguientes funciones:

- a) Aprobar antes del comienzo de la obra, el Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- b) Adoptar aquellas decisiones técnicas y de índole organizativa con la finalidad de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- c) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, y especialmente los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva recogidos en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- d) Contratar las instalaciones provisionales, los sistemas de seguridad y salud, y velar por la correcta aplicación de la metodología de los trabajos.

- e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a las obras.
- f) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- g) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo
- h) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

11.6. Entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Las entidades de control de calidad de la edificación prestarán asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales, de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Dicha asistencia técnica se realiza mediante ensayos y/o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad (Art. 14 de la L.O.E.):

- a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al autor del encargo y, en todo caso, al Ingeniero-Director de la ejecución de las obras.
- b) 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.

11.7. Oficina de obra

El Contratista habilitará en la propia obra, una oficina, local o habitáculo, convenientemente acondicionado para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada, que contendrá como mínimo una mesa y tableros donde se expongan todos los planos correspondientes al presente proyecto y de obra que sucesivamente le vaya asignando la Dirección Facultativa, así como cuantos documentos estime convenientes la citada Dirección. Al menos, los documentos básicos que estarán en la mencionada oficina de obra son los siguientes:

- El proyecto de ejecución, incluidos los complementos y anexos que redacte el Ingeniero.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud.
- El libro de incidencias.

- El proyecto de Control de Calidad y su libro de registro, si existiese.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad y Salud en el trabajo.
- La documentación de los seguros.

Durante la jornada de trabajo, el contratista por sí, o por medio de sus facultativos, representantes o encargados, estarán en la obra, y acompañará al Ingeniero-Director y a sus representantes en las visitas que lleven a cabo a las obras, incluso a las fábricas o talleres donde se lleven a cabo trabajos para la obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que consideren necesarios, suministrándoles asimismo los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

11.8. Trabajos no estipulados en el pliego de condiciones generales

Es obligación del Contratista el ejecutar, cuando sea posible y así se determine como necesario para la buena realización y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en el presente Pliego de Condiciones Generales, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero-Director y esté dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra, y tipo de ejecución.

Se entenderá por reformado de proyecto, con consentimiento expreso de la Propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% o del total del presupuesto en más de un 10%.

11.9. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

El Contratista podrá requerir del Ingeniero-Director, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos del Pliego de Condiciones Generales o indicaciones de planos, croquis y esquemas de montaje, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el "enterado", que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciban, tanto de los encargados de la vigilancia de las obras como el Ingeniero-Director.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista, en contra de las disposiciones tomadas por éstos, habrá de dirigirla, dentro del plazo de cinco (5) días, al inmediato técnico superior que la hubiera dictado, el cual dará al Contratista el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

11.10. Reclamaciones contra las órdenes del Ingeniero-Director

Las reclamaciones que el Contratista quiera formular contra las órdenes facilitadas por el Ingeniero-Director, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, y a través del mismo si son de origen económico. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, no se admitirá reclamación alguna.

Aún así, el Contratista podrá salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero-Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

11.11. Recusación por el contratista de la dirección facultativa

El Contratista no podrá recusar al Ingeniero-Director o persona de cualquier índole dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad encargada de la vigilancia de las obras, ni solicitar que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los trabajos de reconocimiento y mediciones.

Cuando se crea perjudicado con los resultados de las decisiones de la Dirección Facultativa, el Contratista podrá proceder de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente (Artículo 2.5), pero sin que por esta causa pueda interrumpirse, ni perturbarse la marcha de los trabajos.

11.12. Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesta mala fe

En los supuestos de falta de respeto y de obediencia al Ingeniero-Director, a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad, incompetencia o negligencia grave que comprometan y/o perturben la marcha de los trabajos, éste podrá requerir del Contratista apartar e incluso despedir de la obra a sus dependientes u operarios, cuando el Ingeniero-Director así lo estime necesario.

11.13. Daños materiales

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso edificatorio responderán frente a la Propiedad y los terceros adquirentes de las obras o partes de las mismas, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante diez años, de los daños materiales causados en la edificación por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del mismo.
- b) Durante tres años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del art. 3 de la L.O.E.

El Contratista también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de un año.

11.14. Responsabilidad civil

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder. No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente.

En todo caso, la Propiedad responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en la edificación ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad de la Propiedad que se establece en la Ley de Ordenación de la Edificación se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un ingeniero proyectista, los mismos responderán solidariamente. Los ingenieros proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El Contratista responderá directamente de los daños materiales causados en la obra por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al Jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el Contratista subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños

materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El Contratista y el Ingeniero-Director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la Dirección Facultativa de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al ingeniero proyectista.

Cuando la Dirección Facultativa de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso edificatorio, si se prueba que aquellos fueron ocasionados fortuitamente, por fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

11.15. Accesos y vallado de las obras

El Contratista dispondrá por su cuenta de todos los accesos a la obra, así como el cerramiento o vallado de ésta. El Coordinador de Seguridad y Salud podrá exigir su modificación o mejora.

11.16. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias del orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva de las obras, el Contratista deberá presentar inexcusablemente al Ingeniero-Director un Programa de Trabajos en el que se especificarán los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas clases de obras.

El citado Programa de Trabajo una vez aprobado por el Ingeniero-Director, tendrá carácter de compromiso formal, en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales en él establecidos.

El Ingeniero-Director podrá establecer las variaciones que estime oportunas por circunstancias de orden técnico o facultativo, comunicando las órdenes correspondientes al Contratista, siendo éstas de obligado cumplimiento, y el Contratista directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

En ningún caso se permitirá que el plazo total fijado para la terminación de las obras sea objeto de variación, salvo casos de fuerza mayor o culpa de la Propiedad debidamente justificada.

11.17. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

11.18. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades que hayan de quedar ocultos a la terminación de las obras, el Contratista levantará los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos. Estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose de la siguiente manera:

- Uno a la Propiedad.
- Otro al Ingeniero-Director.
- y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados y se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las correspondientes mediciones.

11.19. Trabajos defectuosos

El Contratista deberá emplear los materiales señalados en el presente proyecto que cumplan las condiciones generales y particulares de índole técnica del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos, de acuerdo con el mismo, siempre según las indicaciones de la Dirección Facultativa.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las posibles faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por el empleo de materiales de deficiente

calidad no autorizados expresamente por el Ingeniero-Director, 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.

11.20. Modificación de trabajos defectuosos

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero-Director advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los equipos y aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas del Contratista.

Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y posterior reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Ingeniero-Director, quien resolverá según el siguiente apartado del presente Pliego de Condiciones.

11.21. Materiales y su procedencia

El Contratista tendrá la libertad de proveerse y dotarse de los materiales, equipos y aparatos de todas clases en los puntos que estime convenientes, exceptuando aquellos casos en los que el proyecto preceptúe expresamente una determinada localización o emplazamiento.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Contratista deberá presentar al Ingeniero-Director una lista completa de los materiales, equipos y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, sellos, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

11.22. Presentación de muestras

El Contratista presentará al Ingeniero-Director, de acuerdo con el artículo anterior, las muestras de los materiales y las especificaciones de los equipos y aparatos a utilizar, siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

11.23. Materiales no utilizados

El Contratista, a su costa, transportará y colocará los materiales y escombros procedentes de las excavaciones, demoliciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra,

agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado que se le designe para no causar perjuicios a la marcha de los trabajos.

De la misma forma, el Contratista queda obligado a retirar los escombros ocasionados, trasladándolos al vertedero autorizado.

Si no hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero-Director, mediante acuerdo previo con el Contratista estableciendo su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos correspondientes a su transporte.

11.24. Materiales y equipos defectuosos

Cuando los materiales, equipos, aparatos y/o elementos de las instalaciones no fueran de la calidad requerida mediante el presente Pliego de Condiciones o no estuviesen debidamente preparados, o faltaran a las prescripciones formales recogidas en el proyecto y/o se reconociera o demostrara que no son adecuados para su objeto, el Ingeniero-Director dará orden al Contratista para que los sustituya por otros que satisfagan las condiciones establecidas.

Si a los quince (15) días de recibir el Contratista orden de retirar los materiales, equipos, aparatos y/o elementos de las instalaciones que no estén en condiciones, y ésta no hubiere sido cumplida, podrá hacerlo el Propietario cargando los gastos al Contratista.

Si los materiales, elementos de instalaciones, equipos y/o aparatos fueran de calidad inferior a la preceptuada pero no defectuosos, y aceptables a juicio del Ingeniero-Director, se recibirán pero con la correspondiente minoración o rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

11.25. Medios auxiliares

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para preservar la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo a la Propiedad, por tanto, responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos estos, siempre que no haya estipulado lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares de los trabajos, quedando a beneficio del Contratista, sin que éste pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando éstos estén detallados en el presupuesto y consignados por partida alzada o incluidos en los precios de las unidades de obra.

11.26. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener las obras y su entorno limpias de escombros y de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas, ejecutando todos los trabajos que sean necesarios para proporcionar un buen aspecto al conjunto de la obra.

11.27. Comprobación de las obras

Antes de verificarse las recepciones provisionales y definitivas de las obras, se someterán a todas las pruebas y ensayos que se especifican en el Pliego de Condiciones Técnicas de cada parte de la obra, todo ello con arreglo al programa que redacte el Ingeniero-Director.

Todas estas pruebas y ensayos serán por cuenta del Contratista. También serán por cuenta del Contratista los asientos o averías o daños que se produzcan en estas pruebas y procedan de la mala construcción o por falta de adopción de las necesarias precauciones.

11.28. Obras sin prescripciones

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego de Condiciones 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 reglas y prácticas de la buena construcción.

11.29. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendida entre las recepciones parciales y la definitiva correrán por cargo del Contratista.

Si las obras o instalaciones fuesen ocupadas o utilizadas antes de la recepción definitiva, la guarda o custodia, limpieza y reparaciones causadas por el uso, correrán a cargo del Propietario, mientras que las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones serán a cargo del Contratista.

11.30. Medición definitiva de los trabajos

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por la Dirección Facultativa a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un

representante suyo nombrado por él o de oficio en la forma prevenida para la recepción de obras, debiendo aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes y levantando acta, por triplicado ejemplar, correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista, debiendo aparecer la conformidad de ambos en los documentos que la acompañan. En caso de no haber conformidad por parte de la Contrata, ésta expondrá sumariamente y a reserva de ampliarlas, las razones que a ello le obliguen.

Lo mismo en las mediciones parciales como en la final, entendiéndose que éstas comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas.

Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio, una vez que se haya terminado, el Contratista los pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con la suficiente antelación para poder medir y tomar datos necesarios; de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

Por tanto, servirán de base para la medición los datos del replanteo general; los datos de los replanteos parciales que hubieran exigido el curso de los trabajos; los datos de cimientos y demás partes ocultas de las obras tomadas durante la ejecución de los trabajos con la firma del Contratista y la Dirección Facultativa; la medición que se lleve a efecto en las partes descubiertas de la obra; y en general, los que convengan al procedimiento consignado en las condiciones de la Contrata para decidir el número de unidades de obra de cada clase ejecutadas; teniendo presente salvo pacto en contra, lo preceptuado en los diversos capítulos del Pliego de Condiciones Técnicas.

Las valoraciones de las unidades de obra, incluidos materiales accesorios y trabajos necesarios se calculan multiplicando el número de unidades de obra por el precio unitario, incluidos gastos de transporte, indemnizaciones o pagos, impuestos fiscales y todo tipo de cargas sociales.

El Contratista entregará una relación valorada de las obras ejecutadas en los plazos previstos, a origen, a la Dirección Facultativa, en cada una de las fechas establecidas en el contrato realizado entre la Propiedad y el Contratista.

La medición y valoración realizadas por el Contratista deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa, o por el contrario ésta deberá efectuar las observaciones convenientes de acuerdo con las mediciones y anotaciones tomadas en obra. Una vez que se hayan corregido dichas observaciones, la Dirección Facultativa dará su certificación firmada al Contratista y al Promotor.

El Contratista podrá oponerse a la resolución adoptada por la Dirección Facultativa ante el Promotor, previa comunicación a la Dirección Facultativa. La certificación será inapelable en caso de que, transcurridos 10 días, u otro plazo pactado entre las partes, desde su envío, la Dirección Facultativa no recibe ninguna notificación, que significará la conformidad del Contratista con la resolución.

11.31. Documentación a entregar entre las partes

11.31.1. Planos del proyecto

La Propiedad o titular remitirá al Contratista dos (2) copias impresas y en soporte informático (en formatos de Acrobat, Word, Excel, Autocad, o similares según corresponda) de la siguiente documentación:

- 1) Planos de situación o emplazamiento del parque eólico, destacando accesos o puntos de referencia de fácil identificación a escalas entre 1/1000 y 1/2000.
- 2) Planos de distribución en parcela y situación de equipos principales con los aerogeneradores y el edificio de control, reflejando en los mismos, las distancias entre aerogeneradores, a escala 1/500.
- 3) Planos de elementos estructurales del aerogenerador donde se reflejará todas las características de los elementos estructurales del mismo, así como los detalles de los elementos de ensamblaje de las diferentes piezas, a escala 1/50.
- 4) Planos de equipos electromecánicos del aerogenerador, donde se reflejará todas las características de los elementos electromecánicos del aerogenerador, reflejando los detalles de los elementos de ensamblaje de las diferentes piezas, recomendándose escalas entre 1/25 y 1/50.
- 5) Planos de cimentación y toma de tierra del aerogenerador, conteniendo los detalles de la conformación de la cimentación, incluyendo el detalle de la ferralla a emplear. Escala recomendada 1/25.
- 6) Plano de Esquema unifilar de la instalación eléctrica del aerogenerador, representando los aparatos eléctricos de potencia, indicando las principales características nominales eléctricas.
- 7) Planos del Centro de Transformación (al menos dos) que reflejen por un lado un esquema unifilar de la instalación, con indicación de las características principales de los elementos fundamentales que la integran, y por otra parte, los planos generales en planta y alzado suficientemente amplios, a escalas convenientes (recomendada 1/25) y con indicación de las cotas esenciales, poniendo de manifiesto el emplazamiento y la disposición de las máquinas, aparatos y conexiones principales.
- 8) Planos del edificio o sala de control que representará todos los detalles constructivos de dicho edificio, así como la distribución en planta de los equipos instalados. Escala recomendada entre 1/25 y 1/50.
- 9) Plano de trazado de las Líneas subterráneas de M. T., que representará todos los trazados de las líneas de media tensión proyectadas, tanto las resultantes de los anillos del parque, como la línea de entronque a la red de distribución pública cuando proceda. Escala recomendada 1/500.
- 10) Plano de canalizaciones de la línea subterránea de M. T., que representará todas las secciones transversales acotadas de las zanjas de los tendidos de líneas de media tensión, indicando los materiales que la constituyen, tales como diámetro de tubos, tipo de hormigón y señalización de peligro eléctrico. Escala recomendada 1/20.

11.31.2. Planos y documentos suministrados por el Contratista o empresa instaladora

El Contratista preparará y remitirá a la Propiedad dos (2) copias impresas y en soporte informático (en formatos de Acrobat, Word, Excel, Autocad o similares según corresponda) de la siguiente documentación, de acuerdo con el cronograma de documentación.

General

- 1) Descripción detallada del proceso de montaje, de las operaciones y del mantenimiento de los aerogeneradores con la finalidad de definir adecuadamente en el proyecto de ejecución del parque eólico, toda la infraestructura auxiliar asociada a dichas operaciones (plataformas de instalación, espacios para maniobras, manipulación de materiales, almacén de repuestos, etc.).
- 2) Descripción de la restauración medio ambiental de la zona afectada y medidas correctoras (si procede).
- 3) Cronograma detallado de todas las actuaciones y sus fases de ejecución.
- 4) Protocolos de pruebas y ensayos.
- 5) Manual y Plan de Seguridad y Salud.
- 6) Listado de Subcontratistas.

Aerogeneradores

- 1) Documentación sobre el diseño de cualquier componente que no haya sido certificado con anterioridad.
- 2) Referencias de suministros y despiece de subconjuntos con el nombre del fabricante de los componentes significativos de los aerogeneradores (palas, generador eléctrico, multiplicador, circuito hidráulico y motor de orientación).
- 3) Descripción de los procedimientos de aceptación de ensayos para los principales componentes.
- 4) Información de detalle sobre rendimiento aerodinámico, curvas de rendimiento mecánico de la multiplicadora, curva de rendimiento eléctrico del generador, comportamiento dinámico, compensación del factor de potencia, generación de armónicos y calidad de la onda de tensión, tiempo medio esperado entre fallos y programa de reciclaje de la máquina.
- 5) Listado de pruebas de puesta en marcha.
- 6) Descripción de los procedimientos de instalación de los aerogeneradores.

Sistema eléctrico

- 1) Listado de todos los componentes del sistema eléctrico utilizados en la instalación y en el punto de conexión con la red eléctrica, y la normativa de aplicación para cada uno de ellos.
- 2) Planos del sistema eléctrico, incluyéndose el esquema unifilar que muestre con detalle suficiente la operación de la conmutación.

- 3) Cálculos justificativos de los distintos sistemas de protección del sistema eléctrico, incluyéndose el equipamiento de protección de la compañía eléctrica.
- 4) Documentación de cumplimiento de los requisitos de la compañía eléctrica.
- 5) Planos del sistema de toma de tierra y cálculos justificativos que demuestren el cumplimiento de los requisitos técnicos.
- 6) Listado de los componentes que serán sometidos a pruebas de control de calidad y cuyos resultados serán proporcionados.
- 7) Listado de las pruebas de puesta en marcha.
- 8) Cálculos justificativos que muestren niveles de tensión satisfactorios en toda la instalación en las condiciones de operación, incluyéndose el efecto de la instalación sobre la red eléctrica.
- 9) Cálculo de la potencia reactiva estimada.
- 10) Procedimientos para la instalación del sistema eléctrico.

Obra Civil

- 1) Hoja de cálculo de las cimentaciones.
- 2) Planos de las cimentaciones, canalizaciones, accesos, vías internas, edificios, etc.
- 3) Descripción de los métodos constructivos empleados, y en particular, descripción detallada del proceso constructivo de la cimentación requerida para la instalación del aerogenerador.
- 4) Procedimientos de control de calidad y de cumplimiento de las especificaciones establecidas por el Código Técnico de la Edificación.

Operación y Mantenimiento

- 1) Manual de Operación y Mantenimiento, incluyéndose el alcance completo de los servicios.
- 2) Documentación sobre piezas de repuesto para veinte (20) años que se especifique y herramientas necesarias para la realización de operaciones y mantenimiento.

11.31.3. Documentación final

El Contratista preparará y remitirá a la Propiedad, cuatro (4) copias impresas y dos (2) copias en CD-ROM u otro tipo de soporte informático (con los archivos según corresponda en formatos de Acrobat, Word, Excel, Autocad o similares) de la siguiente documentación final, dentro de los tres (3) meses desde la recepción provisional:

- 1) Resultados de las pruebas de puesta en marcha y recepciones provisional y final de la instalación eólica.
- 2) Juego completo de planos finales de toda la instalación, de los aerogeneradores, especificaciones, etc.
- 3) Manuales de Operación y Mantenimiento, manuales de equipos, etc.
- 4) Garantías de los equipos adquiridos.

- 5) Lista actualizada de principales componentes fabricados por Subcontratistas y dirección completa de los fabricantes.
- 6) Plan de Desmantelamiento del parque eólico.

11.31.4. Entrega de Informes

11.31.4.1. Informe Técnico de ejecución de obra

Durante la ejecución material de las obras de construcción del parque eólico, el Contratista o empresa instaladora remitirá, mensualmente y por triplicado ejemplar, un informe detallado del desarrollo de las obras, en el que se muestre claramente el avance del proyecto producido durante el mes anterior, así como la explicación de las incidencias reseñables acontecidas y las medidas en su caso adoptadas, y la adecuación de la ejecución del proyecto al cronograma de actuaciones previsto. Dicho informe estará en las oficinas de la Dirección de obras de la Propiedad dentro de los primeros diez (10) días del mes siguiente al periodo de seguimiento mencionado anteriormente.

11.31.4.2. Informe Técnico de Explotación

Durante el periodo que el Contratista realice la Operación y Mantenimiento de las instalaciones, remitirá, mensualmente a la Propiedad, un informe técnico de Explotación Mensual, cuyo contenido mínimo será:

Resumen

Producción en contadores del parque eólico y en bornes de alternador del conjunto de aerogeneradores. Porcentaje de pérdidas eléctricas. Factor de potencia. Producción anual y su comparación porcentual con la media de años anteriores. Disponibilidad técnica del parque eólico. Estimación de las pérdidas en MWh. Descripción de Incidencias más destacables. Velocidad media mensual. Direcciones energéticas principales (en porcentaje).

Tablas y Gráficos

- Producción mensual y acumulada. Comparación con la media mensual de años anteriores. Diferencia porcentual. Disponibilidad técnica del parque (máquinas + resto de infraestructuras). Estimación de pérdida de producción (en MWh). Velocidad media mensual. Todos los datos se representarán en una única tabla. Velocidad media diaria y producciones diarias del parque eólico. Producción acumulada.
- Producción y disponibilidad mensual de cada máquina y del resto de infraestructuras. Valores medios acumulados. Gráficas.
- Estimación de la Pérdida de Producción por indisponibilidad (por máquina e infraestructuras). Incidencias. Tabla.
- Horas de producción, disponibles y no disponibles de cada máquina e infraestructuras. Tabla.
- Rosas de velocidades, de frecuencias y de energías (según los datos meteorológicos).

- Función de Densidad y de Distribución mensual de la velocidad. Gráfica.
- Función de densidad y de distribución mensual de la energía producida (para todo el parque y para cada máquina). Gráfica.
- Distribución horaria mensual de velocidades. Gráfica.
- Distribución diaria de velocidades. Velocidad media y dirección principal. Gráfica.
- Lectura de contadores y facturación a la compañía eléctrica (sí se está encargada de la gestión de la facturación).
- Al finalizar el año se confeccionará un resumen anual en el que se presentarán todas las variables anteriores (que admitan representación) referidas al periodo anual.

11.32. De la empresa mantenedora

La empresa instaladora autorizada que haya formalizado un contrato de mantenimiento con el titular o Propietario de una instalación eléctrica, o el responsable del mantenimiento en una empresa que ha acreditado disponer de medios propios de automantenimiento, tendrá las siguientes obligaciones, sin perjuicio de las que establezcan otras legislaciones:

- a) Mantener permanentemente las instalaciones en adecuado estado de seguridad y funcionamiento.
- b) En instalaciones privadas, interrumpir el servicio a la instalación, total o parcialmente, en los casos en que se observe el inminente peligro para las personas o las cosas, o exista un grave riesgo medioambiental inminente. Sin perjuicio de otras actuaciones que correspondan respecto a la jurisdicción civil o penal, en caso de accidente deberán comunicarlo al Centro Directivo competente en materia de energía, manteniendo interrumpido el funcionamiento de la instalación hasta que se subsanen los defectos que han causado dicho accidente. Para el resto de las instalaciones se atenderá a lo establecido al respecto en el Real Decreto 1.955/2000, de 1 de diciembre, o norma que lo sustituya.
- c) Atender con diligencia los requerimientos del titular para prevenir o corregir las averías que se produzcan en la instalación eléctrica.
- d) Poner en conocimiento del titular, por escrito, las deficiencias observadas en la instalación, que afecten a la seguridad de las personas o de las cosas, a fin de que sean subsanadas.
- e) Tener a disposición de la Dirección General de Industria y Energía del Gobierno de Canarias un listado actualizado de los contratos de mantenimiento al menos durante los CINCO (5) AÑOS inmediatamente posteriores a la finalización de los mismos.
- f) Comunicar al titular de la instalación, con una antelación mínima de UN (1) MES, la fecha en que corresponde realizar la revisión periódica a efectuar por un Organismo OCA, cuando fuese preceptivo.

- g) Comunicar al Centro Directivo competente en materia de energía, la relación de las instalaciones eléctricas en las que tiene contratado el mantenimiento que hayan superado en tres meses el plazo de inspección periódica oficial exigible.
- h) Asistir a las inspecciones derivadas del cumplimiento de la reglamentación vigente, y a las que solicite extraordinariamente el titular.
- i) Tener suscrito un seguro de responsabilidad civil que cubra los riesgos que puedan derivarse de sus actuaciones, mediante póliza por una cuantía mínima de 600.000 euros, cantidad que se actualizará anualmente según el IPC certificado por el Instituto Canario de Estadística (INSTAC).
- j) Dimensionar suficientemente tanto sus recursos técnicos y humanos, como su organización en función del tipo, tensión, localización y número de instalaciones bajo su responsabilidad

11.33. De los organismos de control autorizado

Las actuaciones que realice en el ámbito territorial de esta Comunidad Autónoma un OCA, en los términos definidos en el artículo 41 del Reglamento de Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, aprobado por Real Decreto 2.200/1995, de 28 de diciembre, e inscrito en el Registro de Establecimientos Industriales de esta Comunidad y acreditado en el campo de las instalaciones eléctricas, deberán ajustarse a las normas que a continuación se establecen, a salvo de otras responsabilidades que la normativa sectorial le imponga.

El certificado de un OCA tendrá validez de 5 años en el caso de instalaciones de baja tensión y de 3 años para las instalaciones de media y alta tensión, siempre y cuando no se haya ejecutado una modificación sustancial en las características de la instalación a la que hace referencia. Si la inspección detecta una modificación en la instalación que no haya sido previamente autorizada, deberá ser calificada como negativa por defecto grave. Para instalaciones nuevas tal circunstancia implicará la no autorización de su puesta en servicio, y para instalaciones en servicio será considerado un incumplimiento grave, todo ello sin perjuicio de las infracciones en que incurran los sujetos responsables conforme a las leyes vigentes.

Los OCA tendrán a disposición de la Administración competente en materia de energía todos los datos registrales y estadísticos correspondientes a cada una de sus actuaciones, clasificando las intervenciones por titular, técnico y empresa instaladora. Dicha información podrá ser requerida en cualquier momento por la Administración.

Los profesionales habilitados adscritos a los OCA estarán obligados a cumplimentar y firmar los certificados de las inspecciones, ya sean periódicas, iniciales o extraordinarias, de las instalaciones donde intervengan, debiendo consignar y certificar expresamente los resultados de la revisión y custodiar las plantillas de control utilizadas y las notas de campo de tales reconocimientos.

Para la realización de las revisiones, controles e inspecciones que se les encomiende, los OCA aplicarán los modelos de certificados de inspección previstos en el anexo VIII del Decreto

141/2009 y los manuales de revisión y de calificación de defectos que se contemplen en los correspondientes protocolos-guía, aprobados por la Administración competente en materia de energía, o en su defecto los que tenga reconocido el OCA.

Los OCA realizarán las inspecciones que solicite la Administración competente en materia de energía, estando presentes en las inspecciones oficiales de aquellas instalaciones en las que hayan intervenido y sean requeridos.

Las discrepancias de los titulares de las instalaciones ante las actuaciones de los OCA serán puestas de manifiesto ante la Administración competente en materia de energía, que las resolverá en el plazo de 1 mes.

11.34. Antes del inicio de las obras

Antes de comenzar la ejecución de esta instalación, la Propiedad o titular deberá designar a un técnico titulado competente como responsable de la Dirección Facultativa de la obra, quién, una vez finalizada la misma y realizadas las pruebas y verificaciones preceptivas, emitirá el correspondiente Certificado de Dirección y Finalización de Obra (según anexo VI del Decreto 141/2009).

Asimismo, y antes de iniciar las obras, los Propietarios o titulares de la instalación eléctrica en proyecto de construcción facilitarán a la empresa distribuidora o transportista, según proceda, toda la información necesaria para deducir los consumos y cargas que han de producirse, a fin de poder prever con antelación suficiente el crecimiento y dimensionado de sus redes.

El Propietario de la futura instalación eléctrica solicitará a la empresa distribuidora el punto y condiciones técnicas de conexión que son necesarias para el nuevo suministro. Dicha solicitud se acompañará de la siguiente información:

- a) Nombre y dirección del solicitante, teléfono, fax, correo electrónico u otro medio de contacto.
- b) Nombre, dirección, teléfono y correo electrónico del técnico proyectista y/o del instalador, en su caso.
- c) Situación de la instalación, edificación u obra, indicando la calificación urbanística del suelo.
- d) Uso o destino de la misma.
- e) Potencia total solicitada, reglamentariamente justificada.
- f) Punto de la red más próximo para realizar la conexión, propuesto por el instalador o técnico correspondiente, identificando inequívocamente el mismo, preferentemente por medios gráficos.
- g) Número de clientes estimados.

En el caso de que resulte necesaria la presentación de alguna documentación adicional, la empresa distribuidora la solicitará, en el plazo de CINCO (5) DIAS a partir de la recepción de la solicitud, justificando la procedencia de tal petición. Dicha comunicación se podrá realizar por vía telemática.

La empresa distribuidora habilitará los medios necesarios para dejar constancia fehaciente, sea cual sea la vía de recepción de la documentación o petición, de las solicitudes de puntos de conexión realizadas, a los efectos del cómputo de plazos y demás actuaciones o responsabilidades.

Las solicitudes de punto de conexión referidas a instalaciones acogidas al régimen especial también están sujetas al procedimiento establecido en este artículo.

La información aportada, deberá ser considerada confidencial y por tanto en su manejo y utilización se deberán cumplir las garantías que establece la legislación vigente sobre protección de datos.

Ni la empresa distribuidora, ni ninguna otra empresa vinculada a la misma, podrá realizar ofertas de servicios, al margen de la propia oferta técnico-económica, que impliquen restricciones a la libre competencia en el mercado eléctrico canario o favorezcan la competencia desleal.

De igual forma el Documento Técnico de Diseño requerido y descrito en el siguiente apartado (proyecto o memoria técnica de diseño), deberá ser elaborado y entregado al Propietario o titular antes del comienzo de las obras y antes de proceder a su tramitación administrativa.

11.35. Antes de la conexión de la instalación a la red de la Compañía distribuidora

Antes de proceder a la conexión de la instalación eólica a la red eléctrica y de acuerdo con el apartado 9 de la ITC-BT-40, la Compañía distribuidora podrá realizar las siguientes comprobaciones, mediciones y verificaciones:

- Comprobación de que la instalación de interconexión se ha realizado acorde a la reglamentación vigente.
- Medición del factor de potencia de la instalación eólica.
- Revisión del correcto montaje de los equipos de medida y precintado de los circuitos.
- Comprobación de que el titular de la instalación dispone de un medio de comunicación que puede poner de forma inmediata a la Compañía distribuidora con el responsable del funcionamiento de la instalación eólica. Quien realice la verificación debe confirmar con el Centro de Control de la Compañía distribuidora su conocimiento del mismo.

11.36. Documentación del proyecto

El presente proyecto consta de los documentos y contenidos preceptivamente establecidos en las normativas específicas que le son de aplicación, y como mínimo contempla la documentación descriptiva, en textos y representación gráfica, de la instalación eléctrica, de los materiales y demás elementos y actividades considerados necesarios para la ejecución de una instalación con la calidad, funcionalidad y seguridad requerida.

El Proyecto deberá ser elaborado y entregado al Propietario o titular antes del comienzo de las obras y antes de su tramitación administrativa.

El Proyecto constará, al menos, de los siguientes documentos:

- a) Memoria descriptiva (titular, emplazamiento, tipo de industria o actividad, uso o destino del local y su clasificación, programa de necesidades, descripción pormenorizada de la instalación, presupuesto total).
- b) Memoria de cálculos justificativos.
- c) Estudio de Impacto Ambiental en la categoría correspondiente, en su caso.
- d) Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud (según corresponda de acuerdo con la normativa de seguridad laboral vigente).
- e) Planos a escalas adecuadas (situación, emplazamiento, alzados, plantas, distribución, secciones, detalles, croquis de trazados, red de tierras, esquema unifilar, etc.).
- f) Pliego de Condiciones Técnicas, Económicas, Administrativas y Legales.
- g) Estado de Mediciones y Presupuesto (mediciones, presupuestos parciales y presupuesto general).
- h) Separatas para Organismos, Administraciones o empresas de servicio afectadas.
- i) Otros documentos que la normativa específica considere preceptivos.
- j) Plazo de ejecución o finalización de la obra.
- k) Copia del punto de conexión a la red o justificante de la solicitud del mismo a la empresa distribuidora, para aquellos casos en que la misma no haya cumplido los plazos de respuesta indicados en el punto 1 del artículo 27 del Decreto 141/2009, de 10 de noviembre.

Si durante la tramitación o ejecución de la instalación se procede al cambio de empresa instaladora autorizada, este hecho deberá quedar expresamente reflejado en la documentación presentada por el interesado ante la Administración. En el caso de que ello conlleve cambios en la memoria técnica de diseño original, deberá acreditar la conformidad de la empresa autora de la misma o, en su defecto, aportar un nuevo Proyecto.

11.37. Modificaciones y ampliaciones de las instalaciones y la documentación del proyecto

11.37.1. Modificaciones y ampliaciones no significativas de las instalaciones eléctricas

11.37.1.1. *Modificaciones y ampliaciones de las instalaciones en servicio y la documentación del proyecto*

En el caso de instalaciones en servicio, las modificaciones o ampliaciones aun no siendo sustanciales, quedarán reflejadas en la documentación técnica adscrita a la instalación correspondiente, tal que se mantenga permanentemente actualizada la información técnica, especialmente en lo referente a los esquemas unifilares, trazados, manuales de instrucciones y certificados de instalación. Dichas actualizaciones serán responsabilidad de la empresa instaladora autorizada, autora de las mismas, y en su caso, del técnico competente que las hubiera dirigido.

11.37.1.2. *Modificaciones y ampliaciones de las instalaciones en fase de ejecución y la documentación del proyecto*

Asimismo en aquellas instalaciones eléctricas en ejecución y que no representen modificaciones o ampliaciones sustanciales (según Art. 45 del RD 141/2009), con respecto al proyecto original, éstas serán contempladas como “anexos” al Certificado de Dirección y Finalización de obra o del Certificado de Instalación respectivamente, sin necesidad de presentar un reformado del Proyecto original.

11.37.2. Modificaciones y ampliaciones significativas de las instalaciones eléctricas

Cuando se trata de instalaciones eléctricas en las que se presentan modificaciones o ampliaciones significativas, éstas supondrán, tanto en Baja como en Alta Tensión, la presentación de un nuevo Proyecto, además de los otros documentos que sean preceptivos.

El técnico o empresa instaladora autorizada, según sea competente en función del alcance de la ampliación o modificación prevista, deberá modificar o reformar el proyecto original correspondiente, justificando las modificaciones introducidas. En cualquier caso, será necesario su autorización, según el procedimiento que proceda, en los términos que establece el Decreto 141/2009, de 10 de noviembre, y demás normativa que le sea de aplicación.

Cuando se hayan ejecutado reformas sustanciales no recogidas en el correspondiente Documento Técnico de Diseño, la Administración o en su caso el OCA que intervenga, dictará Acta o Certificado de Inspección, según proceda, con la calificación de "negativo". Ello implicará que no se autorizará la puesta en servicio de la instalación o se declarará la ilegalidad de aquélla si ya estaba en servicio, todo ello sin perjuicio de las infracciones en que habrán incurrido los sujetos responsables, conforme a la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, y demás leyes de aplicación.

11.38. Documentación final

Concluidas las obras necesarias de la instalación eléctrica, ésta deberá quedar perfectamente documentada y a disposición de todos sus usuarios, incluyendo sus características técnicas, el nivel de calidad alcanzado, así como las instrucciones de uso y mantenimiento adecuadas a la misma, la cual contendrá como mínimo lo siguiente:

- a) **Documentación administrativa y jurídica:** datos de identificación de los profesionales y empresas intervinientes en la obra, acta de recepción de obra o documento equivalente, autorizaciones administrativas y cuantos otros documentos se determinen en la legislación.
- b) **Documentación técnica:** el documento técnico de diseño (DTD) correspondiente, los certificados técnicos y de instalación, así como otra información técnica sobre la instalación, equipos y materiales instalados.
- c) **Instrucciones de uso y mantenimiento:** información sobre las condiciones de utilización de la instalación, así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un "Manual de Instrucciones o anexo de Información al usuario". Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de instrucciones de uso y mantenimiento: para instalaciones privadas, receptoras y de generación en régimen especial, información sobre las condiciones de utilización de la instalación, así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un "Manual de Instrucciones o Anexo de Información al usuario". Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de seguridad (preventivas, prohibiciones ...) y de mantenimiento (cuáles, periodicidad, cómo, quién ...) necesarias e imprescindibles para operar y mantener, correctamente y con seguridad, la instalación teniendo en cuenta el nivel de cualificación previsible del usuario final. Se deberá incluir, además, tanto el esquema unifilar, como la documentación gráfica necesaria.
- d) **Certificados de eficiencia energética:** (cuando proceda): documentos e información sobre las condiciones verificadas respecto a la eficiencia energética del edificio.

Esta documentación será recopilada por el promotor y titular de la instalación, que tendrá la obligación de mantenerla y custodiarla durante su vida útil y en el caso de edificios o instalaciones que contengan diversas partes que sean susceptibles de enajenación a diferentes personas, el Promotor hará entrega de la documentación a la Comunidad de Propietarios que se constituya.

11.39. Certificado de dirección y finalización de obra

Es el documento emitido por el Ingeniero-Director como Técnico Facultativo competente, en el que certifica que ha dirigido personal y eficazmente los trabajos de la instalación proyectada, asistiendo con la frecuencia que su deber de vigilancia del desarrollo de

los trabajos ha estimado necesario, comprobando finalmente que la obra está completamente terminada y que se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución presentado, con las modificaciones de escasa importancia que se indiquen, cumpliendo, así mismo, con la legislación vigente relativa a los Reglamentos de Seguridad que le sean de aplicación. Dicho certificado deberá ajustarse al modelo correspondiente que figura en el anexo VI del Decreto 141/2009.

Si durante la tramitación o ejecución del proyecto se procede al cambio del ingeniero-proyectista o del Director Facultativo, este hecho deberá quedar expresamente reflejado en la documentación presentada por el peticionario ante la Administración, designando al nuevo técnico facultativo correspondiente. En el caso de que ello conlleve cambios en el proyecto original, se acreditará la conformidad del autor del proyecto o en su defecto se aportará un nuevo proyecto.

El Certificado, una vez emitido y fechado por el técnico facultativo, perderá su validez ante la Administración si su presentación excede el plazo de TRES (3) MESES, contado desde dicha fecha. En tal caso se deberá expedir una nueva Certificación actualizada, suscrita por el mismo autor.

11.40. Certificado de instalación

Es el documento emitido por la empresa instaladora autorizada y firmado por el profesional habilitado adscrito a la misma que ha ejecutado la correspondiente instalación eléctrica, en el que se certifica que la misma está terminada y ha sido realizada de conformidad con la reglamentación vigente y con el documento técnico de diseño correspondiente, habiendo sido verificada satisfactoriamente en los términos que establece dicha normativa específica, y utilizando materiales y equipos que son conformes a las normas y especificaciones técnicas declaradas de obligado cumplimiento.

La empresa instaladora autorizada extenderá, con carácter obligatorio, un Certificado de Instalación (según modelo oficial) y un Manual de Instrucciones por cada instalación que realice, ya se trate de una nueva o reforma de una existente.

En la tramitación de las instalaciones donde concurren varias instalaciones individuales, deben presentarse tantos Certificados y Manuales como instalaciones individuales existan, además de los correspondientes a las zonas comunes. Con carácter general no se diligenciarán Certificados de instalaciones individuales independientemente de los correspondientes a la instalación común a la que estén vinculados.

El Certificado de Instalación una vez emitido, fechado y firmado, deberá ser presentado en la Administración en el plazo máximo de TRES (3) MESES, contado desde dicha fecha. En su defecto será necesario expedir un nuevo Certificado actualizado por parte del mismo autor.

11.41. Protocolo de explotación del parque eólico

Las condiciones de explotación de cada parque eólico quedarán reflejadas en un documento que se denominará Protocolo de Explotación, que formará parte de las condiciones específicas del contrato de suministro. Dicho documento regulará las condiciones de funcionamiento entre la entidad explotadora del parque y el titular de la red. En él se determinarán los códigos de actuación de ambas partes en caso de incidencias que, por su naturaleza, intensidad o duración, pudieran dar lugar a alteraciones por encima de las legalmente establecidas, o que pudieran afectar a la estabilidad del sistema eléctrico. El contenido mínimo será el siguiente:

- a) Parámetros eléctricos a controlar.
- b) Tarado de las protecciones en los niveles I, II y III.
- c) Delimitación de los umbrales de estabilidad del sistema eléctrico.
- d) Mínimos estables de los grupos convencionales existentes en el sistema eléctrico.
- e) Código de actuaciones en las situaciones críticas preestablecidas.
- f) Personal autorizado y vinculado al control de las centrales por cada empresa.
- g) Sistema de registro de órdenes e incidencias por cualquier medio que permita tener constancia del hecho.
- h) En su caso, números de teléfono ubicados en los centros de mando de ambas centrales (convencional y la eólica) para situaciones de emergencia o maniobra cuando exista personal permanente.
- i) Identificación y razón social de la empresa de mantenimiento.
- j) Información que se deberá facilitar a la empresa titular de la red eléctrica, así como la definición de la periodicidad de esta información y del soporte en que se ha de recoger.
- k) Definición de las características de los equipos de medida, de acuerdo con el Real Decreto 2.018/1997, de 26 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de puntos de medida de los consumos y tránsitos de energía eléctrica.

El Protocolo de Explotación, una vez suscrito por ambas partes y antes de la puesta en servicio definitiva de la instalación eólica, será ratificado por el operador del sistema. En caso de discrepancia será el Centro Directivo competente en materia de energía el que, en el plazo máximo de un (1) mes, resolverá sobre el contenido de este documento sin perjuicio de las acciones legales que alguna de las partes pudiera adoptar.

El operador del sistema deberá presentar para su aprobación por la Consejería competente en materia de energía, un procedimiento denominado "Normas de conexión y desconexión de parques eólicos" de la red eléctrica, que garantizará tanto el mantenimiento de la calidad del servicio eléctrico en cada uno de los sistemas, como el máximo aprovechamiento eólico técnicamente posible. Dicho procedimiento establecerá los supuestos en los que se procederá a la desconexión de los parques cuando las condiciones de la red así lo aconsejen,

siguiendo criterios equitativos en cuanto a la distribución de tiempos y potencias de desconexión.

11.42. Libro de Órdenes

En las instalaciones eléctricas para las que preceptivamente sea necesaria una Dirección Facultativa, éstas tendrán la obligación de contar con la existencia de un Libro de Órdenes donde queden reflejadas todas las incidencias y actuaciones relevantes en la obra y sus hitos, junto con las instrucciones, modificaciones, órdenes u otras informaciones dirigidas al Contratista por la Dirección Facultativa.

Dicho libro de órdenes estará en la oficina de la obra y será diligenciado y fechado, antes del comienzo de las mismas, por el correspondiente Colegio Oficial de profesionales con competencias en la materia y el mismo podrá ser requerido por la Administración en cualquier momento, durante y después de la ejecución de la instalación, y será considerado como documento esencial en aquellos casos de discrepancia entre la dirección técnica y las empresas instaladoras intervinientes.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es de carácter obligatorio para el Contratista así como aquellas que recoge el presente Pliego de Condiciones.

El contratista o empresa instaladora autorizada, estará obligado a transcribir en dicho Libro cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de la Dirección Facultativa, y a firmar el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la autorización de tales transcripciones por la Dirección en el Libro indicado.

El citado Libro de Órdenes y Asistencias se registrará según el Decreto 462/1971 y la Orden de 9 de Junio de 1971.

11.43. Incompatibilidades

En una misma instalación u obra el Director de Obra no podrá coincidir con el instalador ni tener vinculación laboral con la empresa instaladora que está ejecutando la obra.

11.44. Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora

En aquellas instalaciones donde intervengan, de manera coordinada, más de una empresa instaladora autorizada, deberá quedar nítidamente definida la actuación de cada una y en qué grado de subordinación. Cada una de las empresas intervinientes emitirá su propio Certificado de Instalación, para la parte de la instalación que ha ejecutado. La Dirección Facultativa tendrá la obligación de recoger tal circunstancia en el Certificado de Dirección y

Finalización de obra correspondiente, indicando con precisión el reparto de tareas y responsabilidades

12. Condiciones de índole económica

12.1. Base fundamental

Como base fundamental o principio general de estas condiciones económicas, se establece que el Contratista debe percibir, de todos los trabajos efectuados, su real importe, siempre de acuerdo y con sujeción al proyecto y a las condiciones generales y particulares que han de regir la obra.

Asimismo, la Propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

12.2. Garantía

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista la presentación de referencias y/o avales bancarios o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que éste reúne todas las condiciones de solvencia requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

Asimismo, deberá acreditar el título oficial correspondiente a los trabajos que el mismo vaya a realizar.

12.3. Fianza

La fianza que se exige al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado, será convenida previamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, entre una de las siguientes fórmulas:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares.

A la firma del contrato, el Contratista presentará las fianzas y seguros obligados por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Propiedad se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada mientras dure el plazo de ejecución, hasta su recepción.

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del Presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones Particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

12.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a realizar, por su cuenta los trabajos precisos, para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero-Director, en nombre y representación de la Propiedad, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar la totalidad de los gastos efectuados en las unidades de obra, que no fuesen de recibo.

12.5. De su devolución en general

La fianza depositada, será devuelta al Contratista, previo expediente de devolución correspondiente, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que se haya acreditado que no existe reclamación alguna contra aquel, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta, o por deudas de jornales, de suministros, de materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

El Propietario 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, subcontratos, etc.

En todo caso, esta devolución se practicará dentro de los treinta (30) días naturales, contados éstos una vez ha transcurrido el año de garantía.

12.6. De su devolución en caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Propietario, con la conformidad del Ingeniero-Director, estimara por conveniente hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le reintegre la parte proporcional de la fianza o cantidades retenidas en concepto de garantías.

12.7. Revisión de precios

Para que el Contratista tenga derecho a solicitar alguna revisión de precios, será preceptivo que tal extremo figure expresamente acordado en el contrato, donde deberá especificarse los casos concretos en los cuales podrá ser considerado.

En tal caso, el Contratista presentará al Ingeniero-Director el nuevo presupuesto donde se contemple la descomposición de los precios unitarios de las partidas, según lo especificado en el artículo 3.10 del presente Pliego de Condiciones.

En todo caso, salvo que se estipule lo contrario en el contrato, se entenderá que rige sobre este particular el principio de reciprocidad, reservándose en este caso la Propiedad, el derecho de proceder a revisar los precios unitarios, si las condiciones de mercado así lo aconsejaren.

12.8. De la revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

12.9. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, 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 sirve de base para la ejecución de los trabajos.

Tampoco se le administrará reclamación alguna, fundada en indicaciones que sobre los trabajos se haga en las memorias, por no tratarse estos documentos los que sirven de base a la Contrata.

Las equivocaciones materiales, o errores aritméticos, en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observase, pero no se tendrá en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato.

12.10. Descomposición de los precios unitarios

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios a que se refiere el artículo 3.7., será condición indispensable que, antes de comenzar todas y cada una de las unidades de obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero-Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de salarios o jornales, de materiales, de costes de transportes y los porcentajes que se expresan en los subapartados del presente artículo.

El Ingeniero-Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas, bases de datos o informes sobre rendimiento de personal, de maquinaria, de materiales elementales, de precios auxiliares, etc. editadas por entidades profesionales de la Comunidad Autónoma con facultades para ello, de Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, etc., desestimando aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.

A estos efectos, se considerarán los siguientes tipos de costes:

12.10.1.1. Se considerarán costes directos

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención de riesgos laborales y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, de combustible, de energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

12.10.1.2. Se considerarán costes indirectos

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, de comunicaciones, de edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, comedores, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos, evaluándose todos ellos en un porcentaje de los costes directos.

12.10.1.3. Se considerarán gastos generales

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

A falta de convenio especial, los precios unitarios se descompondrán preceptivamente como sigue:

12.10.2. Materiales

Cada unidad de obra que se precise de cada uno de ellos, y su precio unitario respectivo de origen.

12.10.3. Mano de obra

Por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertido por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra, y los jornales horarios correspondientes.

12.10.4. Transportes de materiales

Desde el punto de origen al pie del tajo, expresando el precio del transporte por unidad de peso, de volumen o de número que la costumbre tenga establecidos en la localidad.

12.10.5. Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad

Sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de obra que los precisen.

12.10.6. Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales

Vigentes sobre el importe de la mano de obra, especificando en documento aparte la cuantía de cada concepto del seguro, y de la carga.

12.10.7. Tanto por ciento de gastos generales y fiscales

Sobre la suma de los conceptos correspondientes a los apartados de materiales y mano de obra.

12.10.8. Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista

Aplicado la suma total de los conceptos correspondientes a materiales, mano de obra, transportes de materiales, y los tantos por ciento aplicados en concepto de medios auxiliares y de seguridad y de Seguros y Cargas fiscales.

El Contratista deberá asimismo presentar una lista con los precios de jornales, de los materiales de origen, del transporte, los tantos por ciento que imputa cada uno de los Seguros, y las Cargas Sociales vigentes, y los conceptos y cuantías de las partidas que se incluyen en el concepto de Gastos Generales, todo ello referido a la fecha de la firma del contrato.

12.11. Precios e importes de ejecución material

Se entiende por precios de ejecución material, para cada unidad de obra, los resultantes de la suma de los costes directos más los costes indirectos, compuestos por los conceptos de: mano de obra, materiales, transportes, equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud, gastos de combustibles, gastos de energía, gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos así como gastos de instalación de oficinas a pie de obra, de comunicaciones, de edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Estos precios no contemplan el Beneficio Industrial.

12.12. Precios e importes de ejecución por contrata

Se entenderá por precios de ejecución por Contrata, a la suma de los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio Industrial, sobre el cual deberá aplicarse el % de IGIC (Impuesto General Indirecto Canario) que corresponda, aunque este impuesto no forme parte del propio precio.

En el caso de que los trabajos a realizar en una obra se contratasen a tanto alzado, se entiende por precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra.

12.13. Gastos generales y fiscales

Se establecerán en un porcentaje calculado sobre los precios de ejecución material, como suma de conceptos tales como:

- Gastos de Dirección y Administración de la Contrata.
- Gastos de prueba y control de calidad.
- Gastos de Honorarios de la Dirección Técnica y Facultativa.
- Gastos Fiscales.

12.14. Gastos imprevistos

Tendrán esta consideración aquellos gastos que siendo ajenos a los aumentos o variaciones en la obra y que, sin ser partidas especiales y específicas omitidas en el presupuesto general, se dan inevitablemente en todo trabajo de construcción o montaje de instalaciones, y cuya cuantificación y determinación es imposible efectuar a priori. Por ello, se establecerá una partida fija de un dos por ciento (2%) calculado sobre los precios de ejecución material.

12.15. Beneficio industrial

El beneficio industrial del Contratista será el pactado en el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista. En obras para las Administraciones éste se establecerá en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas.

12.16. Honorarios de la dirección técnica y facultativa

Dichos honorarios, serán por cuenta del Contratista, y se entenderán incluidos en el importe de los gastos generales, salvo que se especifique lo contrario en el contrato de adjudicación, o sean deducidos en la contratación. Tanto en lo referente a forma de abono como a la cuantía de los mismos, se estará a lo dispuesto en el Decreto 1998/1961 de 19 de octubre de 1961, las normas de aplicación de este Decreto contenidas en la Orden de 9 diciembre 1961 y a la normativa del Colegio Oficial correspondiente.

12.17. Gastos por cuenta del contratista

Serán por cuenta del Contratista, entre otros, los gastos que a continuación se detallan:

12.17.1. Medios auxiliares

Serán por cuenta del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no afectando por tanto a la Propiedad, cualquier responsabilidad que por avería o accidente personal pueda ocurrir en las obras por insuficiencia o mal uso de dichos medios auxiliares.

12.17.2. Abastecimiento de agua

Será por cuenta del Contratista, disponer de las medidas adecuadas para que se cuente en obra con el agua necesaria para el buen desarrollo de las obras.

12.17.3. Energía eléctrica

En caso de que fuese necesario el Contratista dispondrá los medios adecuados para producir la energía eléctrica en obra.

12.17.4. Vallado

Serán por cuenta del Contratista la ejecución de todos los trabajos que requiera el vallado temporal para las obras, así como las tasas y permisos, debiendo proceder a su posterior demolición, dejándolo todo en su estado primitivo.

12.17.5. Accesos

Serán por cuenta del Contratista de cuantos trabajos requieran los accesos para el abastecimiento de las obras, así como tasas y permisos, debiendo reparar, al finalizar la obra, aquellos que por su causa quedaron deteriorados.

12.17.6. Materiales no utilizados

El Contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la obra en que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

12.17.7. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales y aparatos no fueran de calidad requerida o no estuviesen perfectamente reparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos. A falta de estas condiciones, primarán las órdenes de la Dirección Facultativa

12.17.8. Ensayos y pruebas

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la obra contratada, y de la Propiedad si el importe supera este porcentaje.

12.18. Precios contradictorios

Se originan precios contradictorios solamente cuando la Propiedad, a través del Ingeniero-Director, decida introducir nuevas unidades de obra o cambios en la calidad de alguna de las inicialmente acordadas, o cuando sea necesario afrontar circunstancias no previstas.

A falta de acuerdo y antes de iniciar la obra, los precios de unidades de obra, así como los de materiales, equipos, o de mano de obra de trabajos que no figuren en los contratos, se fijarán contradictoriamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos, siempre que a juicio de ellos, dichas unidades no puedan incluirse en el dos por ciento (2%) de gastos imprevistos.

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 o Base de Datos de Unidades de obra de uso más frecuente en la Comunidad Autónoma oficialmente aprobado o adoptado por las diversas Administraciones.

El Contratista los presentará descompuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la descomposición de los precios unitarios del presente Pliego, siendo condición necesaria la aprobación y presentación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra.

De los precios así acordados, se levantará actas que firmarán por triplicado el Ingeniero-Director, la Propiedad y el Contratista o representantes autorizados a estos efectos por los últimos.

Los precios contradictorios que existieran quedarán siempre referidos a los precios unitarios de la fecha del contrato.

12.19. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Ingeniero-Director, usase materiales y/o equipos de mejor calidad que los señalados en el Proyecto, o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general introdujese en ésta, y sin ser solicitada, cualquier otra modificación que fuese beneficiosa, a juicio del Ingeniero-Director no tendrá derecho, sin embargo, 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.

12.20. Abono de las obras

El abono de los trabajos ejecutados se efectuará previa medición periódica (según intervalo de tiempo que se acuerde) y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, tanto en las certificaciones como en la liquidación final, al precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, siempre y cuando se hayan realizado con sujeción a los documentos que constituyen el proyecto o bien siguiendo órdenes que, por escrito, haya entregado el Ingeniero-Director.

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el contrato suscrito entre el Contratista y el Propietario se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

- 1º Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

- 2º Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.
- Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- 3º Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Arquitecto-Director. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- 4º Por listas de salarios o jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el contrato suscrito entre el Contratista y la Propiedad determina.
- 5º Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

12.21. Abono de trabajos presupuestados por partida alzada

Las partidas alzadas, una vez ejecutadas, se medirán en unidades de obra y se abonarán a la contrata. Si los precios de una o más unidades de obra no están establecidos, se considerarán como si fuesen contradictorios.

Salvo lo estipulado en el contrato entre el Contratista y la Propiedad, el abono de los trabajos presupuestados por partida alzada se efectuará de acuerdo con un procedimiento de entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales o semejantes, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratos.
- Si no existen precios contratados, para unidades de obra iguales o semejantes, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, excepto en el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Ingeniero-Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el tanto por ciento correspondiente al Beneficio Industrial del Contratista.

12.22. Abonos de otros trabajos no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean 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 el Propietario por separado de la Contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

12.23. Abono de trabajos ejecutados en el periodo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente forma:

- 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 Ingeniero-Director 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 los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio o de sus instalaciones, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por la Propiedad, 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.

12.24. Obras no terminadas

Las obras no terminadas o incompletas no se abonarán o se abonarán en la parte en que se encuentren ejecutadas, según el criterio establecido por la Dirección Facultativa.

Las unidades de obra sin acabar, fuera del orden lógico de la obra o que puedan sufrir deterioros, no serán calificadas como certificables hasta que la Dirección Facultativa no lo considere oportuno.

12.25. Certificaciones

El Contratista tomará las disposiciones necesarias, para que periódicamente, según el intervalo de tiempo acordado en el contrato, lleguen a conocimiento del Ingeniero-Director las unidades de obra realizadas previa medición, quien tendrá la facultad de revisarlas sobre el propio terreno, al cual le facilita aquel, cuantos medios sean indispensables para llevar a buen término su cometido.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios unitarios aprobados y extenderá la correspondiente certificación, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego de Condiciones respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales.

Presentada dicha certificación al Ingeniero-Director, previo examen, y comprobación sobre el terreno, si así lo considera oportuno, en un plazo de diez (10) días, pondrá su Vº Bº, y firma, en el caso de que fuera aceptada, y con este requisito, podrá pasarse la certificación a la Propiedad para su abono, previa deducción, en tanto por ciento, de la correspondiente constitución de fianza o garantías y tasa por Honorarios de Dirección Facultativa, si procediera.

Dichas certificaciones, como recoge el párrafo anterior del presente Pliego de Condiciones Generales, se remitirán al Propietario, con carácter de documento y entregas a buena cuenta, sin que supongan aprobación o recepción en obra, sujetos a rectificaciones y variaciones derivadas de la liquidación final, no suponiendo tampoco estas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

El Propietario deberá realizar los pagos al Contratista o persona autorizada por el mismo, en los plazos previstos y su importe será el correspondiente a las especificaciones de los trabajos expedidos por la Dirección Facultativa.

Se podrán aplicar fórmulas de depreciación en aquellas unidades de obra que, tras realizar los ensayos de control de calidad correspondientes, su valor se encuentre por encima del límite de rechazo, muy próximo al límite mínimo exigido aunque no llegue a alcanzarlo, pero que obtenga la calificación de aceptable. Las medidas adoptadas no implicarán la pérdida de funcionalidad, seguridad o que no puedan ser subsanadas posteriormente, en las unidades de obra afectadas, según el criterio de la Dirección Facultativa.

El material acopiado a pie de obra, por indicación expresa y por escrito del Ingeniero-Director o del Propietario, a través de escrito dirigido al Ingeniero-Director, podrá ser certificado hasta el noventa por ciento (90%) de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de Contrata.

En caso de que el Ingeniero-Director, no estimase aceptable la liquidación presentada por el Contratista, comunicará en un plazo máximo de diez (10) días, las rectificaciones que considere deba realizar al Contratista, en aquella, quien en igual plazo máximo, deberá presentarla debidamente rectificadas, o con las justificaciones que crea oportunas. En el caso de

disconformidad, el Contratista se sujetará al criterio del Ingeniero-Director, y se procederá como en el caso anterior.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Ingeniero-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

12.26. Demora en los pagos

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente a que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de la cantidad pactada en el contrato suscrito con el Propietario, en concepto de intereses de demora durante el espacio del tiempo de retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del retraso del término de dicho plazo de un mes, sin realizarse el pago, tendrá derecho el Contratista a la rescisión unilateral del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante, lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

Si la obra no está terminada para la fecha prevista, el Propietario podrá disminuir las cuantías establecidas en el contrato, de las liquidaciones, fianzas o similares.

El Contratista no podrá suspender los trabajos o realizarlos a ritmo inferior que lo establecido en el proyecto, alegando un retraso de los pagos.

12.27. Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos

Si el Contratista incumpliera con los plazos de ejecución de las obras estipuladas en el contrato de adjudicación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, la Propiedad podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje (tanto por mil) del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan. Dicha indemnización, que deberá indicarse en el contrato suscrito entre Contratista y el Propietario, se establecerá por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra.

En el caso de no haberse estipulado en el contrato el plazo de ejecución de las obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, las indemnizaciones por retraso en la terminación de las obras se aplicarán por lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos, siendo el importe resultante descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día natural, semana, mes, etc.) desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato.

El importe de los alquileres que el Propietario dejase de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.

El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.

El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso. La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del contrato.

12.28. Mejoras y aumentos

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero-Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales, aparatos y equipos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el Ingeniero-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos 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, aparatos y equipos 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 Ingeniero- Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

12.29. Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Cuando por cualquier causa fuera necesario valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Ingeniero-Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

12.30. Rescisión del contrato

Además de lo estipulado en el contrato de adjudicación y de lo recogido en el presente Pliego de Condiciones, la Propiedad podrá rescindir dicho Contrato en los siguientes casos:

Cuando existan motivos suficientes, a juicio de la Dirección Técnica, para considerar que, por incompetencia, incapacidad, desobediencia o mala fe del Contratista, sea necesaria tal medida al objeto de lograr con garantías la terminación de las obras.

Cuando el Contratista haga caso omiso de las obligaciones contraídas en lo referente a plazos de terminación de obras.

Todo ello sin perjuicio de las penalizaciones económicas figuradas en el artículo 3.24.

12.31. Seguro de las obras

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tenga por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, tal y como el resto de los trabajos de la obra. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para finalidades distintas a la reconstrucción de la obra siniestrada. La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir el Contrato, con devolución de fianza, abonos completos de gastos, materiales acopiados, etc., incluyendo una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro que no se le hubiese abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados, a tales efectos, por el Ingeniero-Director de la obra.

En las obras de rehabilitación, reforma o reparación, se fijará previamente la porción o parte de ésta que debe ser asegurada, así como su cuantía o importe, y si nada se prevé al

respecto, se entenderá que el seguro comprenderá toda la parte de la edificación afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento de la Propiedad, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además, se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el apartado 3.35 del presente pliego, en base al Art. 19 de la L.O.E.

12.32. Conservación de las obras

Si el Contratista, siendo su obligación, no atendiese la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en caso de que no estén siendo éstas ocupadas por parte del Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director procederá a disponer todo lo que sea preciso para que se atienda la guarda o custodia, la limpieza y todo lo que fuese necesario para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta del Contratista.

Al abandonar las obras el Contratista, bien sea por buena terminación de las mismas como en el caso de rescisión del Contrato, está obligado a dejar libre de ocupación y limpias éstas en el plazo que el Ingeniero-Director estime oportuno. Después de la recepción provisional de las obras y en el caso de que su conservación corra por cuenta del Contratista, no deberá haber en las mismas más herramientas, útiles, materiales, mobiliario, etc., que los indispensables para su guarda y custodia, limpieza o para los trabajos que fuesen necesarios ejecutar.

En cualquier circunstancia, el Contratista estará obligado a revisar y reparar la obra, durante el plazo de garantía expresado, procediendo de la forma que prevé el presente Pliego de Condiciones

12.33. Uso por el contratista de la edificación o bienes del propietario

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios, instalaciones o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

12.34. Pago de arbitrios e impuestos

El pago de impuestos, cánones, tasas y arbitrios en general, municipales, insulares o de otro origen, sobre vallas, ocupación de la vía, carga y descarga de materiales, 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 las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

12.35. Garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción y montaje de instalaciones

El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la L.O.E. (Apartado C) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda según contempla su disposición adicional segunda, teniendo como referente a las siguientes garantías:

- a) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante un año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras e instalaciones, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.
- b) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante tres años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el art. 3 de la L.O.E.
- c) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante diez años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

12.36. Plan de obra

El Plan detallado de obra recogerá los tiempos y finalizaciones establecidas en el contrato, siendo completado con todo detalle, indicando las fechas de iniciación previstas para cada una de las partes en las que se divide el trabajo, adaptándose con la mayor exactitud al Pert detallado, diagrama de Gant o cualquier otro sistema válido de control establecido. Este documento será vinculante.

12.37. Especificaciones

Son las que figuran en la Memoria Descriptiva y en el Pliego de Condiciones Técnicas, así como las condiciones generales del contrato, juntamente con las modificaciones del mismo y los apéndices adosados a ellas, como conjunto de documentos legales.

12.38. Objeto de los planos y especificaciones

Es el objeto de los planos y especificaciones mostrar al Contratista el tipo, calidad y cuantía del trabajo a realizar y que fundamentalmente consistirá en el suministro de toda la mano de obra, material fungible, equipos y medios de montaje necesarios para la apropiada ejecución del trabajo, mientras específicamente no se indique lo contrario. El Contratista realizará todo el trabajo indicado en los planos y descrito en las especificaciones, así como todos los trabajos considerados como necesarios para completar la realización de las obras de manera aceptable, con la calidad que le fuere exigida y consistente, y a los precios ofertados.

12.39. Divergencias entre los planos y especificaciones

Si existieran divergencias entre los planos y las especificaciones, regirán los requerimientos de éstas últimas y en todo caso, la aclaración que al respecto facilite el Ingeniero-Director.

12.40. Errores en los planos y especificaciones

Cualquier error u omisión de importancia en los planos y especificaciones será comunicado inmediatamente al Ingeniero-Director que lo corregirá o aclarará con la mayor brevedad y por escrito, si fuese necesario. Cualquier trabajo hecho por el Contratista, tras el descubrimiento de tales discrepancias, errores u omisiones, se hará por cuenta y riesgo de éste.

12.41. Adecuación de planos y especificaciones

La responsabilidad por la adecuación del diseño y por la insuficiencia de los planos y especificaciones se establecerá a cargo del Propietario. Entre los planos y especificaciones se establecerán todos los requisitos necesarios para la realización de los trabajos objeto del Contrato.

12.42. Instrucciones adicionales

Durante el proceso de realización de las obras y montaje de las instalaciones, el Ingeniero-Director podrá dar instrucciones adicionales por medio de dibujos, esquemas o notas que aclaren con detalle cualquier dato confuso de los planos y especificaciones. Podrá facilitar, de igual modo, instrucciones adicionales necesarias para explicar o ilustrar los cambios en el trabajo que tuvieran que realizarse.

Asimismo, el Ingeniero-Director, o la Propiedad a través del Ingeniero-Director, podrán remitir al Contratista notificaciones escritas ordenando modificaciones, plazos de ejecución, cambios en el trabajo, etc. El Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo indicado en dichas órdenes. En ningún caso el Contratista podrá negarse a firmar el enterado de una orden o notificación. Si estimara oportuno efectuar alguna reclamación contra ella, deberá formularla por escrito al Ingeniero-Director, o a la Propiedad a través de escrito al Ingeniero-Director; dentro del plazo de diez (10) días de haber recibido la orden o notificación. Dicha reclamación no lo exime de la obligación de cumplir lo indicado en la orden, aunque al ser estudiada por el Ingeniero-Director pudiera dar lugar a alguna compensación económica o a una prolongación del tiempo de finalización.

12.43. Copias de los planos para realización de los trabajos

A la iniciación de las obras y durante el transcurso de las mismas, se entregará al Contratista, sin cargo alguno, los planos indicados en el Apartado de “Condiciones de Índole Facultativo y Legal” del presente Pliego de Condiciones, necesarios para la ejecución de las obras.

La entrega de planos se efectuará mediante envíos parciales con la suficiente antelación sobre sus fechas de utilización.

12.44. Propiedad de los planos y especificaciones

Todos los planos y especificaciones y otros datos preparados por el Ingeniero-Director y entregados al Contratista pertenecerán a la Propiedad y al Ingeniero-Director, y no podrán utilizarse en otras obras.

12.45. Contrato

En el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista deberá explicarse el sistema de ejecución de las obras, que podrá contratarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

12.45.1. Por tanto alzado

Comprenderá la ejecución de toda parte de la obra, con sujeción estricta a todos los documentos del proyecto y en cifra fija.

12.45.2. Por unidades de obra ejecutadas

Asimismo, con arreglo a los documentos del proyecto y a las condiciones particulares, que en cada caso se estipulen.

12.45.3. Por administración directa o indirecta

Con arreglo a los documentos del proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.

12.45.4. Por contrato de mano de obra

Siendo cuenta de la Propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares en condiciones idénticas a las anteriores.

En dicho contrato deberá explicarse si se admiten o no la subcontratación y los trabajos que puedan ser de adjudicación directa por parte del Ingeniero-Director a casas especializadas.

12.46. Contratos separados

El Propietario puede realizar otros contratos en relación con el trabajo del Contratista. El Contratista cooperará con estos otros respecto al almacenamiento de materiales y realización de su trabajo. Será responsabilidad del Contratista inspeccionar los trabajos de otros contratistas que puedan afectar al suyo y comunicar al Ingeniero-Director cualquier irregularidad que no lo permitiera finalizar su trabajo de forma satisfactoria.

La omisión de notificar al Ingeniero-Director estas anomalías indicará que el trabajo de otros Contratistas se ha realizado satisfactoriamente.

12.47. Subcontratación

La subcontratación se podrá realizar, pero siempre y de forma obligatoria entre empresas instaladoras autorizadas, exigiéndosele la autorización previa de la Propiedad.

El Contratista será responsable ante la Propiedad de los actos y omisiones de los subcontratistas y de las acciones de sus empleados los cuales tendrán que someterse a las mismas exigencias de profesionalidad, calidad y seguridad en la obra que éste. Los documentos del contrato no están redactados para crear cualquier reclamación contractual entre Subcontratista y Propietario.

Al respecto se estará a lo estipulado, para la ejecución de los siguientes trabajos realizados en obras de construcción tales como excavación; movimiento de tierras; construcción; montaje y desmontaje de elementos prefabricados; acondicionamientos o instalaciones; transformación; rehabilitación; reparación; desmantelamiento; derribo;

mantenimiento; conservación y trabajos de pintura y limpieza; saneamiento, por el REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, el cual tiene por objeto establecer las normas necesarias para la aplicación y desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

Cuando sea solicitado por el Ingeniero-Director, el Contratista someterá por escrito para su aprobación los nombres de los subcontratistas propuestos para los trabajos.

12.48. Adjudicación

La adjudicación de las obras se efectuará mediante una de las tres siguientes modalidades:

- Subasta pública o privada.
- Concurso público o privado.
- Adjudicación directa o de libre adjudicación.

En el primer caso, será obligatoria la adjudicación al mejor postor, siempre que esté conforme con lo especificado con los documentos del proyecto.

En el segundo caso, la adjudicación será por libre elección.

12.49. Subastas y Concursos

Las subastas y concursos se celebrarán en el lugar que previamente señalen las Condiciones Particulares de Índole Legal de la presente obra, debiendo figurar imprescindiblemente la Dirección Facultativa o persona delegada, que presidirá la apertura de plicas, encontrándose también presentes en el acto un representante de la Propiedad y un delegado de los concursantes.

12.50. Formalización del contrato

El Contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes.

El Contratista antes de firmar la escritura, habrá firmado también su conformidad con el Pliego General de Condiciones que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que consigue la Contrata.

12.51. Responsabilidad del contratista

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y la reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero-Director haya examinado y reconocido la realización de las obras durante la ejecución de las mismas, ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales.

El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal o colectiva, que la naturaleza de los trabajos exija.

De igual manera, aceptará la inspección del Ingeniero-Director en cuanto a Seguridad y Salud se refiere y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren al efecto, pudiendo el Ingeniero-Director en caso necesario paralizar los trabajos hasta tanto se hayan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

12.52. Trabajos durante una emergencia

En caso de una emergencia el Contratista realizará cualquier trabajo o instalará los materiales y equipos necesarios.

Tan pronto como sea posible, comunicará al Ingeniero-Director cualquier tipo de emergencia, pero no esperará instrucciones para proceder a proteger adecuadamente vidas y propiedades.

12.53. Suspensión del trabajo por el propietario

El trabajo o cualquier parte del mismo podrán ser suspendidos por el Propietario en cualquier momento previa notificación por escrito con cinco (5) días de antelación a la fecha prevista de reanudación del trabajo.

El Contratista reanudará el trabajo según notificación por escrito del Propietario, a través del Ingeniero-Director, y dentro de los diez (10) días siguientes a la fecha de la notificación escrita de reanudación de los trabajos.

Si el Propietario notificase la suspensión definitiva de una parte del trabajo, el Contratista podrá abandonar la porción del trabajo así suspendida y tendrá derecho a la indemnización correspondiente.

12.54. Derecho del propietario a rescisión del contrato

El Propietario podrá rescindir el Contrato de ejecución en los casos escogidos en el capítulo correspondiente a las Condiciones de Índole Económica. y en cualquiera de los siguientes:

- Se declare en bancarrota o insolvencia.
- Desestime o viole cláusulas importantes de los documentos del contrato o instrucciones del Ingeniero-Director, o deje proseguir el trabajo de acuerdo con lo convenido en el Plan de obra.
- Deje de proveer un representante cualificado, trabajadores o subcontratistas competentes, o materiales apropiados, o deje de efectuar el pago de sus obligaciones con ello.

12.55. Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad

Después de diez (10) días de haber enviado notificación escrita al Contratista de su intención de rescindir el contrato, el Propietario tomará posesión del trabajo, de todos los materiales, herramientas y equipos, aunque sea propiedad de la Contrata y podrá finalizar el trabajo por cualquier medio y método que elija.

12.56. Derechos del contratista para cancelar el contrato

El Contratista podrá suspender el trabajo o cancelar el contrato después de diez (10) días de la notificación al Propietario y al Ingeniero-Director de su intención, en el caso de que por orden de cualquier tribunal u otra autoridad se produzca una parada o suspensión del trabajo por un período de noventa (90) días seguidos y por causas no imputables al Contratista o a sus empleados.

12.57. Causas de rescisión del contrato

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato, las que a continuación se detallan:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En estos dos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tenga derecho aquellos a indemnización alguna.

Alteraciones del contrato por las siguientes causas:

- La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero-Director, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones represente en más o menos el veinticinco por ciento (25%), como mínimo, del importe de aquel.
- La modificación de unidades de obra. Siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o menos, del cuarenta por ciento (40%) como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del proyecto, o más del cincuenta por ciento (50%) de unidades del proyecto modificadas.
- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la Contrata no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido a mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de la obra sin causa justificada.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

12.58. Devolución de la fianza

La retención del porcentaje que deberá descontarse del importe de cada certificación parcial no será devuelta hasta pasado los doce meses del plazo de garantía fijados y en las condiciones detalladas en artículos anteriores.

12.59. Plazo de entrega de las obras

El plazo de ejecución de las obras será el estipulado en el Contrato firmado a tal efecto entre el Propietario y el Contratista. En caso contrario será el especificado en el documento de la memoria descriptiva del presente proyecto.

12.60. Daños a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes por inexperiencia o descuidos que sobrevinieran, tanto en las edificaciones e instalaciones, como en las parcelas contiguas en donde se ejecuten las obras. Será, por tanto, por cuenta suya el abono de las indemnizaciones a quien corresponda cuando ello hubiera lugar de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de dichas obras.

12.61. Policía de obra

Serán de cargo y por cuenta del Contratista, el vallado y la policía o guarda de las obras, así como el cuidado de la conservación de sus líneas de lindero, así como vigilará que durante las obras no se realicen actos que mermen o modifiquen la Propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero-Director.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la policía urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos respetos vigentes en donde se realice la obra.

12.62. Accidentes de trabajo

En caso de accidentes de trabajo ocurrido a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en estos efectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad y salud en las obras que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o los vigilantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

Igualmente, el Contratista se compromete a facilitar cuantos datos se estimen necesarios a petición del Ingeniero-Director sobre los accidentes ocurridos, así como las medidas que se han adoptado para la instrucción del personal y demás medios preventivos.

De los accidentes y perjuicios de todo género que pudiera acaecer o sobrevenir, por no cumplir el Contratista lo legislado en la materia, será éste el único responsable o sus representantes en la obra.

Será preceptivo que figure en el “Tablón de Anuncios” de la obra, durante todo el tiempo que ésta dure, el presente artículo del Pliego General de Condiciones, someténdolo previamente a la firma del Ingeniero-Director.

12.63. Régimen jurídico

El adjudicatario, queda sujeto a la legislación común, civil, mercantil y procesal española. Sin perjuicio de ello, en las materias relativas a la ejecución de obra, se tomarán en consideración (en cuanto su aplicación sea posible y en todo aquello en que no queden reguladas por la expresa legislación civil, ni mercantil, ni por el contrato) las normas que rigen para la ejecución de las obras del Estado.

Fuera de la competencia y decisiones que, en lo técnico, se atribuyan a la Dirección Facultativa, en lo demás procurará que las dudas a diferencia suscitadas, por la aplicación, interpretación o resolución del contrato se resuelvan mediante negociación de las partes respectivamente asistidas de personas cualificadas al efecto. De no haber concordancia, se someterán al arbitraje privado para que se decida por sujeción al saber y entender de los árbitros, que serán tres, uno para cada parte y un tercero nombrado de común acuerdo entre ellos.

12.64. Seguridad Social

Además de lo establecido en el capítulo de condiciones de índole económica, el Contratista está obligado a cumplir con todo lo legislado sobre Seguridad Social, teniendo siempre a disposición del Propietario o del Ingeniero-Director todos los documentos de tal cumplimiento, haciendo extensiva esta obligación a cualquier subcontratista que de él dependiese.

12.65. Responsabilidad civil

El Contratista deberá tener cubierta la responsabilidad civil en que pueda incurrir cada uno de sus empleados y subcontratistas dependientes del mismo, extremo que deberá acreditar ante el Propietario, dejando siempre exento al mismo y al Ingeniero-Director de cualquier reclamación que se pudiera originar.

En caso de accidentes ocurridos con motivo de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en estos casos por la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad y salud que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar en lo posible accidentes a los operarios o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos de la obra. Asimismo, el Contratista será responsable de todos los daños que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la zona donde se llevan a cabo las obras, como en las zonas contiguas. Será, por tanto, de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

12.66. Impuestos

Será de cuenta del Contratista el abono de todos los gastos e impuestos ocasionados por la elevación a documento público del contrato privado, firmado entre el Propietario y el Contratista; siendo por parte del Propietario el abono de las licencias y autorizaciones administrativas para el comienzo de las obras.

12.67. Disposiciones legales y permisos

El Contratista observará todas las ordenanzas, leyes, reglas, regulaciones estatales, provinciales y municipales, incluyendo sin limitación las relativas a salarios y Seguridad Social.

El Contratista se procurará de todos los permisos, licencias e inspecciones necesarias para el inicio de las obras, siendo abonadas por la Propiedad.

El Contratista una vez finalizadas las obras y realizada la recepción provisional tramitará las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha, siendo de su cuenta los gastos que ello ocasione.

El Contratista responde, como patrono legal, del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones vigentes en materia laboral, cumpliendo además con lo que el Ingeniero-Director le ordene para la seguridad y salud de los operarios y viandantes e instalaciones, sin que la falta de tales órdenes por escrito lo eximan de las responsabilidades que, como patrono legal, corresponden exclusivamente al Contratista.

12.68. Hallazgos

El Propietario se reserva la posesión de las sustancias minerales utilizables, o cualquier otro elemento de interés, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en su terreno de edificación.

12.69. Vicios ocultos y sanciones

Si se constatasen vicios de fabricación, o el empleo de materiales defectuosos o inapropiados, el Contratista deberá corregir, a su cargo, los vicios o defectos constatados, sin lugar a observaciones ni reclamaciones.

Si el Ingeniero-Director tuviese motivos fundados para sospechar de la existencia de vicios de fabricación ocultos podrá ordenar, en cualquier momento, los desmontajes y exámenes tecnológicos que sean necesarios para comprobar si existen efectivamente vicios de fabricación.

Los gastos que se ocasionasen serán de cuenta del Contratista siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario serán de cuenta de la Propiedad. El Contratista no podrá negarse a efectuar dichos exámenes.

Si durante el período de responsabilidad por defectos se encuentra un defecto de diseño, de ingeniería, materiales de los equipos suministrados por el Contratista, este último, en consulta y en acuerdo con el Ingeniero-Director respecto a la corrección apropiada de los defectos y a su propio cargo, reparará, sustituirá o corregirá inmediatamente tales defectos, así como todos los daños a las personas o instalaciones que los mismos hayan causado.

Todo importe que el Contratista tuviera que abonar en concepto de derechos de patentes, solicitud y gestión de permisos y licencias se considerará incluido en los precios cotizados.

El Contratista deberá indemnizar a la Propiedad por cualquier demanda, daño o perjuicio que ésta sufriese en virtud de haber aquél infringido alguna patente de invención, marcado de homologación o de fabricación, al proveer una parte cualquiera de la obra contratada.

El Contratista acuerda liberar de toda responsabilidad a la Propiedad y al Ingeniero-Director ante cualquier reclamo de terceros respecto a cualquier equipo o parte de equipo fabricado por el Contratista o provisto que infrinja cualquier patente, permiso o licencia.

La Propiedad o titular del parque eólico notificará a la empresa instaladora o Contratista, de inmediato, la recepción de cualquier reclamación que se formulase en su contra y facilitará al Contratista la información del caso para responderle. El Contratista, procederá a:

- 1) Intentar un acuerdo con el reclamante o contestar la pretensión, y en su caso, asumir el pago de toda cuantía a la que fuere condenada la Propiedad en juicio que se entablase por los conceptos de derechos de patentes, permisos y licencias vinculados a la obra contratada.
- 2) Obtener para la Propiedad el derecho a continuar usando el equipo, o modificarlo de forma que cese la infracción, o en defecto de lo anterior, reemplazar el equipamiento por otro que se encuentre en situación regular.

En los casos anteriores, el equipamiento resultante deberá satisfacer nuevamente todas las especificaciones técnicas del presente Pliego de Condiciones.

Lo expuesto anteriormente no exime a la Propiedad o titular del parque eólico a formular las reclamaciones que correspondieran por los daños o perjuicios ocasionados por los motivos indicados.

Las salidas temporarias que deban efectuarse por desperfectos o errores en materiales, hasta la Recepción Definitiva, deberán ser tramitadas por el Contratista siendo de su cargo todos los gastos que se devenguen.

El Contratista deberá proceder a su cargo, a la limpieza final y a la retirada de todas las instalaciones provisionales que hubiese construido.

El Contratista incurrirá en retraso por el solo incumplimiento de cualquiera de las obligaciones contraídas, sin necesidad de interpelación judicial ni privada.

Si el Contratista incurre en retrasos respecto al plazo establecido para efectuar la recepción provisional del parque eólico o de su ampliación en su caso, o no se cumple con las garantías de funcionamiento garantizadas en el contrato que se establezca, la Propiedad podrá establecer las multas por incumplimiento que se detallan a continuación:

Sanciones económicas por retraso en la entrega del parque eólico

Por cada día transcurrido de retraso, por causas imputables al Contratista, en la fecha prevista para la recepción provisional, se aplicará una multa equivalente al uno por mil (0.1%) del precio total del contrato.

Cuando el retraso producido, en relación al plazo estipulado para la recepción provisional, supere cuarenta y cinco (45) días, la Propiedad tendrá derecho a rescindir el contrato, por incumplimiento manifiesto del Contratista.

Sanciones económicas por incumplimiento de desempeño del parque eólico: Disponibilidad, curva de potencia y producción eléctrica

Se exigirá una disponibilidad media mínima, para el conjunto del parque eólico, durante el período garantizado, de noventa y tres (93) % para el primer año, y noventa y cinco (95) % para el resto del período. En caso de que la disponibilidad media real del conjunto del parque eólico resultara inferior a este perfil, el Contratista abonará a la Propiedad una prima en cantidad equivalente al valor de multiplicar el defecto de energía no producida por este concepto por un precio unitario de la energía.

Si la curva de potencia no está dentro del margen de tolerancia mencionado establecido, el Contratista deberá adoptar las medidas correctoras que estime oportunas. De corresponder, el período de garantía se extenderá más allá de los dos años previstos hasta el momento en que la curva de potencia sea la garantizada en las especificaciones del aerogenerador. El Contratista abonará a la Propiedad una penalización consistente en multiplicar el defecto de energía eléctrica no producida por este concepto durante ese período, por un precio unitario de la energía.

Límite de las sanciones económicas

El total de las multas aplicadas, incluyendo las sanciones económicas por incumplimientos de características técnicas garantizadas, no será superior a:

- a) Quince por ciento (15%) del precio del contrato, por retraso en la entrega del parque eólico.
- b) Quince por ciento (15%) del precio del contrato por incumplimientos de desempeño.
- c) Veinte por ciento (20%) del precio del contrato por incumplimiento simultáneo por retraso en la entrega y por desempeño.



**Escuela de Doctorado
y Estudios de Posgrado**
Universidad de La Laguna

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Mediciones y presupuesto

*Diseño de sistema de generación eólica con
conexión a red*

Autora: Belén Cabrera Brito

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre de 2020

Índice

- 1 – Resumen de presupuesto
- 2 – Presupuesto y mediciones
- 3 – Cuadro de descompuestos
- 4 – Recursos totales por partidas

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	Obra civil	68.354,18	0,58
02	Cimentación.....	476.297,38	4,06
03	Instalación eléctrica	11.091.466,90	94,47
04	Estudio de Seguridad y Salud.....	104.224,87	0,89
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	11.740.343,33	
	13,00 % Gastos generales	1.526.244,63	
	6,00 % Beneficio industrial	704.420,60	
	Suma.....	2.230.665,23	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IGIC	13.971.008,56	
	7% IGIC.....	977.970,60	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	14.948.979,16	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CATORCE MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con DIECISÉIS CÉNTIMOS

, septiembre de 2020.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01	Obra civil							
01.01	Desbroce y limpieza del terreno							
01.01.01	m ² Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas par					15.000,00	1,15	17.250,00
TOTAL 01.01								17.250,00
01.02	Zanja de la línea subterránea de Media Tensión							
01.02.01	m ³ Excavación de la zanja para la línea subterránea de Media Tensión					283,54	14,52	4.117,00
TOTAL 01.02								4.117,00
01.03	Relleno de la zanja de la línea subterránea de Media Tensión							
01.03.01	m ³ Relleno principal de zanja con arena cribada y cinta de protección mecánica					77,33	22,59	1.746,88
01.03.02	m ³ Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación manual y cinta de protección mecánica					154,66	6,85	1.059,42
01.03.03	m ³ Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación mecánica y cinta de señalización					51,55	9,93	511,89
TOTAL 01.03								3.318,19
01.04	Zanja para la cimentación de los aerogeneradores							
ADE010	m ³ Excavación de los pozos para cimentaciones de los aerogeneradores.					3.694,50	11,82	43.668,99
TOTAL 01.04								43.668,99
TOTAL 01								68.354,18

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02	Cimentación							
02.01	Hormigón de limpieza							
CHH005	m ³ Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión					123,15	75,04	9.241,18
	TOTAL 02.01							9.241,18
02.02	Zapata de los aerogeneradores							
02.02.01	Hormigón armado							
CHH030	m ³ Hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión para formación de zapata de cimentación.					3.012,92	92,96	280.081,04
	TOTAL 02.02.01							280.081,04
02.02.02	Armadura radial inferior, 20 mm de diámetro							
CHA010	kg Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla					56.968,07	1,00	56.968,07
	TOTAL 02.02.02							56.968,07
02.02.03	Armadura circular inferior, 25 mm de diámetro							
CHA010	kg Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla					48.973,21	1,00	48.973,21
	TOTAL 02.02.03							48.973,21
02.02.04	Armadura cortante inferior, 25 mm de diámetro							
CHA010	kg Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla					13.830,89	1,00	13.830,89
	TOTAL 02.02.04							13.830,89
02.02.05	Armadura radial superior, 20 mm de diámetro							
CHA010	kg Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla					18.229,78	1,00	18.229,78
	TOTAL 02.02.05							18.229,78
02.02.06	Armadura circular superior, 25 mm de diámetro							
CHA010	kg Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla					48.973,21	1,00	48.973,21
	TOTAL 02.02.06							48.973,21
	TOTAL 02.02							467.056,20
	TOTAL 02							476.297,38

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03	Instalación eléctrica							
03.01	Aerogeneradores							
03.01.01	u Aerogenerador Eno 126 4.8 del fabricante Eno Energy					2,00	5.000.000,00	10.000.000,00
	TOTAL 03.01							10.000.000,00
03.02	Instalación de Baja Tensión							
03.02.01	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB							
03.02.01.01	u Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB					2,00	27.540,80	55.081,60
	TOTAL 03.02.01							55.081,60
03.02.02	Cableado del generador al convertidor (fases)							
03.02.02.01	m Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x300 mm²					1.350,00	22,54	30.429,00
	TOTAL 03.02.02							30.429,00
03.02.03	Cableado del generador al convertidor (neutro y conductor de protección)							
03.02.05.02	m Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x150 mm²					900,00	14,74	13.266,00
	TOTAL 03.02.03							13.266,00
03.02.04	Centro de transformación BT/MT							
03.02.04.01	u Transformador de los aerogeneradores					2,00	113.135,63	226.271,26
03.02.04.02	u Celda modular de MT de función de línea (0L)					2,00	7.074,73	14.149,46
03.02.04.03	u Celda modular de MT de función de protección del transformador (1P)					2,00	3.730,97	7.461,94
03.02.04.04	u Celda modular de MT de función de remonte (1L)					1,00	1.750,99	1.750,99
	TOTAL 03.02.04							249.633,65
03.02.05	Cableado del convertidor al centro de transformación BT/MT (fases)							
03.02.05.01	m Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x185 mm²					16.800,00	17,32	290.976,00
	TOTAL 03.02.05							290.976,00
03.02.06	Cableado del convertidor al centro de transformación BT/MT (neutro y conductor de protección)							
03.02.06.01	m Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x95 mm²					11.200,00	9,72	108.864,00
	TOTAL 03.02.06							108.864,00
03.02.07	Interruptor automático principal							
03.02.07.01	u Interruptor automático en caja moldeada, modelo Masterpact MTZ3, "SCHNEIDER ELECTRIC"					2,00	82.416,15	164.832,30
	TOTAL 03.02.07							164.832,30

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.02.08	Descargador de tensión							
03.02.08.01	u Descargador de tensión Strikesorb 40-G del fabricante Raycap					2,00	1.141,49	2.282,98
	TOTAL 03.02.08							2.282,98
	TOTAL 03.02							915.365,53
03.03	Línea subterránea de Media tensión							
03.03.01	m Cable AL RHZ1, 12/20 kV, 1x240/16 mm ² de sección					429,60	12,96	5.567,62
03.03.02	m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm ² de sección					429,60	7,01	3.011,50
	TOTAL 03.03							8.579,12
03.04	Aparamenta de protección de Media Tensión							
03.04.01	u Autoválvula de la reactancia de puesta a tierra					3,00	257,94	773,82
03.04.02	u Autoválvulas del transformador de potencia MT/AT					3,00	463,47	1.390,41
03.04.03	u Autoválvulas de la línea de salida					3,00	463,47	1.390,41
	TOTAL 03.04							3.554,64
03.05	Subestación elevadora del parque							
03.05.01	Transformador de servicios auxiliares							
03.05.01.01	u Transformador de tipo seco de 400 kVA					1,00	13.481,41	13.481,41
	TOTAL 03.05.01							13.481,41
03.05.02	Transformador de MT/AT							
03.05.02.01	u Transformador sumergido en aceite de 20 MVA					1,00	102.334,63	102.334,63
	TOTAL 03.05.02							102.334,63
03.05.03	Celdas modulares de MT de la subestación							
03.05.03.01	u Celda modular de MT de función de línea (0L)					2,00	7.514,35	15.028,70
03.05.03.02	u Celda modular de MT de función de protección del transformador de SSAA (1P)					1,00	7.074,73	7.074,73
	TOTAL 03.05.03							22.103,43
03.05.04	Centro de transformación prefabricado							
03.05.04.01	u Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm					1,00	13.030,05	13.030,05
	TOTAL 03.05.04							13.030,05
	TOTAL 03.05							150.949,52

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.06	Instalaciones de puesta a tierra							
03.07	Puesta a tierra de los aerogeneradores							
03.06.01.01	m Anillo inferior de cobre desnudo de 50 mm ² de sección de 38,25 m de diámetro					240,34	7,01	1.684,78
03.06.01.02	m Anillo superior de cobre desnudo de 50 mm ² de sección de 17,75 m de diámetro					111,52	7,01	781,76
03.06.01.03	u Picas de acero cobreado de 2 m de longitud del anillo inferior					8,00	204,21	1.633,68
03.06.01.04	u Picas de acero cobreado de 2 m de longitud externas a los anillos de puesta a tierra					8,00	237,70	1.901,60
TOTAL 03.07.....								6.001,82
03.08	Puesta a tierra de la subestación elevadora del parque							
03.06.02.01	m Anillo rectangular de cobre desnudo de 50 mm ² de sección de 8x12 m para la tierra de protección					40,00	7,01	280,40
03.06.02.02	u Picas de acero cobreado de 2 m de longitud para la tierra de protección					6,00	154,91	929,46
03.06.02.03	m Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm ² de sección para la tierra de servicio					37,00	7,01	259,37
03.06.02.04	u Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud.					6,00	154,91	929,46
03.06.02.05	u Red de equipotencialidad de 14 x 10 m: Cuadrícula de 0,3 x 0,3 m de conductor de cobre de 50 mm ² de sección					1,00	4.617,58	4.617,58
TOTAL 03.08.....								7.016,27
TOTAL 03.06.....								13.018,09
TOTAL 03.....								11.091.466,90

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
04	Estudio de Seguridad y Salud							
04.01	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar							
04.01.01	u Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra					1,00	125,42	125,42
04.01.02	u Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra					1,00	505,76	505,76
04.01.03	u Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra					1,00	214,44	214,44
04.01.04	u Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra					3,00	196,45	589,35
04.01.05	u Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra					3,00	123,01	369,03
04.01.06	u Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra					3,00	224,37	673,11
04.01.07	u Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de los materiales					3,00	104,97	314,91
04.01.08	u Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra					3,00	150,81	452,43
04.01.09	u Accesorios en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos					1,00	1.526,49	1.526,49
04.01.10	u Accesorios en local o caseta de obra para comedor					1,00	717,53	717,53
	TOTAL 04.01							5.488,47
04.02	Protecciones colectivas							
04.02.01	u Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, 21A-144B-C, con 6 kg					30,00	16,01	480,30
04.02.02	m Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral					500,00	2,66	1.330,00
04.02.03	u Protección de paso peatonal sobre zanjas abiertas mediante pasarela de acero					20,00	17,84	356,80
04.02.04	m ² Protección de paso de vehículos sobre zanjas abiertas en calzada					500,00	3,41	1.705,00
04.02.05	m ² Red de protección de poliamida de alta tenacidad, color blanco, de 80x80 mm de paso					500,00	9,61	4.805,00
04.02.06	u Protección de extremo de armadura de 12 a 32 mm de diámetro					1.000,00	0,19	190,00
04.02.07	m Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad					300,00	11,15	3.345,00
04.02.08	u Línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas					5,00	402,74	2.013,70
04.02.09	u Suministro, colocación y desmontaje de línea de anclaje vertical temporal, de cable de acero, con dispositivo anticaídas					5,00	244,68	1.223,40
04.02.10	u Foco portátil de 500 W de potencia, para interior					15,00	9,14	137,10
04.02.11	u Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior					15,00	23,82	357,30
04.02.12	u Toma de tierra independiente para instalación provisional de obra					4,00	154,20	616,80
04.02.13	m Vallado provisional de solar, de 2 m de altura					1.000,00	35,35	35.350,00
04.02.14	u Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad					30,00	19,54	586,20
04.02.15	m Cinta para balizamiento, de material plástico					500,00	1,31	655,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
04.02.16	u Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar					15,00	14,96	224,40
04.02.17	u Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado					20,00	8,17	163,40
04.02.18	u Señal de prohibición, de PVC serigrafiado					20,00	4,07	81,40
04.02.19	u Señal de obligación, de PVC serigrafiado					20,00	4,07	81,40
04.02.20	u Señal de extinción, de PVC serigrafiado					20,00	4,52	90,40
04.02.21	u Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado					20,00	4,52	90,40
TOTAL 04.02.....								53.883,00
04.03	Protecciones individuales							
04.03.01	u Sistema anticaídas					20,00	86,79	1.735,80
04.03.02	u Casco de protección, destinado a proteger al usuario contra la caída de objetos					200,00	0,29	58,00
04.03.03	u Par de botas de media caña de seguridad					100,00	27,14	2.714,00
04.03.04	u Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma					100,00	4,09	409,00
04.03.05	u Cinturón con bolsa de varios compartimentos para herramientas					20,00	2,95	59,00
04.03.06	u Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante					30,00	5,60	168,00
04.03.07	u Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión					20,00	29,45	589,00
04.03.08	u Juego de orejeras, estándar					25,00	4,58	114,50
04.03.09	u Juego de tapones desechables, moldeables					25,00	0,02	0,50
04.03.10	u Mono de protección					100,00	9,50	950,00
04.03.11	u Gafas de protección con montura universal					30,00	3,16	94,80
04.03.12	u Pantalla de protección facial					30,00	4,90	147,00
04.03.13	u Mascarilla autofiltrante contra partículas					50,00	2,19	109,50
04.03.14	u Pantalla de protección facial, para soldadores					20,00	5,94	118,80
04.03.15	u Mono de protección para trabajos de soldeo					20,00	33,47	669,40
04.03.16	u Par de manguitos para soldador					20,00	4,16	83,20
TOTAL 04.03.....								8.020,50
04.04	Medicina preventiva y primeros auxilios							
04.04.01	u Botiquín de urgencia para caseta de obra					5,00	121,30	606,50
04.04.02	u Reposición del botiquín de urgencia					5,00	26,13	130,65
04.04.03	u Camilla portátil para evacuaciones, colocada en caseta de obra					5,00	43,49	217,45
04.04.04	u Reconocimiento médico obligatorio anual al trabajador					20,00	125,09	2.501,80
TOTAL 04.04.....								3.456,40

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
04.05	Formación y reuniones de obligado cumplimiento							
04.05.01	u Reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión de dos horas					30,00	135,55	4.066,50
04.05.02	u Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado					200,00	96,55	19.310,00
04.05.03	u Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.					20,00	500,00	10.000,00
TOTAL 04.05.....								33.376,50
TOTAL 04.....								104.224,87
TOTAL.....								11.740.343,33

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m	0,14	0,15	
mt01ara030	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para relleno de zanjas.	1,800 t	8,95	16,11	
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h	9,27	1,08	
mq02rod010d	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,174 h	6,39	1,11	
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h	40,08	0,48	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,182 h	17,67	3,22	
%0200	Costes directos complementarios	0,222 %	2,00	0,44	
				Mano de obra.....	3,22
				Maquinaria.....	2,67
				Materiales.....	16,26
				Otros.....	0,44
				TOTAL PARTIDA.....	22,59
01.03.02	Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación manual y cinta de protección mecánica	m³			
	<p>Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación. Se rellenará un volumen de 429,6 x 0,6 x 0,6 m.</p>				
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m	0,14	0,15	
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h	9,27	1,08	
mq02rod010d	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,174 h	6,39	1,11	
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h	40,08	0,48	
mq04cab010c	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,017 h	40,17	0,68	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,182 h	17,67	3,22	
%0200	Costes directos complementarios	0,067 %	2,00	0,13	
				Mano de obra.....	3,22
				Maquinaria.....	3,35
				Materiales.....	0,15
				Otros.....	0,13
				TOTAL PARTIDA.....	6,85
01.03.03	Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación mecánica y cinta de señalización	m³			
	<p>Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación. Se rellenará un volumen de 429,6 x 0,2 x 0,6 m. Incluye: Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación. Compactación.</p>				
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m	0,14	0,15	
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h	9,27	1,08	
mq02rov010c	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 74 kW, de 7,42 t, anchura de trabajo 167,6 cm.	0,116 h	50,40	5,85	
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h	40,08	0,48	
mq04cab010c	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,017 h	40,17	0,68	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,085 h	17,67	1,50	
%0200	Costes directos complementarios	0,097 %	2,00	0,19	
				Mano de obra.....	1,50
				Maquinaria.....	8,09
				Materiales.....	0,15
				Otros.....	0,19
				TOTAL PARTIDA.....	9,93

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
01.04	Zanja para la cimentación de los aerogeneradores				
ADE010	Excavación de los pozos para cimentaciones de los aerogeneradores. Excavación de pozos para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. Este pozo tendrá forma cilíndrica, con una altura de 3 m y un diámetro de 28 m. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.	m ³			
mq01ret020b	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,240 h	36,52	8,76	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,160 h	17,67	2,83	
%0200	Costes directos complementarios	0,116 %	2,00	0,23	
		Mano de obra			2,83
		Maquinaria.....			8,76
		Otros.....			0,23
		TOTAL PARTIDA.....			11,82

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
02	Cimentación				
02.01	Hormigón de limpieza				
CHH005	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Se aplicará una capa de 10 cm de hormigón de limpieza en el el pozo de 28 m de diámetro para las cimentaciones de los aerogeneradores. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.	m ³			
mt10hmf011fb	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	1,050 m ³	66,00	69,30	
mo045	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,075 h	19,67	1,48	
mo092	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,150 h	18,63	2,79	
%0200	Costes directos complementarios	0,736 %	2,00	1,47	
	Mano de obra				4,27
	Materiales.....				69,30
	Otros.....				1,47
	TOTAL PARTIDA.....				75,04
02.02	Zapata de los aerogeneradores				
02.02.01	Hormigón armado				
CHH030	Hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión para formación de zapata m ³ de cimentación. Hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión para formación de zapata de cimentación. Cada zapata se rellenará con un volumen de hormigón de 1.506,46 m ³ , según las medidas indicadas en los planos del proyecto. Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.	m ³			
mt10haf010nga	Hormigón HA-25/B/20/IIa	1,100 m ³	76,88	84,57	
mo045	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,050 h	19,67	0,98	
mo092	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,300 h	18,63	5,59	
%0200	Costes directos complementarios	0,911 %	2,00	1,82	
	Mano de obra				6,57
	Materiales.....				84,57
	Otros.....				1,82
	TOTAL PARTIDA.....				92,96
02.02.02	Armadura radial inferior, 20 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller de obra y montaje en zapata de cimentación. Incluso alambre de atar y separadores. Incluye: Corte y doblado de la armadura. Montaje y colocación de la armadura con separadores homologados. Sujeción de la armadura.	kg			
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud	0,13	0,02	
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg	0,63	0,64	
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg	1,10	0,01	
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h	19,67	0,14	
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h	18,63	0,17	
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %	2,00	0,02	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
					Mano de obra 0,31
					Materiales..... 0,67
					Otros..... 0,02
					TOTAL PARTIDA..... 1,00
02.02.03	Armadura circular inferior, 25 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla	kg			
	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller de obra y montaje en zapata de cimentación. Incluso alambre de atar y separadores. Incluye: Corte y doblado de la armadura. Montaje y colocación de la armadura con separadores homologados. Sujeción de la armadura.				
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud	0,13	0,02	
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg	0,63	0,64	
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg	1,10	0,01	
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h	19,67	0,14	
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h	18,63	0,17	
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %	2,00	0,02	
					Mano de obra 0,31
					Materiales..... 0,67
					Otros..... 0,02
					TOTAL PARTIDA..... 1,00
02.02.04	Armadura cortante inferior, 25 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla	kg			
	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller de obra y montaje en zapata de cimentación. Incluso alambre de atar y separadores. Incluye: Corte y doblado de la armadura. Montaje y colocación de la armadura con separadores homologados. Sujeción de la armadura.				
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud	0,13	0,02	
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg	0,63	0,64	
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg	1,10	0,01	
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h	19,67	0,14	
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h	18,63	0,17	
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %	2,00	0,02	
					Mano de obra 0,31
					Materiales..... 0,67
					Otros..... 0,02
					TOTAL PARTIDA..... 1,00
02.02.05	Armadura radial superior, 20 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla	kg			
	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller de obra y montaje en zapata de cimentación. Incluso alambre de atar y separadores. Incluye: Corte y doblado de la armadura. Montaje y colocación de la armadura con separadores homologados. Sujeción de la armadura.				
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud	0,13	0,02	
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg	0,63	0,64	
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg	1,10	0,01	
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h	19,67	0,14	
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h	18,63	0,17	
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %	2,00	0,02	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03	Instalación eléctrica				
03.01	Aerogeneradores				
03.01.01	Aerogenerador Eno 126 4.8 del fabricante Eno Energy	u			
	Aerogenerador Eno 126 4.8 del fabricante Eno Energy. Potencia nominal de 4,8 MW, clase de viento IEC IIA, control pitch, rotor de 126 m de diámetro con 3 palas de 61,6 m de longitud de plástico reforzado con fibra de vidrio (GFK) y polímero reforzado con fibra de carbono (CFK), buje a 117 m de altura, generador síncrono con excitación sin escobillas y multiplicadora de engranaje planetario con relación de transmisión 1:126.				
			Sin	descomposición	
			Materiales		5.000.000,00
			TOTAL PARTIDA.....		5 000.000,00
03.02	Instalación de Baja Tensión				
03.02.01	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB				
03.02.01.01	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB	u			
	Convertidor de potencia completa AC-AC basado en IGBT con una etapa intermedia de corriente continua, modelo ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB. Tensión nominal de 690, potencia nominal de 6 MW y frecuencia nominal de 50 Hz.				
03.02.01.02	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB	1,000 u	27.000,00	27.000,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,040 h	19,42	0,78	
%0200	Costes directos complementarios	270,008 %	2,00	540,02	
			Mano de obra		0,78
			Materiales.....		27.000,00
			Otros.....		540,02
			TOTAL PARTIDA.....		27.540,80
03.02.02	Cableado del generador al convertidor (fases)				
03.02.02.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x300 mm ²	m			
	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, tipo RV-K, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x300 mm ² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de policloruro de vinilo (PVC), de tipo DMV-18, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de halógenos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos y resistencia a las grasas y aceites. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido del cable. Conexionado.				
mt35pry032B	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x300 mm ²	1,000 m	20,57	20,57	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,041 h	19,42	0,80	
mo102	Ayudante electricista.	0,041 h	17,86	0,73	
%0200	Costes directos complementarios	0,221 %	2,00	0,44	
			Mano de obra		1,53
			Materiales.....		20,57
			Otros.....		0,44
			TOTAL PARTIDA.....		22,54

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.02.03	Cableado del generador al convertidor (neutro y conductor de protección)				
03.02.05.02	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x150 mm ²	m			
	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, tipo RV-K, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x185 mm ² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de policloruro de vinilo (PVC), de tipo DMV-18, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de halógenos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos y resistencia a las grasas y aceites. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido del cable. Conexionado.				
03.02.05.02.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x150 mm ²	1,000 m	12,99	12,99	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,039 h	19,42	0,76	
mo102	Ayudante electricista.	0,039 h	17,86	0,70	
%0200	Costes directos complementarios	0,145 %	2,00	0,29	
	Mano de obra				1,46
	Materiales.....				12,99
	Otros.....				0,29
	TOTAL PARTIDA.....				14,74
03.02.04	Centro de transformación BT/MT				
03.02.04.01	Transformador de los aerogeneradores	u			
	Transformador modelo BEST-KT-6300-24-8-N del fabricante BEST, de tipo seco encapsulado con una potencia nominal de 6.300 kVA, un voltaje máximo de 24 kV, grupo de conexión Dyn11 y relación de transformación 0,69/20 kV.				
03.02.04.01.01	Transformador de tipo seco modelo BEST-KT-6300-24-8N "BEST" de 6.300 kVA y voltaje máximo de 24 kV	1,000 u	110.880,00	110.880,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	1,000 h	19,42	19,42	
mo102	Ayudante electricista.	1,000 h	17,86	17,86	
%0200	Costes directos complementarios	1.109,173 %	2,00	2.218,35	
	Mano de obra				37,28
	Materiales.....				110.880,00
	Otros.....				2.218,35
	TOTAL PARTIDA.....				113.135,63
03.02.04.02	Celda modular de MT de función de línea (0L)	u			
	Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.				
03.02.04.02.01	Celda modular modelo cgmcosmos-I del fabricante Ormazabal	1,000 u	6.854,00	6.854,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	19,42	42,72	
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h	17,86	39,29	
%0200	Costes directos complementarios	69,360 %	2,00	138,72	
	Mano de obra				82,01
	Materiales.....				6.854,00
	Otros.....				138,72
	TOTAL PARTIDA.....				7.074,73

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.02.04.03	Celda modular de MT de función de protección del transformador (1P)	u			
	Celda de protección con fusible, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 470x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra y fusibles combinados. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.				
03.02.04.03.01	Celda modular modelo cgmcosmos-p del fabricante Ormazabal	1,000 u	3.575,80	3.575,80	
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	19,42	42,72	
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h	17,86	39,29	
%0200	Costes directos complementarios	36,578 %	2,00	73,16	
	Mano de obra				82,01
	Materiales.....				3.575,80
	Otros.....				73,16
	TOTAL PARTIDA.....				3.730,97
03.02.04.04	Celda modular de MT de función de remonte (1L)	u			
	Celda de remonte, de 24 kV de tensión asignada, 365x735x1740 mm, formada por cuerpo metálico y embarrado de cobre. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.				
03.02.04.04.01	Celda modular modelo cgmcosmos-rb del fabricante Ormazabal	1,000 u	1.634,65	1.634,65	
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	19,42	42,72	
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h	17,86	39,29	
%0200	Costes directos complementarios	17,167 %	2,00	34,33	
	Mano de obra				82,01
	Materiales.....				1.634,65
	Otros.....				34,33
	TOTAL PARTIDA.....				1.750,99
03.02.05	Cableado del convertidor al centro de transformación BT/MT (fases)				
03.02.05.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x185 mm²	m			
	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, tipo RV-K, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de policloruro de vinilo (PVC), de tipo DMV-18, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de halógenos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos y resistencia a las grasas y aceites. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido del cable. Conexionado.				
mt35pry032A	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, tipo RV-K, tensión nominal 0,6/1 kV	1,000 m	15,49	15,49	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,040 h	19,42	0,78	
mo102	Ayudante electricista.	0,040 h	17,86	0,71	
%0200	Costes directos complementarios	0,170 %	2,00	0,34	
	Mano de obra				1,49
	Materiales.....				15,49
	Otros.....				0,34
	TOTAL PARTIDA.....				17,32

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.04	Apararata de protección de Media Tensión				
03.04.01	Autoválvula de la reactancia de puesta a tierra	u			
	Autoválvulas de óxido de cinc PEXLIM R del fabricante ABB, indicadas para la protección contra sobretensiones de las subestaciones y los equipos que operan en ellas. Características: Tensión máxima de red de 24 kV, tensión nominal de 21 kV, tensión de trabajo continuo máxima de 16,8 kV y distancia de fuga de 1.863 mm.				
03.04.01.01	Autoválvula modelo PEXLIM R 21- YV024 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 24 kV	1,000 u	249,00	249,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h	19,42	3,88	
%0200	Costes directos complementarios	2,529 %	2,00	5,06	
	Mano de obra				3,88
	Materiales.....				249,00
	Otros.....				5,06
	TOTAL PARTIDA.....				257,94
03.04.02	Autoválvulas del transformador de potencia MT/AT	u			
	Autoválvulas de óxido de cinc PEXLIM R del fabricante ABB, indicadas para la protección contra sobretensiones de las subestaciones y los equipos que operan en ellas. Características: Tensión máxima de red de 72 kV, tensión nominal de 60 kV, tensión de trabajo continuo máxima de 48 kV y distancia de fuga de 1.863 mm.				
03.04.02.02	Autoválvula modelo PEXLIM R 60- YH072 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 72kV	1,000 u	450,50	450,50	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h	19,42	3,88	
%0200	Costes directos complementarios	4,544 %	2,00	9,09	
	Mano de obra				3,88
	Materiales.....				450,50
	Otros.....				9,09
	TOTAL PARTIDA.....				463,47
03.04.03	Autoválvulas de la línea de salida	u			
	Autoválvulas de óxido de cinc PEXLIM R del fabricante ABB, indicadas para la protección contra sobretensiones de las subestaciones y los equipos que operan en ellas. Características: Tensión máxima de red de 72 kV, tensión nominal de 60 kV, tensión de trabajo continuo máxima de 48 kV y distancia de fuga de 1.863 mm.				
03.04.03.01	Autoválvula modelo PEXLIM R 60- YH072 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 72kV	1,000 u	450,50	450,50	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h	19,42	3,88	
%0200	Costes directos complementarios	4,544 %	2,00	9,09	
	Mano de obra				3,88
	Materiales.....				450,50
	Otros.....				9,09
	TOTAL PARTIDA.....				463,47
03.05	Subestación elevadora del parque				
03.05.01	Transformador de servicios auxiliares				
03.05.01.01	Transformador de tipo seco de 400 kVA	u			
	Transformador de tipo seco encapsulado del fabricante Ormazabal con una potencia nominal de 400 kVA, un voltaje máximo de 24 kV, grupo de conexión Ydn11 y relación de transformación 20/0,4 kV.				
03.05.01.01.01	Transformador de tipo seco del fabricante Ormazabal de 400 kVA y voltaje máximo de 24 kV	1,000 u	12.889,00	12.889,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	8,800 h	19,42	170,90	
mo102	Ayudante electricista.	8,800 h	17,86	157,17	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	132,171 %	2,00	264,34	
					328,07
					12.889,00
					264,34
	TOTAL PARTIDA.....				13.481,41
03.05.02	Transformador de MT/AT				
03.05.02.01	Transformador sumergido en aceite de 20 MVA	u			
	Transformador sumergido en aceite modelo Minera MP del fabricante Schneider Electric con una potencia nominal de 20 MVA, un voltaje máximo de 72,5 kV, grupo de conexión Ydn11 y relación de transformación 20/66 kV.				
E04	Transformador sumergido en aceite del fabricante Schneider Electric de 20 MVA	1,000 u	100.000,00	100.000,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	8,800 h	19,42	170,90	
mo102	Ayudante electricista.	8,800 h	17,86	157,17	
%0200	Costes directos complementarios	1.003,281 %	2,00	2.006,56	
					328,07
					100.000,00
					2.006,56
	TOTAL PARTIDA.....				102.334,6E
03.05.03	Celdas modulares de MT de la subestación				
03.05.03.01	Celda modular de MT de función de línea (0L)	u			
	Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 1.250 A de intensidad nominal, 340x752x1380 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.				
03.05.03.01.01	Celda modular modelo C del fabricante Schneider Electric	1,000 u	7.285,00	7.285,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	19,42	42,72	
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h	17,86	39,29	
%0200	Costes directos complementarios	73,670 %	2,00	147,34	
					82,01
					7.285,00
					147,34
	TOTAL PARTIDA				7.514,35
03.05.03.02	Celda modular de MT de función de protección del transformador de SSAA (1P)	u			
	Celda de protección con fusible, de 24 kV de tensión asignada, 1.250 A de intensidad nominal, 340x752x1380 mm mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra y fusibles combinados. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.				
03.05.03.02.01	Celda modular modelo T1 del fabricante Schneider Electric	1,000 u	6.854,00	6.854,00	
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h	19,42	42,72	
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h	17,86	39,29	
%0200	Costes directos complementarios	69,360 %	2,00	138,72	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
					Mano de obra 82,01
					Materiales 6.854,00
					Otros 138,72
					TOTAL PARTIDA 7.074,73
03.05.04	Centro de transformación prefabricado				
03.05.04.01	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm u				
	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm, apto para contener hasta dos transformadores y la aparamenta necesaria. Incluso transporte y descarga. Totalmente montado. Incluye: Transporte y descarga. Montaje, nivelación y fijación.				
mt35ctr020c	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm	1,000 u	12.127,06	12.127,06	
mo020	Oficial 1ª construcción.	17,600 h	18,89	332,46	
mo077	Ayudante construcción.	17,600 h	17,90	315,04	
%0200	Costes directos complementarios	127,746 %	2,00	255,49	
					Mano de obra 647,50
					Materiales 12.127,06
					Otros 255,49
					TOTAL PARTIDA 13.030,05
03.06	Instalaciones de puesta a tierra				
03.07	Puesta a tierra de los aerogeneradores				
03.06.01.01	Anillo inferior de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 38,25 m de diámetro m				
	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.				
03.06.01.01.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm².	1,000 m	4,81	4,81	
03.06.01.01.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u	1,15	0,12	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h	19,42	1,94	
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %	2,00	0,14	
					Mano de obra 1,94
					Materiales 4,93
					Otros 0,14
					TOTAL PARTIDA 7,01
03.06.01.02	Anillo superior de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 17,75 m de diámetro m				
	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.				
03.06.01.02.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm².	1,000 m	4,81	4,81	
03.06.01.02.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u	1,15	0,12	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h	19,42	1,94	
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %	2,00	0,14	
					Mano de obra 1,94
					Materiales 4,93
					Otros 0,14
					TOTAL PARTIDA 7,01

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.06.01.03	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud del anillo inferior	u			
	Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno. Incluye: Replanteo. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.				
03.06.01.03.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u	18,00	18,00	
03.06.01.03.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm².	10,300 m	4,81	49,54	
03.06.01.03.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u	1,00	1,00	
03.06.01.03.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u	74,00	74,00	
03.06.01.03.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u	46,00	46,00	
03.06.01.03.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u	3,50	1,17	
03.06.01.03.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u	1,15	1,15	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h	19,42	4,86	
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h	17,86	4,47	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h	17,67	0,02	
%0200	Costes directos complementarios	2,002 %	2,00	4,00	
					9,35
					190,86
					4,00
					204,21
03.06.01.04	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud externas a los anillos de puesta a tierra	u			
	Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno. Incluye: Replanteo. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.				
03.06.01.04.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u	18,00	18,00	
03.06.01.04.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm².	17,125 m	4,81	82,37	
03.06.01.04.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u	1,00	1,00	
03.06.01.04.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u	74,00	74,00	
03.06.01.04.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u	46,00	46,00	
03.06.01.04.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u	3,50	1,17	
03.06.01.04.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u	1,15	1,15	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h	19,42	4,86	
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h	17,86	4,47	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h	17,67	0,02	
%0200	Costes directos complementarios	2,330 %	2,00	4,66	
					9,35
					223,69
					4,66
					237,70

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.08	Puesta a tierra de la subestación elevadora del parque				
03.06.02.01	Anillo rectangular de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 8x12 m para la tierra de protección	m			
	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm ² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.				
03.06.02.01.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m	4,81	4,81	
03.06.02.01.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u	1,15	0,12	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h	19,42	1,94	
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %	2,00	0,14	
	Mano de obra				1,94
	Materiales.....				4,93
	Otros.....				0,14
	TOTAL PARTIDA.....				7,01
03.06.02.02	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud para la tierra de protección	u			
	Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno. Incluye: Replanteo. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.				
03.06.02.02.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u	18,00	18,00	
03.06.02.02.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	0,250 m	4,81	1,20	
03.06.02.02.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u	1,00	1,00	
03.06.02.02.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u	74,00	74,00	
03.06.02.02.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u	46,00	46,00	
03.06.02.02.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u	3,50	1,17	
03.06.02.02.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u	1,15	1,15	
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h	19,42	4,86	
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h	17,86	4,47	
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h	17,67	0,02	
%0200	Costes directos complementarios	1,519 %	2,00	3,04	
	Mano de obra				9,35
	Materiales.....				142,52
	Otros.....				3,04
	TOTAL PARTIDA.....				154,91
03.06.02.03	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección para la tierra de servicio	m			
	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm ² de sección. Incluso uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión.				
mt35ttc010c	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m	4,81	4,81	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04	Estudio de Seguridad y Salud				
04.01	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar				
04.01.01	Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra	u			
	Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra. Incluso conexión a la red provisional de obra, hasta una distancia máxima de 8 m.				
	Incluye: Excavación manual de las zanjas y saneamiento de tierras sueltas del fondo excavado. Replanteo del recorrido de la acometida. Presentación en seco de la tubería. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de la tubería. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Reposición del pavimento con hormigón en masa. Desmontaje del conjunto.				
mt50ica010c %0200	Acometida provisional de fontanería a caseta prefabricada de obra. Costes directos complementarios	1,000 u 1,230 %	122,96 2,00	122,96 2,46	
					122,96
					2,46
					125,42
04.01.02	Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra	u			
	Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra. Incluso conexión a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m.				
	Incluye: Excavación manual de las zanjas y saneamiento de tierras sueltas del fondo excavado. Replanteo del recorrido de la acometida. Presentación en seco de los tubos. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de los colectores. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Reposición del pavimento con hormigón en masa. Desmontaje del conjunto.				
mt50ica010b %0200	Acometida provisional de saneamiento a caseta prefabricada de obra. Costes directos complementarios	1,000 u 4,958 %	495,84 2,00	495,84 9,92	
					495,84
					9,92
					505,76
04.01.03	Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra	u			
	Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra. Incluso conexión al cuadro eléctrico provisional de obra, hasta una distancia máxima de 50 m.				
	Incluye: Replanteo de los apoyos de madera bien entibados. Aplanado y orientación de los apoyos. Tendido del conductor. Tensado de los conductores entre apoyos. Grapado del cable en muros. Instalación de las cajas de derivación y protección. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Desmontaje del conjunto.				
mt50ica010a %0200	Acometida provisional eléctrica a caseta prefabricada de obra. Costes directos complementarios	1,000 u 2,102 %	210,24 2,00	210,24 4,20	
					210,24
					4,20
					214,44

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.01.04	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra	u			
	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de dimensiones 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalaciones de fontanería, saneamiento y electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, termo eléctrico, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo contrachapado hidrófugo con capa antideslizante, revestimiento de tablero en paredes, inodoro, dos platos de ducha y lavabo de tres grifos y puerta de madera en inodoro y cortina en ducha. Incluye: Montaje, instalación y comprobación.				
mt50cas010d	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica med	1,000 u	192,60	192,60	
%0200	Costes directos complementarios	1,926 %	2,00	3,85	
					Materiales..... 192,60
					Otros..... 3,85
					TOTAL PARTIDA..... 196,45
04.01.05	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra	u			
	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de dimensiones 4,20x2,33x2,30 m (9,80 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo de aglomerado revestido con PVC continuo y poliestireno con apoyo en base de chapa y revestimiento de tablero en paredes. Incluye: Montaje, instalación y comprobación.				
mt50cas050a	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 4,20x2,33x2,30 (9,80) m ² , compuesta por: estructura metálica	1,000 u	120,60	120,60	
%0200	Costes directos complementarios	1,206 %	2,00	2,41	
					Materiales..... 120,60
					Otros..... 2,41
					TOTAL PARTIDA..... 123,01
04.01.06	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra	u			
	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra, de dimensiones 7,87x2,33x2,30 m (18,40 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo de aglomerado revestido con PVC continuo y poliestireno con apoyo en base de chapa y revestimiento de tablero en paredes. Incluye: Montaje, instalación y comprobación.				
mt50cas040	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra, de 7,87x2,33x2,30 (18,40) m ² , compuesta por: estructura metálica me	1,000 u	219,97	219,97	
%0200	Costes directos complementarios	2,200 %	2,00	4,40	
					Materiales..... 219,97
					Otros..... 4,40
					TOTAL PARTIDA..... 224,37

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.01.07	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de los materiales u Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de los materiales, la pequeña maquinaria y las herramientas, de dimensiones 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa y suelo de aglomerado hidrófugo. Incluye: Montaje, instalación y comprobación.				
mt50cas020b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,0	1,000 u	102,91	102,91	
%0200	Costes directos complementarios	1,029 %	2,00	2,06	
				Materiales.....	102,91
				Otros.....	2,06
				TOTAL PARTIDA.....	104,97
04.01.08	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra u Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de dimensiones 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo de aglomerado revestido con PVC continuo y poliestireno con apoyo en base de chapa y revestimiento de tablero en paredes. Incluye: Montaje, instalación y comprobación.				
mt50cas030b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m ²), compuesta por: estructu	1,000 u	147,85	147,85	
%0200	Costes directos complementarios	1,479 %	2,00	2,96	
				Materiales.....	147,85
				Otros.....	2,96
				TOTAL PARTIDA.....	150,81
04.01.09	Accesorios en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos u 20 taquillas individuales (amortizables en 3 usos), 20 perchas, 4 bancos para 5 personas (amortizables en 2 usos), 10 espejos, 10 portarrollos (amortizables en 3 usos), 10 jaboneras (amortizables en 3 usos), 2 secamanos eléctricos (amortizables en 3 usos) en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos. Incluso montaje e instalación. Incluye: Colocación y fijación de los elementos.				
mt50mca050	Taquilla metálica individual con llave para ropa y calzado.	6,600 u	90,70	598,62	
mt50mca010a	Percha para vestuarios y/o aseos.	20,000 u	7,79	155,80	
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u	107,10	214,20	
mt50mca010b	Espejo para vestuarios y/o aseos.	10,000 u	14,28	142,80	
mt50mca020a	Portarrollos industrial de acero inoxidable.	3,300 u	31,73	104,71	
mt50mca020b	Jabonera industrial de acero inoxidable.	3,300 u	30,34	100,12	
mt50mca030	Secamanos eléctrico.	0,660 u	99,17	65,45	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	6,500 h	17,67	114,86	
%0200	Costes directos complementarios	14,966 %	2,00	29,93	
				Mano de obra.....	114,86
				Materiales.....	1.381,70
				Otros.....	29,93
				TOTAL PARTIDA.....	1.526,49

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.01.10	Accesorios en local o caseta de obra para comedor	u			
	2 mesas para 10 personas (amortizables en 4 usos), 4 bancos para 5 personas (amortizables en 2 usos), 2 hornos microondas (amortizables en 5 usos), 2 neveras (amortizables en 5 usos) y 5 depósitos de basura (amortizables en 10 usos) en local o caseta de obra para comedor. Incluso montaje e instalación. Incluye: Colocación y fijación de los elementos.				
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u	107,10	214,20	
mt50mca080	Mesa de melamina para 10 personas.	0,500 u	210,24	105,12	
mt50mca090	Horno microondas de 18 l y 800 W.	0,400 u	239,02	95,61	
mt50mca100	Nevera eléctrica.	0,400 u	393,42	157,37	
mt50mca060	Depósito de basuras de 800 l.	0,500 u	211,07	105,54	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,450 h	17,67	25,62	
%0200	Costes directos complementarios	7,035 %	2,00	14,07	
					25,62
					677,84
					14,07
					717,53
04.02	Protecciones colectivas				
04.02.01	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, 21A-144B-C, con 6 kg	u			
	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, amortizable en 3 usos.				
mt41ixi010a	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente	0,333 u	41,83	13,93	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,157 %	2,00	0,31	
					1,77
					13,93
					0,31
					16,01
04.02.02	Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral	m			
	Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral formado por vallas peatonales de hierro, de 1,10x2,50 m, color amarillo, con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, con dos pies metálicos, amortizables en 20 usos.				
mt50vbe010dbk	Valla peatonal de hierro, de 1,10x2,50 m, color amarillo, con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, con dos pies	0,020 u	42,00	0,84	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,026 %	2,00	0,05	
					1,77
					0,84
					0,05
					2,66

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.06	Protección de extremo de armadura de 12 a 32 mm de diámetro	u			
	Protección de extremo de armadura de 12 a 32 mm de diámetro, mediante colocación de tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, amortizable en 10 usos.				
mt50spr045	Tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, para protección de los extremos de las armaduras.	0,100 u	0,10	0,01	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,010 h	17,67	0,18	
%0200	Costes directos complementarios	0,002 %	2,00	0,00	
	Mano de obra.....				0,18
	Materiales.....				0,01
	TOTAL PARTIDA.....				0,19
04.02.07	Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad	m			
	Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad, color blanco, con cuerda de red de calibre 4 mm y rodapié de malla de polietileno de alta densidad, color verde, anclada al borde del forjado cada 50 cm con anclajes expansivos de acero galvanizado en caliente, para cerrar completamente el hueco existente entre dos forjados a lo largo de todo su perímetro, durante los trabajos en el interior, en planta de hasta 3 m de altura libre. Incluso cuerda de unión de polipropileno, para unir las redes.				
mt50spr015	Red vertical de protección, de poliamida de alta tenacidad, de color blanco.	3,500 m²	1,56	5,46	
mt50spr170a	Cuerda de red de calibre 4 mm. Configuración de la	0,210 m	0,17	0,04	
mt50spr050	Cuerda de unión UNE-EN 1263-1 N de polipropileno de alta tenacidad, con tratamiento a los rayos UV, D=8 mm y carga de rotura sup	0,300 m²	0,52	0,16	
mt50spr140d	Lona de polietileno de alta densidad, con tratamiento ultravioleta, color verde, 60% de porcentaje de cortaviento, con orificios	2,300 u	0,70	1,61	
mo119	Anclaje expansivo de 8x60 mm, de acero galvanizado en caliente.	0,100 h	18,89	1,89	
mo120	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Peón Seguridad y Salud.	0,109 %	2,00	0,22	
	Costes directos complementarios				
	Mano de obra.....				3,66
	Materiales.....				7,27
	Otros.....				0,22
	TOTAL PARTIDA.....				11,15
04.02.08	Línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas	u			
	Línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas, de 10 m de longitud, clase C, compuesta por 1 anclaje terminal de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster; 1 anclaje terminal con amortiguador de acero inoxidable AISI 316, acabado brillante; 1 anclaje intermedio de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster; cable flexible de acero galvanizado, de 10 mm de diámetro, compuesto por 7 cordones de 19 hilos; tensor de caja abierta, con ojo en un extremo y horquilla en el extremo opuesto; conjunto de un sujetacables y un terminal manual; protector para cabo; placa de señalización y conjunto de dos precintos de seguridad. Incluso fijaciones para la sujeción de los componentes de la línea de anclaje al soporte.				
mt50spl110	Anclaje terminal de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u	11,76	11,76	
mt50spl105a	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	6,000 u	4,75	28,50	
mt50spl100	Anclaje terminal con amortiguador, de acero inoxidable AISI 316, acabado brillante.	1,000 u	102,96	102,96	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	4,000 u	5,76	23,04	
mt50spl120	Anclaje intermedio de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u	30,60	30,60	
mt50spl130	Cable flexible de acero galvanizado, de 10 mm de diámetro, compuesto por 7 cordones de 19 hilos, incluso prensado terminal con c	10,500 m	2,10	22,05	
mt50spl040	Tensor de caja abierta, con ojo en un extremo y horquilla en el extremo opuesto.	1,000 u	79,20	79,20	
mt50spl050	Conjunto de un sujetacables y un terminal manual, de acero inoxidable.	1,000 u	30,00	30,00	
mt50spl080	Protector para cabo, de PVC, color amarillo.	1,000 u	4,80	4,80	
mt50spl060	Placa de señalización de la línea de anclaje.	1,000 u	14,88	14,88	
mt50spl070	Conjunto de dos precintos de seguridad.	1,000 u	18,00	18,00	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,640 h	18,89	12,09	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,960 h	17,67	16,96	
%0200	Costes directos complementarios	3,948 %	2,00	7,90	

Mano de obra.....	29,05
Materiales.....	365,79
Otros.....	7,90

TOTAL PARTIDA..... 402,74

04.02.09 Suministro, colocación y desmontaje de línea de anclaje vertical temporal, de cable de acero, u con dispositivo anticaídas

Suministro, colocación y desmontaje de línea de anclaje vertical temporal, de cable de acero, con dispositivo anticaídas deslizante, de 10 m de longitud, para asegurar hasta un operario, compuesta por 2 placas de anclaje y 1 línea de anclaje flexible, formada por 1 dispositivo anticaídas deslizante; 2 conectores básicos (clase B); 1 tensor con mecanismo de bloqueo antirretorno; conjunto de un sujetacables y un terminal manual de acero inoxidable; y 10 m de cable, de acero galvanizado, de 8 mm de diámetro, compuesto por 7 cordones de 19 hilos, con prensado terminal con casquillo de cobre y guardacable en un extremo, amortizable en 3 usos. Incluso elementos para fijación mecánica a paramento de las placas de anclaje.

mt50spl305	Placa de anclaje de acero galvanizado, para fijación mecánica a paramento.	2,000 u	28,20	56,40	
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	8,000 u	5,76	46,08	
mt50spl400b	Línea de anclaje flexible, formada por 1 dispositivo anticaídas deslizante, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363	0,330 u	329,21	108,64	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,400 h	18,89	7,56	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,200 h	17,67	21,20	
%0200	Costes directos complementarios	2,399 %	2,00	4,80	

Mano de obra.....	28,76
Materiales.....	211,12
Otros.....	4,80

TOTAL PARTIDA..... 244,68

04.02.10 Foco portátil de 500 W de potencia, para interior u

Foco portátil de 500 W de potencia, para interior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m, amortizable en 3 usos.

mt50spe015a	Foco portátil de 500 W de potencia, para interior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u	21,60	7,19	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,090 %	2,00	0,18	

Mano de obra.....	1,77
Materiales.....	7,19
Otros.....	0,18

TOTAL PARTIDA..... 9,14

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.11	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior	u			
	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m, amortizable en 3 usos.				
mt50spe015b	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u	64,80	21,58	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,234 %	2,00	0,47	
					1,77
					21,58
					0,47
					23,82
04.02.12	Toma de tierra independiente para instalación provisional de obra	u			
	Toma de tierra independiente para instalación provisional de obra, compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno.				
mt35tte010b	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u	18,00	18,00	
mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	0,250 m	2,81	0,70	
mt35tta040	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u	1,00	1,00	
mt35tta010	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u	74,00	74,00	
mt35tta030	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u	46,00	46,00	
mt35tta060	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u	3,50	1,17	
03.06.02.05.03	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u	1,15	1,15	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,250 h	18,89	4,72	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,251 h	17,67	4,44	
%0200	Costes directos complementarios	1,512 %	2,00	3,02	
					9,16
					142,02
					3,02
					154,20
04.02.13	Vallado provisional de solar, de 2 m de altura	m			
	Vallado provisional de solar, de 2 m de altura, compuesto por paneles opacos de chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta, a una separación de entre 250 y 270 mm, amortizables en 10 usos y perfiles huecos de sección cuadrada de acero UNE-EN 10210-1 S275JR, de 60x60x1,5 mm, de 2,8 m de longitud, anclados al terreno mediante dados de hormigón HM-20/P/20/I de 60x60x1,5 cm, cada 2,0 m, amortizables en 2 usos. Incluso anclajes mecánicos para la fijación de las chapas a los perfiles.				
mt13ccg100b	Chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta, a una separación	0,200 m²	5,75	1,15	
mt50spv040f	Perfil de acero UNE-EN 10210-1 S275JR, hueco, de sección cuadrada de 60x60x1,5 mm.	0,980 m	7,39	7,24	
mt10hmf010Mp	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	0,088 m³	69,13	6,08	
mt50spd078	Anclaje mecánico con tornillo autotalladrante de cabeza hexagonal con arandela y junta de goma.	2,000 u	0,95	1,90	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,500 h	18,89	9,45	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,500 h	17,67	8,84	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,347 %	2,00	0,69	
					18,29
					16,37
					0,69
					35,35
04.02.14	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad	u			
	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad, de 1,20x0,60x0,40 m, con capacidad de lastrado de 150 l, color rojo o blanco, amortizable en 20 usos. Incluso agua utilizada para el lastrado de las piezas, mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera y desmontaje.				
	Incluye: Replanteo. Colocación de las piezas. Unión de las piezas. Colocación del material de lastrado. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50bal050a	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad, de 1,20x0,60x0,40 m, con capacidad de lastrado de	0,050 u	150,00	7,50	
mt08aaa010a	Agua.	0,080 m³	1,50	0,12	
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,050 h	18,89	0,94	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,600 h	17,67	10,60	
%0200	Costes directos complementarios	0,192 %	2,00	0,38	
					11,54
					7,62
					0,38
					19,54
04.02.15	Cinta para balizamiento, de material plástico	m			
	Suministro, colocación y desmontaje de cinta para balizamiento, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor, impresa por ambas caras en franjas de color rojo y blanco, sujeta sobre un soporte existente (no incluido en este precio).				
mt50bal010a	Cinta para balizamiento, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor, impresa por ambas caras en franjas de color	1,100 m	0,12	0,13	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,065 h	17,67	1,15	
%0200	Costes directos complementarios	0,013 %	2,00	0,03	
					1,15
					0,13
					0,03
					1,31
04.02.16	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar	u			
	Suministro, montaje y desmontaje de baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar, con lámpara Led, de 1,2 m de altura, amortizable en 10 usos, alimentada por 2 pilas de 6 V 4R25. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera.				
mt50bal040b	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar, con lámpara Led y enganche metálico para soporte.	0,100 u	21,00	2,10	
mt50bal041a	Pila de 6V tipo 4R25 estándar.	2,000 u	5,40	10,80	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h	17,67	1,77	
%0200	Costes directos complementarios	0,147 %	2,00	0,29	
					1,77
					12,90
					0,29
					14,96

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.17	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado	u			
	Suministro, colocación y desmontaje de cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación, amortizable en 3 usos, fijado con bridas de nylon. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera.				
	Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50les020a	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación.	0,333 u	12,90	4,30	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	6,000 u	0,03	0,18	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h	17,67	3,53	
%0200	Costes directos complementarios	0,080 %	2,00	0,16	
	Mano de obra.....				3,53
	Materiales.....				4,48
	Otros.....				0,16
	TOTAL PARTIDA.....				8,17
04.02.18	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado	u			
	Suministro, colocación y desmontaje de señal de prohibición, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma circular sobre fondo blanco, con 4 orificios de fijación, amortizable en 3 usos, fijada con bridas de nylon. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera.				
	Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50les030nb	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma circular sobre fondo blanco, con 4 orifi	0,333 u	3,66	1,22	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
	Mano de obra.....				2,65
	Materiales.....				1,34
	Otros.....				0,08
	TOTAL PARTIDA.....				4,07
04.02.19	Señal de obligación, de PVC serigrafiado	u			
	Suministro, colocación y desmontaje de señal de obligación, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma circular sobre fondo azul, con 4 orificios de fijación, amortizable en 3 usos, fijada con bridas de nylon. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera.				
	Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50les030vb	Señal de obligación, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma circular sobre fondo azul, con 4 orifici	0,333 u	3,66	1,22	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
	Mano de obra.....				2,65
	Materiales.....				1,34
	Otros.....				0,08
	TOTAL PARTIDA.....				4,07

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.02.20	Señal de extinción, de PVC serigrafiado	u			
	Suministro, colocación y desmontaje de señal de extinción, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo rojo, con 4 orificios de fijación, amortizable en 3 usos, fijada con bridas de nylon. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera. Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50les030Dc	Señal de extinción, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo rojo, con 4 orifi	0,333 u	4,98	1,66	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %	2,00	0,09	
	Mano de obra.....				2,65
	Materiales.....				1,78
	Otros.....				0,09
	TOTAL PARTIDA.....				4,52
04.02.21	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado	u			
	Suministro, colocación y desmontaje de señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo verde, con 4 orificios de fijación, amortizable en 3 usos, fijada con bridas de nylon. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera. Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.				
mt50les030Lc	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre	0,333 u	4,98	1,66	
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u	0,03	0,12	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h	17,67	2,65	
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %	2,00	0,09	
	Mano de obra.....				2,65
	Materiales.....				1,78
	Otros.....				0,09
	TOTAL PARTIDA.....				4,52
04.03	Protecciones individuales				
04.03.01	Sistema anticaídas	u			
	Sistema anticaídas compuesto por un conector básico (clase B) que permite ensamblar el sistema con un dispositivo de anclaje, amortizable en 4 usos; un dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible con función de bloqueo automático y un sistema de guía, amortizable en 4 usos; una cuerda de fibra de longitud fija como elemento de amarre, amortizable en 4 usos; un absorbedor de energía encargado de disipar la energía cinética desarrollada durante una caída desde una altura determinada, amortizable en 4 usos y un arnés anticaídas con un punto de amarre constituido por bandas, elementos de ajuste y hebillas, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta, amortizable en 4 usos.				
mt50epd010d	Conector básico (clase B), EPI de categoría III, según UNE-EN 362, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 14	0,250 u	18,09	4,52	
mt50epd011d	Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363, UNE-EN	0,250 u	102,43	25,61	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
mt50epd012ad	Cuerda de fibra como elemento de amarre, de longitud fija, EPI de categoría III, según UNE-EN 354, cumpliendo todos los requisitos	0,250 u	76,57	19,14	
mt50epd013d	Absorbedor de energía, EPI de categoría III, según UNE-EN 355, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1	0,250 u	109,27	27,32	
mt50epd014d	Arnés anticaídas, con un punto de amarre, EPI de categoría III, según UNE-EN 361, UNE-EN 363, UNE-EN 364 y UNE-EN 365, cumpliendo	0,250 u	34,00	8,50	
%0200	Costes directos complementarios	0,851 %	2,00	1,70	
				Materiales.....	85,09
				Otros.....	1,70
				TOTAL PARTIDA.....	86,79
04.03.02	Casco de protección, destinado a proteger al usuario contra la caída de objetos	u			
	Casco de protección, destinado a proteger al usuario contra la caída de objetos y las consecuentes lesiones cerebrales y fracturas de cráneo, amortizable en 10 usos.				
mt50epc020j	Casco de protección, EPI de categoría II, según EN 397 y UNE-EN 13087-7, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R	0,100 u	2,77	0,28	
%0200	Costes directos complementarios	0,003 %	2,00	0,01	
				Materiales.....	0,28
				Otros.....	0,01
				TOTAL PARTIDA.....	0,29
04.03.03	Par de botas de media caña de seguridad	u			
	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con las suelas provistas de resaltes, con resistencia al deslizamiento, con código de designación SB, amortizable en 2 usos.				
mt50epp010pwb	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, c	0,500 u	53,21	26,61	
%0200	Costes directos complementarios	0,266 %	2,00	0,53	
				Materiales.....	26,61
				Otros.....	0,53
				TOTAL PARTIDA.....	27,14
04.03.04	Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma	u			
	Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma, resistente a la abrasión, al corte por cuchilla, al rasgado y a la perforación, amortizable en 4 usos.				
mt50epm010cd	Par de guantes contra riesgos mecánicos, EPI de categoría II, según UNE-EN 420 y UNE-EN 388, cumpliendo todos los requisitos de	0,250 u	16,03	4,01	
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %	2,00	0,08	
				Materiales.....	4,01
				Otros.....	0,08
				TOTAL PARTIDA.....	4,09
04.03.05	Cinturón con bolsa de varios compartimentos para herramientas	u			
	Cinturón con bolsa de varios compartimentos para herramientas, amortizable en 10 usos.				
mt50epu040j	Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/	0,100 u	28,85	2,89	
%0200	Costes directos complementarios	0,029 %	2,00	0,06	
				Materiales.....	2,89
				Otros.....	0,06
				TOTAL PARTIDA.....	2,95

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.03.06	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante	u			
	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante, encargado de aumentar la visibilidad del usuario cuando la única luz existente proviene de los faros de vehículos, amortizable en 5 usos.				
mt50epu030hce	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante, EPI de categoría II, según UNE-EN 471 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los r	0,200 u	27,47	5,49	
%0200	Costes directos complementarios	0,055 %	2,00	0,11	
					5,49
					0,11
					5,60
04.03.07	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión	u			
	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, para prevenir frente al riesgo de paso de una corriente peligrosa a través del cuerpo humano, amortizable en 5 usos.				
mt50epu031e	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 50286 y UNE-EN	0,200 u	144,34	28,87	
%0200	Costes directos complementarios	0,289 %	2,00	0,58	
					28,87
					0,58
					29,45
04.03.08	Juego de orejeras, estándar	u			
	Juego de orejeras, estándar, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un arnés y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 30 dB, amortizable en 10 usos.				
mt50epo010dj	Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 30 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-1 y UNE-EN 458, cumpliendo	0,100 u	44,88	4,49	
%0200	Costes directos complementarios	0,045 %	2,00	0,09	
					4,49
					0,09
					4,58
04.03.09	Juego de tapones desechables, moldeables	u			
	Juego de tapones desechables, moldeables, de espuma de poliuretano antialérgica, con atenuación acústica de 31 dB, amortizable en 1 uso.				
mt50epo020aa	Juego de tapones desechables, moldeables, con atenuación acústica de 31 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-2 y UNE-EN 458	1,000 u	0,02	0,02	
					0,02
					0,02
04.03.10	Mono de protección	u			
	Mono de protección, amortizable en 5 usos.				
mt50epu005e	Mono de protección, EPI de categoría I, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,200 u	46,56	9,31	
%0200	Costes directos complementarios	0,093 %	2,00	0,19	
					9,31
					0,19
					9,50

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,328 %	2,00	0,66	
					32,81
					0,66
					33,47
04.03.16	Par de manguitos para soldador	u			
	Par de manguitos para soldador, amortizable en 4 usos.				
mt50epm030d	Par de manguitos al hombro de serraje grado A para soldador, EPI de categoría II, según UNE-EN 420, cumpliendo todos los requisitos	0,250 u	16,30	4,08	
%0200	Costes directos complementarios	0,041 %	2,00	0,08	
					4,08
					0,08
					4,16
04.04	Medicina preventiva y primeros auxilios				
04.04.01	Botiquín de urgencia para caseta de obra	u			
	Botiquín de urgencia para caseta de obra, provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrado, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, fijado al paramento con tornillos y tacos. Incluye: Replanteo en el paramento. Colocación y fijación mediante tornillos.				
mt50eca010	Botiquín de urgencia provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrado	1,000 u	115,39	115,39	
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h	17,67	3,53	
%0200	Costes directos complementarios	1,189 %	2,00	2,38	
					3,53
					115,39
					2,38
					121,30
04.04.02	Reposición del botiquín de urgencia	u			
	Bolsa de hielo, caja de apósitos, paquete de algodón, rollo de esparadrado, caja de analgésico de ácido acetilsalicílico, caja de analgésico de paracetamol, botella de agua oxigenada, botella de alcohol de 96°, frasco de tintura de yodo para el botiquín de urgencia colocado en la caseta de obra, durante el transcurso de la obra.				
mt50eca011b	Bolsa para hielo, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	3,66	3,66	
mt50eca011e	Apósitos adhesivos, en caja de 120 unidades, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	6,60	6,60	
mt50eca011f	Algodón hidrófilo, en paquete de 100 g, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,08	1,08	
mt50eca011g	Esparadrado, en rollo de 5 cm de ancho y 5 m de longitud, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	4,50	4,50	
mt50eca011i	Analgésico de ácido acetilsalicílico, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,50	1,50	
mt50eca011j	Analgésico de paracetamol, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,68	1,68	
mt50eca011l	Botella de agua oxigenada, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	2,04	2,04	
mt50eca011m	Botella de alcohol de 96°, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	1,62	1,62	
mt50eca011n	Frasco de tintura de yodo, de 100 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u	2,94	2,94	
%0200	Costes directos complementarios	0,256 %	2,00	0,51	

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.05.03	Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de u Seguridad y Salud en el Trabajo. Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.				
			Sin descomposición		
			TOTAL PARTIDA.....		500,00

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
01	Obra civil				
01.01	Desbroce y limpieza del terreno				
01.01.01	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas par		15.000,00 m²	1,15	17.250,00
mq01pan010a	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	0,024 h/m ²	360,00 h	40,23	14.482,80
mo113	Peón ordinario construcción.	0,009 h/m ²	135,00 h	17,67	2.385,45
%0200	Costes directos complementarios	0,011 %/m ²	165,00 %	2,00	330,00
01.02	Zanja de la línea subterránea de Media Tensión				
01.02.01	Excavación de la zanja para la línea subterránea de Media Tensión		283,54 m³	14,52	4.117,00
mq01ret020b	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,313 h/m ³	88,75 h	36,52	3.241,08
mo113	Peón ordinario construcción.	0,159 h/m ³	45,08 h	17,67	796,61
%0200	Costes directos complementarios	0,142 %/m ³	40,26 %	2,00	80,53
01.03	Relleno de la zanja de la línea subterránea de Media Tensión				
01.03.01	Relleno principal de zanja con arena cribada y cinta de protección mecánica		77,33 m³	22,59	1.746,88
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m/m ³	85,06 m	0,14	11,91
mt01ara030	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para relleno de zanjas.	1,800 t/m ³	139,19 t	8,95	1.245,79
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h/m ³	8,97 h	9,27	83,15
mq02rod010d	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,174 h/m ³	13,46 h	6,39	85,98
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h/m ³	0,93 h	40,08	37,19
mo113	Peón ordinario construcción.	0,182 h/m ³	14,07 h	17,67	248,69
%0200	Costes directos complementarios	0,222 %/m ³	17,17 %	2,00	34,33
01.03.02	Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación manual y cinta de protección mecánica		154,66 m³	6,85	1.059,42
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m/m ³	170,13 m	0,14	23,82
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h/m ³	17,94 h	9,27	166,31
mq02rod010d	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,174 h/m ³	26,91 h	6,39	171,96
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h/m ³	1,86 h	40,08	74,39
mq04cab010c	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,017 h/m ³	2,63 h	40,17	105,62
mo113	Peón ordinario construcción.	0,182 h/m ³	28,15 h	17,67	497,38
%0200	Costes directos complementarios	0,067 %/m ³	10,36 %	2,00	20,72
01.03.03	Relleno principal de zanja con tierra de excavación con compactación mecánica y cinta de señalización		51,55 m³	9,93	511,89
mt01var010	Cinta plastificada.	1,100 m/m ³	56,71 m	0,14	7,94
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,116 h/m ³	5,98 h	9,27	55,43
mq02rov010c	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 74 kW, de 7,42 t, anchura de trabajo 167,6 cm.	0,116 h/m ³	5,98 h	50,40	301,38
mq02cia020j	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,012 h/m ³	0,62 h	40,08	24,79
mq04cab010c	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,017 h/m ³	0,88 h	40,17	35,20
mo113	Peón ordinario construcción.	0,085 h/m ³	4,38 h	17,67	77,43
%0200	Costes directos complementarios	0,097 %/m ³	5,00 %	2,00	10,00
01.04	Zanja para la cimentación de los aerogeneradores				
ADE010	Excavación de los pozos para cimentaciones de los aerogeneradores.		3.694,50 m³	11,82	43.668,99
mq01ret020b	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,240 h/m ³	886,68 h	36,52	32.381,55
mo113	Peón ordinario construcción.	0,160 h/m ³	591,12 h	17,67	10.445,09
%0200	Costes directos complementarios	0,116 %/m ³	428,56 %	2,00	857,12

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
02	Cimentación				
02.01	Hormigón de limpieza				
CHH005	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión		123,15 m³	75,04	9.241,18
mt10hmf011fb	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	1,050 m³/m³	129,31 m³	66,00	8.534,30
mo045	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,075 h/m³	9,24 h	19,67	181,68
mo092	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,150 h/m³	18,47 h	18,63	344,14
%0200	Costes directos complementarios	0,736 %/m³	90,64 %	2,00	181,28
02.02	Zapata de los aerogeneradores				
02.02.01	Hormigón armado				
CHH030	Hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión para formación de zapata de cimentación.		3.012,92 m³	92,96	280.081,04
mt10haf010nga	Hormigón HA-25/B/20/IIa	1,100 m³/m³	3.314,21 m³	76,88	254.796,62
mo045	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,050 h/m³	150,65 h	19,67	2.963,21
mo092	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,300 h/m³	903,88 h	18,63	16.839,21
%0200	Costes directos complementarios	0,911 %/m³	2.744,77 %	2,00	5.489,54
02.02.02	Armadura radial inferior, 20 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla		56.968,07 kg	1,00	56.968,07
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud/kg	9.114,89 Ud	0,13	1.184,94
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg/kg	58.107,43 kg	0,63	36.607,68
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg/kg	455,74 kg	1,10	501,32
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h/kg	398,78 h	19,67	7.843,93
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h/kg	512,71 h	18,63	9.551,84
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %/kg	569,68 %	2,00	1.139,36
02.02.03	Armadura circular inferior, 25 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla		48.973,21 kg	1,00	48.973,21
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud/kg	7.835,71 Ud	0,13	1.018,64
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg/kg	49.952,67 kg	0,63	31.470,18
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg/kg	391,79 kg	1,10	430,96
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h/kg	342,81 h	19,67	6.743,12
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h/kg	440,76 h	18,63	8.211,34
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %/kg	489,73 %	2,00	979,46
02.02.04	Armadura cortante inferior, 25 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla		13.830,89 kg	1,00	13.830,89
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud/kg	2.212,94 Ud	0,13	287,68
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg/kg	14.107,51 kg	0,63	8.887,73
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg/kg	110,65 kg	1,10	121,71
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h/kg	96,82 h	19,67	1.904,38
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h/kg	124,48 h	18,63	2.319,03
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %/kg	138,31 %	2,00	276,62
02.02.05	Armadura radial superior, 20 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla		18.229,78 kg	1,00	18.229,78
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud/kg	2.916,76 Ud	0,13	379,18
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg/kg	18.594,38 kg	0,63	11.714,46
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg/kg	145,84 kg	1,10	160,42
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h/kg	127,61 h	19,67	2.510,06
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h/kg	164,07 h	18,63	3.056,59
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %/kg	182,30 %	2,00	364,60

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
02.02.06	Armadura circular superior, 25 mm de diámetro				
CHA010	Acero UNE-EN 10080 B 500 SD para elaboración de la ferralla		48.973,21 kg	1,00	48.973,21
mt07sep010aa	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,160 Ud/kg	7.835,71 Ud	0,13	1.018,64
mt07aco010h	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 SD, suministrado en obra en barras sin elaborar	1,020 kg/kg	49.952,67 kg	0,63	31.470,18
mt08var050	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,008 kg/kg	391,79 kg	1,10	430,96
mo043	Oficial 1ª ferrallista.	0,007 h/kg	342,81 h	19,67	6.743,12
mo090	Ayudante ferrallista.	0,009 h/kg	440,76 h	18,63	8.211,34
%0200	Costes directos complementarios	0,010 %/kg	489,73 %	2,00	979,46

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
03	Instalación eléctrica				
03.01	Aerogeneradores				
03.02	Instalación de Baja Tensión				
03.02.01	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB				
03.02.01.01	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB		2,00 u	27.540,80	55.081,60
03.02.01.02	Convertidor ACS880-87LC-6604A/6144A-7 del fabricante ABB	1,000 u/u	2,00 u	27.000,00	54.000,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,040 h/u	0,08 h	19,42	1,55
%0200	Costes directos complementarios	270,008 %/u	540,02 %	2,00	1.080,03
03.02.02	Cableado del generador al convertidor (fases)				
03.02.02.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x300 mm²		1.350,00 m	22,54	30.429,00
mt35pry032B	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x300 mm²	1,000 m/m	1.350,00 m	20,57	27.769,50
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,041 h/m	55,35 h	19,42	1.074,90
mo102	Ayudante electricista.	0,041 h/m	55,35 h	17,86	988,55
%0200	Costes directos complementarios	0,221 %/m	298,35 %	2,00	596,70
03.02.03	Cableado del generador al convertidor (neutro y conductor de protección)				
03.02.03.02	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x150 mm²		900,00 m	14,74	13.266,00
03.02.03.02.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x150 mm²	1,000 m/m	900,00 m	12,99	11.691,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,039 h/m	35,10 h	19,42	681,64
mo102	Ayudante electricista.	0,039 h/m	35,10 h	17,86	626,89
%0200	Costes directos complementarios	0,145 %/m	130,50 %	2,00	261,00
03.02.04	Centro de transformación BT/MT				
03.02.04.01	Transformador de los aerogeneradores		2,00 u	113.135,63	226.271,26
03.02.04.01.01	Transformador de tipo seco modelo BEST-KT-6300-24-8N "BEST" de 6.300 kVA y voltaje máximo de 24 kV	1,000 u/u	2,00 u	110.880,00	221.760,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	1,000 h/u	2,00 h	19,42	38,84
mo102	Ayudante electricista.	1,000 h/u	2,00 h	17,86	35,72
%0200	Costes directos complementarios	1.109,173 %/u	2.218,35 %	2,00	4.436,69
03.02.04.02	Celda modular de MT de función de línea (0L)		2,00 u	7.074,73	14.149,46
03.02.04.02.01	Celda modular modelo cgmcosmos-l del fabricante Ormazabal	1,000 u/u	2,00 u	6.854,00	13.708,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h/u	4,40 h	19,42	85,45
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h/u	4,40 h	17,86	78,58
%0200	Costes directos complementarios	69,360 %/u	138,72 %	2,00	277,44
03.02.04.03	Celda modular de MT de función de protección del transformador (1P)		2,00 u	3.730,97	7.461,94
03.02.04.03.01	Celda modular modelo cgmcosmos-p del fabricante Ormazabal	1,000 u/u	2,00 u	3.575,80	7.151,60
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h/u	4,40 h	19,42	85,45
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h/u	4,40 h	17,86	78,58
%0200	Costes directos complementarios	36,578 %/u	73,16 %	2,00	146,31
03.02.04.04	Celda modular de MT de función de remonte (1L)		1,00 u	1.750,99	1.750,99
03.02.04.04.01	Celda modular modelo cgmcosmos-rb del fabricante Ormazabal	1,000 u/u	1,00 u	1.634,65	1.634,65
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h/u	2,20 h	19,42	42,72
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h/u	2,20 h	17,86	39,29
%0200	Costes directos complementarios	17,167 %/u	17,17 %	2,00	34,33
03.02.05	Cableado del convertidor al centro de transformación BT/MT (fases)				
03.02.05.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x185 mm²		16.800,00 m	17,32	290.976,00
mt35pry032A	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", de fácil pelado y alta flexibilidad, tipo RV-K, tensión nominal 0,6/1 kV	1,000 m/m	16.800,00 m	15,49	260.232,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,040 h/m	672,00 h	19,42	13.050,24
mo102	Ayudante electricista.	0,040 h/m	672,00 h	17,86	12.001,92
%0200	Costes directos complementarios	0,170 %/m	2.856,00 %	2,00	5.712,00

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
03.02.06	Cableado del convertidor al centro de transformación BT/MT (neutro y conductor de protección)				
03.02.06.01	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x95 mm²		11.200,00 m	9,72	108.864,00
mt35pry032x	Cable eléctrico unipolar, Retenax CPRO Flex "PRYSMIAN", RV-K, 0,6/1 kV, 1x95 mm ²	1,000 m/m	11.200,00 m	8,15	91.280,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,037 h/m	414,40 h	19,42	8.047,65
mo102	Ayudante electricista.	0,037 h/m	414,40 h	17,86	7.401,18
%0200	Costes directos complementarios	0,095 %/m	1.064,00 %	2,00	2.128,00
03.02.07	Interruptor automático principal				
03.02.07.01	Interruptor automático en caja moldeada, modelo Masterpact MTZ3, "SCHNEIDER ELECTRIC"		2,00 u	82.416,15	164.832,30
03.02.07.01.01	Interruptor automático en caja moldeada, modelo Masterpact MTZ3, "SCHNEIDER ELECTRIC"	1,000 Ud/u	2,00 Ud	80.786,56	161.573,12
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,700 h/u	1,40 h	19,42	27,19
%0200	Costes directos complementarios	808,002 %/u	1.616,00 %	2,00	3.232,01
03.02.08	Descargador de tensión				
03.02.08.01	Descargador de tensión Strikesorb 40-G del fabricante Raycap		2,00 u	1.141,49	2.282,98
03.02.08.01.01	Descargador de tensión Strikesorb 40-G del fabricante Raycap	1,000 u/u	2,00 u	1.112,31	2.224,62
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,350 h/u	0,70 h	19,42	13,59
%0200	Costes directos complementarios	11,191 %/u	22,38 %	2,00	44,76
03.03	Línea subterránea de Media tensión				
03.03.01	Cable AL RHZ1, 12/20 kV, 1x240/16 mm² de sección		429,60 m	12,96	5.567,62
mt35pry060g	Cable eléctrico unipolar, Al Voltalene H "PRYSMIAN", normalizado por Endesa, 12/20 kV, 1x240/16 mm ² de sección	1,000 m/m	429,60 m	11,33	4.867,37
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,037 h/m	15,90 h	19,42	308,68
mo102	Ayudante electricista.	0,037 h/m	15,90 h	17,86	283,89
%0200	Costes directos complementarios	0,127 %/m	54,56 %	2,00	109,12
03.03.02	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección		429,60 m	7,01	3.011,50
03.03.02.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m/m	429,60 m	4,81	2.066,38
03.03.02.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u/m	42,96 u	1,15	49,40
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h/m	42,96 h	19,42	834,28
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %/m	29,64 %	2,00	59,28
03.04	Aparatura de protección de Media Tensión				
03.04.01	Autoválvula de la reactancia de puesta a tierra		3,00 u	257,94	773,82
03.04.01.01	Autoválvula modelo PEXLIM R 21- YV024 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 24 kV	1,000 u/u	3,00 u	249,00	747,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h/u	0,60 h	19,42	11,65
%0200	Costes directos complementarios	2,529 %/u	7,59 %	2,00	15,17
03.04.02	Autoválvulas del transformador de potencia MT/AT		3,00 u	463,47	1.390,41
03.04.02.02	Autoválvula modelo PEXLIM R 60- YH072 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 72kV	1,000 u/u	3,00 u	450,50	1.351,50
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h/u	0,60 h	19,42	11,65
%0200	Costes directos complementarios	4,544 %/u	13,63 %	2,00	27,26
03.04.03	Autoválvulas de la línea de salida		3,00 u	463,47	1.390,41
03.04.03.01	Autoválvula modelo PEXLIM R 60- YH072 del fabricante ABB con tensión máxima de red de 72kV	1,000 u/u	3,00 u	450,50	1.351,50
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,200 h/u	0,60 h	19,42	11,65
%0200	Costes directos complementarios	4,544 %/u	13,63 %	2,00	27,26

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
03.05	Subestación elevadora del parque				
03.05.01	Transformador de servicios auxiliares				
03.05.01.01	Transformador de tipo seco de 400 kVA		1,00 u	13.481,41	13.481,41
03.05.01.01.01	Transformador de tipo seco del fabricante Ormazabal de 400 kVA y voltaje máximo de 24 kV	1,000 u/u	1,00 u	12.889,00	12.889,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	8,800 h/u	8,80 h	19,42	170,90
mo102	Ayudante electricista.	8,800 h/u	8,80 h	17,86	157,17
%0200	Costes directos complementarios	132,171 %/u	132,17 %	2,00	264,34
03.05.02	Transformador de MT/AT				
03.05.02.01	Transformador sumergido en aceite de 20 MVA		1,00 u	102.334,63	102.334,63
E04	Transformador sumergido en aceite del fabricante Schneider Electric de 20 MVA	1,000 u/u	1,00 u	100.000,00	100.000,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	8,800 h/u	8,80 h	19,42	170,90
mo102	Ayudante electricista.	8,800 h/u	8,80 h	17,86	157,17
%0200	Costes directos complementarios	1.003,281 %/u	1.003,28 %	2,00	2.006,56
03.05.03	Celdas modulares de MT de la subestación				
03.05.03.01	Celda modular de MT de función de línea (0L)		2,00 u	7.514,35	15.028,70
03.05.03.01.01	Celda modular modelo C del fabricante Schneider Electric	1,000 u/u	2,00 u	7.285,00	14.570,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h/u	4,40 h	19,42	85,45
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h/u	4,40 h	17,86	78,58
%0200	Costes directos complementarios	73,670 %/u	147,34 %	2,00	294,68
03.05.03.02	Celda modular de MT de función de protección del transformador de SSAA (1P)		1,00 u	7.074,73	7.074,73
03.05.03.02.01	Celda modular modelo T1 del fabricante Schneider Electric	1,000 u/u	1,00 u	6.854,00	6.854,00
mo003	Oficial 1ª electricista.	2,200 h/u	2,20 h	19,42	42,72
mo102	Ayudante electricista.	2,200 h/u	2,20 h	17,86	39,29
%0200	Costes directos complementarios	69,360 %/u	69,36 %	2,00	138,72
03.05.04	Centro de transformación prefabricado				
03.05.04.01	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm		1,00 u	13.030,05	13.030,05
mt35ctr020c	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9830x2620x5740 mm	1,000 u/u	1,00 u	12.127,06	12.127,06
mo020	Oficial 1ª construcción.	17,600 h/u	17,60 h	18,89	332,46
mo077	Ayudante construcción.	17,600 h/u	17,60 h	17,90	315,04
%0200	Costes directos complementarios	127,746 %/u	127,75 %	2,00	255,49
03.06	Instalaciones de puesta a tierra				
03.07	Puesta a tierra de los aerogeneradores				
03.06.01.01	Anillo inferior de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 38,25 m de diámetro		240,34 m	7,01	1.684,78
03.06.01.01.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m/m	240,34 m	4,81	1.156,04
03.06.01.01.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u/m	24,03 u	1,15	27,64
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h/m	24,03 h	19,42	466,74
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %/m	16,58 %	2,00	33,17
03.06.01.02	Anillo superior de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 17,75 m de diámetro		111,52 m	7,01	781,76
03.06.01.02.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m/m	111,52 m	4,81	536,41
03.06.01.02.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u/m	11,15 u	1,15	12,82
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h/m	11,15 h	19,42	216,57
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %/m	7,69 %	2,00	15,39
03.06.01.03	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud del anillo inferior		8,00 u	204,21	1.633,68
03.06.01.03.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u/u	8,00 u	18,00	144,00
03.06.01.03.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	10,300 m/u	82,40 m	4,81	396,34
03.06.01.03.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u/u	8,00 u	1,00	8,00
03.06.01.03.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u/u	8,00 u	74,00	592,00
03.06.01.03.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u/u	8,00 u	46,00	368,00
03.06.01.03.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u/u	2,66 u	3,50	9,32
03.06.01.03.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u/u	8,00 u	1,15	9,20
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h/u	2,00 h	19,42	38,84
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h/u	2,00 h	17,86	35,72
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h/u	0,01 h	17,67	0,14

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	2,002 %/u	16,02 %	2,00	32,03
03.06.01.04	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud externas a los anillos de puesta a tierra		8,00 u	237,70	1.901,60
03.06.01.04.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u/u	8,00 u	18,00	144,00
03.06.01.04.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	17,125 m/u	137,00 m	4,81	658,97
03.06.01.04.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u/u	8,00 u	1,00	8,00
03.06.01.04.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u/u	8,00 u	74,00	592,00
03.06.01.04.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u/u	8,00 u	46,00	368,00
03.06.01.04.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u/u	2,66 u	3,50	9,32
03.06.01.04.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u/u	8,00 u	1,15	9,20
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h/u	2,00 h	19,42	38,84
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h/u	2,00 h	17,86	35,72
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h/u	0,01 h	17,67	0,14
%0200	Costes directos complementarios	2,330 %/u	18,64 %	2,00	37,28
03.08	Puesta a tierra de la subestación elevadora del parque				
03.06.02.01	Anillo rectangular de cobre desnudo de 50 mm² de sección de 8x12 m para la tierra de protección		40,00 m	7,01	280,40
03.06.02.01.01	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m/m	40,00 m	4,81	192,40
03.06.02.01.02	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u/m	4,00 u	1,15	4,60
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h/m	4,00 h	19,42	77,68
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %/m	2,76 %	2,00	5,52
03.06.02.02	Picas de acero cobreado de 2 m de longitud para la tierra de protección		6,00 u	154,91	929,46
03.06.02.02.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u/u	6,00 u	18,00	108,00
03.06.02.02.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	0,250 m/u	1,50 m	4,81	7,22
03.06.02.02.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u/u	6,00 u	1,00	6,00
03.06.02.02.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u/u	6,00 u	74,00	444,00
03.06.02.02.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u/u	6,00 u	46,00	276,00
03.06.02.02.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u/u	2,00 u	3,50	6,99
03.06.02.02.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u/u	6,00 u	1,15	6,90
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h/u	1,50 h	19,42	29,13
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h/u	1,50 h	17,86	26,79
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h/u	0,01 h	17,67	0,11
%0200	Costes directos complementarios	1,519 %/u	9,11 %	2,00	18,23
03.06.02.03	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección para la tierra de servicio		37,00 m	7,01	259,37
mt35ttc010c	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	1,000 m/m	37,00 m	4,81	177,97
03.06.02.04.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,100 u/m	3,70 u	1,15	4,26
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,100 h/m	3,70 h	19,42	71,85
%0200	Costes directos complementarios	0,069 %/m	2,55 %	2,00	5,11
03.06.02.04	Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud.		6,00 u	154,91	929,46
03.06.02.04.01	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u/u	6,00 u	18,00	108,00
03.06.02.04.02	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ² .	0,250 m/u	1,50 m	4,81	7,22
03.06.02.04.03	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u/u	6,00 u	1,00	6,00
03.06.02.04.04	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u/u	6,00 u	74,00	444,00
03.06.02.04.05	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u/u	6,00 u	46,00	276,00
03.06.02.04.06	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u/u	2,00 u	3,50	6,99
03.06.02.04.07	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u/u	6,00 u	1,15	6,90
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,250 h/u	1,50 h	19,42	29,13
mo102	Ayudante electricista.	0,250 h/u	1,50 h	17,86	26,79
mo113	Peón ordinario construcción.	0,001 h/u	0,01 h	17,67	0,11
%0200	Costes directos complementarios	1,519 %/u	9,11 %	2,00	18,23
03.06.02.05	Red de equipotencialidad de 14 x 10 m: Cuadrícula de 0,3 x 0,3 m de conductor de cobre de 50 mm² de sección		1,00 u	4.617,58	4.617,58
03.06.02.05.01	Conductor rígido unipolar de cobre, 50 mm ² de sección, para red equipotencial.	932,000 m/u	932,00 m	4,81	4.482,92
03.06.02.05.02	Abrazadera de latón.	10,000 u/u	10,00 u	1,40	14,00
03.06.02.05.03	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	0,250 u/u	0,25 u	1,15	0,29
mo003	Oficial 1ª electricista.	0,800 h/u	0,80 h	19,42	15,54
mo102	Ayudante electricista.	0,800 h/u	0,80 h	17,86	14,29
%0200	Costes directos complementarios	45,270 %/u	45,27 %	2,00	90,54

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
04	Estudio de Seguridad y Salud				
04.01	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar				
04.01.01	Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra		1,00 u	125,42	125,42
mt50ica010c	Acometida provisional de fontanería a caseta prefabricada de obra.	1,000 u/u	1,00 u	122,96	122,96
%0200	Costes directos complementarios	1,230 %/u	1,23 %	2,00	2,46
04.01.02	Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra		1,00 u	505,76	505,76
mt50ica010b	Acometida provisional de saneamiento a caseta prefabricada de obra.	1,000 u/u	1,00 u	495,84	495,84
%0200	Costes directos complementarios	4,958 %/u	4,96 %	2,00	9,92
04.01.03	Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra		1,00 u	214,44	214,44
mt50ica010a	Acometida provisional eléctrica a caseta prefabricada de obra.	1,000 u/u	1,00 u	210,24	210,24
%0200	Costes directos complementarios	2,102 %/u	2,10 %	2,00	4,20
04.01.04	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra		3,00 u	196,45	589,35
mt50cas010d	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m²), compuesta por: estructura metálica med	1,000 u/u	3,00 u	192,60	577,80
%0200	Costes directos complementarios	1,926 %/u	5,78 %	2,00	11,56
04.01.05	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra		3,00 u	123,01	369,03
mt50cas050a	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 4,20x2,33x2,30 (9,80) m², compuesta por: estructura metálica	1,000 u/u	3,00 u	120,60	361,80
%0200	Costes directos complementarios	1,206 %/u	3,62 %	2,00	7,24
04.01.06	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra		3,00 u	224,37	673,11
mt50cas040	Mes de alquiler de caseta prefabricada para comedor en obra, de 7,87x2,33x2,30 (18,40) m², compuesta por: estructura metálica me	1,000 u/u	3,00 u	219,97	659,91
%0200	Costes directos complementarios	2,200 %/u	6,60 %	2,00	13,20
04.01.07	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de los materiales		3,00 u	104,97	314,91
mt50cas020b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,0	1,000 u/u	3,00 u	102,91	308,73
%0200	Costes directos complementarios	1,029 %/u	3,09 %	2,00	6,17
04.01.08	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra		3,00 u	150,81	452,43
mt50cas030b	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficina en obra, de 4,78x2,42x2,30 m (10,55 m²), compuesta por: estructura	1,000 u/u	3,00 u	147,85	443,55
%0200	Costes directos complementarios	1,479 %/u	4,44 %	2,00	8,87
04.01.09	Accesorios en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos		1,00 u	1.526,49	1.526,49
mt50mca050	Taquilla metálica individual con llave para ropa y calzado.	6,600 u/u	6,60 u	90,70	598,62
mt50mca010a	Percha para vestuarios y/o aseos.	20,000 u/u	20,00 u	7,79	155,80
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u/u	2,00 u	107,10	214,20
mt50mca010b	Espejo para vestuarios y/o aseos.	10,000 u/u	10,00 u	14,28	142,80
mt50mca020a	Portarrollos industrial de acero inoxidable.	3,300 u/u	3,30 u	31,73	104,71
mt50mca020b	Jabonera industrial de acero inoxidable.	3,300 u/u	3,30 u	30,34	100,12
mt50mca030	Secamanos eléctrico.	0,660 u/u	0,66 u	99,17	65,45
mo120	Peón Seguridad y Salud.	6,500 h/u	6,50 h	17,67	114,86
%0200	Costes directos complementarios	14,966 %/u	14,97 %	2,00	29,93
04.01.10	Accesorios en local o caseta de obra para comedor		1,00 u	717,53	717,53
mt50mca070	Banco de madera para 5 personas.	2,000 u/u	2,00 u	107,10	214,20
mt50mca080	Mesa de melamina para 10 personas.	0,500 u/u	0,50 u	210,24	105,12
mt50mca090	Horno microondas de 18 l y 800 W.	0,400 u/u	0,40 u	239,02	95,61
mt50mca100	Nevera eléctrica.	0,400 u/u	0,40 u	393,42	157,37
mt50mca060	Depósito de basuras de 800 l.	0,500 u/u	0,50 u	211,07	105,54
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,450 h/u	1,45 h	17,67	25,62
%0200	Costes directos complementarios	7,035 %/u	7,04 %	2,00	14,07

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
04.02	Protecciones colectivas				
04.02.01	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, 21A-144B-C, con 6 kg		30,00 u	16,01	480,30
mt41ixi010a	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agent	0,333 u/u	9,99 u	41,83	417,88
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/u	3,00 h	17,67	53,01
%0200	Costes directos complementarios	0,157 %/u	4,71 %	2,00	9,42
04.02.02	Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral		500,00 m	2,66	1.330,00
mt50vbe010dbk	Valla peatonal de hierro, de 1,10x2,50 m, color amarillo, con barrotes verticales montados sobre bastidor de tubo, con dos pies	0,020 u/m	10,00 u	42,00	420,00
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/m	50,00 h	17,67	883,50
%0200	Costes directos complementarios	0,026 %/m	13,00 %	2,00	26,00
04.02.03	Protección de paso peatonal sobre zanjas abiertas mediante pasarela de acero		20,00 u	17,84	356,80
mt50spm020lbs	Pasarela peatonal de acero, de 1,5 m de longitud para anchura máxima de zanja de 0,9 m, anchura útil de 0,87 m, con plataforma d	0,050 u/u	1,00 u	314,40	314,40
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/u	2,00 h	17,67	35,34
%0200	Costes directos complementarios	0,175 %/u	3,50 %	2,00	7,00
04.02.04	Protección de paso de vehículos sobre zanjas abiertas en calzada		500,00 m²	3,41	1.705,00
mt50spm050a	Chapa de acero de 10 mm de espesor, para protección de zanjas, pozos o huecos horizontales.	0,007 m ² /m ²	3,50 m ²	56,40	197,40
mt50spm055a	Manta antirroca, de fibras sintéticas, de 6 mm de espesor, peso 900 g/m ² .	0,170 m ² /m ²	85,00 m ²	3,36	285,60
mt09pce030	Cemento rápido CNR4 según UNE 80309, en sacos.	0,840 kg/m ²	420,00 kg	0,14	58,80
mq04cag010a	Camión con grúa de hasta 6 t.	0,010 h/m ²	5,00 h	49,45	247,25
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/m ²	50,00 h	17,67	883,50
%0200	Costes directos complementarios	0,033 %/m ²	16,50 %	2,00	33,00
04.02.05	Red de protección de poliamida de alta tenacidad, color blanco, de 80x80 mm de paso		500,00 m²	9,61	4.805,00
mt50sph040c	Red horizontal de protección, para pequeños huecos de forjado, de malla de poliamida de alta tenacidad, color blanco, de 80x80 m	1,080 m ² /m ²	540,00 m ²	1,62	874,80
mt50spr020a	Gancho metálico, D=12 mm, para montaje de red horizontal.	3,180 u/m ²	1.590,00 u	1,26	2.003,40
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,100 h/m ²	50,00 h	18,89	944,50
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/m ²	50,00 h	17,67	883,50
%0200	Costes directos complementarios	0,094 %/m ²	47,00 %	2,00	94,00
04.02.06	Protección de extremo de armadura de 12 a 32 mm de diámetro		1.000,00 u	0,19	190,00
mt50spr045	Tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, para protección de los extremos de las armaduras.	0,100 u/u	100,00 u	0,10	10,00
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,010 h/u	10,00 h	17,67	176,70
%0200	Costes directos complementarios	0,002 %/u	2,00 %	2,00	4,00
04.02.07	Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad		300,00 m	11,15	3.345,00
mt50spr015	Red vertical de protección, de poliamida de alta tenacidad, de color blanco.	3,500 m ² /m	1.050,00 m ²	1,56	1.638,00
mt50spr170a	Cuerda de red de calibre 4 mm. Configuración de la	0,210 m/m	63,00 m	0,17	10,71
mt50spr050	Cuerda de unión UNE-EN 1263-1 N de polipropileno de alta tenacidad, con tratamiento a los rayos UV, D=8 mm y carga de rotura sup	0,300 m ² /m	90,00 m ²	0,52	46,80
mt50spr140d	Lona de polietileno de alta densidad, con tratamiento ultravioleta, color verde, 60% de porcentaje de cortaviento, con orificios	2,300 u/m	690,00 u	0,70	483,00
mo119	Anclaje expansivo de 8x60 mm, de acero galvanizado en caliente.	0,100 h/m	30,00 h	18,89	566,70
mo120	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,100 h/m	30,00 h	17,67	530,10
%0200	Peón Seguridad y Salud.	0,109 %/m	32,70 %	2,00	65,40
04.02.08	Línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas		5,00 u	402,74	2.013,70
mt50spl110	Anclaje terminal de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u/u	5,00 u	11,76	58,80
mt50spl105a	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	6,000 u/u	30,00 u	4,75	142,50
mt50spl100	Anclaje terminal con amortiguador, de acero inoxidable AISI 316, acabado brillante.	1,000 u/u	5,00 u	102,96	514,80
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	4,000 u/u	20,00 u	5,76	115,20
mt50spl120	Anclaje intermedio de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster.	1,000 u/u	5,00 u	30,60	153,00
mt50spl130	Cable flexible de acero galvanizado, de 10 mm de diámetro, compuesto por 7 cordones de 19 hilos, incluso prensado terminal con c	10,500 m/u	52,50 m	2,10	110,25
mt50spl040	Tensor de caja abierta, con ojo en un extremo y horquilla en el extremo opuesto.	1,000 u/u	5,00 u	79,20	396,00
mt50spl050	Conjunto de un sujetacables y un terminal manual, de acero inoxidable.	1,000 u/u	5,00 u	30,00	150,00
mt50spl080	Protector para cabo, de PVC, color amarillo.	1,000 u/u	5,00 u	4,80	24,00
mt50spl060	Placa de señalización de la línea de anclaje.	1,000 u/u	5,00 u	14,88	74,40
mt50spl070	Conjunto de dos precintos de seguridad.	1,000 u/u	5,00 u	18,00	90,00

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,640 h/u	3,20 h	18,89	60,45
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,960 h/u	4,80 h	17,67	84,82
%0200	Costes directos complementarios	3,948 %/u	19,74 %	2,00	39,48
04.02.09	Suministro, colocación y desmontaje de línea de anclaje vertical temporal, de cable de acero, con dispositivo anticaídas		5,00 u	244,68	1.223,40
mt50spl305	Placa de anclaje de acero galvanizado, para fijación mecánica a paramento.	2,000 u/u	10,00 u	28,20	282,00
mt50spl005	Fijación compuesta por taco químico, arandela y tornillo de acero inoxidable de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	8,000 u/u	40,00 u	5,76	230,40
mt50spl400b	Línea de anclaje flexible, formada por 1 dispositivo anticaídas deslizante, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363	0,330 u/u	1,65 u	329,21	543,20
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,400 h/u	2,00 h	18,89	37,78
mo120	Peón Seguridad y Salud.	1,200 h/u	6,00 h	17,67	106,02
%0200	Costes directos complementarios	2,399 %/u	12,00 %	2,00	23,99
04.02.10	Foco portátil de 500 W de potencia, para interior		15,00 u	9,14	137,10
mt50spe015a	Foco portátil de 500 W de potencia, para interior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u/u	5,00 u	21,60	107,89
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/u	1,50 h	17,67	26,51
%0200	Costes directos complementarios	0,090 %/u	1,35 %	2,00	2,70
04.02.11	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior		15,00 u	23,82	357,30
mt50spe015b	Foco portátil de 500 W de potencia, para exterior, con rejilla de protección, soporte de tubo de acero y cable de 1,5 m.	0,333 u/u	5,00 u	64,80	323,68
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/u	1,50 h	17,67	26,51
%0200	Costes directos complementarios	0,234 %/u	3,51 %	2,00	7,02
04.02.12	Toma de tierra independiente para instalación provisional de obra		4,00 u	154,20	616,80
mt35tte010b	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	1,000 u/u	4,00 u	18,00	72,00
mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	0,250 m/u	1,00 m	2,81	2,81
mt35tta040	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000 u/u	4,00 u	1,00	4,00
mt35tta010	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000 u/u	4,00 u	74,00	296,00
mt35tta030	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000 u/u	4,00 u	46,00	184,00
mt35tta060	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333 u/u	1,33 u	3,50	4,66
03.06.02.05.03	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000 u/u	4,00 u	1,15	4,60
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,250 h/u	1,00 h	18,89	18,89
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,251 h/u	1,00 h	17,67	17,74
%0200	Costes directos complementarios	1,512 %/u	6,05 %	2,00	12,10
04.02.13	Vallado provisional de solar, de 2 m de altura		1.000,00 m	35,35	35.350,00
mt13ccg100b	Chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta, a una separación	0,200 m²/m	200,00 m²	5,75	1.150,00
mt50spv040f	Perfil de acero UNE-EN 10210-1 S275JR, hueco, de sección cuadrada de 60x60x1,5 mm.	0,980 m/m	980,00 m	7,39	7.242,20
mt10hmf010Mp	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	0,088 m³/m	88,00 m³	69,13	6.083,44
mt50spd078	Anclaje mecánico con tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela y junta de goma.	2,000 u/m	2.000,00 u	0,95	1.900,00
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,500 h/m	500,00 h	18,89	9.445,00
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,500 h/m	500,00 h	17,67	8.835,00
%0200	Costes directos complementarios	0,347 %/m	347,00 %	2,00	694,00
04.02.14	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad		30,00 u	19,54	586,20
mt50bal050a	Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno de alta densidad, de 1,20x0,60x0,40 m, con capacidad de lastrado de	0,050 u/u	1,50 u	150,00	225,00
mt08aaa010a	Agua.	0,080 m³/u	2,40 m³	1,50	3,60
mo119	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,050 h/u	1,50 h	18,89	28,34
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,600 h/u	18,00 h	17,67	318,06
%0200	Costes directos complementarios	0,192 %/u	5,76 %	2,00	11,52
04.02.15	Cinta para balizamiento, de material plástico		500,00 m	1,31	655,00
mt50bal010a	Cinta para balizamiento, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor, impresa por ambas caras en franjas de color	1,100 m/m	550,00 m	0,12	66,00
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,065 h/m	32,50 h	17,67	574,28
%0200	Costes directos complementarios	0,013 %/m	6,50 %	2,00	13,00
04.02.16	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar		15,00 u	14,96	224,40
mt50bal040b	Baliza luminosa intermitente para señalización, de color ámbar, con lámpara Led y enganche metálico para soporte.	0,100 u/u	1,50 u	21,00	31,50
mt50bal041a	Pila de 6V tipo 4R25 estándar.	2,000 u/u	30,00 u	5,40	162,00
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,100 h/u	1,50 h	17,67	26,51

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,147 %/u	2,21 %	2,00	4,41
04.02.17	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado		20,00 u	8,17	163,40
mt50les020a	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación.	0,333 u/u	6,66 u	12,90	85,91
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	6,000 u/u	120,00 u	0,03	3,60
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h/u	4,00 h	17,67	70,68
%0200	Costes directos complementarios	0,080 %/u	1,60 %	2,00	3,20
04.02.18	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado		20,00 u	4,07	81,40
mt50les030nb	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma circular sobre fondo blanco, con 4 orifi	0,333 u/u	6,66 u	3,66	24,38
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u/u	80,00 u	0,03	2,40
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h/u	3,00 h	17,67	53,01
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %/u	0,80 %	2,00	1,60
04.02.19	Señal de obligación, de PVC serigrafiado		20,00 u	4,07	81,40
mt50les030vb	Señal de obligación, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma circular sobre fondo azul, con 4 orifici	0,333 u/u	6,66 u	3,66	24,38
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u/u	80,00 u	0,03	2,40
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h/u	3,00 h	17,67	53,01
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %/u	0,80 %	2,00	1,60
04.02.20	Señal de extinción, de PVC serigrafiado		20,00 u	4,52	90,40
mt50les030Dc	Señal de extinción, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo rojo, con 4 orifi	0,333 u/u	6,66 u	4,98	33,17
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u/u	80,00 u	0,03	2,40
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h/u	3,00 h	17,67	53,01
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %/u	0,88 %	2,00	1,76
04.02.21	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado		20,00 u	4,52	90,40
mt50les030Lc	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre	0,333 u/u	6,66 u	4,98	33,17
mt50spr046	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	4,000 u/u	80,00 u	0,03	2,40
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,150 h/u	3,00 h	17,67	53,01
%0200	Costes directos complementarios	0,044 %/u	0,88 %	2,00	1,76
04.03	Protecciones individuales				
04.03.01	Sistema anticaídas		20,00 u	86,79	1.735,80
mt50epd010d	Conector básico (clase B), EPI de categoría III, según UNE-EN 362, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 14	0,250 u/u	5,00 u	18,09	90,45
mt50epd011d	Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363, UNE-EN	0,250 u/u	5,00 u	102,43	512,15
mt50epd012ad	Cuerda de fibra como elemento de amarre, de longitud fija, EPI de categoría III, según UNE-EN 354, cumpliendo todos los requisit	0,250 u/u	5,00 u	76,57	382,85
mt50epd013d	Absorbedor de energía, EPI de categoría III, según UNE-EN 355, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1	0,250 u/u	5,00 u	109,27	546,35
mt50epd014d	Arnés anticaídas, con un punto de amarre, EPI de categoría III, según UNE-EN 361, UNE-EN 363, UNE-EN 364 y UNE-EN 365, cumplie	0,250 u/u	5,00 u	34,00	170,00
%0200	Costes directos complementarios	0,851 %/u	17,02 %	2,00	34,04
04.03.02	Casco de protección, destinado a proteger al usuario contra la caída de objetos		200,00 u	0,29	58,00
mt50epc020lj	Casco de protección, EPI de categoría II, según EN 397 y UNE-EN 13087-7, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R	0,100 u/u	20,00 u	2,77	55,40
%0200	Costes directos complementarios	0,003 %/u	0,60 %	2,00	1,20
04.03.03	Par de botas de media caña de seguridad		100,00 u	27,14	2.714,00
mt50epp010pwb	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, c	0,500 u/u	50,00 u	53,21	2.660,50
%0200	Costes directos complementarios	0,266 %/u	26,60 %	2,00	53,20
04.03.04	Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma		100,00 u	4,09	409,00
mt50epm010cd	Par de guantes contra riesgos mecánicos, EPI de categoría II, según UNE-EN 420 y UNE-EN 388, cumpliendo todos los requisitos de	0,250 u/u	25,00 u	16,03	400,75
%0200	Costes directos complementarios	0,040 %/u	4,00 %	2,00	8,00
04.03.05	Cinturón con bolsa de varios compartimentos para herramientas		20,00 u	2,95	59,00
mt50epu040j	Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/	0,100 u/u	2,00 u	28,85	57,70

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
%0200	Costes directos complementarios	0,029 %/u	0,58 %	2,00	1,16
04.03.06	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante		30,00 u	5,60	168,00
mt50epu030hce	Chaleco de alta visibilidad, de material reflectante, EPI de categoría II, según UNE-EN 471 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los r	0,200 u/u	6,00 u	27,47	164,82
%0200	Costes directos complementarios	0,055 %/u	1,65 %	2,00	3,30
04.03.07	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión		20,00 u	29,45	589,00
mt50epu031e	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 50286 y UNE-EN	0,200 u/u	4,00 u	144,34	577,36
%0200	Costes directos complementarios	0,289 %/u	5,78 %	2,00	11,56
04.03.08	Juego de orejeras, estándar		25,00 u	4,58	114,50
mt50epo010dj	Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 30 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-1 y UNE-EN 458, cumpliendo	0,100 u/u	2,50 u	44,88	112,20
%0200	Costes directos complementarios	0,045 %/u	1,13 %	2,00	2,25
04.03.09	Juego de tapones desechables, moldeables		25,00 u	0,02	0,50
mt50epo020aa	Juego de tapones desechables, moldeables, con atenuación acústica de 31 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-2 y UNE-EN 458	1,000 u/u	25,00 u	0,02	0,50
04.03.10	Mono de protección		100,00 u	9,50	950,00
mt50epu005e	Mono de protección, EPI de categoría I, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,200 u/u	20,00 u	46,56	931,20
%0200	Costes directos complementarios	0,093 %/u	9,30 %	2,00	18,60
04.03.11	Gafas de protección con montura universal		30,00 u	3,16	94,80
mt50epj010ace	Gafas de protección con montura universal, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, cumpliendo todos los requisitos de seguridad s	0,200 u/u	6,00 u	15,52	93,12
%0200	Costes directos complementarios	0,031 %/u	0,93 %	2,00	1,86
04.03.12	Pantalla de protección facial		30,00 u	4,90	147,00
mt50epj010aie	Pantalla de protección facial, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D.	0,200 u/u	6,00 u	24,02	144,12
%0200	Costes directos complementarios	0,048 %/u	1,44 %	2,00	2,88
04.03.13	Mascarilla autofiltrante contra partículas		50,00 u	2,19	109,50
mt50epv020ba	Mascarilla autofiltrante contra partículas, FFP1, EPI de categoría III, según UNE-EN 149, cumpliendo todos los requisitos de seg	1,000 u/u	50,00 u	2,15	107,50
%0200	Costes directos complementarios	0,022 %/u	1,10 %	2,00	2,20
04.03.14	Pantalla de protección facial, para soldadores		20,00 u	5,94	118,80
mt50epj010pke	Pantalla de protección facial, con fijación en la cabeza y con filtros de soldadura, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, UNE-	0,200 u/u	4,00 u	29,10	116,40
%0200	Costes directos complementarios	0,058 %/u	1,16 %	2,00	2,32
04.03.15	Mono de protección para trabajos de soldeo		20,00 u	33,47	669,40
mt50epu010ac	Mono de protección para trabajos de soldeo, sometidos a una temperatura ambiente hasta 100°C, EPI de categoría II, según UNE-EN	0,330 u/u	6,60 u	99,41	656,11
%0200	Costes directos complementarios	0,328 %/u	6,56 %	2,00	13,12
04.03.16	Par de manguitos para soldador		20,00 u	4,16	83,20
mt50epm030d	Par de manguitos al hombro de serraje grado A para soldador, EPI de categoría II, según UNE-EN 420, cumpliendo todos los requisi	0,250 u/u	5,00 u	16,30	81,50
%0200	Costes directos complementarios	0,041 %/u	0,82 %	2,00	1,64

RECURSOS TOTALES POR PARTIDAS (PRESUPUESTO)

Presupuesto de sistema de generación eólica con conexión a red

CÓDIGO	RESUMEN	RENDIMIENTO	CANTIDAD UD.	PRECIO	IMPORTE
04.04	Medicina preventiva y primeros auxilios				
04.04.01	Botiquín de urgencia para caseta de obra		5,00 u	121,30	606,50
mt50eca010	Botiquín de urgencia provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadra	1,000 u/u	5,00 u	115,39	576,95
mo120	Peón Seguridad y Salud.	0,200 h/u	1,00 h	17,67	17,67
%0200	Costes directos complementarios	1,189 %/u	5,95 %	2,00	11,89
04.04.02	Reposición del botiquín de urgencia		5,00 u	26,13	130,65
mt50eca011b	Bolsa para hielo, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	3,66	18,30
mt50eca011e	Apósitos adhesivos, en caja de 120 unidades, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	6,60	33,00
mt50eca011f	Algodón hidrófilo, en paquete de 100 g, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	1,08	5,40
mt50eca011g	Esparadrapo, en rollo de 5 cm de ancho y 5 m de longitud, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	4,50	22,50
mt50eca011i	Analgésico de ácido acetilsalicílico, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	1,50	7,50
mt50eca011j	Analgésico de paracetamol, en caja de 20 comprimidos, para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	1,68	8,40
mt50eca011l	Botella de agua oxigenada, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	2,04	10,20
mt50eca011m	Botella de alcohol de 96°, de 250 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	1,62	8,10
mt50eca011n	Frasco de tintura de yodo, de 100 cm ³ , para reposición de botiquín de urgencia.	1,000 u/u	5,00 u	2,94	14,70
%0200	Costes directos complementarios	0,256 %/u	1,28 %	2,00	2,56
04.04.03	Camilla portátil para evacuaciones, colocada en caseta de obra		5,00 u	43,49	217,45
mt50eca020	Camilla portátil para evacuaciones.	0,250 u/u	1,25 u	170,57	213,21
%0200	Costes directos complementarios	0,426 %/u	2,13 %	2,00	4,26
04.04.04	Reconocimiento médico obligatorio anual al trabajador		20,00 u	125,09	2.501,80
mt50man010	Reconocimiento médico obligatorio anual al trabajador.	1,000 u/u	20,00 u	122,64	2.452,80
%0200	Costes directos complementarios	1,226 %/u	24,52 %	2,00	49,04
04.05	Formación y reuniones de obligado cumplimiento				
04.05.01	Reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión de dos horas		30,00 u	135,55	4.066,50
mt50mas010	Coste de la reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.	1,000 u/u	30,00 u	132,89	3.986,70
%0200	Costes directos complementarios	1,329 %/u	39,87 %	2,00	79,74
04.05.02	Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado		200,00 u	96,55	19.310,00
mt50mas020	Coste de la hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por técnico cualificado.	1,000 u/u	200,00 u	94,66	18.932,00
%0200	Costes directos complementarios	0,947 %/u	189,40 %	2,00	378,80