

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL



PLANTA DE ENERGÍA EÓLICA CON  
EVACUACIÓN A RED

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre - 2021

AUTOR: David Díaz-Albo Villalba

DIRECTOR/ES: Juan Manuel Sánchez Eugenio



## **ÍNDICE**

<b>DOCUMENTO 1: MEMORIA .....</b>	<b>7</b>
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
1.1. OBJEO DEL PROYECTO .....	8
1.2. TITULAR, NOMBRE Y DOMICILIO SOCIAL .....	8
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA .....	8
<b>2. LEGISLACIÓN APLICADA .....</b>	<b>8</b>
<b>3. SITUACIÓN PARQUE EÓLICO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. POTENCIAL EÓLICO .....</b>	<b>10</b>
4.1. LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO .....	10
4.2. LA LEY DE BETZ .....	11
4.3. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL .....	13
4.4. ROSA DE LOS VIENTOS.....	14
<b>5. AEROGENERADORES.....</b>	<b>15</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS DEL AEROGENERADOR EMPLEADO .....	15
5.2. OTROS MODELOS DE AEROGENERADORES .....	20
5.2.1. AEROGENERADOR GAMESA G80.....	20
5.2.2. AEROGENERADOR MHI VESTAS V117/4200 .....	23
5.3. SITUACIÓN DE LOS AEROGENERADORES.....	25
5.4. PUESTA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES .....	25
5.5. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	26
<b>6. IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>27</b>
6.1. EFECTOS SOBRE EL SUELO.....	27
6.2. IMPACTO SOBRE FAUNA Y FLORA.....	28
6.3. IMPACTO VISUAL Y ACÚSTICO.....	28
6.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE LOS AEROGENERADORES.....	29
<b>7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN .....</b>	<b>30</b>
7.1. LÍNEA DE ALTA TENSIÓN .....	30
7.2. CABLES EMPLEADOS.....	30
7.3. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	32
7.3.1. PROTECCIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES.....	32

7.3.2. PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS .....	32
<b>8. TRANSFORMADORES.....</b>	<b>33</b>
8.1. FUNCIONES DE CADA MÓDULO.....	34
8.1.1. FUNCIÓN DE LÍNEA (L) .....	34
8.1.2. PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR.....	36
8.1.3. FUNCIÓN DE REMOTE (0).....	39
8.2. CELDA INTERMEDIA (LLD) .....	40
8.3. CELDA CONFLUENCIA (LLD0).....	41
8.4. CELDA FINAL DE LÍNEA (LD) .....	42
<b>9. OBRA CIVIL .....</b>	<b>43</b>
9.1. VÍAS DE ACCESO.....	43
9.1.1. DIMENSIONES DE LAS VÍAS .....	43
9.1.2. PENDIENTE TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL .....	44
9.1.3. RADIO DE LA CURVATURA.....	44
9.1.4. GÁLIBO DE PASO DE TRANSPORTE .....	45
9.1.5. DISEÑO DE LAS VÍAS.....	45
9.2. CELDAS DVCA .....	45
9.3. AEROGENERADORES.....	46
9.3.1. COTA DE LOS AEROGENERADORES .....	46
9.3.2. CIMENTACIONES.....	46
9.3.3. MONTAJE .....	46
<b>ANEJO I: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS AEROGENERADORES .....</b>	<b>48</b>
1. OBJETO.....	49
2. CÁLCULO EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	49
2.1. AEROGENERADOR SUZLON S95/2100.....	50
2.2. AEROGENERADOR GAMESA G80-2MW.....	52
2.3. AEROGENERADOR MHI VESTAS V117/4200 .....	54
3. CONCLUSIÓN .....	56
<b>ANEJO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....</b>	<b>58</b>
1. OBJETO.....	59
2. SECCIONES DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN .....	59

2.1. SECCIÓN SEGÚN LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE.....	59
2.2. SECCIÓN SEGÚN LA CAÍDA DE TENSIÓN.....	61
2.3. SECCIÓN SEGÚN LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE UN CORTOCIRCUITO.....	62
3. PUESTA A TIERRA.....	63
3.1. OBJETO.....	63
3.2. CÁLCULO RESISTENCIA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES	64
<b>ANEJO III: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	
.....	68
1. OBJETO.....	69
2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	69
3. MEMORIA.....	70
4. BOTIQUÍN DE OBRA.....	76
5. NORMATIVA APLICABLE .....	76
<b>DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES</b> .....	78
1. PLIEGO DE CONDICIONES ADMINISTRATIVAS.....	79
1.1. OBJETO DEL PLIEGO .....	79
1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	79
1.2.1. DEFINICIÓN DE LOS AGENTES INTERVINIENTES .....	79
1.2.2. FUNCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES.....	79
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS .....	85
2.1. ALTA TENSIÓN .....	85
2.1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS .....	85
2.1.2. NORMATIVA .....	85
2.1.3. CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	94
2.1.3.1. REPLANTEO DE LOS APOYOS .....	95
2.1.3.2. APERTURA DE HOYOS .....	95
2.1.3.3. TRANSPORTE, ACARREO Y ACOPIO A PIE DE APOYO.....	96
2.1.3.3.1. CIMENTACIONES.....	96
2.1.3.4. CONDUCTORES.....	97
2.1.3.5. AISLADORES .....	98

2.1.3.6.	HERRAJES Y ACCESORIOS .....	98
2.1.3.7.	COLUMNAS .....	99
2.1.3.8.	PUESTA A TIERRA .....	99
2.1.4.	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	100
2.1.5.	PRUEBAS REGLAMENTARIAS .....	103
2.1.6.	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....	105
2.1.7.	LIBRO DE ÓRDENES .....	106
2.1.8.	RECEPCIÓN DE LA OBRA.....	106
3.	PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS.....	106
3.1.	NORMATIVAS .....	106
	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>115</b>
1.	PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	116
2.	RESUMEN PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	122
3.	PRESUPUESTO FINAL.....	123
	<b>PLANOS .....</b>	<b>124</b>
1.	PLANO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA .....	125
2.	PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL PARQUE EÓLICO .....	126
3.	PLANO DE LA PUESTA A TIERRA .....	127
4.	PLANO DEL AEROGENERADOR SUZLON S95/2100.....	128
5.	PLANO DE LAS CELDAS DVCA .....	129
6.	PLANO DE LA INSTALACIÓN DEL PARQUE EÓLICO .....	130



**DOCUMENTO 1: MEMORIA**

## **1. RESUMEN**

### **1.1. OBJEO DEL PROYECTO**

El objeto del presente proyecto es el estudio, cálculo y dimensionado de todos los elementos que constituyen el parque eólico de 2 MW de potencia para la empresa solicitante, situado en el municipio de Font de la Figuera, Alicante.

El presente proyecto está orientado a proporcionar una solución óptima de las diferentes posibilidades en lo referente al tipo de energía renovable a emplear, así como los distintos aerogeneradores.

Además, dicho proyecto cumplirá con la normativa vigente en lo referente a instalaciones eléctricas y energía eólica.

### **1.2. TITULAR, NOMBRE Y DOMICILIO SOCIAL**

El proyecto se redacta en representación de la Universidad Miguel Hernández, con domicilio social Avenida de la Universidad de Elche y C.P: 03202, por orden de David Díaz-Albo Villalba.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA**

La elección de este tipo de energía se basa en que este tipo de energía es la renovable más madura y desarrollada. Es una fuente limpia e inagotable, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero.

Utiliza la energía producida por las corrientes de aire para producir electricidad. Ha sido la segunda fuente de generación eléctrica en peninsular en España en 2020, con 27.446 MW de potencia acumulada.

España es el quinto país del mundo por potencia eólica instalada.

## **2. LEGISLACIÓN APLICADA**

Para poder llevar a cabo el proyecto, se he aplicado la legislación siguiente:

- Orden ETU/130/2017 de 17 de febrero del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital BOE publicado el 22 de febrero de 2017.

Esta orden tiene objeto de actualizar los parámetros retributivos de las instalaciones tipo incluidas en el ámbito de aplicación de dicha orden.

- Orden IET/1045/2014 de 16 de junio del Ministerio de Industria, Energía y Turismo BOE publicado el 20 de junio de 2014.

Esta orden tiene objeto de fijar la equivalencia entre las categorías, grupos y subgrupos definidos anteriormente en el Real Decreto 413/2014 de 6 de junio.

- Real Decreto 413/2014 6 de junio del Ministerio de Industria, Energía y Turismo BOE publicado el 10 de junio de 2014.

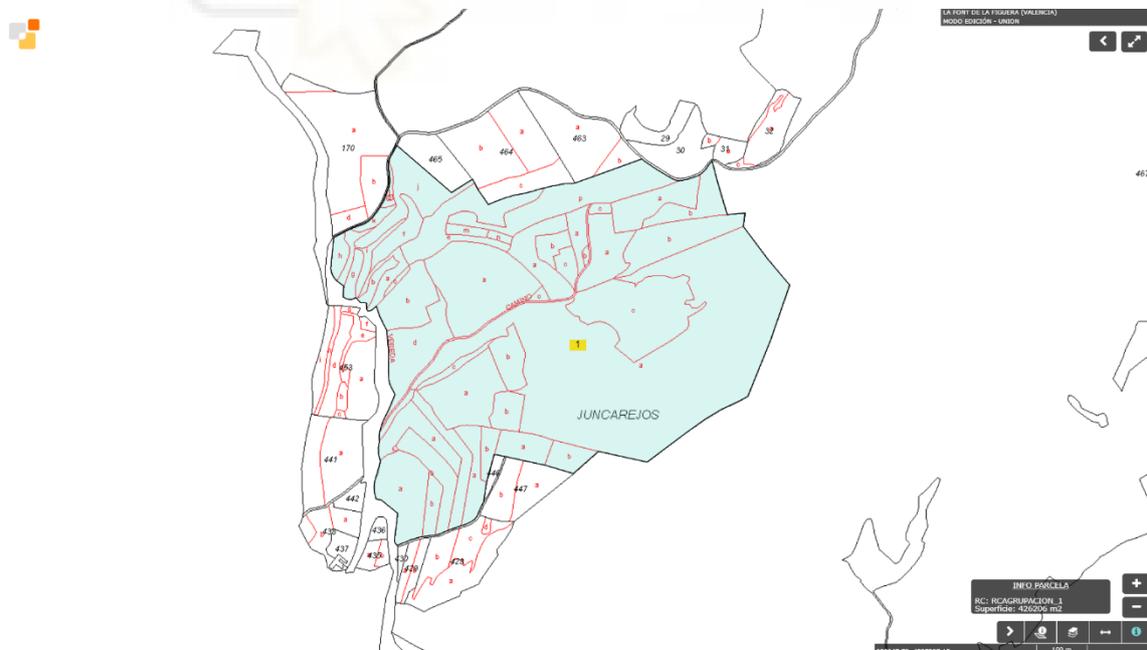
Este real decreto tiene objeto de regular el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

### 3. SITUACIÓN PARQUE EÓLICO

El parque eólico se encuentra situado en el Capurutxo, en el término municipal de Font de la Figuera, en Valencia.

La dirección del viento predominante en esta zona es de ONO y la velocidad media del viento es de 7,2 m/s. Se encuentra a una distancia de más de 2 Km del núcleo urbano y de otros parques eólicos, y relativamente cerca de la línea aérea de alta tensión de la red de distribución eléctrica.

A continuación, se muestra el mapa catastral con las fincas elegidas donde se llevará a cabo lo construcción del parque eólico.



Las coordenadas del sitio donde se encuentra la finca elegida son:

Latitud (38°47'39.696"N) y Longitud (0°54'43.34"W).

En cuanto a las coordenadas UTM de un punto de nuestra área seleccionada son:

Coordenada X: 680647.79 m

Coordenada Y: 4295997.18 m

El área total de nuestra parcela es de 42 Ha (420000 m<sup>2</sup>) y está formado por las parcelas 443, 484, 444, 445, 450, 448, 452, 449, 456, 455, 457, 458, 460, 462.

#### **4. POTENCIAL EÓLICO**

Todas las fuentes de energía renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol.

El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe  $1,74 \times 10^{17}$  W de potencia.

Alrededor de un 1 a un 2 por ciento de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra.

##### **4.1. LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO**

La velocidad del viento es muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad: la cantidad de energía que posee el viento varía con el cubo (la tercera potencia) de la velocidad media del viento.

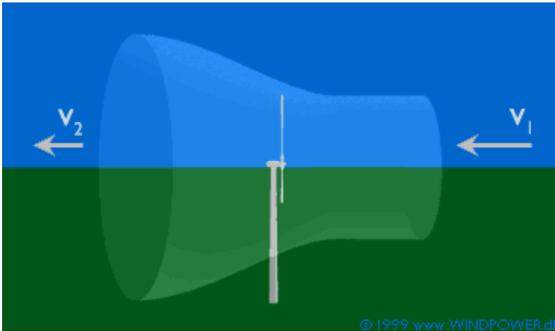
La mejor forma de medir la velocidad del viento en una futura localización de una turbina eólica es situar un anemómetro en el extremo superior de un mástil que tenga la misma altura que la altura de buje esperada de la turbina que se va a utilizar. Esto evita la incertidumbre que conlleva el recalcular la velocidad del viento a una altura diferente.

Colocando el anemómetro en la parte superior del mástil se minimizan las perturbaciones de las corrientes de aire creadas por el propio mástil. Si el anemómetro está situado en la parte lateral del mástil es fundamental enfocarlos en la dirección de viento dominante para minimizar el abrigo del viento de la torre.

La velocidad media anual del viento en el emplazamiento de nuestro parque eólico es de 6.62 m/s, como se ha indicado en el apartado de la situación de nuestro parque.

## 4.2. LA LEY DE BETZ

Cuanto mayor sea la energía cinética que un aerogenerador extraiga del viento, mayor será la ralentización que sufrirá el viento que deja el aerogenerador por su parte izquierda en el dibujo.



Si intentamos extraer toda la energía del viento, el aire saldría con una velocidad nula, es decir, el aire no podría abandonar la turbina. En ese caso no se extraería ninguna energía en absoluto, ya que obviamente también se impediría la entrada de aire al rotor del aerogenerador. En el otro caso extremo, el viento podría pasar a través de nuestro tubo (arriba) sin ser para nada estorbado. En este caso tampoco habríamos extraído ninguna energía del viento.

Así pues, podemos asumir que debe haber alguna forma de frenar el viento que esté entremedio de estos dos extremos, y que sea más eficiente en la conversión de la energía del viento en energía mecánica útil. Resulta que hay una respuesta a esto sorprendentemente simple: un aerogenerador ideal ralentizaría el viento hasta  $2/3$  de su velocidad inicial. Para entender el porqué, tendremos que usar la ley física fundamental para la aerodinámica de los aerogeneradores:

La ley de Betz (formulada por primera vez por el físico alemán Albert Betz en 1919) dice que sólo puede convertirse menos de  $16/27$  (el 59 %) de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador.

### DEMOSTRACION DE LA LEY DE BETZ

Consideremos, cosa bastante razonable, que la velocidad promedio del viento a través del área del rotor es el promedio de la velocidad del viento sin perturbar antes de la turbina eólica,  $v_1$ , y la velocidad del viento después de su paso por el plano del rotor,  $v_2$ , esto es,  $(v_1 + v_2)/2$ . (Betz ofrece una demostración de esto).

La masa de la corriente de aire a través del rotor durante un segundo es

$$m = \rho F (v_1 + v_2) / 2$$

donde  $m$  es la masa por segundo,  $\rho$  es la densidad del aire,  $F$  es el área barrida por el rotor y  $[(v_1 + v_2) / 2]$  es la velocidad del viento promedio a través del área del rotor. La potencia del viento extraída por el rotor es igual a la masa

por la diferencia de los cuadrados de la velocidad del viento (de acuerdo con la segunda ley de Newton):

$$P = (1/2) m (v_1^2 - v_2^2)$$

Sustituyendo en esta expresión la  $m$  de la primera ecuación obtenemos la siguiente expresión para la potencia extraída del viento:

$$P = (\rho / 4) (v_1^2 - v_2^2) (v_1 + v_2) F$$

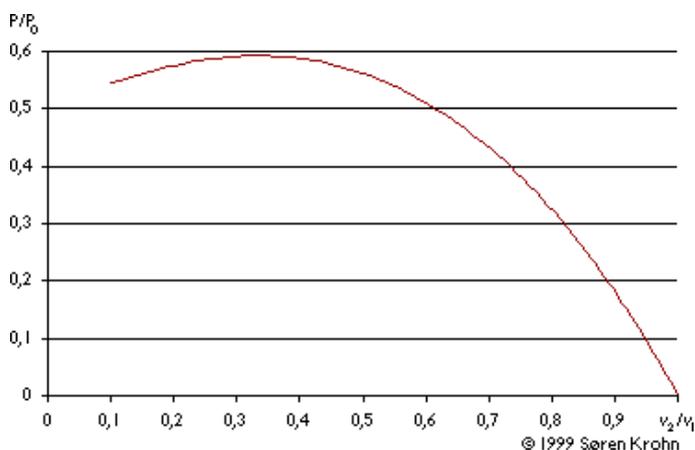
Ahora, comparemos nuestro resultado con la potencia total de una corriente de viento no perturbada a través de exactamente la misma área  $F$ , sin ningún rotor que bloquee el viento. Llamamos a esta potencia  $P_0$ :

$$P_0 = (\rho / 2) v_1^3 F$$

La ratio entre la potencia que extraemos del viento y la potencia del viento sin perturbar es:

$$(P/P_0) = (1/2) (1 - (v_2 / v_1)^2) (1 + (v_2 / v_1))$$

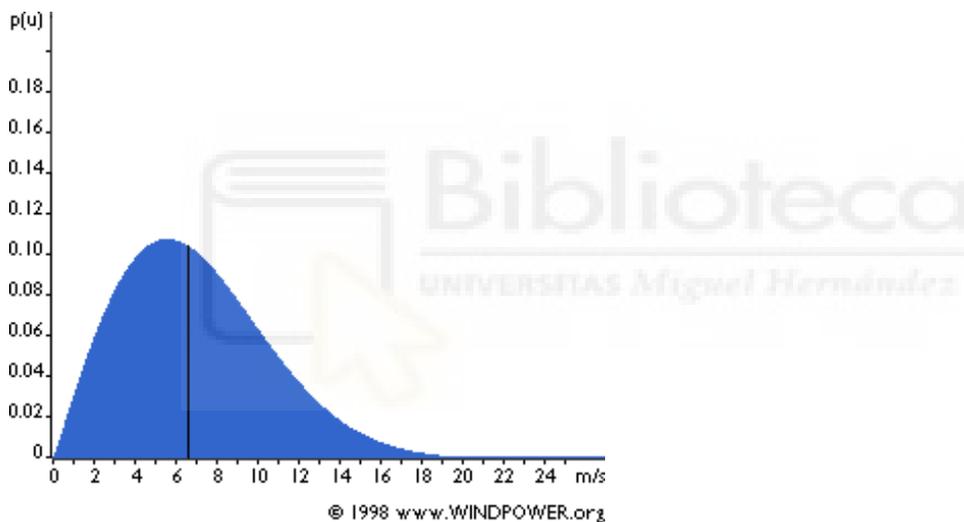
Podemos dibujar  $P/P_0$  en función de  $v_2 / v_1$ :



Podemos ver que la función alcanza su máximo para  $v^2 / v_1 = 1/3$ , y que el valor máximo de la potencia extraída del viento es de 0,59 veces o  $16/27$  de la potencia total del viento.

### 4.3. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de las velocidades del viento. Los proyectistas de turbinas necesitan la información para optimizar el diseño de sus aerogeneradores, así como para minimizar los costes de generación. Los inversores necesitan la información para estimar sus ingresos por producción de electricidad.

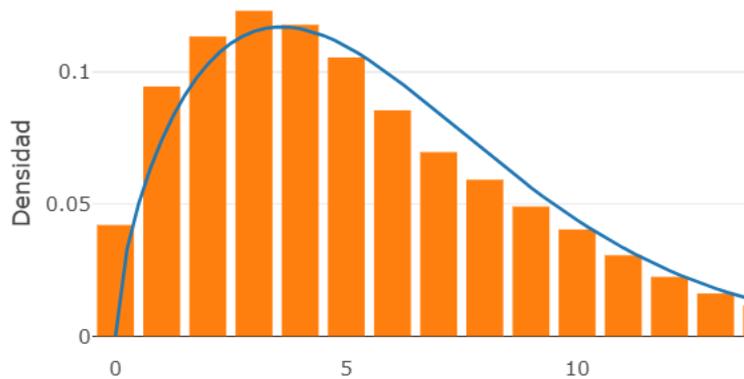


Si mide las velocidades del viento a lo largo de un año observará que en la mayoría de las áreas los fuertes vendavales son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son bastante comunes.

La variación del viento en un emplazamiento típico suele describirse utilizando la llamada Distribución de Weibull, como la mostrada en el dibujo.

La distribución de Weibull de nuestro parque eólico es la siguiente:

Distribución de frecuencias  
Ajuste Weibull ( $A = 6.53$ ,  $k = 1.62$ )



#### 4.4. ROSA DE LOS VIENTOS

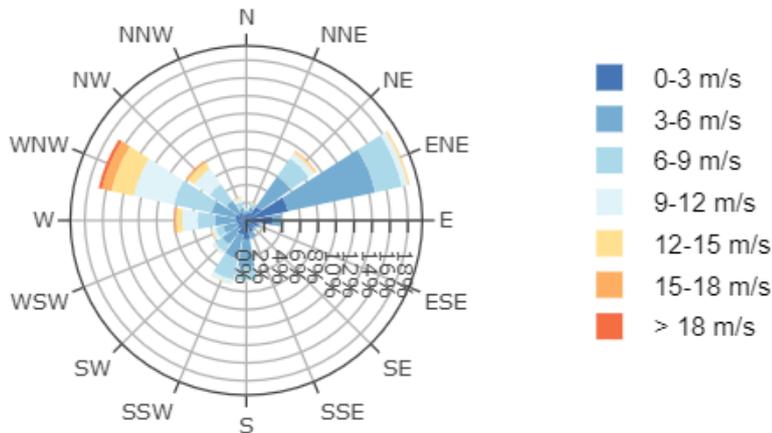
Para mostrar la información sobre las distribuciones de velocidades del viento y la frecuencia de variación de las direcciones del viento, puede dibujarse la llamada rosa de los vientos basándose en observaciones meteorológicas de las velocidades y direcciones del viento.

La rosa está dividida en 16 sectores (aunque el Atlas Eólico Europeo utiliza 12 como estándar).

Como se puede apreciar, está dividida en colores, los que se encuentran más alejados y de color más enrojecidos, son los vientos de mayor valor, que son los que nos interesan.

Se puede apreciar como la dirección predominante de los vientos en la zona elegida es WNW.

## Rosa de vientos a la altura seleccionada



## 5. AEROGENERADORES

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DEL AEROGENERADOR EMPLEADO

Una vez elegido el emplazamiento de nuestro parque eólico, lo siguiente es elegir el aerogenerador que más se adapte a nuestras necesidades. El criterio de elección del aerogenerador consiste en determinar el modelo que mejor adapte su curva de potencia a los vientos de la zona y que disponga de un transformador instalado en el propio aerogenerador.

Para ello se ha elegido el Aerogenerador SUZLON S95/2100 debido a su buena curva de potencia y a la disponibilidad de un transformador en la góndola, como se puede apreciar en la figura 7.

En el Anejo I “Eficiencia energética de los aerogeneradores”, se justificará de forma más detallada el porqué de la elección del modelo del aerogenerador, mostrando la eficiencia que presenta, así como la potencia neta anual.

### AEROGENERADOR SUZLON S95/2100

#### DATOS TÉCNICOS

Potencia	2.10 MW
Clase de viento	IEC II a
Velocidad de corte de viento mínima	2.5 m/s
Velocidad nominal de viento	11.5 m/s
Velocidad máxima de viento	16 m/s
Altura mínima góndola	80 metros
Altura máxima Góndola	100 metros

Velocidad de rotación	15.1 rpm – 17.7 rpm
-----------------------	---------------------

## ROTOR

Diámetro	95 metros
Área de barrido	3.38 m <sup>2</sup> /kW
Material del rotor	Epoxy

## GENERADOR

Potencia	2.10 MW
Voltaje salida	690 V
Frecuencia	50 Hz
Protección	IP54 & IP23
Sistema de refrigeración	Aire refrigerado
Insulación	Clase H
Control de deslizamiento	Deslizamiento flexible de hasta un 16.7%

## SISTEMA DE FRENO

Freno mecánico	Disco de freno hidráulico, activado por presión hidráulica
----------------	--

## CAJA DE CAMBIOS

Ratio	1:98.8 (±0.5%)
Carga nominal	2.310 kW

## CERTIFICACIONES

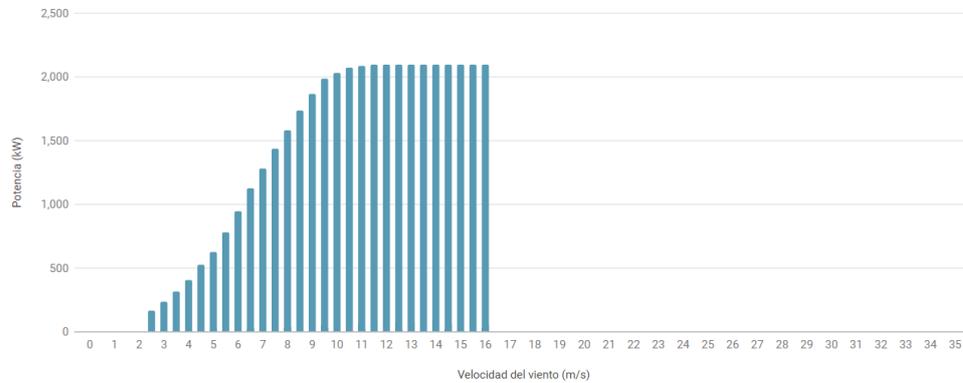
Calidad	ISO 9001:2008
---------	---------------

## TORRE

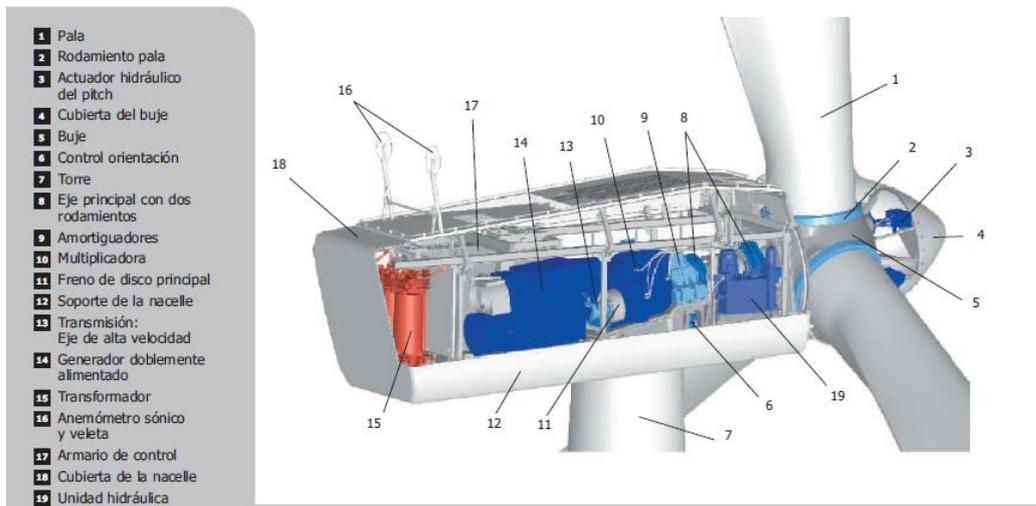
Tipo	Tubular en 4 secciones
------	------------------------

## CURVA DE POTENCIA

Curva de potencia



Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
2.5	170
3	240
3.5	320
4	410
4.5	530
5	630
5.5	784
6	950
6.5	1.130
7	1.285
7.5	1.440
8	1.585
8.5	1.740
9	1.870
9.5	1.990
10	2.035
10.5	2.076
11	2.090
11.5	2.100
12	2.100
12.5	2.100
13	2.100
14	2.100
15	2.100
16	2.100



## DISEÑO MECÁNICO

Este aerogenerador presenta un tren de potencia con eje principal soportado por dos rodamientos estáticos que transmiten las cargas laterales directamente al bastidor a través de un caballete, lo que evita que la multiplicadora reciba cargas adicionales, reduciéndose así las posibilidades de avería además de facilitar su servicio.

## FRENO

Dispone de un freno primario aerodinámico por puesta en bandera de las palas. Adicionalmente el freno mecánico de disco hidráulicamente activado de emergencia situado en la salida del eje de alta velocidad de la multiplicadora.

## PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

El aerogenerador SUZLON S96/2100 utiliza el sistema “protección total contra rayos”, siguiendo la normativa IEC 61024-1. Este sistema conduce el rayo desde ambas caras de la punta de la pala hasta la raíz y desde ahí, a través de la nacelle y de la estructura de la torre, hasta el sistema de puesta a tierra de las cimentaciones. De esta forma, se protege la pala y se evita que los elementos eléctricos sensibles sean dañados.

## **SISTEMA DE CONTROL**

Generador doblemente alimentado, controlado en velocidad y potencia mediante convertidores IGBT y control electrónico PWM (modulación por ancho de pulso).

Ventajas:

- Control de potencia activa y reactiva.
- Bajo contenido en armónicos y mínimas pérdidas.
- Aumento de la eficiencia y de la producción.
- Mejora de la vida útil de la máquina.

## **SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO SMP**

Sistema de mantenimiento predictivo para la detección prematura de posibles deterioros o fallos en los principales componentes del aerogenerador.

Ventajas:

- Disminución de grandes correctivos.
- Aumento de la disponibilidad y de la vida útil de la máquina.
- Condiciones preferenciales en las negociaciones con las aseguradoras.
- Integración con el sistema de control.

## **CONTROL DE RUIDO**

Diseño aerodinámico de punta de pala y diseño de componentes mecánicos que minimizan el ruido emitido. Adicionalmente, Suzlon ha desarrollado el sistema de control de ruido Suzlon®, que permite programar el ruido emitido de acuerdo con criterios como fecha, hora o dirección del viento. De este modo se logra el cumplimiento de las normativas locales con una producción máxima.

## **CONEXIÓN A RED**

Los aerogeneradores doblemente alimentados de Suzlon y las tecnologías de Crowbar Activo y convertidor sobredimensionado aseguran el cumplimiento de los más exigentes requerimientos de conexión a red.

Soporte a huecos de tensión y Regulación dinámica de potencia activa y reactiva.

## 5.2. OTROS MODELOS DE AEROGENERADORES

Además del aerogenerador SUZLON S95/2100, también se buscaron otros modelos para el parque eólico. Sin embargo, no fueron elegidos como modelos a usar, ya que no resultaban tan eficientes como el SUZLON S95/2100 para las condiciones de nuestro emplazamiento.

Como se ha mencionado en el anterior apartado, dichos cálculos de eficiencia y justificación de la elección nuestro modelo de aerogenerador, se pueden observar en el Anejo I: "Eficiencia Energética".

### 5.2.1. AEROGENERADOR GAMESA G80

#### ROTOR

Diámetro	80 m
Área de Barrido	5.027 m <sup>2</sup>
Velocidad de giro	9,0 – 19,0 rpm
Sentido de giro	Agujas del reloj (vista frontal)
Peso (incluye Buje)	Aprox. 38 T
Peso (incluye Buje y Nacelle)	Aprox. 108 T

#### PALAS

Número de palas	3
Longitud	39 m
Perfil	NACA 63.XXX + FFA-W3
Material	Fibra de vidrio preimpregnado de resina epoxy
Peso pala completa	6.500 kg

#### TORRE TUBULAR

Tipo modular	Altura	Peso
3 seccionnes	60 m	127 T
3 secciones	67 m	145 T
4 secciones	78 m	201 T
5 secciones	100 m	283 T

## MULTIPLICADORA

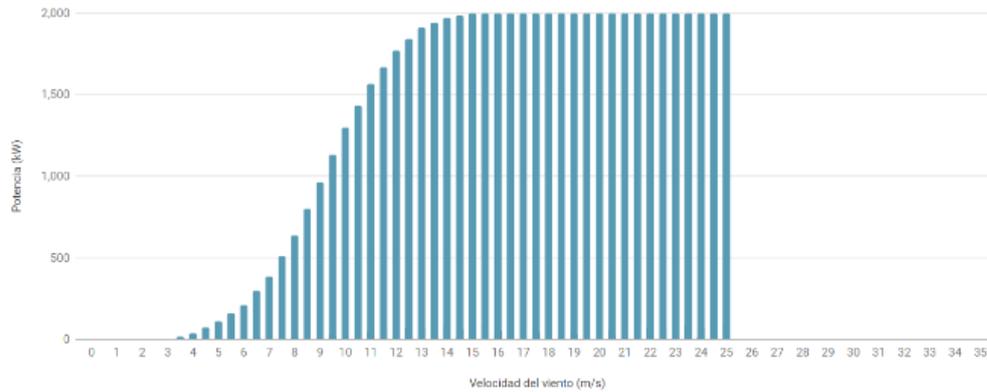
Tipo	1 etapa planetaria / 2 etapas de ejes paralelos
Ratio	1:100,5 (50 Hz) 1:120,5 (60 Hz)
Refrigeración	Bomba de aceite con radiador de aceite
Calentamiento aceite	2,2 kW

## GENERADOR

Tipo	Doubly-fed machine
Potencia Nominal	2.1 MW
Tensión	690 V ac
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Clase de protección	IP 54
Número de polos	4
Velocidad de giro	900:1.900 rpm (nominal 1.680 rpm) (50 Hz) 1.080:2.280 rpm (nominal 2.016 rpm) (60 Hz)
Intensidad nominal estator	1.500 A @ 690 V
Factor de potencia (estándar)	0,98 CAP – 0,96 IND a cargas parciales y 1 a potencia nominal
Factor de potencia (opcional)	0,95 CAP – 0,95 IND en todo el rango de potencias

## CURVA DE POTENCIA

Curva de potencia



Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
3.5	20
4	40
4.5	76
5	113
5.5	163
6	213
6.5	300
7	388
7.5	513
8	639
8.5	802
9	965
9.5	1133
10	1300
10.5	1434
11	1568
11.5	1670
12	1772
12.5	1843
13	1913
13.5	1943
14	1973
14.5	1987

15	2000
16	2000
17	2000
18	2000
19	2000
20	2000
21	2000
22	2000
23	2000
24	2000
25	2000

### 5.2.2. AEROGENERADOR MHI VESTAS V117/4200

#### ROTOR

Diámetro	80 m
Área de Barrido	10.752 m <sup>2</sup>
Densidad de potencia	2,56 m <sup>2</sup> /kW
Velocidad mínima de viento	3 m/s
Velocidad nominal de viento	12,5 m/s
Velocidad máxima de viento	25 m/s

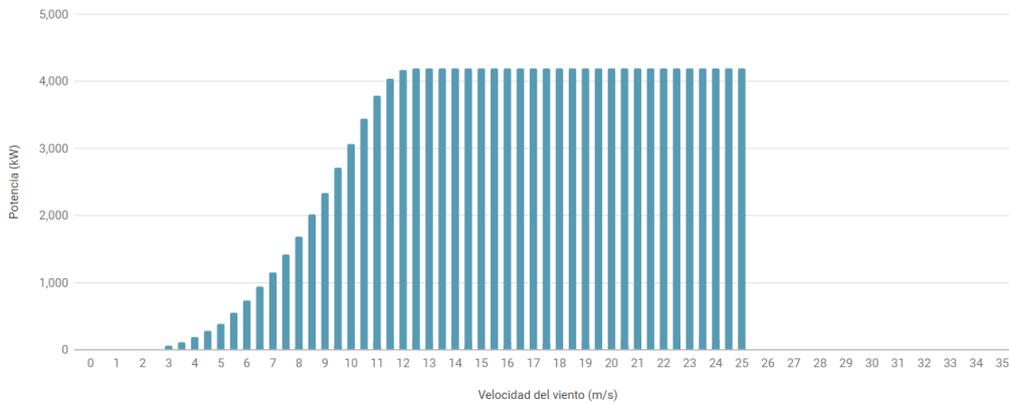
#### GENERADOR

Número	1
Clase de viento	IEC Ib/IIa
Potencia Nominal	2.1 MW
Tensión	690 V ac
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz

#### PALAS

Número de palas	3
-----------------	---

## CURVA DE POTENCIA



Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
3	70
3.5	120
4	197
4.5	290
5	394
5.5	560
6	742
6.5	949
7	1.160
7.5	1.427
8	1.693
8.5	2.025
9	2.343
9.5	2.720
10	3.073
10.5	3.450
11	3.793
11.5	4.045
12	4.175
12.5	4.200
13	4.200
13.5	4.200
14	4.200
14.5	4.200
15	4.200

16	4.200
17	4.200
18	4.200
19	4.200
20	4.200
21	4.200
22	4.200
23	4.200
24	4.200
25	4.200

### 5.3. SITUACIÓN DE LOS AEROGENERADORES

Nuestro parque eólico dispondrá de 2 aerogeneradores SUZLON S95/2100.

Estarán colocados en zonas elevadas orientados de tal manera que podremos aprovechar el viento predominante de la zona: WNW.

La separación óptima se sitúa entre 8 y 12 veces el diámetro del rotor en la dirección del viento, y entre 2 y 4 veces en la dirección perpendicular al viento.

En el caso de nuestros aerogeneradores SUZLON S96/2100, el diámetro del rotor es de 95 metros y están colocados en la dirección perpendicular al viento predominante de la zona. Por tanto, la separación entre ellos será de 340 metros.

La vista en planta del parque eólico se puede observar en los planos del presente proyecto.

### 5.4. PUESTA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES

Todas las plantas eléctricas tienen que estar conectadas a tierra para conseguir que en el conjunto de la instalación no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Los aerogeneradores, así como el resto de equipos eléctricos necesitan ser conectados a tierra con la menor impedancia posible. Normalmente los parques eólicos abarcan áreas geográficas amplias.

En la mayoría de los casos, estos parques eólicos se sitúan en terrenos montañosos o colinas con suelos de elevada resistividad, por lo que es muy difícil obtener bajos valores de impedancia con un sistema de puesta a tierra.

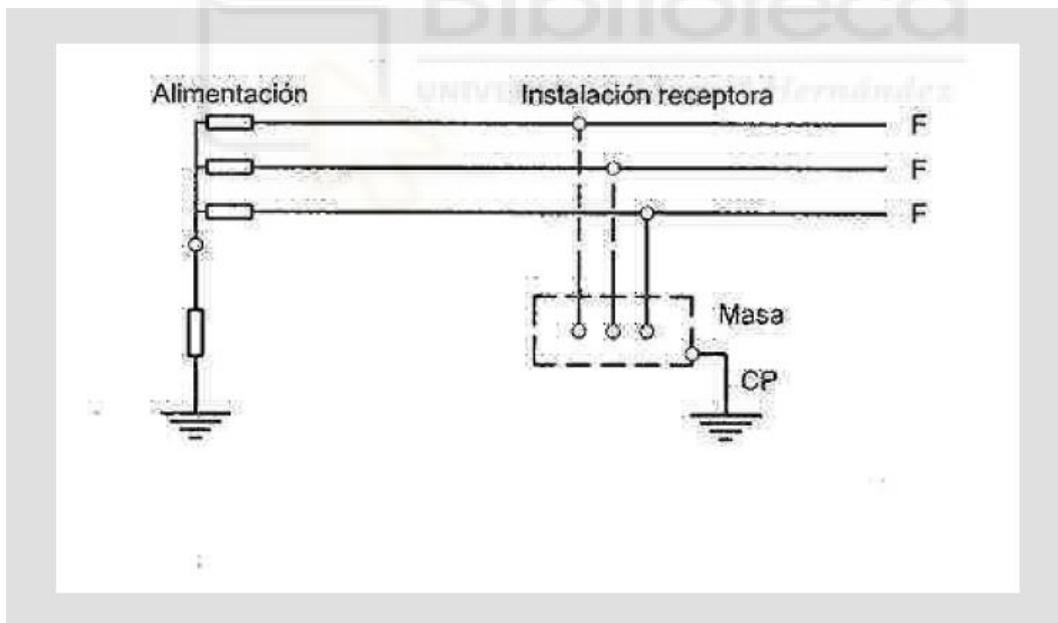
El sistema de puesta a tierra consiste en un anillo de cobre interior a la torre del aerogenerador alrededor de su perímetro interno de 5 metros de diámetro y 1 metro de profundidad, y un anillo de cobre con forma cuadrada concéntrico exterior a la cimentación unido por cuatro puntos a los redondos de acero situados en los puntos medios de las aristas externas de la cimentación de 15 metros de lado. Estos dos anillos formarán una superficie equipotencial.

Se empleará un conductor enterrado desnudo de cobre y de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Los cálculos de la puesta a tierra del presente proyecto se encuentran en el Anejo II: "Cálculos justificativos".

### 5.5. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

El esquema de distribución elegido para nuestra instalación es el esquema IT, el cual, como indica la ITC-BT-08, no tiene ningún punto de alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra, como se puede apreciar en la siguiente figura:



En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas, factor realmente importante para nuestro parque eólico.

La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene bien por la ausencia de conexión a tierra en la

alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro) y tierra. A este efecto puede resultar

necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitivo de los cables con respecto a tierra.

El esquema IT se suele utilizar para alimentar instalaciones eléctricas que requieren de un servicio continuo de suministro de energía (requisito fundamental para el parque eólico), de modo que en el primer fallo de aislamiento se avisa, pero no produce una desconexión del suministro eléctrico. Este esquema, corta el suministro al segundo defecto, a diferencia del resto de esquemas que lo hacen al segundo defecto.

## **6. IMPACTO AMBIENTAL**

La energía eólica no produce ningún tipo de gases tóxicos ni contribuye al efecto invernadero. Tampoco produce ningún residuo peligroso. La energía eólica en España evita la emisión de 26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, según la AEE (Asociación Empresarial Eólica). Gracias a este ahorro, el sector eléctrico es el único sector que ha conseguido reducir sus emisiones respecto a 1990.

Aun así algunos de sus efectos y consecuencias colaterales precisan atención. Utilizar la energía eólica, al igual que todas las acciones humanas, afecta al entorno. Los efectos negativos de esta energía eólica afectan al suelo, la flora y la fauna de la zona donde se instala el parque eólico. Aun así, estos problemas se pueden evitar y minimizar por medio de una buena planificación.

### **6.1. EFECTOS SOBRE EL SUELO**

Este efecto depende de la zona de emplazamiento. Los terrenos de aerogeneradores localizados en áreas planas usan más terreno que aquellos situados en zonas altas, colinas o pie de áreas escarpadas. Esta es una de las razones por las que en el presente proyecto se ha elegido el emplazamiento mencionado anteriormente, ya que se trata de una zona montañosa, que se encuentra a unos 800m de altura respecto de la localidad más próxima, Pinoso.

Aun así, los aerogeneradores no ocupan todo el terreno, deben separarse entre 4 y 8 veces el diámetro de sus rotores. Por ello, tanto los aerogeneradores como la infraestructura ocupan solamente una pequeña zona del parque eólico.

Aproximadamente, se considera que la ocupación de un parque eólico oscila entre 4 y 20 ha por cada MW de potencia, pero la superficie ocupada por un aerogenerador en sí es solamente de 0.43 ha/MW. Aunque el suelo que se

encuentra bajo cada aerogenerador puede ser empleado para otro tipo de usos como pueden ser agrícola, pasto para ganado, comunicaciones terrestres, pistas de senderismo, etc. Otra opción sería situar el parque eólico en zonas industriales, reduciendo el riesgo del uso del suelo en áreas de interés natural, pero no es el caso de este proyecto.

## **6.2. IMPACTO SOBRE FAUNA Y FLORA**

El impacto de este tipo de energía sobre la vida salvaje, sobre todo aves y en concreto murciélagos, ha sido muy estudiado y documentado. Se han registrado muertes de aves y murciélagos no sólo por impactos directos sino también debido a los cambios de presión atmosféricas debido al giro de las palas de los aerogeneradores.

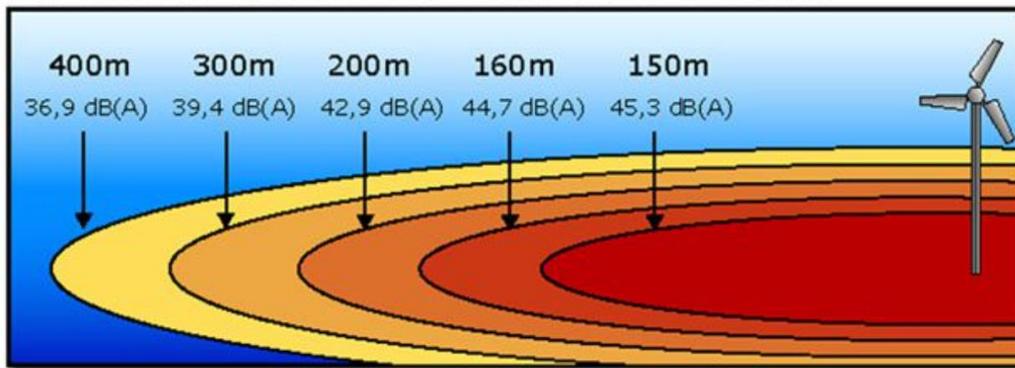
Sin embargo, según otros estudios e informes, este tipo de peligro es extremadamente bajo, ya que se producen a velocidades muy bajas, por lo que cuando la velocidad del viento es baja, podemos desconectar los aerogeneradores, garantizando la seguridad de los animales sin tener penalizaciones económicas en cuanto a la producción.

Realmente, la tasa de fallecimientos de la fauna se debe al cambio climático, la intervención del ser humano y a depredadores salvajes. Se puede programar el aerogenerador para que a una hora específica en la que haya mayor cantidad de murciélagos volando cerca de la turbina, ésta se detenga.

## **6.3. IMPACTO VISUAL Y ACÚSTICO**

Además de los impactos mencionados anteriormente, también se encuentra el visual y acústico. Los aerogeneradores producen ruido debido al movimiento de las palas en el aire, así como también proveniente de las partes metálicas de la turbina. Este ruido será más o menos notable según el diseño de nuestros aerogeneradores y de la velocidad del viento. A continuación, se muestra una gráfica del ruido que es producido (medido en dB) en general por un aerogenerador, según a la distancia a la que nos encontremos de él:

## RUIDO PRODUCIDO POR UN AEROGENERADO



El aerogenerador S95 de Suzlon, presenta una optimización de la velocidad del rotor y del ángulo de inclinación para maximizar que la producción de energía se someta a un algoritmo de control que mantiene las emisiones de ruido por debajo de determinados niveles.

También se pueden apreciar las emisiones de fabricación, transporte de materiales, construcción, desinstalación y mantenimiento de los aerogeneradores. Pero en el cómputo global de emisiones, se considera que éstas están muy por debajo de las producidas a través de otras energías como gas o petróleo. Por tanto, la energía eólica es una fuente de energía más limpia y alternativa a los combustibles fósiles.

### 6.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE LOS AEROGENERADORES

Los aerogeneradores disponen en su base de transformadores, los cuales son celdas DVCAS, que se han diseñado teniendo en cuenta la protección del medio ambiente.

- Las celdas DVCAS obsoletas se pueden procesar y reciclar y sus materiales pueden recuperarse de acuerdo con los requisitos de la legislación europea para el final de la vida útil de los productos eléctricos y electrónicos.
- Las cubas son herméticas, lo que permite clasificar las celdas DVCAS como "sistemas de presión sellados". Por lo tanto, el gas puede recuperarse y, después de un tratamiento apropiado, reutilizarse.
- El sistema de gestión medioambiental adoptado por Schneider Electric está certificado de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma ISO 14001.

## 7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

### 7.1. LÍNEA DE ALTA TENSIÓN

La instalación eléctrica de alta tensión del presente proyecto está formada por una línea de alta tensión que conectará los transformadores de los aerogeneradores con el centro de reparto.

Las características principales de los cables empleados para alta tensión son las siguientes:

Tipo de corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Intensidad cortocircuito (valor cresta)	50 kA
Tensión nominal	24 kV
Tensión soportada nominal a los impulsos de tipo rayo	125 kV
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial	50 kV
Categoría de la red (UNE 211 435)	Categoría A

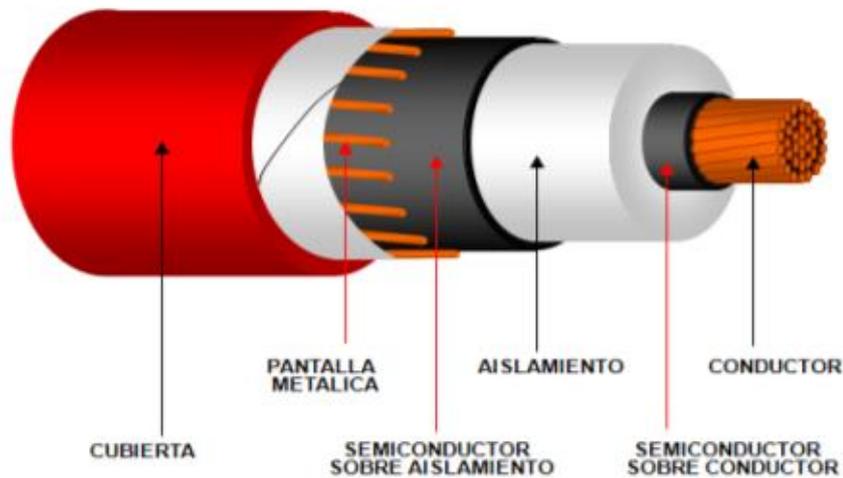
La longitud de la línea de alta tensión será la distancia entre cada aerogenerador y el centro de transformación de la empresa, que será de 500 metros.

El cálculo de las líneas eléctricas de alta tensión se realizará de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Alta tensión.

### 7.2. CABLES EMPLEADOS

Para la instalación se utilizarán cables de cobre unipolares con aislamiento de polietileno reticulado y cubierto de poliolefina.

Los cables de alta tensión seguirán las normas del Reglamento Electrotécnico de Alta tensión ITC-AT 06 y la norma UNE 21192.



- Cubierta: Formado por termoplástico y sin contaminantes ni componentes clorados.
- Pantalla metálica: Formada por fibras de cobre recubriendo uniformemente el perímetro del cable.
- Aislamiento: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE).
- Pantalla semiconductora interna: Recubre totalmente el conductor. Se realiza con compuestos poliméricos con alta concentración de negro de humo para obtener la propiedad semiconductora.
- Temperatura máxima en servicio permanente: 105°C.
- Temperatura máxima durante cortocircuito ( $0,1 < t < 5s$ ): 250°C.

La línea estará formada por tres cables unipolares de 240 mm<sup>2</sup> de sección nominal enterrada bajo tubo de 160 mm de diámetro de 415 A de intensidad máxima admisible:

*XLPEZ1 12/20 kV Cu 3x240 mm<sup>2</sup> Ø160 mm*

Los cálculos realizados para la elección de la sección de los cables de alta tensión se encuentran en el Anejo II “Cálculos justificativos”.

### **7.3. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

#### **7.3.1. PROTECCIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobrecargas previsibles.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección se encuentra disponible en el módulo de protección del transformador incorporado en la base de cada aerogenerador. Estos transformadores disponen de interruptores automáticos DVCAS, los cuales pueden equiparse con relés de protección VIP 400 integrados en un bloque funcional optimizado.

Estos relés tienen como características principales, entre otras, la de protección contra sobrecarga y defecto a tierra. Por tanto, incluiremos estos relés en el interruptor automático.

#### **7.3.2. PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS**

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para conductores correspondientes a tiempos de conexión entre 0,1 y 5 segundos serán las indicadas según la norma UNE 211435.

La protección del transformador presenta un interruptor automático que garantiza la capacidad de cierre contra cortocircuito, tanto del seccionador de 3 posiciones como de la puesta a tierra.

## 8. TRANSFORMADORES

Los transformadores a emplear disponen de celdas de protección DVCAS y su fabricante es MESA. Estas celdas han sido diseñadas siguiendo las normas IEC 62271.

Los aerogeneradores dispondrán de una celda DCVCAS, la cual está diseñada para ir en el interior de las turbinas eólicas. No requiere configuración en campo, por lo que el coste se reduce, simplificando la instalación y reduce el impacto ambiental.

Estos transformadores se encargan de recibir la tensión a 690 V del aerogenerador y elevarla hasta los 20.000 V, para luego llevarlo a la red de distribución.

Presentan las siguientes características:

Tipo	Elevador de tensión
Relación transformación	690 V / 20 kV
Potencia nominal	21.000 kVA
Nivel de aislamiento	24 kV
Tensión en cortocircuito	6%
Compartimento MT	IP64
Compartimento BT y Mandos	IP3X

Las celdas DVCAS incluyen las siguientes características para garantizar un alto nivel de seguridad operativa:

- Enclavamientos mecánicos y eléctricos para evitar falsas maniobras.
- 100% probadas en fabrica sin necesidad de mas pruebas en campo.
- diseño simple y fácil de manejar, con acceso frontal a todas las operaciones.
- Ensayado frente a arcos internos conforme a IEC 62271-200 IAC AFL/AFLR.

Dispone de un sensor térmico Easergy TH110 que permiten la supervisión térmica continua de todas las conexiones críticas realizadas sobre el terreno.

Se empleará un total de tres celdas en todo el parque eólico:

- Celda Intermedia (LLD)

- Celda Confluencia (LLD0)
- Celda Final de línea (ID)

## 8.1. FUNCIONES DE CADA MÓDULO

Las celdas mencionadas anteriormente están formadas por módulos diferentes, los cuales cada uno tienen una función diferente.

Los que se emplearán en el presente proyecto son: Línea (L), Protección (D) y Remonte (0)

### 8.1.1. FUNCIÓN DE LÍNEA (L)

#### Mecanismo del interruptor-seccionador

Los interruptores-seccionadores son de tipo automático de tres posiciones: conectado, desconectado/aislado y puesto a tierra, y por lo tanto intrínsecamente seguros (evitan una falsa maniobra).

Pertencen a la categoría de uso general, para uso frecuente (100 maniobras), de acuerdo con IEC 62271-103. Tienen poder de cierre frente a un cortocircuito, tanto en las maniobras de cierre del interruptor-seccionador como de puesta a tierra del cable. La técnica de corte empleada es el soplado neumático automático hacia la zona de separación de los contactos.

#### Funcionamiento y control

La velocidad de accionamiento en todas las maniobras de apertura y cierre (excepto abrir el seccionador de puesta a tierra) es independiente de la actuación del operador. El interruptor-seccionador de 3 posiciones siempre se puede accionar manualmente usando una palanca de accionamiento.

Opcionalmente, el mecanismo de accionamiento de la función del seccionador puede motorizarse y la palanca de accionamiento puede ser del tipo sin retorno.

La maniobra del seccionador de puesta a tierra será siempre de accionamiento manual.

Esta función, combinada con detectores de defectos a tierra tipo Flair y dispositivos de protección en el centro de transformación, permite el aislamiento remoto de fallos y la restauración gradual del servicio.

## Enclavamientos

En el diseño del interruptor-seccionador se han tenido en cuenta todas las condiciones de funcionamiento para garantizar la máxima seguridad de los operadores y la instalación mediante el uso de enclavamientos adecuados.

## Acceso a cables de MT

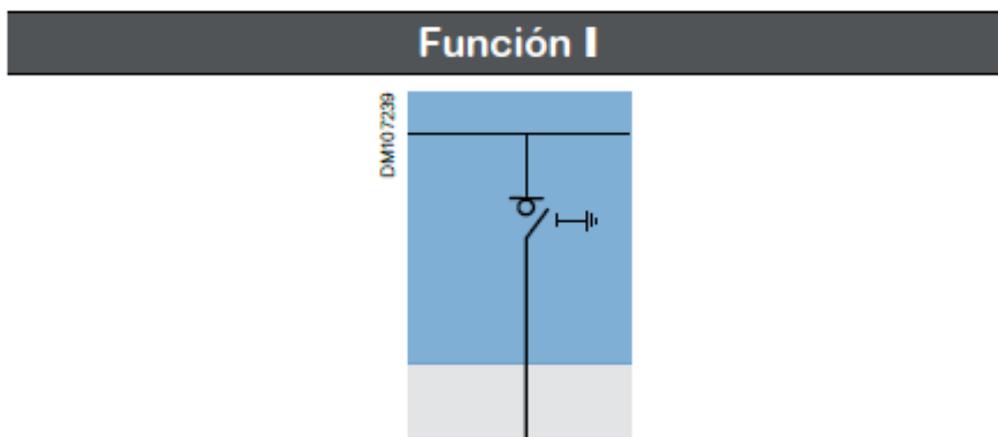
El enclavamiento que permite el acceso al compartimento de cables de MT solo se libera una vez que el circuito ha sido puesto a tierra. Opcionalmente, puede incorporarse un enclavamiento con cerradura de tal manera que su llave solo se libera con el seccionador de puesta a tierra en la posición cerrada y el panel desbloqueado.

## Características

El interruptor-seccionador de 3 posiciones incorporado en las celdas DVCAS cumple los requisitos de la norma IEC 62271-103 sobre interruptores e IEC 62271-102 sobre Interruptor-seccionador y seccionadores de puesta a tierra.

## Esquema unifilar

La función de línea presenta el siguiente esquema unifilar:



## 8.1.2. PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

### **Función de Protección (D)**

La protección del transformador incluye interruptor automático de vacío y seccionador de 3 posiciones. Puede incluir también función remonte.

### **Interruptor automático de vacío**

El transformador está protegido por la función de interruptor automático. El interruptor automático, junto con el relé de protección, despeja una posible falta

ocurrida en la parte de la instalación comprendida entre la celda de MT y el transformador.

El interruptor automático de vacío está sellado dentro de la cuba. El mecanismo de accionamiento está fuera de la cuba de, es fácilmente accesible para el mantenimiento correctivo y preventivo desmontando el panel frontal de la celda.

El interruptor automático es de categoría E2 M1 de acuerdo con la norma IEC 62271-100, con un ciclo de maniobra de O-0,3 s-CO-15 s-CO.

Hay dos versiones de funciones D, dependiendo de si incorpora un remonte de cable a través del pasa tapas de la parte superior derecha o no lo incorpora. Existe la posibilidad de combinar tantos módulos con interruptor automático de protección como se desee.

### **Mecanismo de accionamiento del interruptor automático**

El interruptor automático de vacío se acciona mediante mecanismos que garantizan una velocidad de apertura y cierre para el dispositivo de conmutación independiente del operador. Este mecanismo eléctrico, cuando está motorizado, permite llevar a cabo funciones de control remoto, posibilitando ciclos de reenganche rápidos. La velocidad a la que se abren y cierran los contactos en el interruptor automático utilizado para la apartamenta DVCAS es independiente de las acciones del operador.

Todos los mecanismos de operación instalados en las celdas DVCAS están dispuestos en el exterior de la cuba SF6.

El mantenimiento requerido por este tipo de mecanismo operativo se reduce significativamente, ya que utilizan componentes autolubricantes. El mecanismo de accionamiento incluye:

- Un sistema de muelle que almacena la energía necesaria para abrir y cerrar el interruptor automático.
- Un sistema manual de carga de muelle.
- Un dispositivo eléctrico de carga automática de los muelles en menos de 5 segundos después del cierre de los contactos.
- Un pulsador de apertura mecánica con tapa para el enclavamiento (opcional).
- Un pulsador de cierre mecánico con tapa (opcional).
- Un sistema de cierre eléctrico que incluye una bobina de cierre para control remoto y un relé antibombeo.
- Un sistema de apertura eléctrica que incluye una bobina de disparo simple o doble (opcional)
- Contador de maniobras.
- Un contacto indicador de carga de muelle.
- Un contacto indicador de carga completa.
- Un indicador mecánico de posición del interruptor: abierto-cerrado.
- Un indicador mecánico del estado del muelle: cargado-descargado.
- Un enclavamiento por llave para bloquear el interruptor automático en posición abierta.

### **Seccionador de 3 posiciones**

El seccionador de 3 posiciones incorporado en las celdas DVCAS cumple con los requerimientos de la norma IEC 62271-102 para los seccionadores de puesta a tierra.

La velocidad de actuación en todas las maniobras de apertura y cierre es dependiente de la actuación del operario. La capacidad de cierre contra cortocircuito, tanto del seccionador como de la puesta a tierra, la garantiza el interruptor automático.

### **Operación y mando**

La operación del seccionador de 3 posiciones es siempre manual mediante palanca de accionamiento.

La selección de la función (maniobra admisible sobre el seccionador) se realiza mediante un selector de tipo bandera.

### **Enclavamientos**

En el diseño tanto del interruptor automático como del seccionador, se han considerado todas las condiciones de operación, garantizando mediante enclavamientos adecuados la máxima seguridad de los operarios y la instalación, eliminando la posibilidad de realizar falsas maniobras.

La operación estándar del seccionador se realiza de forma manual mediante palanca de accionamiento.

Selección de función (maniobra admisible) mediante selector.

El diseño tipo bandera del selector, solamente permite que la palanca de accionamiento sea introducida en el punto de accionamiento correspondiente a la función seleccionada.

La palanca de accionamiento no puede ser extraída hasta que la maniobra del seccionador no haya sido totalmente finalizada.

El interruptor automático no puede ser cerrado, hasta después de haber puesto el selector de función en la posición neutra, que asegura el final de la maniobra.

El seccionador de 3 posiciones únicamente puede ser accionado cuando el interruptor automático se encuentra en posición abierto.

### **Combinación de interruptor automático y seccionador**

Impide todas las maniobras mecánicas y eléctricas en el interruptor automático hasta que el selector de maniobras del seccionador esté en la posición de neutro. Además, conectar el seccionador a tierra cancela todas las maniobras eléctricas en el interruptor. Por su parte, no se podrá realizar ninguna maniobra con el seccionador de 3 posiciones mientras el interruptor automático está cerrado.

### **Acceso a los cables de MT y la envolvente del transformador**

Como opción, la función de protección tiene una llave que se libera cuando esta función está conectada a tierra.

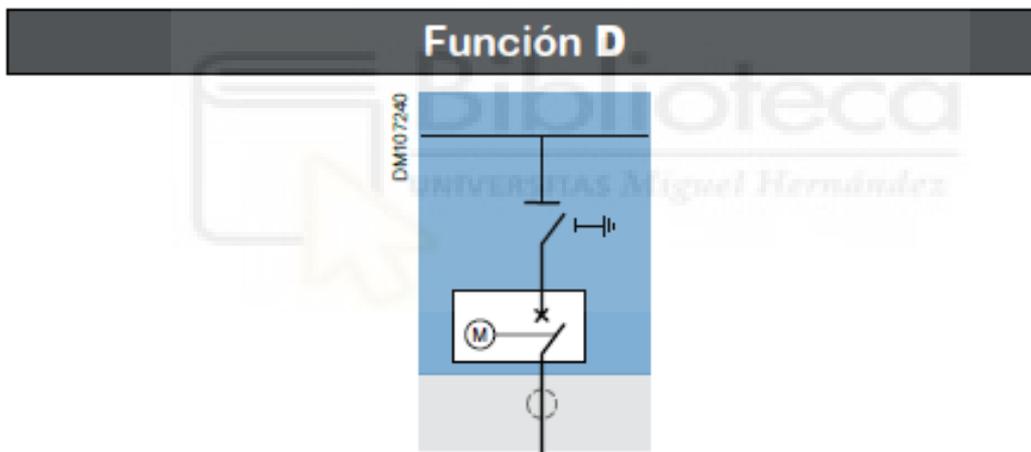
Del mismo modo, no es posible acceder al compartimento de los cables de MT a menos que esta unidad funcional esté conectada a tierra.

Adicionalmente, hay enclavamientos internos específicos que impiden cualquier maniobra en el interruptor automático y el seccionador de 3 posiciones cuando se haya retirado el panel de acceso al compartimento de cables de MT o la llave de enclavamiento de puesta a tierra.

Hay otros enclavamientos especiales por candado que también se pueden incluir opcionalmente.

### Esquema unifilar

La función de protección presenta el siguiente esquema unifilar:



#### 8.1.3. FUNCIÓN DE REMOTE (0)

##### Enclavamientos

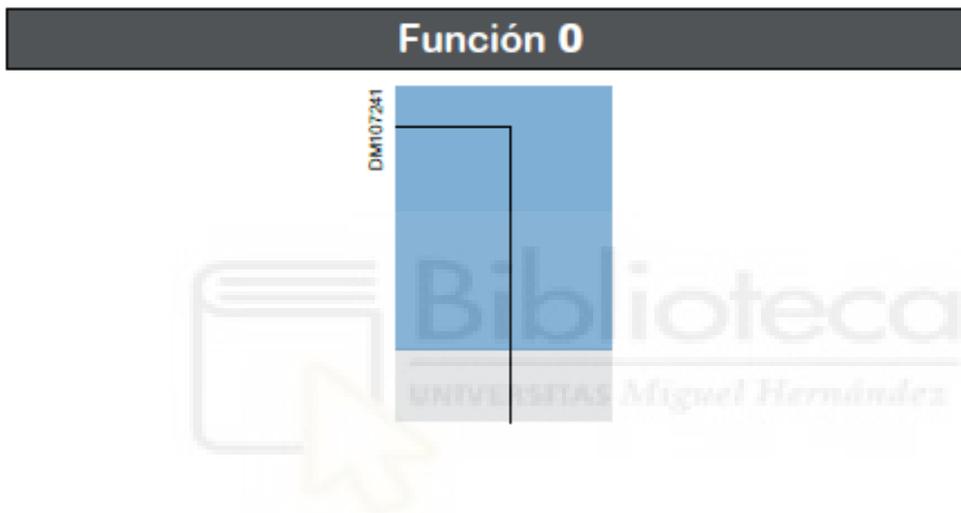
Se debe prestar especial atención al uso apropiado de enclavamientos que eviten la conexión a tierra accidental de la línea de MT estando ésta en tensión. Al acceder a los conectores de la función de remonte, debe verificarse siempre que no exista tensión en este punto del circuito. Después de verificar que no hay tensión, se puede desmontar el panel. También hay disponibles, en opción, enclavamientos mediante llave que garanticen la puesta a tierra de los cables.

## Indicador de presencia de tensión

Incorporados en la parte frontal del equipo se encuentran los sistemas indicadores de presencia de tensión de acuerdo con la norma IEC 61958. Un LED intermitente indica la presencia de tensión en el cable correspondiente a la fase indicada (L1-L2-L3).

## Esquema unifilar

La función de protección presenta el siguiente esquema unifilar:



## 8.2. CELDA INTERMEDIA (LLD)

Esta celda dispone de una entrada de línea, una protección de trafo, y por último una salida de línea, la cual se conectará a la entrada de línea del siguiente transformador.

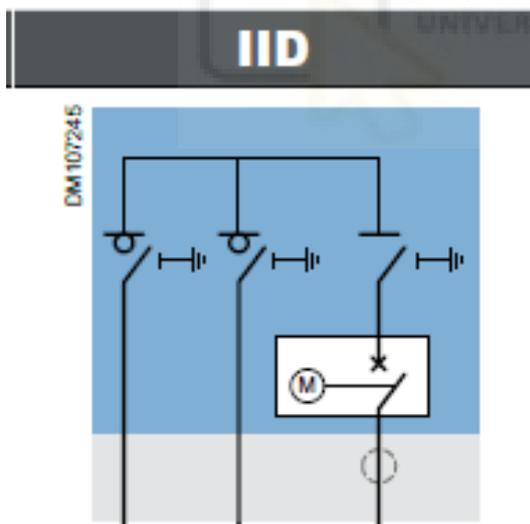
En la entrada de línea, la tensión que sale del aerogenerador y entra a la celda, se encuentra a 690 V. La celda lo eleva a 20.000 V y lo transporta a la entrada del siguiente transformador, que se encuentra en la base del segundo aerogenerador.

Esta celda presenta las siguientes características:

<b>Tensión nominal</b>	Ur	kV	36
<b>Frecuencia nominal</b>	Fr	Hz	50/60
<b>Nivel de aislamiento</b>			
A frecuencia industrial (50/60 Hz – 1 min)	Ud	kV	70

Impulsito tipo rayo	Up	kV	170
Intensidad nominal	Ir	A	630
Corriente admisible de corta duración asignada	Ik	kA	20/25
Corriente admisible de cresta asignada	Ip	kA	50/62.5
<b>Poder de corte</b>			
Cortocircuito	Isc	kA	20/25
Corriente de corte de falta a tierra asignada	Ief1	A	70
Corriente de corte de línea y cable en vacío asignada bajo condiciones de falta a tierra	Ief2	A	40
Intensidad nominal de corte de carga por cable	Icc	A	20/25
<b>Poder de cierre del interruptor y del seccionador de puesta a tierra</b>	I <sub>ma</sub>	kA	50 o 52
<b>Extensibilidad</b>			LE-LLD

En cuanto al esquema unifilar de esta celda es el siguiente:



### 8.3. CELDA CONFLUENCIA (LLD0)

Esta celda es como la Intermedia del apartado anterior, pero dispone de otra salida de línea más. Por tanto, estaría formado por 2 salidas de línea, una protección de transformador y una entrada de línea.

A la entrada de línea le llega la salida de línea del otro aerogenerador, y la tensión de 690 V del aerogenerador en el que se encuentra. La entrada de línea envía la corriente a la última celda, la de Final de línea.

En cuanto a las características de la celda, son las mismas que la Intermedia. Su esquema unifilar es el mismo que el de la celda Intermedia, pero en este caso añadimos la parte de la función 0, que se puede apreciar en el apartado 8.1.3 “Función de remonte (0)” de la presente memoria.

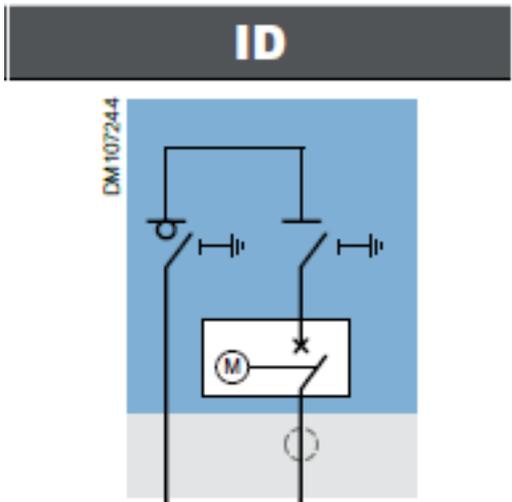
#### 8.4. CELDA FINAL DE LÍNEA (LD)

Esta última celda está formada por la protección del transformador, y la entrada de línea. La función de esta celda es recibir la corriente del segundo aerogenerador, que dispone de celda de confluencia, y transportarla hacia la red de distribución. Esta celda se trata de una de tipo Outdoor, es decir, que no se encuentra dentro de la base de un aerogenerador, sino que se encuentra fuera, al aire libre.

En cuanto a sus características, son las siguientes:

<b>Tensión nominal</b>	Ur	kV	36
<b>Frecuencia nominal</b>	Fr	Hz	50/60
<b>Nivel de aislamiento</b>			
A frecuencia industrial (50/60 Hz – 1 min)	Ud	kV	70
Impulsito tipo rayo	Up	kV	170
Intensidad nominal	Ir	A	630
Corriente admisible de corta duración asignada	Ik	kA	20/25
Corriente admisible de cresta asignada	Ip	kA	50/62.5
<b>Poder de corte</b>			
Cortocircuito	Isc	kA	20/25
Corriente de corte de falta a tierra asignada	Ief1	A	70
Corriente de corte de línea y cable en vacío asignada bajo condiciones de falta a tierra	Ief2	A	40
Intensidad nominal de corte de carga por cable	Icc	A	20/25
<b>Poder de cierre del interruptor y del seccionador de puesta a tierra</b>	I <sub>ma</sub>	kA	50 o 52 / 63 o 65
<b>Extensibilidad</b>			-

Por último, presenta este esquema unifilar:



## 9. OBRA CIVIL

### 9.1. VÍAS DE ACCESO

Una parte importante del presente proyecto es un diseño correcto de los accesos a construir, o aprovechando las vías existentes. Estas vías pueden ser, según donde se encuentren, vías de acceso al parque y vías interiores de la instalación.

Las vías de acceso al parque se realizarán desde cualquier carretera de la red general de carreteras, excepto autovías o autopistas.

Las vías interiores se tratan de accesos específicos que se realizan mediante una nueva construcción, previamente diseñadas. Si existiera alguna vía existente dentro del emplazamiento, se intentará seguir su trazado en la medida de lo posible.

Las vías de acceso se construirán con una capa de 4. Centímetros de zahorra artificial y un acabado en zahorra fina, que se colocará una vez han pasado los transportes especiales.

#### 9.1.1. DIMENSIONES DE LAS VÍAS

Las vías de acceso deben tener una anchura adecuada para que el material sea transportado de forma segura. Normalmente suelen ser de 5 metros, aunque las interiores pueden variar según si el montaje mecánico del aerogenerador se realiza con desmontaje de grúa o no.

Si se realiza desmontaje, el ancho será entre 5 y 6 metros, mientras que si no, la anchura podrá oscilar entre 8 y 10 metros, de acuerdo a las medidas de la grúa.

Una vez terminen los trabajos de montaje, las vías interiores serán regeneradas y su ancho se reducirá a 5 o 6 metros.

### 9.1.2. PENDIENTE TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL

Para diseñar los tramos de acceso e interiores, se deberán evitar pendientes transversales y longitudinales en la medida de lo posible. Si el terreno no lo permite, se acotarán valores máximos y mínimos según la legislación.

La pendiente transversal de la vía de acceso tiene unos valores máximos y mínimos del 2% y 0,2%, respectivamente. En cuanto a las interiores, estos valores dependen de si hay movimiento interno de grúa. Si existe movimiento de grúa el máximo de la pendiente se reduce al 0,5%, mientras que si no existe, los valores se mantienen igual que en las vías de acceso.

Para el caso de la pendiente longitudinal, los valores son menos estrictos. Se deben presentar un firme de hormigón, u otro tipo de pavimento, con el que se consiga un firme rugoso para mejorar la tracción de transportes.

PENDIENTES LONGITUDINALES MÁXIMAS		
	Tramo recto	Tramo curvo
Vías de acceso	10-13% sin hormigonar si la pendiente <200m	6-7% sin hormigonar
	>19% hormigonado	>10% hormigonado
Vías interiores	7-10%	7-10%

### 9.1.3. RADIO DE LA CURVATURA

Los radios de las curvas vienen determinados por la longitud de las palas que se transportarán, las cuales deben ir asentadas sobre una plataforma en ambos extremos y en el centro. Cuanto menor es el radio de curvatura, mayor es el sobreecho que tendrá la vía en la curva.

Por tanto, es necesario que para transportar las palas no exista ningún obstáculo en ninguna zona, tanto exterior como interior, debido al vuelo de la pala sobre el transporte.

#### 9.1.4. GÁLIBO DE PASO DE TRANSPORTE

La distancia en anchura y transporte del material necesario para la construcción de los dos aerogeneradores del presente proyecto estará determinada por el material más grande a transportar. Normalmente el primer tramo de la torre es el primero al ser el componente estructural de mayor diámetro.

Con el objetivo de no interferir o dañar las estructuras de comunicación existentes en las vías de acceso, será necesario aumentar la altura libre de las líneas eléctricas o telefonía y emplear señalización mediante un gálibo de seguridad.

#### 9.1.5. DISEÑO DE LAS VÍAS

El diseño de las vías se realizará mediante rasantes o líneas de nivel en dos montes con el objetivo de minimizar el impacto ambiental. En el camino empleado se trata de compensar volúmenes de excavación con los productos resultantes del desmonte, para reducir el transporte en exceso de tierras al vertedero.

### 9.2. CELDAS DVCA

La celda DVCA de final de línea, es la única de los 3 transformadores instalados que se encontrará fuera de los aerogeneradores. Los otros dos, el de confluencia y la intermedia se encontrarán en el interior de la base del aerogenerador, como se ha descrito en los anteriores apartados.

Aun así, las tres celdas habrá que construirlas previamente. Para ello, se indica a continuación las medidas de éstas, así como su peso.

TIPO	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Peso (kg)
ID	1800	1320	980	600
IID	1800	1320	980	600
IID0	1800	1661	980	883

En los planos se podrá ver con mayor detalle la forma y las medidas de cada celda empleada en el presente proyecto.

### **9.3. AEROGENERADORES**

#### **9.3.1. COTA DE LOS AEROGENERADORES**

Los dos aerogeneradores SUZLON S95/2100 de los que dispone el presente parque eólico se encuentran separados a una distancia de 340 metros, y a una diferencia de altura de 10 metros, como se puede observar en el plano de emplazamiento.

Por ello, habrá que realizar obras de tal forma que ambos aerogeneradores se encuentren a la misma cota de altura. Para ello, habrá que reducir la pendiente de elevación, que se podrá apreciar que es de 2,95 %, a cero. Con esto se conseguirá que ambos estén al mismo nivel y alineados.

#### **9.3.2. CIMENTACIONES**

Se construirán zapatas prefabricadas de la marca Gestamp para cada uno de los aerogeneradores. Estas zapatas presentan una sección en "T", de forma que estructuralmente es más eficiente y dúctil. El hormigón soporta elevados esfuerzos de compresión, pero nulos esfuerzos de tracción. Para ello se realizará una excavación de 391,73 m<sup>3</sup>, en vez de 815 m<sup>3</sup> en el caso de la convencional, ahorrando así un 51,95%. Esta fase del montaje de los aerogeneradores se trata de la más crítica, ya que cada aerogenerador supera las 100 toneladas. Por ello, es extremadamente importante construir una base sólida y estable capaz de soportar toda la estructura.

Se realizarán excavaciones, montajes de armaduras, hormigonado y se empleará también hormigón de limpieza.

#### **9.3.3. MONTAJE**

Se emplearán dos tipos de grúas: una de 200 toneladas, con la que se montarán los dos primeros tramos del aerogenerador, y otra de 500 toneladas. Esta última se empleará para el montaje del rotor y de la góndola.

La góndola se izará de forma completa, aunque se podría izar de forma modular, en caso de aerogeneradores muy grandes, superiores a 4 MW. Nuestros

aerogeneradores no son tan grandes, por eso, la góndola se izará de la forma descrita.

El rotor se izará montado desde el suelo, elevándose en posición horizontal empleando las dos grúas. Una vez ha sobrepasado una altura determinada, se colocará en posición de anclaje.

Cuando el aerogenerador ha sido montado, se conectarán los sistemas eléctricos que permitirán la puesta en funcionamiento.



# **ANEJO I: EFICIENCIA ENERGÉTICA** **DE LOS AEROGENERADORES**



## 1. OBJETO

El presente anejo tiene como objeto presentar la eficiencia energética del aerogenerador empleado para el parque eólico, comparado con el resto de las opciones que se describen en la memoria del mismo.

Para ello, se hará uso de la aplicación del cálculo que presenta la página web The Wind Power, la cual dispone de una calculadora, que más adelante se explicará los parámetros a introducir y que resultados obtenemos.

## 2. CÁLCULO EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para calcular la potencia producida en kWh al año, usaremos la calculadora de potencia eólica de la que dispone la página The Wind Power.

Esta calculadora nos pedirá pedir los siguientes parámetros, tanto del emplazamiento como del aerogenerador a emplear:

- El parámetro 'k' de la distribución de Weibull.
- La velocidad media de la zona en m/s.
- La altura a la que se encuentran las ráfagas de viento que aprovecharán nuestros aerogeneradores para producir la energía total.
- La potencia nominal de nuestro aerogenerador modelo en kW.
- La velocidad de corte del viento en m/s a partir de la cual nuestro aerogenerador empezará a trabajar.
- La velocidad de corte del viento en m/s a partir de la cual nuestro aerogenerador deja de producir energía, debido a que dicha velocidad es demasiado alta, y por seguridad, deja de funcionar.
- El diámetro del rotor del aerogenerador.
- La altura a la que se encuentra la góndola del aerogenerador.

También habrá que introducir en una tabla, los valores de la curva de potencia de nuestro aerogenerador, para una mayor precisión en cuanto al cálculo de la potencia neta anual, y de la eficiencia.

A continuación, se muestra la calculadora de la aplicación, con los parámetros vacíos:

**Wind Turbine Power Calculator**  
Do not operate the form until this page and its programme have loaded completely.

**CALCULATOR**

Site Data  ?

Air Density Data  
 °C temp at  m altitude (=  kPa pressure) ?  
 kg/m<sup>3</sup> density

Wind Distribution Data for Site  
 Weibull shape parameter  
 m/s mean =  Weibull scale parameter ?  
 m height, Roughness length  m = class

Wind Turbine Data   kW  
 m/s cut in wind speed,  m/s cut out wind speed  
 m rotor diameter,  m hub height  ?

?

Site Power Input Results      Turbine Power output Results  
 Power input\*  W/m<sup>2</sup> rotor area      Power output\*  W/m<sup>2</sup> rotor area  
 Max. power input at\*  m/s      area  
 Mean hub ht wind speed\*  m/s      Energy output\*  kWh/m<sup>2</sup>/year ?  
    Energy output\*  kWh/year  
    Capacity factor\*  per cent

Wind Turbine Power Curve

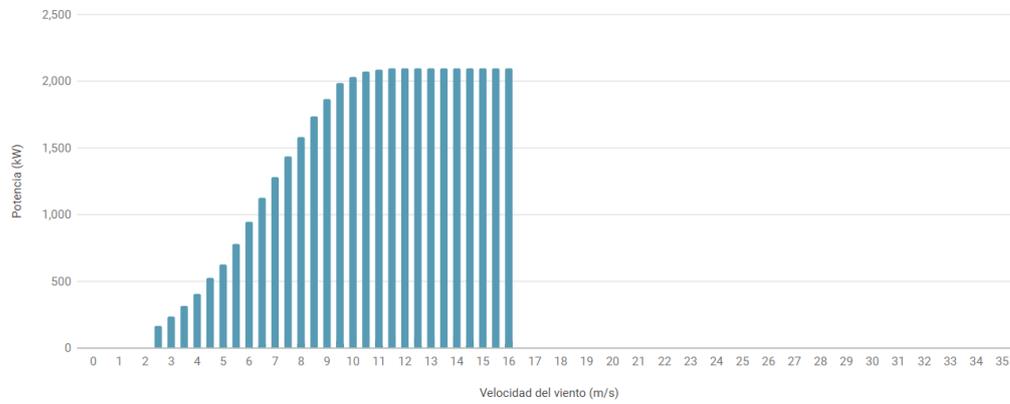
m/s.....kW		m/s.....kW		m/s.....kW	
1	0	11	444	21	592
2	0	12	533	22	590
3	2	13	584	23	580
4	17	14	618	24	575
5	45	15	619	25	570
6	72	16	618	26	0
7	124	17	619	27	0
8	196	18	620	28	0
9	277	19	610	29	0
10	364	20	594	30	0

El resultado final se muestra donde pone "Energy output kWh/year", que se trata de la energía producida neta del aerogenerador medida en kWh/año, como se ha indicado previamente, y debajo de ésta, donde se indica "Capacity factor percent", ese apartado se trata de la eficiencia energética expresada en tanto por ciento, cuyo resultado es el que se justifica en el presente anejo.

## 2.1. AEROGENERADOR SUZLON S95/2100

Emplearemos la calculadora para conocer la eficiencia energética de nuestros aerogeneradores elegidos. Los datos que hemos introducidos se podrán observar en la memoria del presente proyecto.

Curva de potencia



Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
2.5	170
3	240
3.5	320
4	410
4.5	530
5	630
5.5	784
6	950
6.5	1130
7	1285
7.5	1440
8	1585
8.5	1740
9	1870
9.5	1990
10	2035
10.5	2076
11	2090
11.5	2100
12	2100
12.5	2100
13	2100
14	2100
15	2100
16	2100

**CALCULATOR**

Site Data  ?

Air Density Data  
 °C temp at  m altitude (=  kPa pressure) ?  
 kg/m<sup>3</sup> density

Wind Distribution Data for Site  
 Weibull shape parameter  
 m/s mean =  Weibull scale parameter ?  
 m height, Roughness length  m = class

Wind Turbine Data   kW  
 m/s cut in wind speed,  m/s cut out wind speed  
 m rotor diameter,  m hub height  ?  
 Note: Hub height differs from wind measurement height

?

Site Power Input Results      Turbine Power output Results  
 Power input\*  W/m<sup>2</sup> rotor area      Power output\*  W/m<sup>2</sup> rotor area  
 Max. power input at\*  m/s      Energy output\*  kWh/m<sup>2</sup>/year ?  
 Mean hub ht wind speed\*  m/s      Energy output\*  kWh/year  
    Capacity factor\*  per cent

Wind Turbine Power Curve

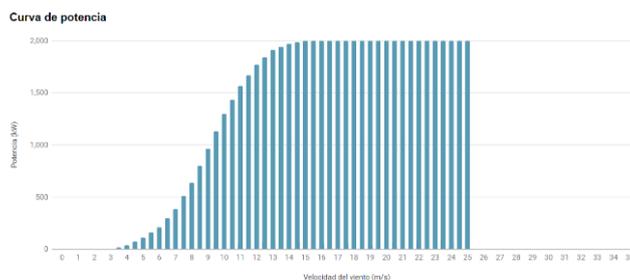
m/s.....kW		m/s.....kW		m/s.....kW	
1	2	11	2090	21	0
2	20	12	2100	22	0
3	69	13	2100	23	0
4	160	14	2100	24	0
5	320	15	2100	25	0
6	550	16	2100	26	0
7	870	17	0	27	0
8	1310	18	0	28	0
9	1850	19	0	29	0
10	2035	20	0	30	0

Como se puede apreciar, nuestro aerogenerador, produce 7.269,833 MWh al año, y su eficiencia energética es del 39%.

## 2.2. AEROGENERADOR GAMESA G80-2MW

A continuación, nos dispondremos a mostrar los resultados que presenta la calculadora, al introducir los parámetros del aerogenerador GAMESA G80-2MW:

Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
3.5	20
4	40
4.5	76
5	113
5.5	163
6	213
6.5	300
7	388
7.5	513



8	639
8.5	802
9	965
9.5	1133
10	1300
10.5	1434
11	1568
11.5	1670
12	1772
12.5	1843
13	1913
13.5	1943
14	1973
14.5	1987
15	2000
16	2000
17	2000
18	2000
19	2000
20	2000
21	2000
22	2000
23	2000
24	2000
25	2000



**CALCULATOR**

Site Data Select Site Data ?

Air Density Data

15 °C temp at 0 m altitude (= 101.325 kPa pressure) ?

1.22565273 kg/m<sup>3</sup> density

Wind Distribution Data for Site

1.62 Weibull shape parameter

7.1093 m/s mean = 7.94601542 Weibull scale parameter ?

100 m height, Roughness length 0.055 m = class 1.5 v

---

Wind Turbine Data User Example 2000 kW

3.5 m/s cut in wind speed, 25 m/s cut out wind speed

80 m rotor diameter, 60 m hub height Std Heights v ?

Note: Hub height differs from wind measurement height

---

Calculate Reset Data Power Density Power Curve Power Coefficient ?

---

Site Power Input Results Turbine Power output Results

Power input\* 436 W/m<sup>2</sup> rotor area Power output\* 117 W/m<sup>2</sup> rotor area

Max. power input at\* 12.2 m/s area

Mean hub ht wind speed\* 6.6 m/s Energy output\* 1026 kWh/m<sup>2</sup>/year ?

Energy output\* 5155338 kWh/year

Capacity factor\* 29 per cent

---

Wind Turbine Power Curve

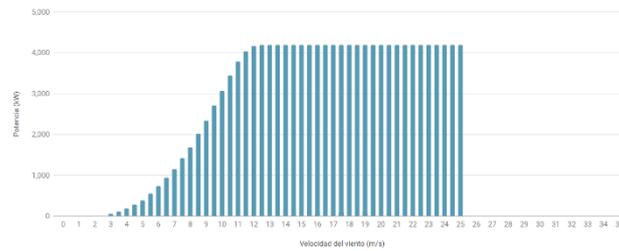
m/s.....kW		m/s.....kW		m/s.....kW	
1	0	7.5	513	15	2000
2	0	8	639	16	2000
3.5	20	8.5	802	17	2000
4	40	9	965	18	2000
4.5	76	9.5	1133	19	2000
5	113	10	2100	20	2000
5.5	163	11	1568	21	2000
6	213	12	1772	25	2000
6.5	300	13	1913	29	0
7	388	14	1973	30	0

Como podemos ver, el aerogenerador GAMESA G80-2MW, produce 5.155,338 MWh al año, y su eficiencia energética es del 29%.

### 2.3. AEROGENERADOR MHI VESTAS V117/4200

Por último, mostraremos los resultados que presenta la calculadora, al introducir los parámetros del aerogenerador MHI VESTAS V117/4200:

Velocidad del viento (m/s)	Potencia (kW)
3	70
3.5	120
4	197
4.5	290
5	394
5.5	560
6	742
6.5	949
7	1.160
7.5	1.427
8	1.693
8.5	2.025
9	2.343
9.5	2.720
10	3.073
10.5	3.450
11	3.793
11.5	4.045
12	4.175
12.5	4.200
13	4.200
13.5	4.200
14	4.200
14.5	4.200
15	4.200
16	4.200
17	4.200
18	4.200
19	4.200
20	4.200
21	4.200
22	4.200
23	4.200
24	4.200
25	4.200



### Wind Turbine Power Calculator

Do not operate the form until this page and its programme have loaded completely.

**CALCULATOR**

Site Data  ?

Air Density Data  
 °C temp at  m altitude (=  kPa pressure) ?  
 kg/m<sup>3</sup> density

Wind Distribution Data for Site  
 Weibull shape parameter  
 m/s mean =  Weibull scale parameter ?  
 m height, Roughness length  m = class

---

Wind Turbine Data   kW  
 m/s cut in wind speed,  m/s cut out wind speed  
 m rotor diameter,  m hub height  ?  
 Note: Hub height differs from wind measurement height

?

---

Site Power Input Results                      Turbine Power output Results

Power input\*  W/m<sup>2</sup> rotor area      Power output\*  W/m<sup>2</sup> rotor area

Max. power input at\*  m/s

Mean hub ht wind speed\*  m/s      Energy output\*  kWh/m<sup>2</sup>/year ?

Energy output\*  kWh/year

Capacity factor\*  per cent

Wind Turbine Power Curve

m/s.....kW	m/s.....kW	m/s.....kW			
3	40	13	3990	23	4200
4	100	14	4200	24	4200
5	197	15	4200	25	4200
6	390	16	4200	26	0
7	500	17	4200	27	0
8	900	18	4200	28	0
9	1200	19	4200	29	0
10	1700	20	4200	30	0
11	2300	21	4200		
12	2700	22	4200		

Podemos observar que el aerogenerador MHI VESTAS V117/4200, produce 7.771,976 MWh al año, pero su eficiencia energética es del 37% debido a las condiciones de nuestro emplazamiento.

### 3. CONCLUSIÓN

Una vez visto los resultados de la eficiencia energética y de la producción anual, podemos justificar la elección del aerogenerador SUZLON S95/2100, ya que es el que presenta mayor eficiencia energética, con respecto al resto de opciones.

Además, como la velocidad media del viento de nuestro emplazamiento es de 7 m/s, si observamos las curvas de potencia, podemos presuponer que es el que más rápido produce los 2MW, que son la potencia objetivo del proyecto.

Es por eso que, si usáramos otros modelos, sería necesario aumentar el número de aerogeneradores para conseguir la potencia objetivo del parque. Dicho aumento, implicaría un mayor coste, y al final la eficiencia no sería tan alta que con los dos aerogeneradores SUZLON S95/100 que se emplean.



## ANEJO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

## 1. OBJETO

El objetivo del presente anejo es justificar los cálculos realizados para la elección de la sección de los cables de media tensión de los aerogeneradores, que se conectarán con el centro de transformación.

También el presente anejo justifica la elección de los diámetros de los conductores, y la explicación y cálculo de la toma de tierra del parque eólico del proyecto.

Para estos cálculos se tendrá en cuenta las normativas del Reglamento Eléctrico de Alta Tensión para la sección de los cables y diámetro de conductores, y el Reglamento Eléctrico de Baja tensión, para la puesta a tierra del parque.

## 2. SECCIONES DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

El cálculo de la línea de media tensión se realizará de acuerdo con la normativa del Reglamento Eléctrico de Alta tensión. Para ello, se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible
- Caída de tensión
- Corriente de cortocircuito

### 2.1. SECCIÓN SEGÚN LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La intensidad máxima admisible es la intensidad en la cual el cable no supera la temperatura máxima asignada. Primero calcularemos la intensidad de la línea de media tensión, cuya fórmula es:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1.285.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 1} = 37,09 A$$

Donde:

- P es la Potencia
- U la tensión de servicio
- $\cos\varphi$  es el factor de potencia

Una vez hemos calculado la intensidad de la línea, tenemos que elegir la sección de tal manera que la intensidad máxima admisible  $I_z$  sea mayor que la intensidad de línea  $I_B$ . Esta comprobación se puede realizar mediante la tabla 12 del Reglamento de AT, en el apartado 6.1.2.2.5 “Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares”. Dicha tabla se presenta a continuación:

**Tabla 12. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo.**

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Debe cumplirse:

$$I_B \leq I_z$$

Dado que  $I_B = 37,09A$ , la sección mínima que debe cumplir según la Tabla 12 del Reglamento de AT sería de 25 mm<sup>2</sup>, al tratarse de un cable tipo XLPE de cobre. Sin embargo, según el MT 2.31.01 del proyecto tipo de Iberdrola, deberíamos elegirlo de 240 mm<sup>2</sup> ya que, aunque el cálculo actual sea el del cliente (la Universidad Miguel Hernández en el caso del presente proyecto), más adelante tendremos que diseñar los cables de acuerdo a la normativa de Iberdrola, que es la que se encarga de la distribución de la red. Tampoco saldría rentable comprar dos secciones distintas de cable, debido a la longitud de la línea.

En la siguiente tabla podemos observar la explicación de los 240 mm<sup>2</sup>:

Tipo constructivo	Tensión Nominal (kV)	Sección Conductor (mm <sup>2</sup> )	Sección pantalla (mm <sup>2</sup> )
HEPRZ1 o RHZ1	12/20	240 400	16
	18/30	240 400 630	25

Por ello, la sección del cable será de 240 mm<sup>2</sup> de acuerdo al criterio de intensidad máxima admisible.

$$I_B = 37,09A \leq I_Z = 415A$$

## 2.2. SECCIÓN SEGÚN LA CAÍDA DE TENSIÓN

Ahora comprobaremos si la sección de cable que hemos elegido mediante el anterior criterio de la intensidad máxima admisible cumple también con el de caída de tensión. Si no cumpliese, deberíamos aumentar la sección del cable para que cumpla dicho criterio. Para ello, se empleará la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

- I es la Intensidad de línea calculada en el anterior apartado
- L la longitud de línea
- R la Resistencia máxima a 90°C
- X la reactancia por fase

La siguiente tabla 2b del MT 2.31.01 apartado 7.1 "Cables" muestra los valores de la resistencia máxima a 90°C para cables XLPE de cobre de 240 mm<sup>2</sup> de sección y tensión nominal 12/20 kV:

Sección mm <sup>2</sup>	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 90°C Ω /km	Reactancia por fase al tresbolillo Ω /km	Capacidad μ F/km
240	12/20	0,162	0,101	0,295
400		0,102	0,090	0,390
240	18/30	0,162	0,102	0,221
400		0,102	0,097	0,286
630		0,061	0,098	0,437

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 37,09 \cdot 0,5 \cdot (0,101 \cdot 1 + 0,090 \cdot 0)$$

$$\Delta U = 3,24 \text{ V}$$

$$\Delta U = \frac{3,24}{20.000} \cdot 100\% = 0,0162\% < 5\%$$

5% es la caída de tensión máxima en redes de distribución.

Por tanto, la sección de cable de 240 mm<sup>2</sup> que hemos elegido cumple el criterio de cálculo de sección por caída de tensión.

### 2.3. SECCIÓN SEGÚN LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE UN CORTOCIRCUITO

El reglamento electrotécnico de Alta tensión indica que “Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo con la norma UNE 21192, siendo válido el cálculo aproximado de las densidades de corriente”. Para ello se debe cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

- $I_{cc}$  es la intensidad de cortocircuito en amperios.
- $S$  la sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.
- $K$  es el coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperatura al inicio y final del cortocircuito.
- $T_{cc}$  es la duración del cortocircuito, en segundos.

En la siguiente tabla se presentan las densidades máximas admisibles de la corriente de cortocircuito en conductores de cobre, en función de los tiempos de duración de cortocircuito:

**TABLA 25. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de cobre.**

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, t <sub>cc</sub> , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección ≤ 300 mm <sup>2</sup>	90	363	257	210	162	148	115	93	81	72	66
sección > 300 mm <sup>2</sup>	70	325	229	187	145	132	102	83	72	65	59
XLPE, EPR y HEPR U <sub>0</sub> /U > 18/30 kV	160	452	319	261	202	184	143	116	101	90	82
HEPR U <sub>0</sub> /U ≤ 18/30 kV	145	426	301	246	190	174	135	110	95	85	78

\* Δθ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Como se puede apreciar en la tabla, en nuestro caso, la densidad máxima sería de 190 A/mm<sup>2</sup>. El valor de la Intensidad de cortocircuito es de 20/3 kA.

Según la sección elegida de 240 mm<sup>2</sup> por el criterio de intensidad máxima admisible y caída de tensión (apartados 2.1 y 2.2 del presente anejo), sí cumpliríamos con la densidad máxima admisible, dado que:

$$\frac{6,67 \cdot 10^3}{240} = 266,67 \frac{A}{mm^2}$$

Por tanto, cumpliríamos con los 3 diferentes criterios de sección y nuestro cable tendría una sección final de 240 mm<sup>2</sup>.

### 3. PUESTA A TIERRA

#### 3.1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta de conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

### 3.2. CÁLCULO RESISTENCIA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES

El sistema de puesta a tierra consiste en un anillo de cobre interior a la torre del aerogenerador alrededor de su perímetro interno de 5 metros de diámetro y 1 metro de profundidad, y un anillo de cobre con forma cuadrada concéntrico exterior a la cimentación unido por cuatro puntos a los redondos de acero situados en los puntos medios de las aristas externas de la cimentación de 15 metros de lado. Estos dos anillos formarán una superficie equipotencial.

Con el objetivo de calcular la resistencia de las tomas de tierra usaremos la ITC-BT-18 “Instalaciones de puesta a tierra”, apartado 9 “Resistencia de las tomas de tierra”.

El REBT indica en esta sección lo siguiente:

“La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla 3 muestra, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla 4.

Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas.”

A continuación se muestran las tablas 3, 4 y 5 mencionadas antes en el REBT:

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
$\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Por tanto, utilizaremos la fórmula  $R = \frac{\rho}{L}$  para las picas verticales. Para dicho cálculo habrá que tener en cuenta el número de picas. Por tanto, la fórmula se queda así:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L}$$

Donde  $n$  es el número total de picas.

También usaremos la fórmula  $R = 2 \cdot \frac{\rho}{L}$  para el conductor enterrado horizontalmente, donde  $L$  es la longitud total del conductor.

Por ello, la fórmula final para el cálculo de la resistencia a puesta a tierra de los aerogeneradores es la siguiente:

$$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L} + \frac{\rho}{n \cdot L}$$

Donde:

- $\rho$  es la resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).
- $L$  es la longitud de la pica o el conductor.
- $N$  es el número de picas-

La resistividad de nuestro terreno será de  $200 \Omega \cdot m$  al tratarse de un terreno de caliza blanda.

La longitud de las picas verticales es de 2 metros.

La longitud de los dos anillos son las siguientes:

Longitud del anillo interior de cobre de 5 m de diámetro:

$$L_1 = \pi \cdot d = \pi \cdot 5 = 15,71m$$

La longitud del anillo exterior de cobre cuadrado de 15 metros de lado:

$$L_2 = 4 \cdot L = 4 \cdot 15 = 60m$$

Por tanto, la longitud del conductor enterrado será:

$$L_{horizontal} = L_1 + L_2 = 60 + 15,71 = 75,71m$$

Con objeto de conseguir una resistencia a tierra mejor, se unirán las puesta a tierra de ambos aerogeneradores. Por ello, añadiremos la longitud de distancia entre los dos aerogeneradores que es de 340 metros.

$$L_{total} = 2 \cdot 75,71 + 340 = 491,42m$$

Ahora calculamos la puesta a tierra de los aerogeneradores.

$$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L_{total}} + \frac{\rho}{n \cdot L_{pica}} = 2 \cdot \frac{150}{491,42} + \frac{150}{4 \cdot 2} = 19,37\Omega$$

Para que actúen correctamente las protecciones de BT, considerando en el peor de los casos un interruptor diferencial de 300mA, se debe cumplir que:

$$R < \frac{V}{I_s} = \frac{24}{0,3} = 80\Omega$$

Por tanto:

$$R = 19,37 < 80 \Omega$$

Y nuestra resistencia de puesta a tierra cumple sobradamente con esta condición del REBT.



# ANEJO III: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



## 1. OBJETO

Según se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

### Tipo de Obra

El tipo de obra se encuentra descrito ya en la propia memoria del presente proyecto.

### Situación y Población

La situación de la obra a realizar, así como la población se recogen en la memoria del presente proyecto.

### Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de obra.

### **Suministro de agua potable**

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán de medios para contar con la misma desde el principio de la obra.

### **Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos**

Se dispondrá de servicios higiénicos y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

En caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

### **Interferencias y servicios afectados**

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que, si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

## **3. MEMORIA**

Para analizar los riesgos y medidas de prevención a adoptar, los trabajos serán divididos en unidades constructivas dentro de los apartados de montaje y obra civil. Cada una incluirá una descripción de los riesgos más frecuentes, las medidas preventivas y de las protecciones individuales:

### **Obra civil**

Movimiento de tierras

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al interior de la excavación.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamiento y aplastamientos por partes móviles de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno

Medidas preventivas:

- No permanecer bajo frente excavación.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Limpieza de bolos y viseras.
- Barandillas en borde de excavación.
- Apuntalamientos, apeos.
- Entibaciones.
- Conservación adecuada vías de circulación.
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- No permanecer en radio de acción de máquinas.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Protección partes móviles de la maquinaria.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Cinturón anti vibratorio.
- Ropa de trabajo.
- Botas o calzado de seguridad.

### **Cimentación y Estructura**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo o distinto nivel.
- Caídas de operarios al vacío.
- Atropellos, colisiones, alcances y vuelcos de camiones.
- Derivados acceso al lugar de trabajo.

- Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de entibaciones.
- Lesiones y/o cortes en las manos y los pies.
- Contactos directos e indirectos.
- Problemas de circulación interna de vehículos y maquinaria.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Quemaduras químicas debido al uso de cemento.

Medidas preventivas:

- Barandillas.
- Redes verticales y horizontales.
- Mallazos.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Limpieza en las zonas de trabajo y de tránsito.
- Distancia de seguridad a las líneas eléctricas.
- Andamios de seguridad.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Emplear bolsas porta-herramientas.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Cinturón antivibratorio y de seguridad.
- Traje de agua impermeable.
- Ropa de trabajo.
- Gafas de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Protectores auditivos.

Cerramientos

Riesgos más frecuentes:

- Riesgo de altura.
- Caídas de materiales y objetos sobre operarios.

- Lesiones y/o cortes en manos y pies debido a las herramientas empleadas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados del almacenamiento inadecuado de productos combustibles.

Medias preventivas:

- Andamios de seguridad y adecuados.
- Evacuación de escombros.
- Pasos o pasarelas.
- Plataforma de descarga de material.
- Delimitar la zona señalizándola.
- Evitar el paso del personal por la vertical de los trabajos en la medida de lo posible.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Pantalla de soldador.
- Guantes impermeables, así como de lona y piel.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.

**Albañilería**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos o al usar punteros y cortafríos.
- Lesiones y/o cortes en las manos y pies.
- Derivados del uso de aparata eléctrica.

Medias de prevención:

- Iluminación adecuada.
- Andamios de seguridad y adecuados.
- Limpieza de las zonas de tránsito y de trabajo.
- Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.

- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Guantes impermeables, así como de lona y piel.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.

## Montaje

Colocación de soportes y embarrados

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Choques o golpes contra objetos.
- Contactos directos e indirectos.
- Proyección de partículas.

Medidas de prevención:

- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de herramientas y útiles adecuados.
- Comprobar que las escaleras portátiles tienen elementos antideslizantes.
- Iluminación adecuada.
- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Guantes impermeables, así como de lona y piel.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.

Montaje de Celdas Prefabricadas o apartamenta y Cuadros de B.T.

Riesgos más frecuentes:

- Sobreesfuerzos.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caídas de materiales sobre operarios.

Medidas de prevención:

- Comprobar que ninguna persona se encuentre en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - Cables, poleas y tambores
  - Mandos y sistemas de parada.
  - Limitadores de carga y finales de carrera.
  - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

Operaciones de puesta en tensión

Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico en AT y BT.
- Arcos eléctricos en AT y BT.
- Elementos candentes.

Medidas de prevención:

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### **4. BOTIQUÍN DE OBRA**

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

#### **5. NORMATIVA APLICABLE**

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
  
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.



# DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

## **1. PLIEGO DE CONDICIONES ADMINISTRATIVAS**

### **1.1. OBJETO DEL PLIEGO**

El objeto y fin del presente pliego de condiciones administrativas es mostrar el conjunto de cláusulas que regulan los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los diferentes agentes de la edificación: promotor, constructor, proyectista, director de obra y director de ejecución de las obras.

### **1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS**

#### **1.2.1. DEFINICIÓN DE LOS AGENTES INTERVINIENTES**

Promotor: es el agente de la edificación que decide, impulsa, programa y financia las obras de edificación.

Proyectista: es el agente que redacta el proyecto por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente.

Constructor: es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de estas con sujeción al proyecto y al contrato, y siguiendo las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

Dirección facultativa: está constituida por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

Director de obra/instalación: es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

#### **1.2.2. FUNCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES**

El promotor tiene por obligaciones:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

El proyectista tiene por obligaciones:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

El constructor tiene por obligaciones:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto. Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar 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, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- 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.
- 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 profesional habilitado, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar los libros 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 en ellos se practiquen.
- Facilitar al profesional habilitado con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.

- Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de controles de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE (Ley de Ordenación y edificación).

El constructor también e 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:

<b>Parámetro de desempeño</b>	<b>Nivel exigido</b>
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 las especificaciones técnicas si, por razones atribuibles al constructor, 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.

El director de obra tiene por obligaciones:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y

- consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
  - Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
  - Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
  - Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurren a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
  - Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
  - Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
  - Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
  - Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
  - A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

El director de ejecución de obra tiene por obligaciones:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso

- de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
  - Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
  - Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
  - Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
  - Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del arquitecto y del constructor.
  - Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
  - Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al arquitecto.
  - Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
  - Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
  - Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
  - Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
  - Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

### **2.1. ALTA TENSIÓN**

#### **2.1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

El presente pliego de condiciones técnicas determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de ejecución de las líneas aéreas de alta tensión, así como de las condiciones técnicas del material a emplear.

#### **2.1.2. NORMATIVA**

- 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.
- REAL DECRETO 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Normas de Iberdrola (Manuales Técnicos MT y Normas Internas correspondientes cuando proceda)
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención
- 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.

También las normas UNE correspondientes de cumplimiento obligatorio:

#### **GENERAL:**

- UNE 20324:1993: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324/11V1:2000: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324:2004 ERRATUM : Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

- UNE 21308-1:1994: Ensayos en alta tensión. Parte 1: definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos.
- UNE-EN 50102:1996: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102 CORR:2002: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales.  
eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1:1999: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales.  
eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/AI CORR:2002: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 60060-2:1997: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-2/A11:1999: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-3:2006: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 60060-3 CORR. :2007: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 600711:2006: Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999: Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60270:2002: Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60865-1:1997: Corrientes de cortocircuito. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- UNE-EN 60909-0:2002: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
  
- UNE-EN 60909-3:2004: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra.

### **CABLES Y CONDUCTORES:**

- UNE 21144-1-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-1/2M:2002: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-2:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1/1M:2002: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1/21V1:2007: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-2:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
- UNE 21144-3-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 1: Condiciones de funcionamiento de referencia y selección del tipo de cable.
- UNE 21144-3-2:2000: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- UNE 21144-3-3:2007: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.

- UNE 21192:1992: Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 207015:2005: Conductores de cobre desnudos cableados para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 2110031:2001: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ( $U_m=1,2$  kV) a 3 kV ( $U_m=3,6$  kV).
- UNE 211003-2:2001: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ( $U_m=7,2$  kV) a 30 kV ( $U_m=36$  kV).
- UNE 211003-3:2001: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV ( $U_m=36$  kV).
- UNE 211004:2003: Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170$  kV) hasta 500 kV ( $U_m=550$  kV). Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE 211004/11V1:2007: Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170$  kV) hasta 500 kV ( $U_m=550$  kV). Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE 211435:2007: Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución.
- UNE-EN 50182:2002: Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 50182 CORR.:2005: Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 50183:2000: Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres en aleación de aluminio - magnesio silicio.
- UNE-EN 50189:2000 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres de acero galvanizado.
- UNE-EN 503971:2007: Conductores recubiertos para líneas aéreas y sus accesorios para tensiones nominales a partir de 1 kV c.a. hasta 36 kV c.a. Parte 1: Conductores recubiertos.
- UNE-EN 60228:2005: Conductores de cables aislados.
- UNE-EN 60228 CORR. :2005: Conductores de cables aislados.
- UNE-EN 607944:2006: Cables de fibra óptica. Parte 4: Especificación intermedia. Cables ópticos aéreos a lo largo de líneas eléctricas de potencia
- UNE-EN 61232:1996: Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.
- UNE-EN 61232/A11:2001: Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.

- UNE-1-113 620-5-E-1:2007: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de XLPE. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 5E-1, 5E-4 y 5E-5).
- UNE-1-113 620-5-E-2:1996: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de XLPE. Sección E-2: Cables reunidos en haz con fiador de acero para distribución aérea y servicio MT (tipo 5E-3).
- UNE-1-113 620-7-E-1:2007: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 7: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de EPR. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 7E-1, 7E-4 y 7E-5).
- UNE-HD 620-7-E-2:1996: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 7: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de EPR. Sección E-2: Cables reunidos en haz con fiador de acero para distribución aérea y servicio MT (tipo 7E-2).
- UNE-HD 620-9-E:2007: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 9E-1, 9E-4 y 9E-5).
- UNE-HD 632-3A:1999: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 3: Prescripciones de ensayo para cables con aislamiento de XLPE y pantalla metálica y sus accesorios. Sección A: Cables con aislamiento de XLPE y pantalla metálica y sus accesorios (lista de ensayos 3A).
- UNE-HD 632-5A:1999: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 5: Prescripciones de ensayo para cables con aislamiento de XLPE y cubierta metálica y sus accesorios. Sección A: Cables con aislamiento de XLPE y cubierta metálica y sus accesorios (lista de ensayos 5A).
- UNE-HD 632-6A:1999: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 6:

Prescripciones de ensayo para cables con aislamiento de EPR y pantalla metálica y sus accesorios. Sección A: Cables con aislamiento de EPR y pantalla metálica y sus accesorios (lista de ensayos 6A).

- UNE-HD 632-8A:1999: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 8: Prescripciones de ensayo para cables con aislamiento de EPR y cubierta metálica y sus accesorios. Sección A: Cables con aislamiento de EPR y cubierta metálica y sus accesorios (lista de ensayos 8A).
- PNE 211632-4A: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 4: Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 1, 2 y 3).
- PNE 211632-6A: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV ( $U_m = 42$  kV) hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV). Parte 6: Cables con aislamiento de XLPE y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 1, 2 y 3).

#### ACCESORIOS PARA CABLES:

- UNE 21021:1983: Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE-EN 61442:2005: Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) a 36 kV ( $U_m = 42$  kV)
- UNE-EN 61854:1999: Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para separadores.
- UNE-EN 61897:2000: Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para amortiguadores de vibraciones eólicas tipo Stockbridge.
- UNE-EN 61238-1:2006: Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV ( $U_m=42$  kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos.
- UNE-HD 629-1:1998: Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada de 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.
- UNE-HD 629-1/A1:2002: Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.

## APOYOS Y HERRAJES

- UNE 21004:1953: Crucetas de madera para líneas eléctricas.
- UNE 21092:1973: Ensayo de flexión estática de postes de madera.
- UNE 21094:1983: Impregnación con creosota a presión de los postes de madera de pino. Sistema Rüping.
- UNE 21097:1972: Preservación de los postes de madera. Condiciones de la creosota.
- UNE 21151:1986: Preservación de postes de madera. Condiciones de las sales preservantes más usuales.
- UNE 21152:1986: Impregnación con sales a presión de los postes de madera de pino. Sistema por vacío y presión.
- UNE 37507:1988: Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.
- UNE 207009:2002: Herrajes y elementos de fijación y empalme para líneas eléctricas aéreas de alta tensión.
- UNE 207016:2007: Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 207017:2005: Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.
- UNE 207018:2006: Apoyos de chapa metálica para líneas eléctricas aéreas de distribución.
- UNE-EN 12465:2002: Postes de madera para líneas aéreas. Requisitos de durabilidad.
- UNE-EN 60652:2004: Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas.
- UNE-EN 61284:1999: Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para herrajes.
- UNE-EN ISO 1461:1999: Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.

## APARAMENTA

- UNE 21120-2:1998: Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.
- UNE-EN 60265-1:1999: Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

- UNE-EN 60265-1 CORR: 2005: Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- UNE-EN 60265-2:1994: Interruptores de alta tensión. Parte 2: interruptores de alta tensión para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV
- UNE-EN 60265-2/A1:1997: Interruptores de alta tensión. Parte 2: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV.
- UNE-EN 60265-2/A2:1999: Interruptores de alta tensión. Parte 2: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV.
- UNE-EN 602821:2007: Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente UNE-EN 62271-100:2003: Paramenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- UNE-EN 62271-100/A1:2004: Paramenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- UNE-EN 62271-100/A2:2007: Paramenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- UNE-EN 62271-102:2005: Paramenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

## **AISLADORES**

- UNE 21009:1989: Medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rotula de los elementos de cadenas de aisladores
- UNE 21128:1980: Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.
- UNE 21128/1 M:2000: Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.
- UNE 21909:1995: Aisladores compuestos destinados a las líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE 21909/1M:1998: Aisladores compuestos destinados a las líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE 207002:1999 IN: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Ensayos de arco de potencia en corriente alterna de cadenas de aisladores equipadas.
- UNE-EN 60305:1998: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Elementos de las cadenas de aisladores de material

- cerámico o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.
- UNE-EN 60372:2004: Dispositivos de enclavamiento para las uniones entre los elementos de las cadenas de aisladores mediante rótula y alojamiento de rótula. Dimensiones y ensayos.
  - UNE-EN 60383-1:1997: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna.
  - Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
  - UNE-EN 60383-1/ A11:2000: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
  - UNE-EN 60383-2:1997: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Parte 2: Cadenas de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
  - UNE-EN 60433:1999: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Aisladores de cerámica para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de cadenas de aisladores de tipo bastón.
  - UNE-EN 61211:2005: Aisladores de material cerámico o vidrio para líneas aéreas con tensión nominal superior a 1000V. Ensayos de perforación con impulsos en aire.
  - UNE-EN 61325:1997: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Elementos aisladores de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente continua. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
  - UNE-EN 61466-1:1998: Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
  - UNE-EN 61466-2:1999: Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.
  - UNE-EN 61466-2/A1:2003: Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.
  - UNE-EN 62217:2007: Aisladores poliméricos para uso interior y exterior con una tensión nominal superior a 1000 V. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

## PARARRAYOS:

- UNE 21087-3:1995: Pararrayos. Parte 3: ensayos de contaminación artificial de los pararrayos.
- UNE-EN 60099-1:1996: Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-1/A1:2001: Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-4:2005: Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-4/A1:2007: Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-5:2000: Pararrayos. Parte 5: Recomendaciones para la selección y utilización.
- UNE-EN 60099-5/A1:2001: Pararrayos. Parte 5: Recomendaciones para la selección y utilización.

### 2.1.3. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico, municipal, así como, todas otras que se establezcan en la Memoria de este.

Se adoptarán, además, a las presentes condiciones particulares otras que complementarán las indicadas por los Reglamentos y normas citadas.

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, para este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, será igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista obtendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de iniciarse esta, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

#### **2.1.3.1. REPLANTEO DE LOS APOYOS**

El replanteo de los apoyos se hará en presencia y con el visto bueno del director de obra con arreglo a los planos de planta de la línea.

Se marcarán con estacas tanto el centro del apoyo como las esquinas de la cimentación con las medidas indicadas en el proyecto.

Se deberán tomar todas las medidas con la mayor exactitud, para conseguir que los ejes de las excavaciones se hallen perfectamente situados y evitar que haya necesidad de rasgar las paredes de los hoyos, con el siguiente aumento en el volumen de la fundación que sería a cargo de la Contrata.

#### **2.1.3.2. APERTURA DE HOYOS**

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

### 2.1.3.3. TRANSPORTE, ACARREO Y ACOPIO A PIE DE APOYO

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

#### 2.1.3.3.1. CIMENTACIONES

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de estos.

Para la cimentación de los apoyos, se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 150 Kg/m<sup>3</sup>, utilizando para su obtención materiales que cumplan con las siguientes características:

*Arena:* la arena puede proceder de ríos, minas, canteras, etc., Debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficies ásperas y de origen cuarzoso, desechando las de procedencia de terrenos que contengan mica, feldespato, etc.

*Piedra o grava:* La piedra podrá proceder de graveras de río o canteras, pero siempre se suministrará limpia, no conteniendo en su exterior partes calizas, polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Las dimensiones podrán establecerse entre 1 y 6 cm., siendo preferible tenga superficie con aristas y granulometría apropiadas. Se prohíbe el empleo del llamado revoltón, o sea, piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

*Cemento:* Será Portland o artificial de primera calidad. En general se utilizará como mínimo el de calidad P-250 de fraguado lento.

Se almacenará en sitio ventilado, protegido de la intemperie y de la humedad tanto del suelo como de las paredes. El supervisor de la Obra podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos.

*Agua:* Se empleará el agua de río o manantial, quedando prohibido el empleo de aguas que procedan de ciénaga.

*Mezcla:* El amasado del hormigón se hará siempre sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible, recomendándose para ello la utilización de hormigoneras, siempre que sea posible.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos en volúmenes apropiados.

La dosificación a emplear será la normal en este tipo de hormigones para fundaciones que, a título orientativo será:

- Cemento: 150 Kg.
- Arena: 450 Lts.
- Grava de 10 a 60 mm; 900 Lts.
- Agua: 150 Lts.

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto. El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Se recomienda utilizar hormigones preparados en plantas dosificadoras.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm. Como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo como vierteaguas.

#### **2.1.3.4. CONDUCTORES**

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.)

Los elementos a colocar sobre el aislamiento del cable tendrán condiciones adecuadas para adaptarse totalmente a éste.

Los terminales deberán sellar totalmente, tanto el cable como el conductor, en general se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la

cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptible de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

Para el tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

#### 2.1.3.5. AISLADORES

Las características y dimensiones de los aisladores cumplirán con las normas UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433 para cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos; UNE-EN 61466-1 y UNE-EN 61466-2 para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona; y CEI 60720 para aisladores rígidos de columna o peana.

En cualquier caso, el tipo de aislador será el que figura en el Proyecto.

El aislamiento de la línea en proyecto estará formado por elementos de composite según norma NI 48.08.01, de Iberdrola se utilizarán, por cadena, un aislador del tipo U70 YB 20 P. Las características del Aislamiento se especifican a continuación:

Tipo Material	U70 YB 20 P Composite
Carga de rotura	7.000 daN
Línea de fuga mínima	Tensión 740 mm
Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un min. a impulso tipo rayo	70 kV
Valor cresta	165 kV

#### 2.1.3.6. HERRAJES Y ACCESORIOS

Serán del tipo indicado en el Proyecto y todos estarán galvanizados.

Los herrajes y accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897.

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores cumplirán con los requisitos de resistencia mecánica dados en las normas UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433 o UNE-EN 61466-1.

Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores cumplirán con la norma UNE 21009 o la norma UNE 21128.

Los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados en el montaje de herrajes con uniones tipo rótula cumplirán con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

#### **2.1.3.7. COLUMNAS**

Los apoyos metálicos estarán contruidos con perfiles laminados de acero de los seleccionados en la Recomendación UNESA 6702 y de acuerdo con la Norma UNE 36531-1ºR.

Los apoyos metálicos estarán contruidos con perfiles laminados de acero según Norma UNE 207017.

Los apoyos utilizados serán de celosía y estarán contruidos por torres metálicas diseñadas y calculadas de acuerdo con las recomendaciones UNESA.

En el apoyo se colocarán dos placas de señalizadoras de "Peligro Eléctrico". Estas placas se sujetarán con tornillos u otro método que asegure una sujeción firme, no admitiéndose la sujeción mediante alambres.

#### **2.1.3.8. PUESTA A TIERRA**

La puesta a tierra de la línea aérea deberá de cumplir una serie de requisitos descritos a continuación:

- Los herrajes, crucetas, cadenas de aisladores, etc., se conectarán al terminal superior de tierra de los apoyos.
- La conexión de la estrella de las auto válvulas al borne superior del apoyo correspondiente se realizará mediante conductor de 50 mm<sup>2</sup> de cobre.
- Del terminal inferior de tierra de los apoyos se conectará al electrodo principal de tierra.
- El conductor de puesta a tierra de los apoyos no se tenderá por encima de los macizos de hormigón de los apoyos, sino que los atravesará bajo un tubo de PVC rígido.
- Las dimensiones mínimas de los electrodos de puesta a tierra serán de 14,6 mm de diámetro y 2m de longitud para picas redondas de cobre.

- Las dimensiones de paso y contacto que puedan aparecer en las inmediaciones de los apoyos serán menores que las máximas permitidas reglamentariamente.

Antes de la conexión de la toma de tierra, se procederá a la medición de la resistencia óhmica de la misma, levantándose un acta en el que figure la relación de apoyos, uno a uno, con un esquema de detalle de la situación final y valor de la resistencia (por electrodo y todos unidos) de la toma de tierra.

Las instalaciones de puesta a tierra serán revisadas al menos una vez cada tres años con el fin de comprobar el estado de estas.

#### **2.1.4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Se deberá de contar con los permisos de paso de todos y cada uno de los propietarios de los terrenos afectados por el trazado de la línea. En caso de líneas aéreas el permiso incluirá la instalación de apoyos.

En su caso, también se deberá disponer de los permisos y condicionados impuestos de todos los organismos oficiales afectados por las instalaciones, así como la conformidad de la empresa distribuidora sobre el punto de conexión a su red que figura en el proyecto.

En la ejecución de los trabajos se cumplirán todas las disposiciones oficiales vigentes en materia laboral, Seguridad Social, Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ordenanzas Municipales, Reglamentos Oficiales, etc., incluidas las que pudieran promulgarse durante la ejecución de la obra.

Con independencia de estas disposiciones oficiales, se deberá cumplir la Normativa de Iberdrola, así como las "Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios", redactado por la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA para la industria eléctrica.

#### **Apertura de hoyos**

Las dimensiones de la excavación se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por el Director de la obra (o supervisor).

Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación se hará de acuerdo con el Director de Obra (o supervisor).

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones con objeto de evitar accidentes. Las tierras sobrantes deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero en caso contrario.

### **En Tierra**

Normalmente estas excavaciones se harán con pico y pala. De emplear maquina se tendrá sumo cuidado para que resulten con las medidas dadas para cada caso. Se procurará no remover mucho el terreno ya que perdería consistencia.

Las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno, una vez nivelado el mismo.

### **En terreno de tránsito**

Estos terrenos generalmente suelen ser muy duros, por estar compuestos por peñuelas, granitos descompuestos, etc.

Para realizar estas excavaciones, aunque no sea necesario el uso de explosivos, hay que emplear útiles apropiados, como: cubas, barras, martillos mecánicos, etc., encareciendo su realización. Las paredes de los hoyos deberán quedar perpendiculares al terreno, una vez nivelado el mismo.

### **En terreno con agua**

Para efectuar excavaciones en estos terrenos es imprescindible el uso de una bomba, para sacar el agua procedente de filtraciones en el terreno, ya que generalmente la cantidad de agua filtrada no se puede achicar con cubos.

En este tipo de excavaciones hay que procurar hormigonar lo más rápidamente posible, pues de lo contrario se corre el riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando las dimensiones del mismo. A veces será necesario realizar entibaciones para impedirlo.

### **En terreno con roca**

En este tipo de excavaciones, el uso de explosivos se hace prácticamente imprescindible; por tanto, requieren más atención que las anteriores.

Se procurará dar a estas excavaciones las medidas de las mismas muy ajustadas, pues generalmente suelen resultar de mayores dimensiones por efecto de los explosivos, lo que exige un buen conocimiento de las técnicas de voladuras para evitar excavar en demasía.

Cuando queden piedras sueltas en las paredes, se retirarán, a no ser que sean lo suficientemente grandes para realizar el hormigonado del apoyo sin riesgo de la seguridad de la cimentación.

Se utilizará la técnica de voladura apropiada con objeto de evitar accidentes, debiéndose cumplir todos los requisitos legales para la utilización de los explosivos.

### **Transporte y Acopio a pie de hoyo.**

Tanto la descarga de los apoyos como su transporte a pie de obra se realizará con sumo cuidado, ya que un golpe en los mismos puede producir desperfectos, dobladuras o roturas de los perfiles que lo componen, dificultando el armado posterior y disminuyendo su resistencia, por lo tanto, los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

Los materiales metálicos se descargarán con cuidado de no torcer los angulares y trasladarlos a su punto de destino. Las diagonales y arriostramientos, por tratarse de hierros cortos, deben ir numerados y cosidos con alambres.

Por ninguna razón se utilizarán como palanca o arriostramientos, ninguno de los perfiles que componen el apoyo.

Para el acopio de piezas pequeñas se utilizarán cajones para evitar que se pierdan a causa de su número o tamaño.

### **Armados e Izados.**

El izado del poste metálico comprende:

- 1º.- Armado del apoyo y cruceta.
- 2º.- Izado del mismo y colocación del aislamiento.
- 3º.- Toma de tierra mínima.

Los aisladores se sujetarán a sus soportes, cuando sea necesario, utilizando para ello materiales adecuados tales como el porcelanito.

Los tornillos de la torre se apretarán siempre con llaves dinamométricas a los aprietes indicados por el constructor.

El armado del apoyo cuando estos son conjuntos de dos o más cuerpos se realizará teniendo presente la concordancia de las diagonales y presillas.

Para el izado de postes metálicos despiezados en perfiles se procederá a montar el poste, lo cual se procurará hacer en terreno llano. Para hacer coincidir los taladros en los angulares se utilizará el puntero de calderero, teniendo muy presente que este útil no se debe emplear nunca para agrandar los taladros, ya que siempre lo harán a costa de rasgar el angular de menor sección. Si es necesario agrandar taladros, se hará con escariador.

Cuando sea necesario hacer nuevos taladros nunca se debe emplear grupo eléctrico o electrógeno. Para ello se utilizará, taladro, punzonadora o carraca.

Una vez montado el poste se izará con grúa o pluma, procurando no exponer el poste a movimientos que puedan variar la alineación del mismo. Una vez izado se procederá a repasar todos los tornillos dándoles una presión correcta, con llaves dinamométricas.

El tornillo deberá salir por la tuerca por lo menos 3 roscas, las cuales se modificarán para que no se suelten debido a las vibraciones que pueda tener el poste.

La "toma de tierra mínima" del apoyo se realizará enterrando simplemente en el hoyo de la excavación de forma de espiral y conectado a la base del apoyo, un flagelo formado por unos 3 metros de cable de acero galvanizado de 100 mm<sup>2</sup>. de sección y conectado a él un electrodo de barra, siempre que sea posible su hincado mediante mazas. Además se colocará otro flagelo de cable de las mismas características, que, atravesando el macizo de hormigón protegido por un tubo curvado embutido en él, conecte por un extremo con el punto de toma de tierra del montante del apoyo y por el otro salga del macizo lateralmente a 0,60 m. bajo el nivel del terreno, con objeto de conectarle las ampliaciones que sea necesario realizar en la toma de tierra del apoyo.

Cuando se trata del "anillo dominador de potencial" el flagelo irá enterrado a más de 60 cm. de profundidad, en una zanja circular que diste 1 m. de las aristas del macizo. Se hincarán y unirán a él, si es posible uno o dos electrodos de barra y este anillo irá unido a la toma de tierra mínima del apoyo.

Cuando se trata del "anillo dominador de potencial" el flagelo irá enterrado a más de 60 cm. de profundidad, en una zanja circular que diste 1 m. de las aristas del macizo. Se hincarán y unirán a él, si es posible, uno o dos electrodos de barra y este anillo irá unido a la toma de tierra mínima del apoyo.

### **2.1.5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

#### Calidad de cimentaciones.

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

Tolerancias de ejecución.-

a) *Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.*

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo, es decir, la distancia entre el eje de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $D/100+10$ , expresada en centímetros.

b) *Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista.*

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento.

c) *Verticalidad de los apoyos.*

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2% sobre la altura del apoyo.

d) *Altura de flechas.*

La diferencia máxima entre la flecha medida y la indicada en las tablas de tensado no deber superar un  $\pm 2,5\%$ .

El Director de Obra deberá verificar que las tensiones de paso y contacto aplicadas están dentro de los límites admitidos con un voltímetro de resistencia interna de mil ohmios.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener una superficie de 200 centímetros cuadrados cada uno y deberán ejercer sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N cada uno.

Una vez terminada la instalación, se realizarán las pruebas y ensayos necesarios para verificar el correcto funcionamiento de la misma. Se realizarán, entre otras, las siguientes:

- Verificación de conexiones y retenciones.
- Verificación de alturas.
- Medida de las puesta a tierra de los apoyos.
- Comprobación de accionamientos de elementos de maniobra y protección.
- Medida de las tensiones de paso y contacto.

### **2.1.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El Contratista deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizar calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándole por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. en que uno y otro pudieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

Se hará constar si existe o no esta documentación ambiental y su fecha de presentación en el órgano competente.

### **2.1.7. LIBRO DE ÓRDENES**

Durante la ejecución de las instalaciones la Dirección Técnica facilitará, si lo cree conveniente, un Libro de Órdenes que permanecerá en la obra en el que se recogerán todas las notas, modificaciones, órdenes y demás observaciones que se estimen oportunas. Estas notas irán firmadas por el Director de Obra y por el receptor de la información, quedando constancia de ello en el propio libro.

### **2.1.8. RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra verificará que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones y Memoria del proyecto.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

## **3. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **3.1. NORMATIVAS**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

El contratista deberá certificar la clasificación exigida en el Pliego de Licitación en cumplimiento de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

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 vigente en la obra, de un tres por ciento (3 por 100) 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 del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el diez por cien (10 por 100) de la cantidad por la que se haga la adjudicación de la obra, fianza que puede constituirse en cualquiera 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, 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.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director facultativo, en nombre

y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en

el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta (30) días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La propiedad 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, ....

Si la propiedad, con la conformidad del Director facultativo, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

**Se considera coste directo:**

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- 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 sus ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

**Se considera coste indirecto:**

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, 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. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

**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 (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece entre un 13 por 100 y un 17 por 100).

**Se denominará Precio de Ejecución Material:**

El resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos.

**PRECIO PER CONTRATA**

El precio de Contrata es la suma de los costes directos y los Gastos Generales.

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratase a riesgo y ventura, se entiende por Precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material.

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio de la Dirección Facultativa decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director facultativo y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el Pliego de condiciones. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

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 reclamara aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del

presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en los pliegos de condiciones.

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 tres por 100 (3 por 100) 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, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100. No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en el pliego de condiciones que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado la Dirección Facultativa.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, 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, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por la Dirección Facultativa los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de

envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados

con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Director facultativo aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Director facultativo en la forma prevenida en el pliego de condiciones.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Director facultativo la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el noventa por ciento (90 por 100) de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Director facultativo lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Director facultativo, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Director facultativo, 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.

Salvo lo preceptuado en el Pliego de condiciones, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, 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 contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se expresa que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Director facultativo indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de 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 porcentaje que se fije en el Pliego de condiciones en concepto de Gastos Generales.

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquiera índole especial u 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.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Director facultativo, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

Efectuada la recepción y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1.- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director facultativo exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el pliego de condiciones, 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.

2.- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

3.- 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.

No se admitirán mejoras de obra, salvo que no varíen el precio del objeto contratado.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o que el Director facultativo ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Director facultativo 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.

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 tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya.

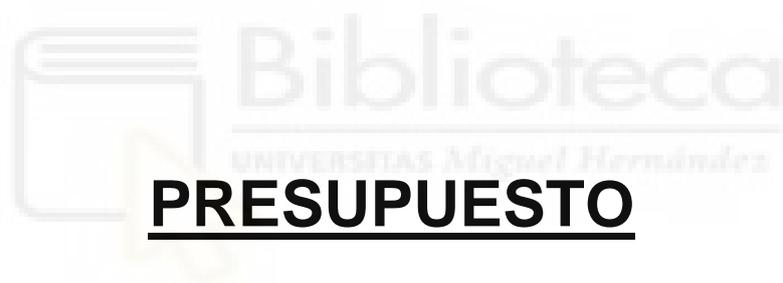
Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para

hacer entrega de ellos a la erminación 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 y 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.

Por la naturaleza del contrato, no se prevé revisión de precios.





# PRESUPUESTO

## 1. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

### Presupuesto parcial nº 1 CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1	C0101	m	Ejecución en metros lineales de las vías de acceso e internas a las instalaciones del parque, incluido desbroce y tala de árboles (cuando proceda), escarificado, extensión de zahorra, compactación y reperfilado de cunetas. También se incluye la carga y transporte de materiales procedentes de la excavación así como la mano de obra.	700,000	30,30	21.210,00
1.2	C0102	m3	Desmante de la zona donde se encuentra el segundo aerogenerador para que ambos se encuentren a la misma cota. Incluye mano de obra y pequeño material.	15.600,000	1,83	28.548,00
<b>Total presupuesto parcial nº 1 CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS :</b>						<b>49.758,00</b>



Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

**Presupuesto parcial nº 2 CAPÍTULO 2: MONTAJE DE AEROGENERADORES**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	C0201	Ud	Zapata prefabricada GHT formada por una losa superior de hormigón armado de forma circular o poligonal cuya función es distribuir uniformemente la presión sobre el terreno, anillo central de refuerzo justo debajo del fuste y varias vigas de refuerzo o costillas rigidizadoras que puesto con la losa superior conforma una sección compuesta en forma de T	2,000	50.000,00	100.000,00
2.2	C0202	m3	Extracción a cielo abierto con medios mecánicos para realización de hoyo para cimentación	392,000	5,30	2.077,60
2.3	C0203	m3	Hormigón de cimentación H30.	335,000	76,88	25.754,80
2.4	C0204	m3	Hormigón limpieza	26,000	15,00	390,00
2.5	C0205	Kg	Armadura suministro	24.500,000	1,60	39.200,00
2.6	C0206	m2	Encofrado	7,000	21,03	147,21
2.7	C0207	m3	Transporte vertedero	335,000	2,37	793,95
2.8	C0208	m3	Relleno tierras	58,000	4,01	232,58
2.9	C0209	Ud	Aerogenerador Suzlon S95/2100 de 2.10 MW de potencia nominal. La altura máxima de la góndola es de 100 metros y la altura mínima de 80 metros. Presenta un diámetro de rotor de 95 metros y una frecuencia de 50 Hz.	2,000	1.320.000,00	2.640.000,00
<b>Total presupuesto parcial nº 2 CAPÍTULO 2: MONTAJE DE AEROGENERADORES :</b>						<b>2.808.596,14</b>

Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

**Presupuesto parcial nº 3 CAPÍTULO 3: INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1	C0301	m	Cable Cu XLPEZ1 12/20 kV 3x240 mm <sup>2</sup> ø160 mm para la línea de MT	700,000	25,00	17.500,00
3.2	C0302	Ud	Celda modular Intermedia LLD de la marca DVCAS que se emplea como transformador y que se colocará en la base del primer aerogenerador. Las medidas son 1800mm x 1320mm x 980 mm y su peso es de 600 kg. En el precio se incluye la mano de obra y pequeño material.	1,000	6.900,00	6.900,00
3.3	C0303	Ud	Celda modular Confluencia LLD0 de la marca DVCAS que se emplea como transformador y que se colocará en la base del segundo aerogenerador. Las medidas son 1800mm x 1661mm x 980 mm y su peso es de 883 kg . En el precio se incluye la mano de obra y pequeño material.	1,000	7.100,00	7.100,00
3.4	C0304	Ud	Celda outdoor confluencia LD de la marca DVCAS que se emplea como transformador y que se colocará al aire libre y transportará la corriente a la red de distribución de Iberdrola. Las medidas son 1800mm x 1320mm x 980 mm y su peso es de 600 kg. En el precio se incluye la mano de obra y pequeño material.	1,000	6.900,00	6.900,00
3.5	C0305	m	Construcción tramo de cables empleados para que conecten las celdas empleadas por la compañía con la red de distribución de Iberdrola. Incluido p.p de medios auxiliares.	450,000	121,43	54.643,50
<b>Total presupuesto parcial nº 3 CAPÍTULO 3: INSTALACIONES ELÉCTRICAS :</b>						<b>93.043,50</b>

Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

**Presupuesto parcial nº 4 CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1	C0401	Ud	Anillo de cobre 50 mm <sup>2</sup> interior a la torre del aerogenerador alrededor de su perímetro interno de 5 metros de diámetro y 1 metro de profundidad. Incluye mano de obra y pequeño material.	2,000	69,71	139,42
4.2	C0402	Ud	Anillo de cobre 50mm <sup>2</sup> con forma cuadrada concéntrico exterior a la cimentación unido o por cuatro puntos a los redondos de acero situados en los puntos medios de las aristas externas de la cimentación de 15 metros de lado.	2,000	266,40	532,80
4.3	C0403	Ud	Pica de acero cobreado D=14mm y 2m longitud	4,000	18,80	75,20
4.4	C0404	Ud	Soldadura aluminotérmica	2,000	43,84	87,68
<b>Total presupuesto parcial nº 4 CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA :</b>						<b>835,10</b>



Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

**Presupuesto parcial nº 5 CAPÍTULO 5: 2% SEGURIDAD Y SALUD**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
5.1	C0501	Ud	2% Seguridad y Salud	0,020	2.952.232,74	59.044,66
<b>Total presupuesto parcial nº 5 CAPÍTULO 5: 2% SEGURIDAD Y SALUD :</b>						<b>59.044,66</b>



Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

**Presupuesto parcial nº 6 CAPÍTULO 6: 1% GESTIÓN DE RESIDUOS**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
6.1	C0601	Ud	1% Gestión de residuos	0,010	2.952.232,74	29.522,33
<b>Total presupuesto parcial nº 6 CAPÍTULO 6: 1% GESTIÓN DE RESIDUOS :</b>						<b>29.522,33</b>



## 2. RESUMEN PRECIOS DESCOMPUESTOS

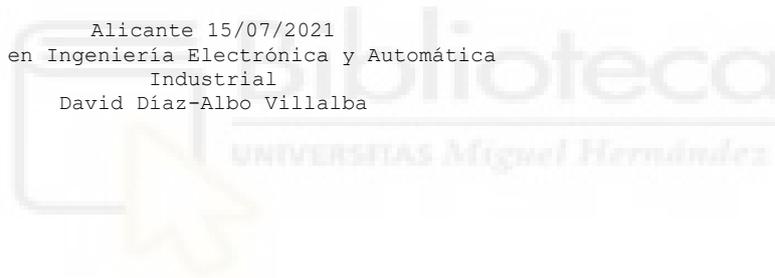
Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

Presupuesto de ejecución material

	Importe (€)
1 CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS .	49.758,00
2 CAPÍTULO 2: MONTAJE DE AEROGENERADORES .	2.808.596,14
3 CAPÍTULO 3: INSTALACIONES ELÉCTRICAS .	93.043,50
4 CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA .	835,10
5 CAPÍTULO 5: 2% SEGURIDAD Y SALUD .	59.044,66
6 CAPÍTULO 6: 1% GESTIÓN DE RESIDUOS .	29.522,33
Total .	3.040.799,73

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOS MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS DIECIOCHO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Alicante 15/07/2021  
Grado en Ingeniería Electrónica y Automática  
Industrial  
David Díaz-Albo Villalba



### 3. PRESUPUESTO FINAL

Proyecto: Presupuesto Proyecto Parque Eólico de 2 MW

Capítulo	Importe
1 CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS .	49.758,00
2 CAPÍTULO 2: MONTAJE DE AEROGENERADORES .	2.808.596,14
3 CAPÍTULO 3: INSTALACIONES ELÉCTRICAS .	93.043,50
4 CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA .	835,10
5 CAPÍTULO 5: 2% SEGURIDAD Y SALUD .	59.044,66
6 CAPÍTULO 6: 1% GESTIÓN DE RESIDUOS .	29.522,33
Presupuesto de ejecución material	3.040.799,73
13% de gastos generales	395.303,97
6% de beneficio industrial	182.447,98
Suma	3.618.551,68
21%	759.895,85
Presupuesto de ejecución por contrata	4.378.447,53

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUATRO MILLONES DOSCIENTOS VEINTISIETE MIL CUATROCIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON TRES CÉNTIMOS.

Alicante 15/07/2021  
 Grado en Ingeniería Electrónica y Automática  
 Industrial  
 David Díaz-Albo Villalba

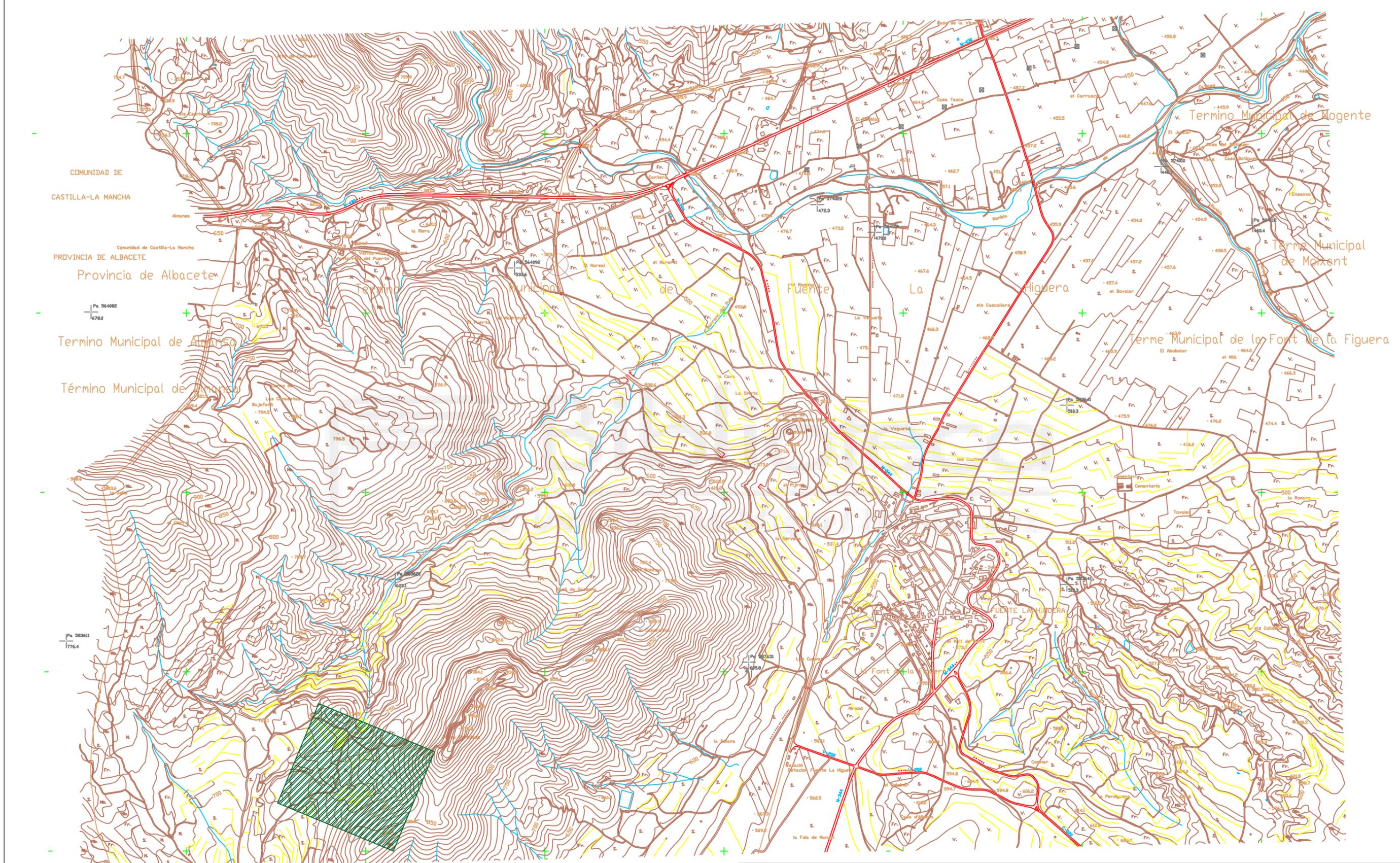




Leyenda:

-  Ciudad
-  Comunidad Autónoma
-  Localización del Parque Eólico

PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA			ESCALA: 1:1.250.000
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ		Font de la Figuera, Alicante, Comunidad Valenciana	
DAVID DÍAZ-ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 1	FORMATO: A3



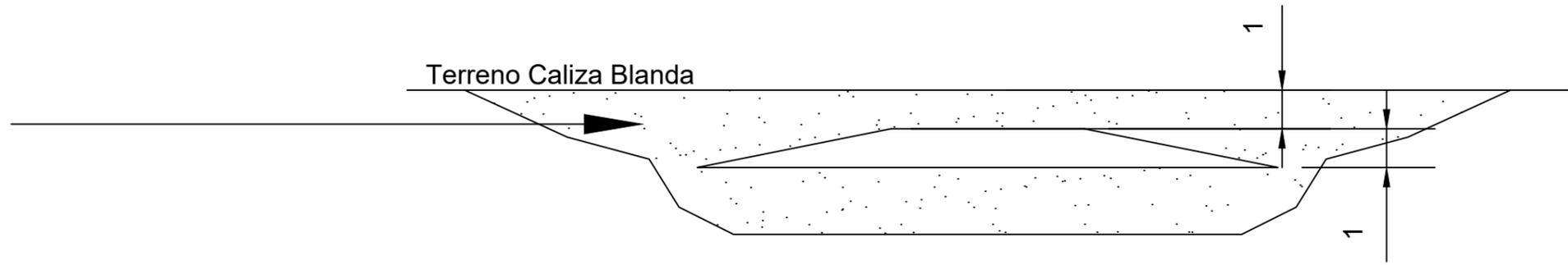
Leyenda:

	Emplazamiento Parque
	Río
	Montaña

PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL PARQUE EÓLICO			ESCALA: 1:20.000
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ		Monte El Capurutxo, Font de la Figuera, Alicante	
DAVID DÍAZ-ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 2	FORMATO: A3

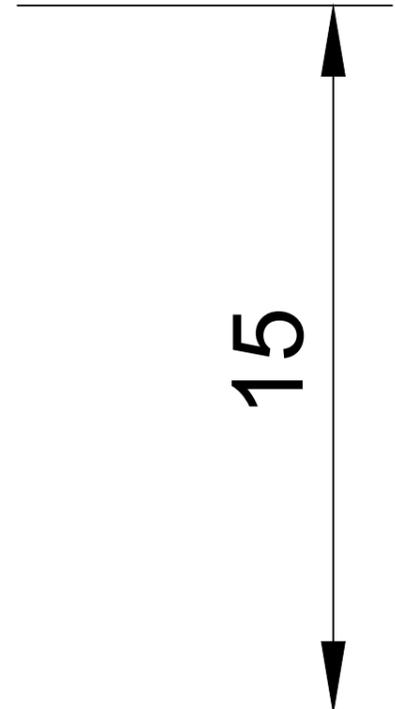
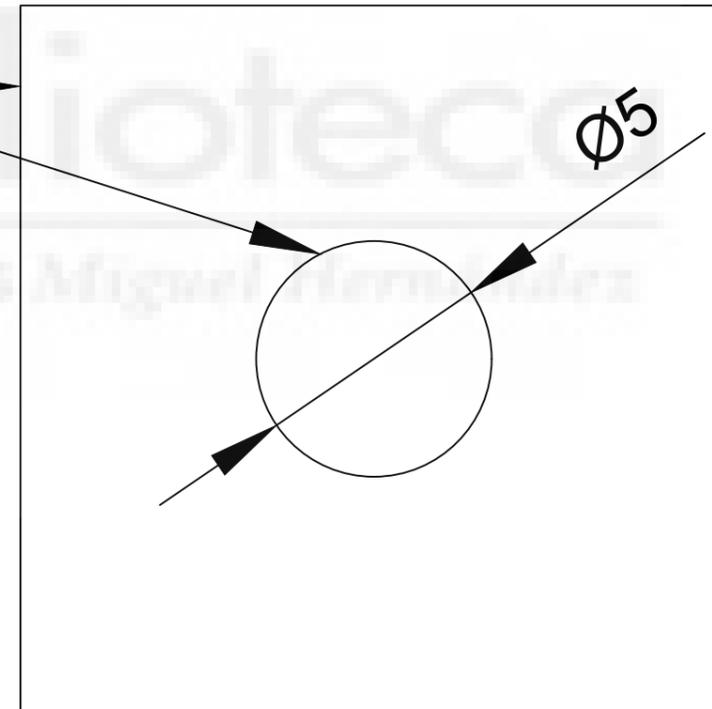
Relleno de zanja  
Terreno de Excavación

Terreno Caliza Blanda

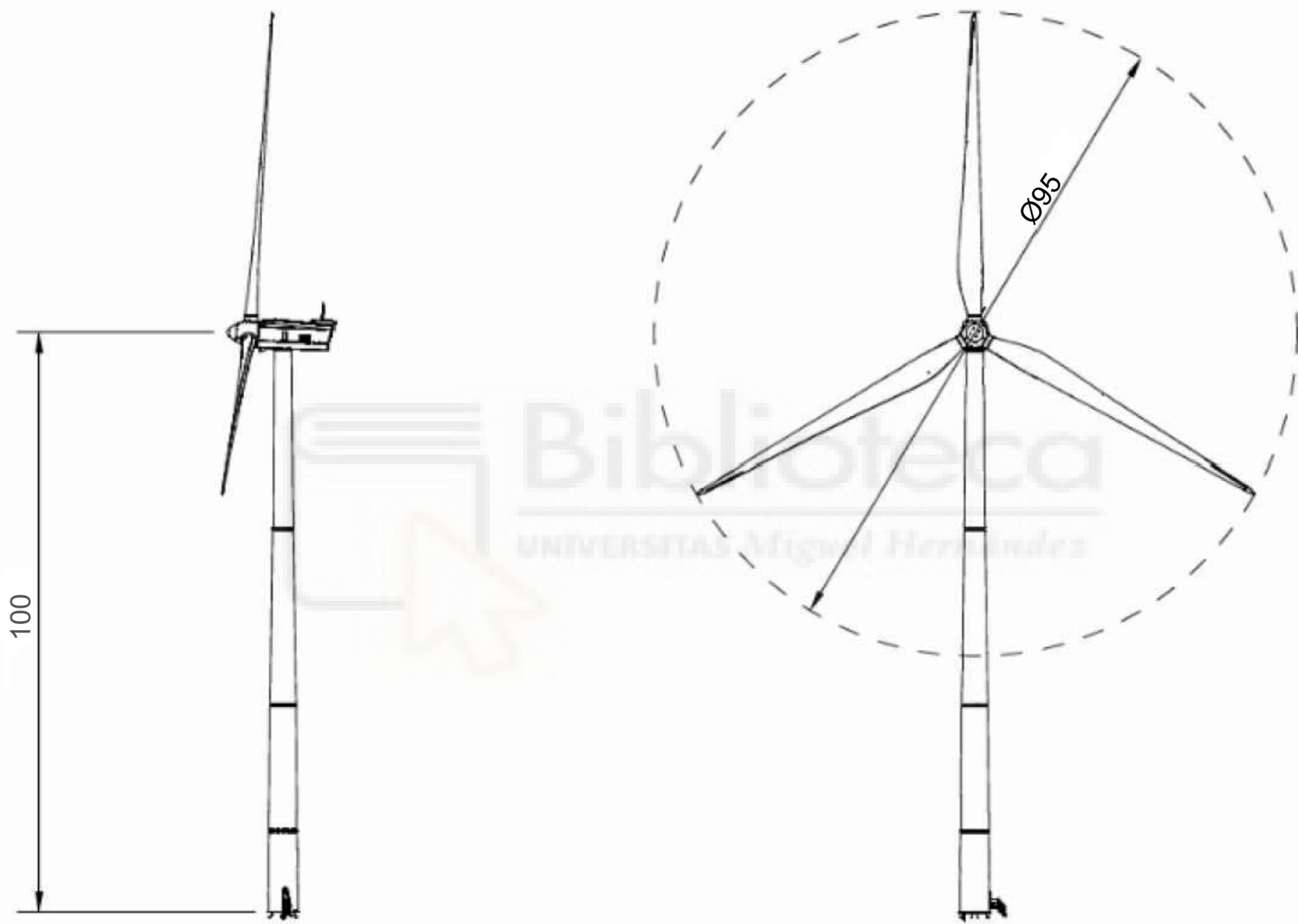


Anillos de cobre concéntricos de puesta a tierra  
Conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>

Cotas en metros

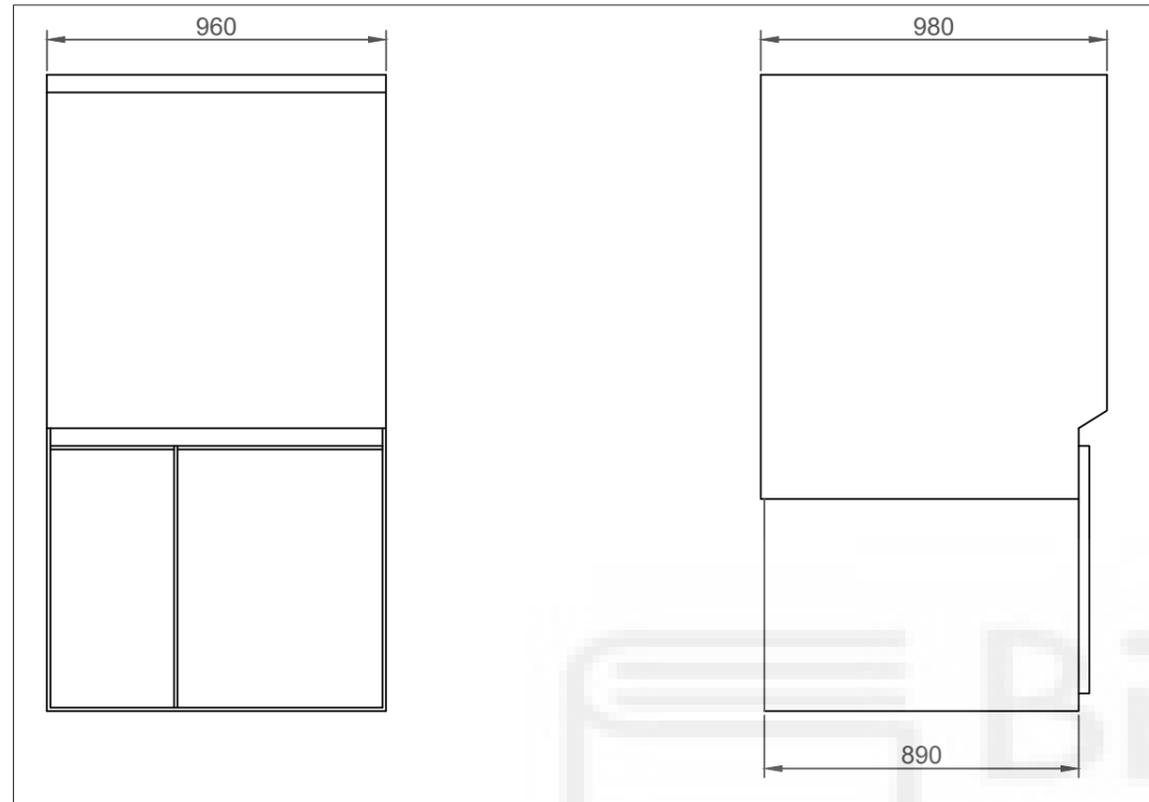


PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DE LA PUESTA A TIERRA			ESCALA: 1:150
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ	Monte El Capurutxo, Font de la Figuera, Alicante		
DAVID DÍAZ-ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 3	FORMATO: A3

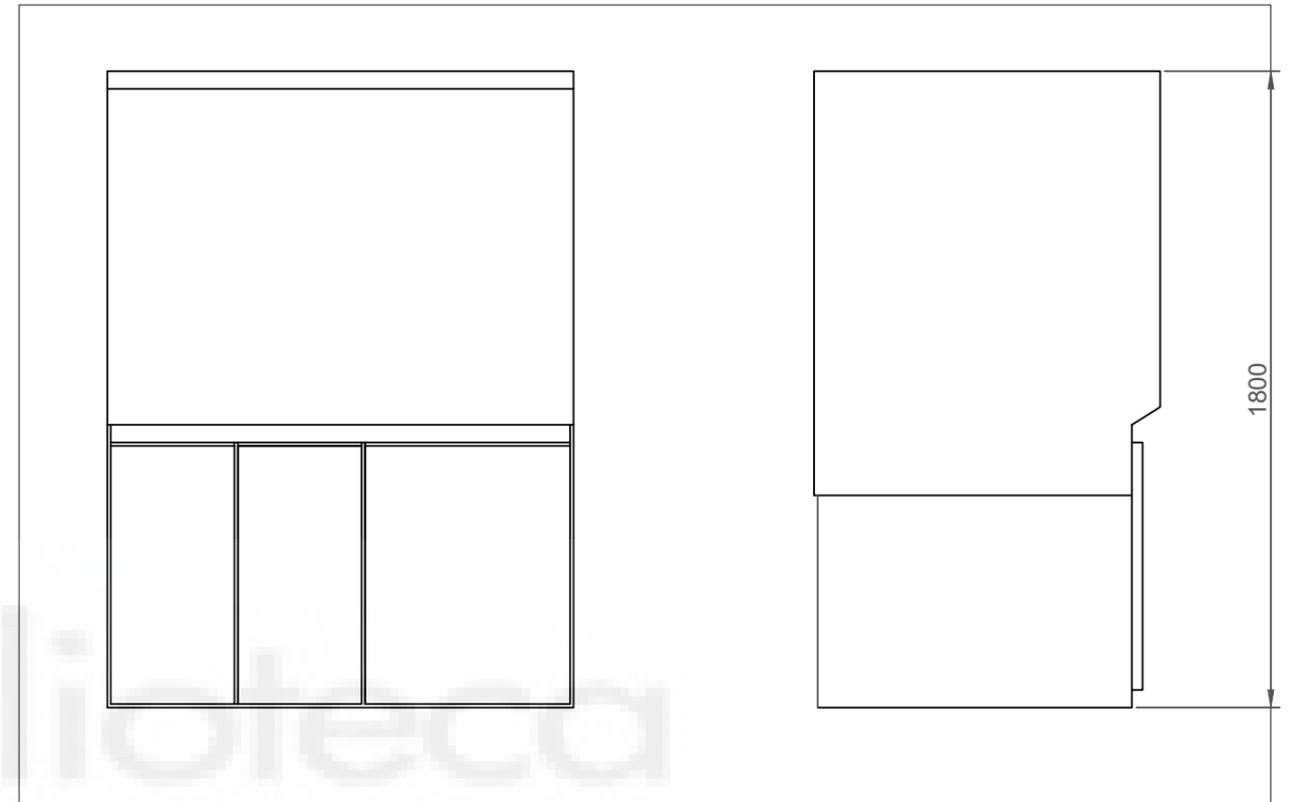


PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DEL AEROGENERADOR SUZLON S95/2100			ESCALA: 1:600
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ		Monte El Capurutxo, Font de la Figuera, Alicante	
DAVID DÍAZ-ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 4	FORMATO: A3

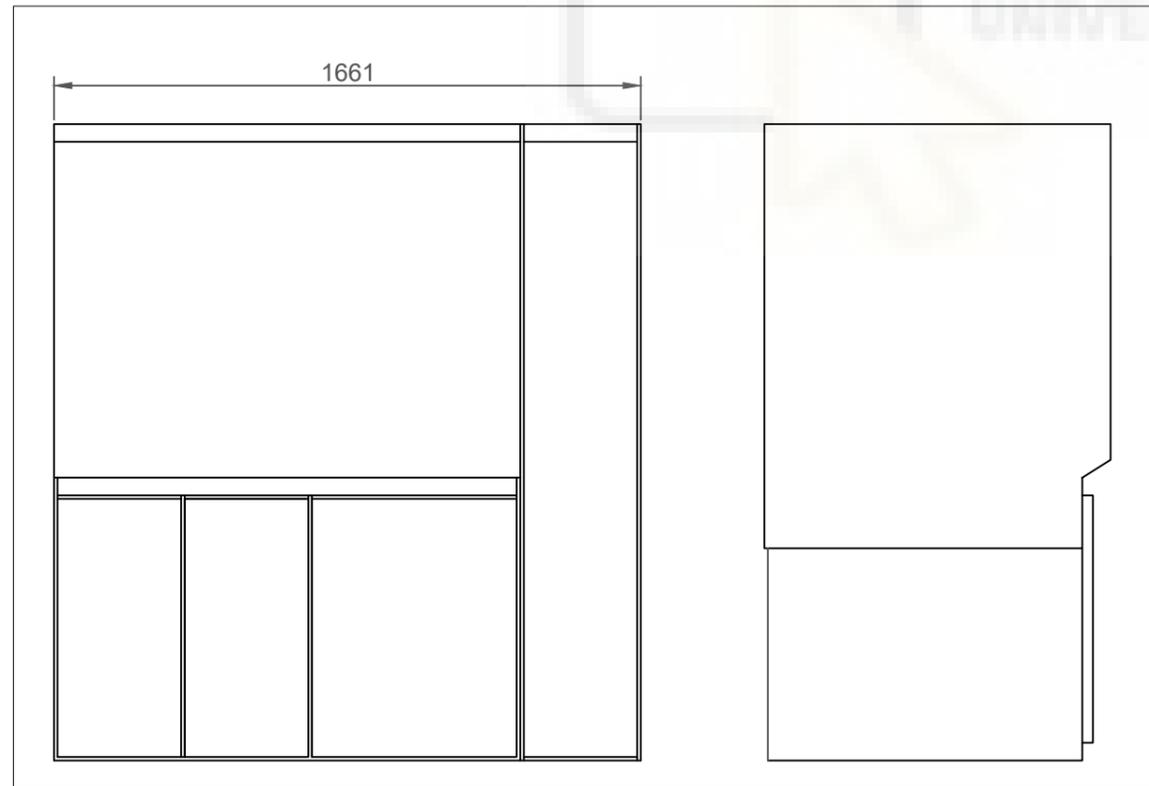
CELDA DVCA ID



CELDA DVCA IID



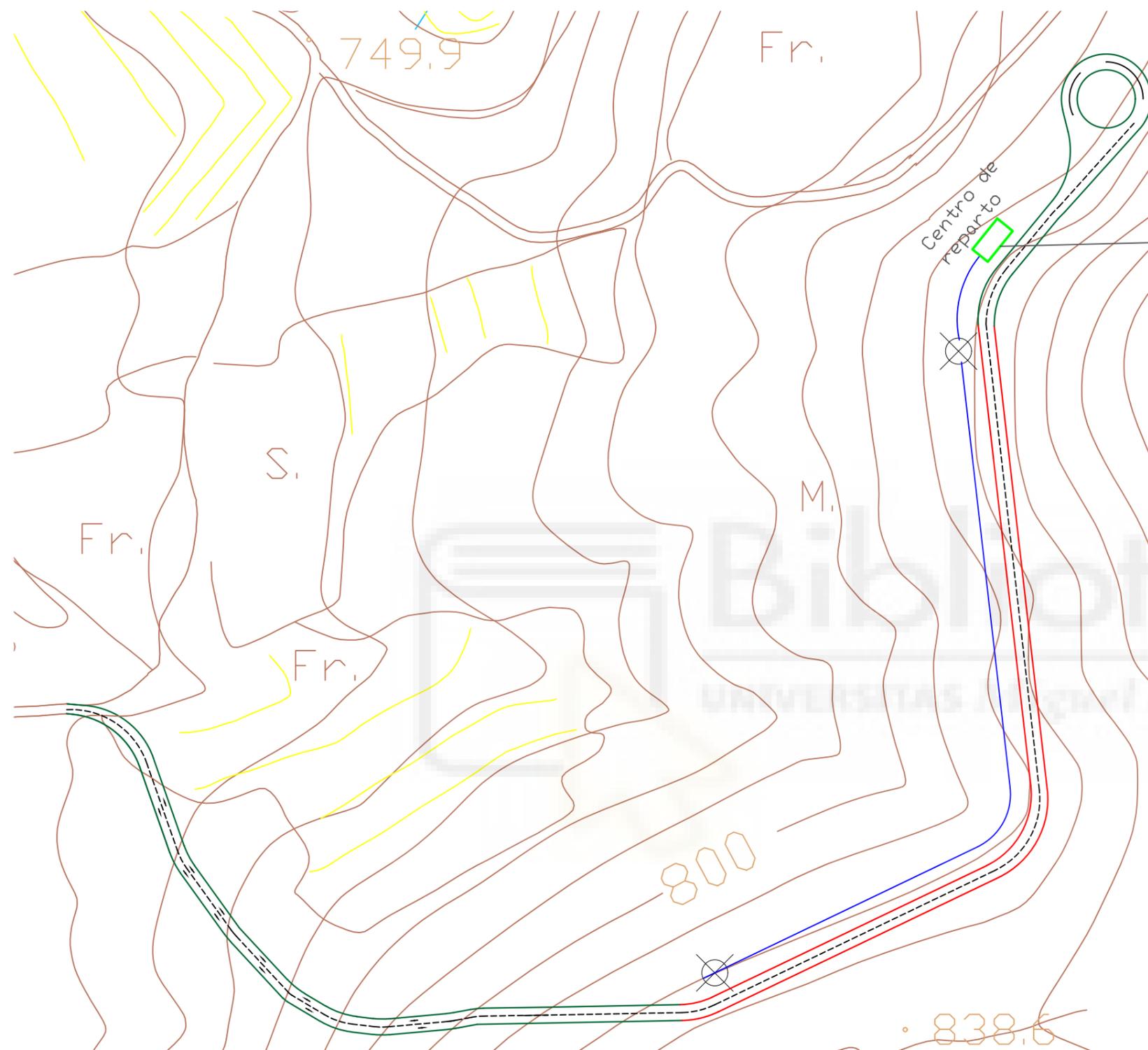
CELDA OUTDOOR DVCA IID0



PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DE LAS CELDAS DVCA			ESCALA: 1:20
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ		Monte El Capurutxo, Font de la Figuera, Alicante	
DAVID DÍAZ - ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 5	FORMATO: A3

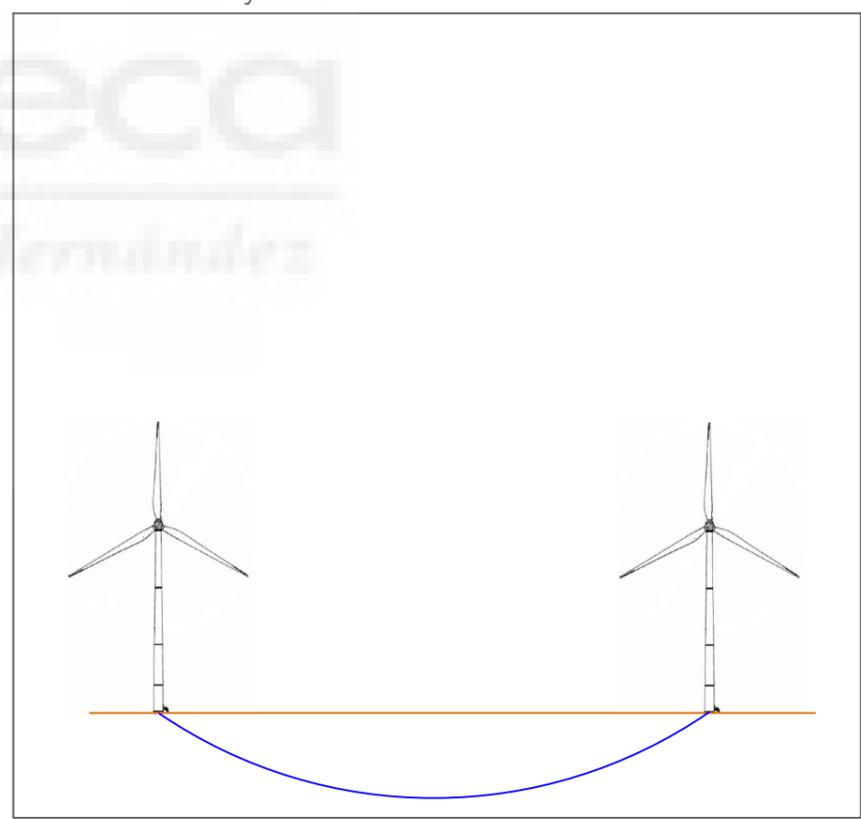
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Evacuación

Detalle aerogeneradores y cable subterráneo MT



ESCALA: 1:4000

- Leyenda:
- Sentido de las vías de acceso
  - Aerogenerador SUZLON S95/2100
  - Línea Subterránea MT
  - Centro de reparto
  - Vías internas
  - Vías acceso
  - Vías acceso

PROYECTO PARQUE EÓLICO DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ			
PLANO DE LA INSTALACIÓN DEL PARQUE EÓLICO			ESCALA: 1:2500
EMPRESA: UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ		Monte El Capurutxo, Font de la Figuera, Alicante	
DAVID DÍAZ-ALBO VILLALBA	JUNIO 2021	Nº PLANO: 6	FORMATO: A3