



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO Y DISEÑO
BÁSICO DE UN PARQUE EÓLICO TERRESTRE**

Autor: Jorge Moreno Barrio

Director: Consolación Alonso Alonso

Madrid

Junio de 2020



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:
*Evaluación del recurso eólico y diseño básico de un parque eólico básico
terrestre*

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2019-2020 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Jorge Moreno Barrio

Fecha: 29/06/2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Consolación Alonso Alonso

Fecha: 29/06/2020

RESUMEN

El proyecto comienza con la evaluación del recurso eólico del emplazamiento situado en el término municipal de Vilasantar, provincia de La Coruña, para ello se precisa de una serie de datos de viento de la zona, que es proporcionada por la empresa Vortex, para una altura de 150 metros de un punto céntrico del emplazamiento. Con el programa *Windographer*, se extrapola la serie de datos de viento a alturas de 100 y 125 m, alturas donde se estimará la producción de energía con las turbinas SG-170 (100 m), V-162 (125 m) y GE_158 (150 m), además de caracterizarlo y evaluar el potencial eólico.

A continuación, con el programa *Wasp*, se elige implantar 6 aerogeneradores, en los lugares más favorables según la simulación del campo de viento realizada por el programa. Asimismo, el programa *Wasp* también estima la energía vertida a la red en función del tipo de turbina y altura elegidas. Se decide implantar el modelo de turbina GE-158, de potencia unitaria 5300 kW, teniendo en cuenta que será la turbina más barata y consigue verter a la red 135,53 GWh/año de energía con un funcionamiento equivalente de 4262 horas.

Tras la validación de los datos de generación y energía vertida a la red, comienza el diseño del parque eólico terrestre. Lo primero será realizar la obra civil del parque consistiendo en el diseño de carreteras y viales, cimentación de los aerogeneradores, zanjas y la subestación de 220/30 kV.

Una vez realizada la obra civil, será el momento de la electrificación del parque eólico, llevando a cabo todas las conexiones necesarias, para el correcto funcionamiento. La energía eléctrica generada se elevará en los propios aerogeneradores desde 690 V a 30 kV, para el conexionado entre ellos y luego conectarse con la subestación. Finalmente, se eleva a 220 kV, para ser vertida a la red.

Finalmente, se analiza la viabilidad y rentabilidad, arrojando un TIR (antes de impuestos) de 14,81% y un período de retorno de capital de 6,58 años. Concluyendo el proyecto como rentable y viable.

ABSTRACT

The project starts by analyzing the wind resource in the chosen site, in the district of Vilasantar, province of La Coruña, thanks to Vortex Company for the contribution of the data series of the wind in the middle of the wind farm, at a height of 150 m. With the program *Windographer*, the data series will be extrapolating to heights of 100 and 125 meters. According to these heights, the energy produced will be estimated with these turbine models: SG-170 (100 m), V-162 (125 m) and GE_158 (150 m). The program will also describe the wind resource.

Then, using the program *Wasp*, it is decided to build 6 wind turbines in the places shown by the program to be the most favorable positions of the wind farm. After that, the program will also estimate the amount of energy put into the network, based on the height and type of wind turbine. After comparing different turbines and heights, the decision is to use the wind turbine GE-158, 5300 kW of nominal power, capable of putting into the network 135,53 GWh/year of energy, working an equivalent time of 4262 hours.

After verifying the amount of energy put into the network, the design of the wind farm starts. Firstly, the civil work must be done by designing the roads, wind turbine's foundation, ditches and the electrical substation of 220/30 kV.

As the civil work is done, it is time for the electrification of the wind farm. First of all, the power connections will be implemented, especially the ones in the medium voltage circuit. The energy generated will be raised from 690 V to 30 kV, in order to make the connections among the wind turbines. For putting the energy into the network, it will have to be raised to 220 kV.

In the end, the viability and the economic return of the project has been analyzed with different economic variables. The project will have a IRR (before taxes) of 14,81% and the return period of investment is estimated to be 6,58 years.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, agradecer la colaboración de la Empresa Vortex, quienes fueron los encargados de facilitar la serie de datos de viento inicial, sin la cuál no se podría haber hecho este Proyecto.

Mencionar, por supuesto, la gran implicación de Consolación Alonso Alonso, quien ha sido la responsable de los conocimientos adquiridos e indispensables, para la realización de este Proyecto.

Por último, agradecer a todos los profesores de la Universidad, por todos los conocimientos adquiridos, especialmente, a los de la especialidad eléctrico, sin los cuáles, no se hubiera podido realizar este proyecto.



ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

DOCUMENTO N°1: MEMORIA DESCRIPTIVA

DOCUMENTO N°2: PLANOS

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

ANEXOS:

- I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
- II. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO
- III. ESTUDIO TÉCNICO DE VIABILIDAD ECONÓMICA
- IV. ESTUDIO DE LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

DOCUMENTO N°1: MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes	5
2. Objeto.....	5
3. Localización de emplazamiento y de aerogeneradores.....	6
4. Justificación de la implantación del parque eólico en el área elegida	6
5. Normativa legal.....	7
5.1. Obra civil y estructuras.....	7
5.2. Instalaciones eléctricas	8
6. Evaluación del potencial eólico.....	9
6.1. Análisis estadístico descriptivo.....	9
6.2. Análisis tridimensional del flujo del viento.....	13
6.3. Descripción de los Criterios Generales de Diseño	16
6.4. Análisis energético del emplazamiento	17
7. Descripción del parque eólico	20
7.1. Características Generales	20
7.2. Obra Civil	21
7.2.1. Descripción general del emplazamiento	21
7.2.2. Accesos y viales internos.....	21
7.2.3. Cimentación de los aerogeneradores	22
7.2.4. Zanjas para cables	22
7.2.5. Canalización para la red de tierras.....	22
7.2.6. Edificio de control y edificio de subestación	22
7.2.7. Cimentaciones del aparellaje eléctrico de la subestación.....	23
7.3. Aerogeneradores.....	23
7.3.1. Características técnicas principales	24
7.3.2. Sistema de control.....	25
7.3.3. Curva de potencia y coeficientes de empuje	26
7.4. Sistemas Eléctricos de Media Tensión.....	27
7.4.1. Sistemas Eléctricos de Media Tensión en 30 kV.....	27
7.4.2. Red de Puesta a Tierra.....	30
7.5. Subestación 30kV/220kV: Sistema 220 kV.....	31
7.5.1. Criterios de diseño.....	31
7.5.2. Transformador de potencia 220kV/30kV	32
7.5.3. Descripción de las posiciones de la subestación 220 kV	32
7.5.4. Equipos de Corriente Continua	32
7.5.5. Red de Puesta a Tierra.....	33
7.6. Subestación 30kV/220kV: Sistema 30 kV	33
7.6.1. Transformador de Servicios Auxiliares	33
7.6.2. Aparellaje	33
7.6.3. Protecciones.....	34
7.6.4. Medida.....	34

8. Aspectos socioeconómicos	34
9. Presupuesto de las instalaciones proyectadas	36
10. Plazo de ejecución del proyecto	37
11. Ahorro y contaminación evitada	38
12. Estudio de viabilidad	39
13. Conclusiones	39
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Función Distribución de Probabilidad de la velocidad a 150 metros	11
Figura 2: Rosa de viento de frecuencias	11
Figura 3: Rosa de viento de velocidades	12
Figura 4: Rosa de viento de energías.....	12
Figura 5: Simulación del campo medio de Energía neta producida.....	13
Figura 6: Simulación del campo de velocidades del viento.....	14
Figura 7: Simulación del campo de Energía neta producida desde el sector 67,5°	15
Figura 8: Simulación del campo de velocidades del viento desde el sector 67,5°	16
Figura 9: Producción anual individual por aerogenerador.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas Entorno Poligonal	6
Tabla 2: Coordenadas Aerogeneradores	6
Tabla 3: Parámetros de partida, serie de datos de viento.....	10
Tabla 4: Análisis estadístico descriptivo de la serie de datos de partida	10
Tabla 5: Energía media producida anual	18
Tabla 6: Resumen energías producidas en el parque anualmente	19
Tabla 7: Características Generales Parque Eólico Comillas Emprende	20
Tabla 8: Circuitos de M.T.	27
Tabla 9: Nº de cables por zanja	29
Tabla 10: Ahorro energético de distintos tipos de combustible	38
Tabla 11: Contaminación evitada por diferentes tipos de Centrales de Carbón	38
Tabla 12: Contaminación evitada por diferentes tipos de Centrales Eléctricas	39

1. Antecedentes

El proyecto del parque eólico denominado “Comillas Emprende”, surge como idea de trabajo de fin de grado para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera, pero en especial los adquiridos durante el último año, debido a su alta especialización en el sector eléctrico y energético.

El proyecto se ha realizado durante el curso 2019/2020, finalizándolo así el 30 de junio de 2020.

2. Objeto

El presente documento tiene como objeto resolver distintos problemas relacionados con la generación de energía eléctrica, debatiendo sobre distintas alternativas capaces de dar una solución óptima, entre los que destacan:

- Caracterización del recurso eólico: se conocerán las características que tiene el viento en la zona de estudio. Además, se hará un estudio energético, llegando a conocer una estimación de la energía vertida a la red.
- Descripción de las obras e instalaciones necesarias para llevar a cabo la construcción del Parque Eólico Comillas Emprende de 31,8 MW ubicado en el término municipal de Vilasantar, ubicado en la provincia de La Coruña, Galicia.
- Electrificación del parque eólico, además de la construcción de una subestación eléctrica de 30 kV/220 kV, encargada de verter la energía producida a la red eléctrica.

3. Localización de emplazamiento y de aerogeneradores

El emplazamiento del Parque Eólico Comillas Emprende se ubica en las formaciones montañosas del término municipal de Vilasantar, provincia de La Coruña, Galicia. Las coordenadas del entorno poligonal del parque eólico se recogen en la siguiente tabla y se pueden ver en el plano *Resumen Parque Eólico*:

Parque Eólico Comillas Emprende		
Coordenadas Entorno Poligonal (UTM, ETRS89)		
Vértice Polígono	X _{UTM}	Y _{UTM}
1	573207	4771940
2	573833	4772349
3	574937	4771816
4	575460	4769402
5	573774	4768470
6	572434	4771100

Tabla 1: Coordenadas Entorno Poligonal

El parque eólico está formado por 6 aerogeneradores cuyas coordenadas se encuentran en la tabla que se muestra a continuación, junto con las velocidades medias a una altura de 150 metros en cada punto de coordenadas:

Parque Eólico Comillas Emprende			
Coordenadas Aerogeneradores			
Nº	X _{UTM}	Y _{UTM}	V ₁₅₀ (m/s)
1	573300	4770952	8,62
2	573653	4770660	8,75
3	574025	4770397	8,92
4	574390	4770137	9,08
5	573929	4771964	8,54
6	574278	4771612	8,7

Tabla 2: Coordenadas Aerogeneradores

4. Justificación de la implantación del parque eólico en el área elegida

Las condiciones de la orografía y el elevado potencial eólico hacen de este emplazamiento uno de los mejores de toda la Península. Además, España tiene como objetivo para el año 2030, la implantación de 50 GW de energía eólica, a razón de 2200 MW anuales, con este proyecto se ayuda para conseguir dicho objetivo.

5. Normativa legal

Todas las obras que en el proyecto se describen, están realizadas bajo las normativas actuales vigentes, así como las particulares de las provincias y ayuntamientos implicados. Por ello, las leyes y normativas utilizadas para la realización del proyecto son las siguientes (con carácter enunciativo, pero no limitativo):

5.1. Obra civil y estructuras

- EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.
- CTE-06 Códigos Técnicos de la Edificación (DB SE1 Seguridad Estructural Resistencia y Estabilidad; DB SE2 Seguridad Estructural Aptitud al Servicio; DB SE AE Seguridad Estructural Acciones; DB SE C Seguridad Estructural Cimentación; DB SE A Seguridad Estructural Estructuras de Acero; DB SE F Seguridad Estructural Fábricas; DB SI Seguridad en caso de incendio; DB SU Seguridad de Utilización; DB HS Habitabilidad Salubridad (Protección frente a la humedad, suministro y evacuación de agua...); DB HE Ahorro de energía; DB HR Protección contra el ruido)
- NCSE-02 Norma de Construcción Sismorresistente.
- PG-3 Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes.
- PG-4 Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para conservación de Carreteras
- IAP-98 Instrucción de las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Normas UNE
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción (B.O.E. 25-10-97).
- Real Decreto 485/97 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- PR.D.1627/1997 Real Decreto 1627/1997 sobre la obligatoriedad de inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
- Normas Urbanísticas aplicables en la Comunidad Autónoma de Galicia.
- Ordenanzas Municipales.

5.2. Instalaciones eléctricas

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio. Recoge las modificaciones en sus artículos 22, 26, 48, 74, 76 y 84, así como en la póliza de abono. (B.O.E. 25/09/1984).
- Real Decreto 153/1985, de 6 de febrero, por el que se establecen nuevas tarifas eléctricas. Modifica el artículo 22 del Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio (B.O.E. 09/02/1985).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba 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 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Industria por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (B.O.E. nº 224 18/09/2002).
- Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de Punto de Medida.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Resolución de 12 de febrero de 2004, de la Secretaría de Estado y Energía, por la que se aprueba un conjunto de Procedimientos de carácter técnico e instrumental necesario para realizar la adecuada gestión técnica del sistema eléctrico
- Real Decreto 1047/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.
- Orden de 7 de julio de 1982, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se regulan las relaciones técnicas y económicas entre autogeneradores y empresas o entidades eléctricas. Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IER, Instalaciones de electricidad: Red exterior, aprobada por Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo el 4 de junio de 1973.
- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IET, Instalaciones de electricidad: Centros de Transformación, aprobada por Orden del 12 de diciembre de 1983 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, del Ministerio de Industria, Energía y turismo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.

6. Evaluación del potencial eólico

El emplazamiento, donde se situará el parque eólico Comillas Emprende, muestra unas características excelentes, para su construcción tal y como se recoge en el Estudio de Evaluación del Potencial Eólico:

- Análisis estadístico descriptivo de la serie de datos de viento registrados por la empresa Vortex, para la obtención de los parámetros que caracterizan el recurso eólico.
- Análisis tridimensional del flujo de viento, para la obtención de la distribución espacial del campo de vientos, con el fin de poder estimar las mejores zonas del emplazamiento cuyo potencial eólico sea mayor. Para la realización de este análisis se ha utilizado el programa *Wasp*, capaz de calcular estas zonas de mayor potencial eólico en función de la topografía, rugosidad y obstáculos del emplazamiento.
- Análisis energético del emplazamiento. El estudio sobre la estimación de energía vertida a la red anualmente se ha realizado con *Wasp*, ya que utiliza un modelo físico que tiene en cuenta el efecto estela producido por los aerogeneradores, debido a su proximidad, produciendo unas pérdidas extraordinarias.

Los resultados sobre el estudio se pueden encontrar en el Anexo II. A continuación, se muestran los parámetros más influyentes y los resultados más importantes:

6.1. Análisis estadístico descriptivo

Para la estimación del potencial eólico, se dispone de una serie de datos de viento, facilitada por la empresa Vortex en el punto de medición escogido dentro del parque eólico ubicado en el punto de coordenadas UTM ETRS89 ($X = 573.653$, $Y = 4.770.660$) y a una altura de 150 metros, altura de buje del aerogenerador que se construirá en el parque eólico (GE-158 5,3 MW).

La serie de datos de viento contiene distintos parámetros que son necesarios para el estudio. Cabe destacar el hecho de que la serie proporciona datos en períodos de una

hora, desde el 01/01/2010 hasta 11/02/2020. Los parámetros recogidos en la serie de datos son: velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, densidad y presión. A continuación, se muestra un ejemplo de lo que se recoge en la serie de datos:

Parque Eólico Comillas Emprende						
Datos de viento proporcionados por la empresa Vortex						
YYYYMMDD	HHMM	V (m/s)	D (°)	T (°C)	De (kg/m ³)	Pre (hPa)
20100101	0100	11,9	216	3,3	1,17	928
20100101	0200	12,4	211	3,6	1,17	928
...
20200211	0000	9,9	207	7,3	1,19	957

Tabla 3: Parámetros de partida, serie de datos de viento

A continuación, se muestra el análisis estadístico descriptivo de los datos de partida recogidos en el punto inicial con los aspectos más relevantes para la caracterización del recurso eólico, para la altura de buje de los aerogeneradores (150 metros), pero también se adjuntan los mismos datos a alturas diferentes, para la posible comparación de dichos valores:

Parque Eólico Comillas Emprende			
Análisis estadístico descriptivo datos de partida			
Altura (m)	150	125	100
Velocidad media (m/s)	8,747	8,465	7,809
Velocidad máxima	28,000	27,096	24,995
Weibull k	2,157	2,156	2,157
Weibull c (m/s)	9,872	9,552	8,812
Densidad de potencia media (W/m ²)	722	654	513
Contenido energético medio (kWh/m ² /año)	6.323	5.731	4.498
Hora de máxima velocidad de viento	3	3	3

Tabla 4: Análisis estadístico descriptivo de la serie de datos de partida

En adelante, se presentan aspectos muy importantes del viento, ateniéndose a la velocidad y a la dirección del viento que son clave para el correcto diseño del parque eólico y aprovechar al máximo el potencial eólico de la zona. Por ello, las siguientes figuras representan la Función Distribución de Probabilidad de la Velocidad y las rosas de viento, muy útiles para tener una visión general de que sectores serán los que más produzcan, para una altura de buje de 150 metros:

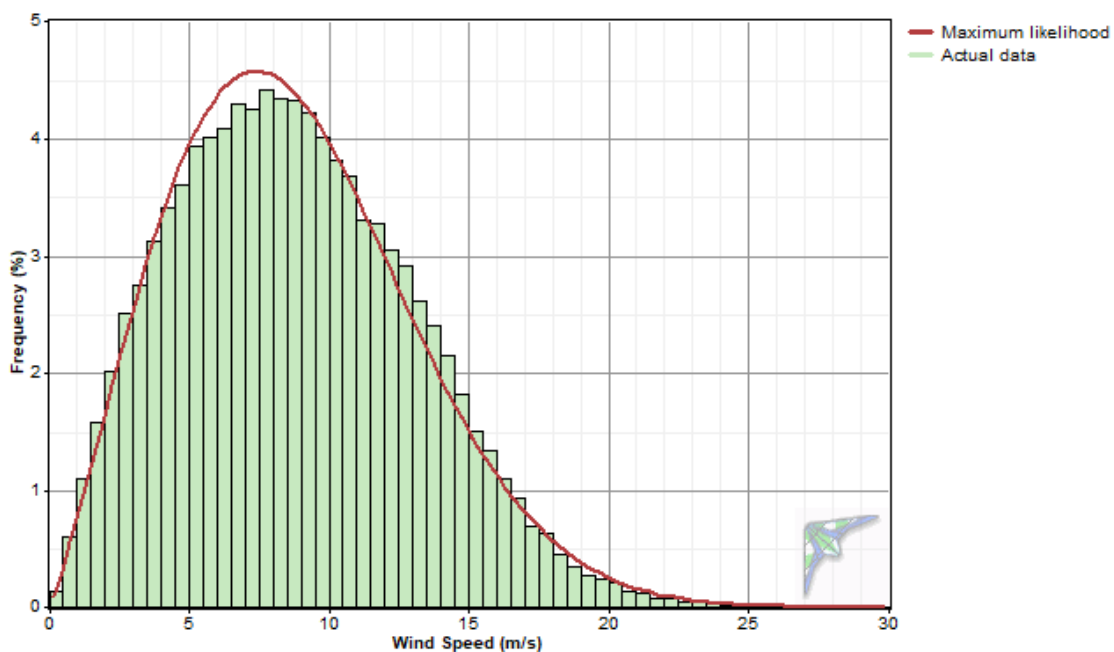


Figura 1: Función Distribución de Probabilidad de la velocidad a 150 metros

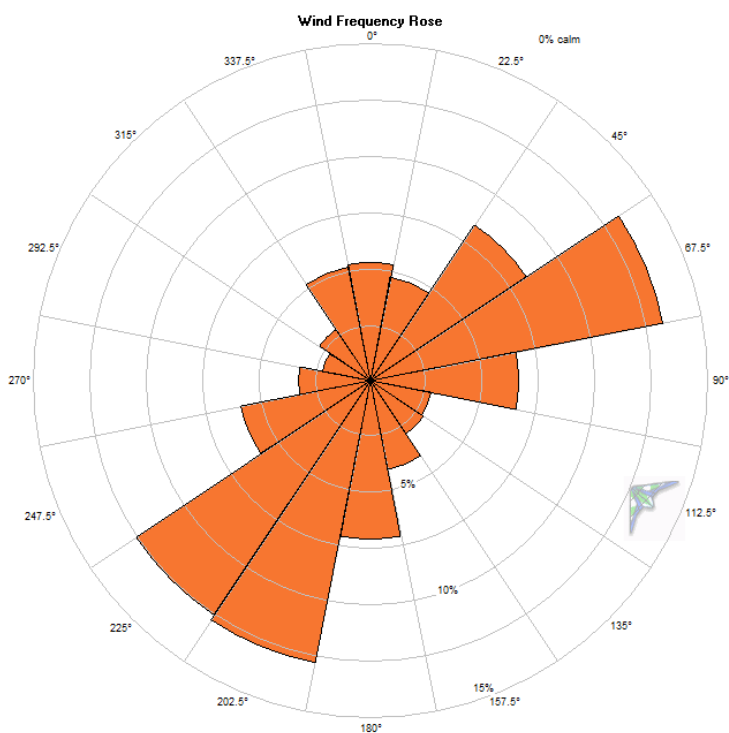


Figura 2: Rosa de viento de frecuencias

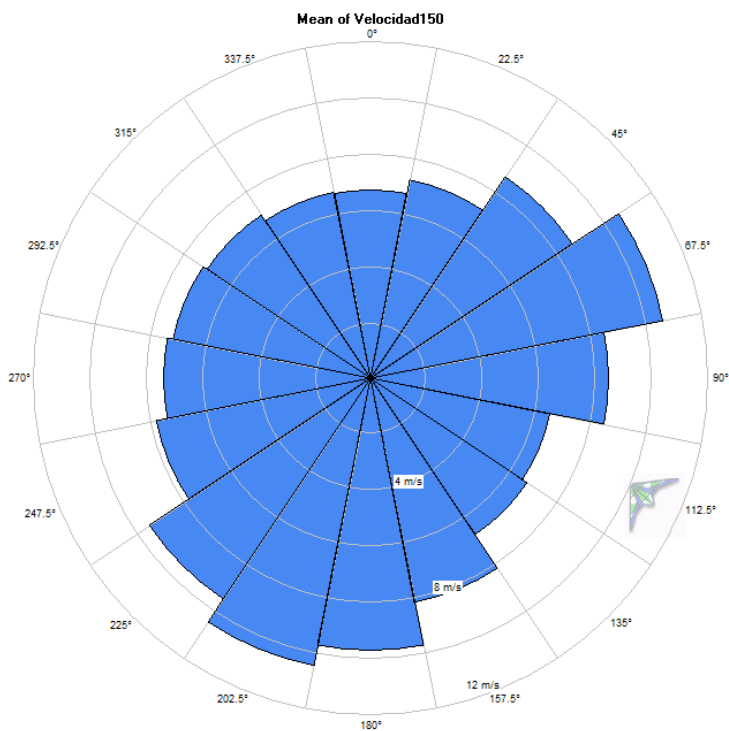


Figura 3: Rosa de viento de velocidades

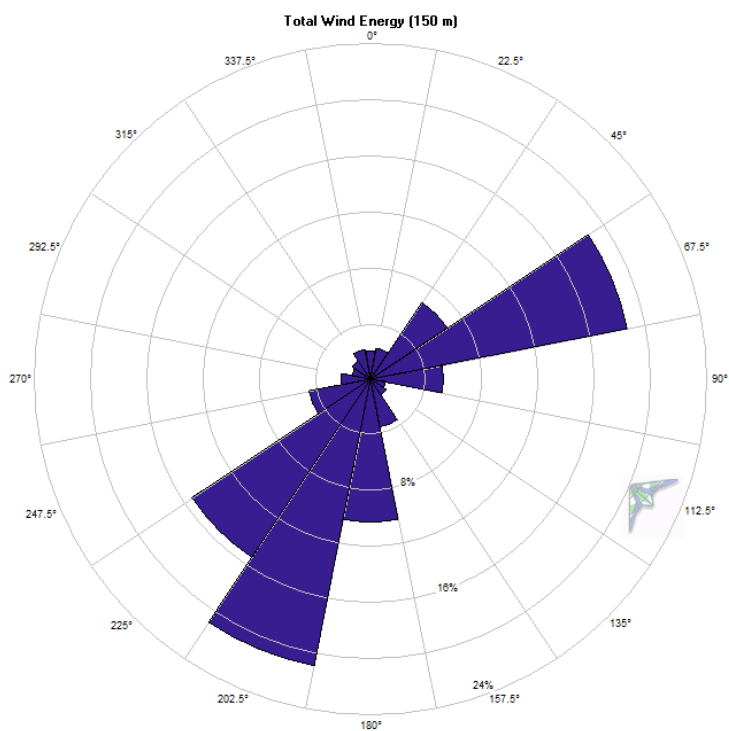


Figura 4: Rosa de viento de energías

6.2. Análisis tridimensional del flujo del viento

Como se ha comentado en la introducción del capítulo, el análisis tridimensional se ha hecho con el programa *Wasp*, el cuál es capaz de simular el flujo de viento teniendo en cuenta obstáculos del emplazamiento, la orografía y la rugosidad del terreno dando como resultado las zonas más favorables para la construcción de los aerogeneradores por ser zonas con altísimo potencial eólico.

A continuación, se muestra el emplazamiento del parque eólico con las estimaciones de energía media neta producida por el viento y el campo de velocidades desde todos sus sectores:

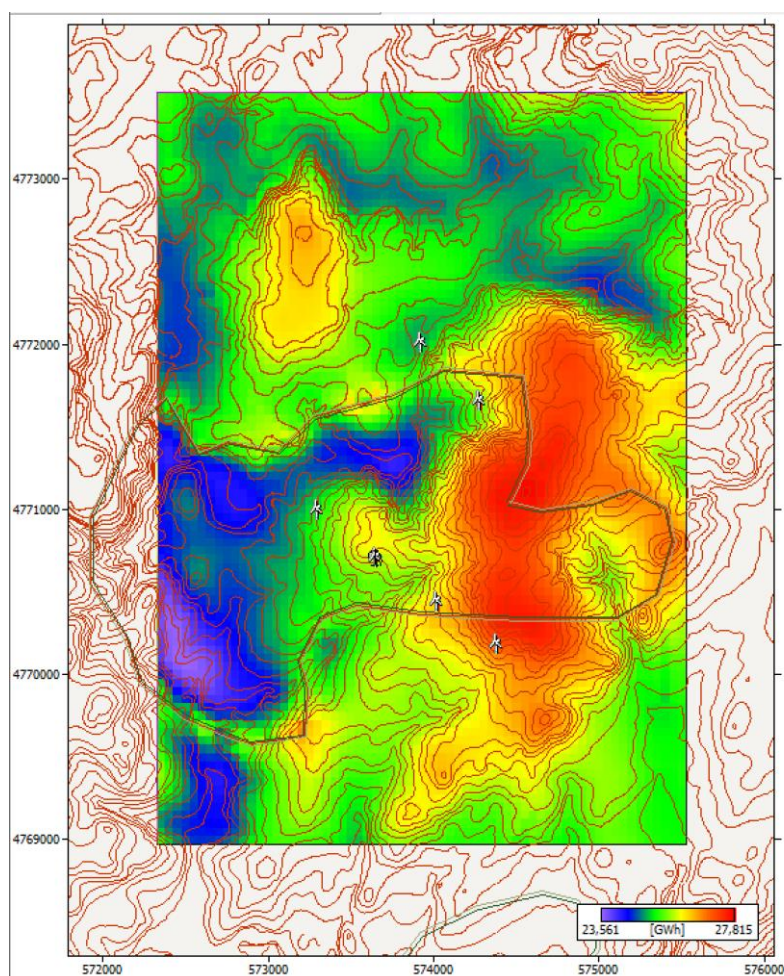


Figura 5: Simulación del campo medio de Energía neta producida

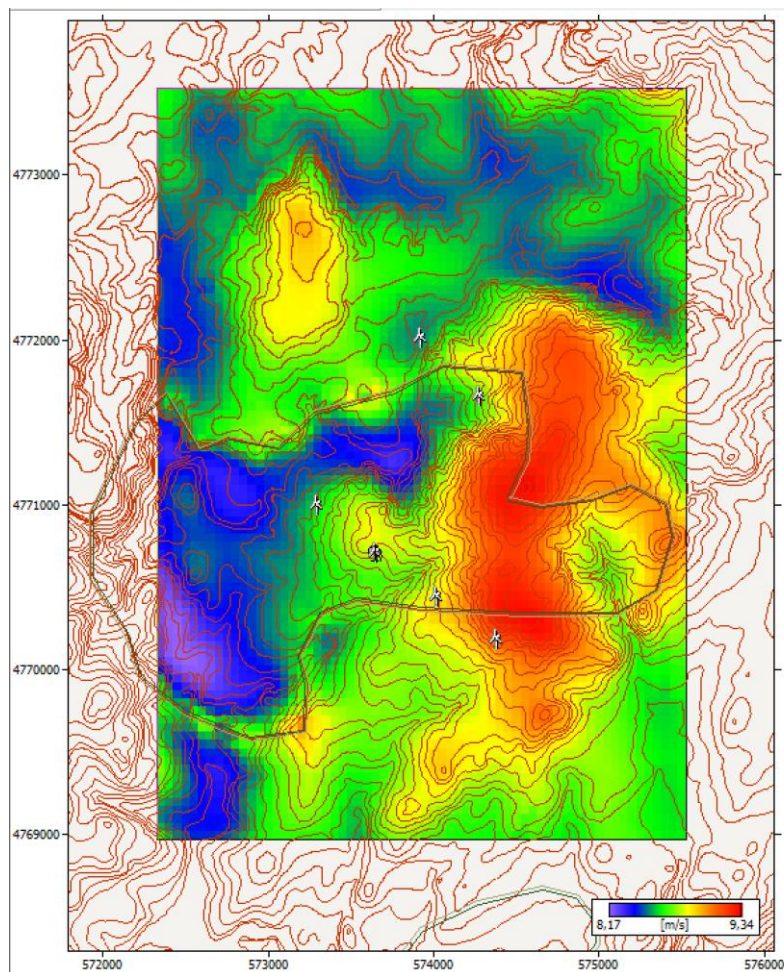


Figura 6: Simulación del campo de velocidades del viento

A modo de comparación, es interesante comparar la energía media producida y la velocidad media con las mismas variables, pero solo estudiadas en el sector más favorable que es el que está orientado $67,5^\circ$ (sentido horario) desde el Norte, véase las rosas de viento, para observar el enorme potencial eólico del emplazamiento:

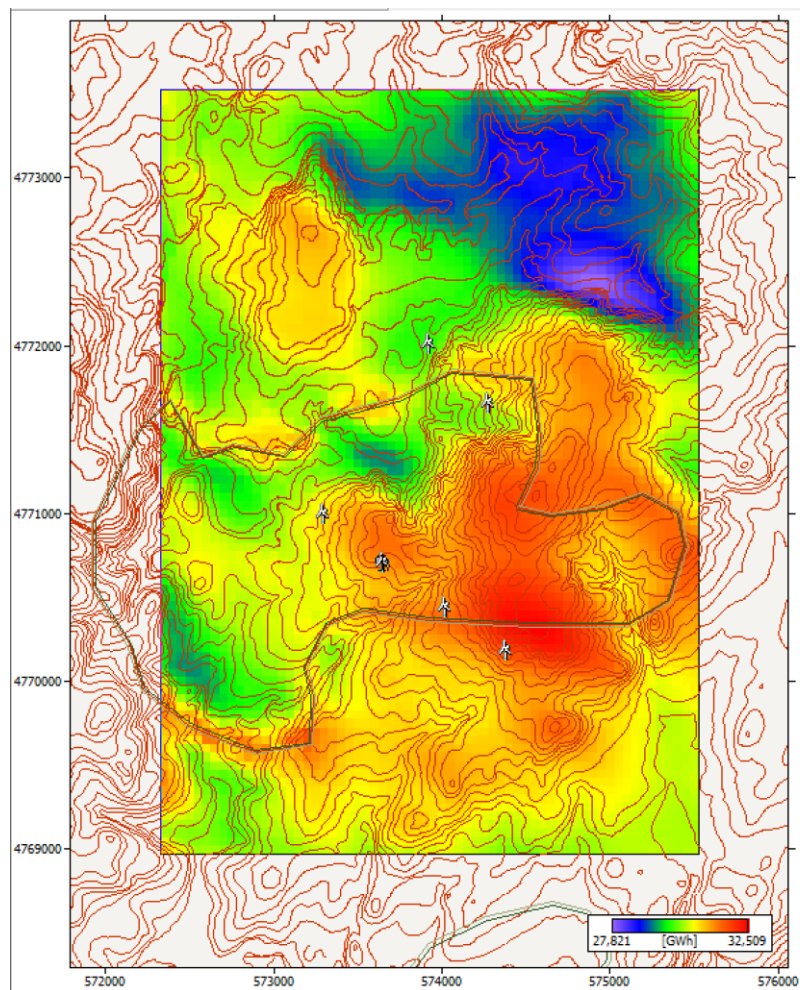


Figura 7: Simulación del campo de Energía neta producida desde el sector 67,5°

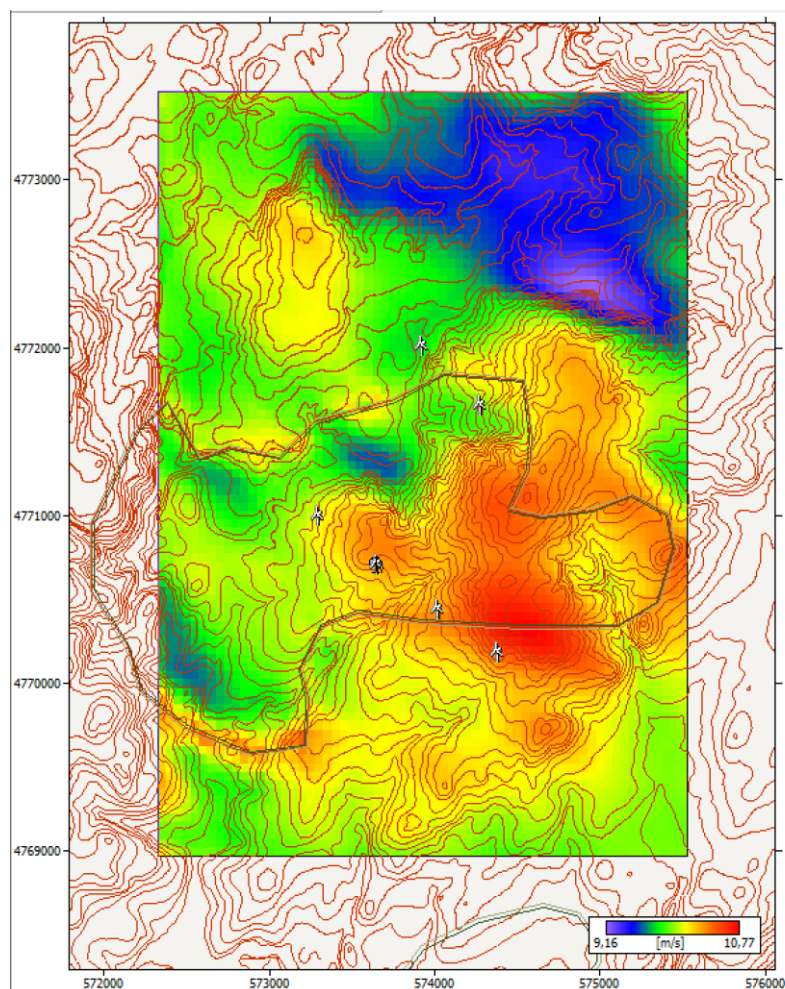


Figura 8: Simulación del campo de velocidades del viento desde el sector 67,5°

6.3. Descripción de los Criterios Generales de Diseño

Los criterios que se han empleado para el diseño del parque con relación a la posición de los aerogeneradores, para la optimización de la energía vertida a la red y evitar, en la medida de lo posible, la alteración de la zona, son los siguientes:

- Ubicación de las máquinas perpendicularmente a las direcciones del viento con mayor potencial eólico, en este caso, perpendicular al sector de 67,5°.
- Para aerogeneradores situados en la misma alineación, se ha mantenido una distancia entre bases de 450-500 metros (2,5-3 veces el diámetro de los aerogeneradores). Para alineaciones de aerogeneradores se ha mantenido una distancia de 1160 metros (algo más de 7 veces el diámetro de los aerogeneradores).
- Distancia de un aerogenerador a un conjunto de casas: 500 metros.
- Distancia de un aerogenerador a una casa o edificio aislado: 300 metros

6.4. Análisis energético del emplazamiento

La estimación de la energía media anual vertida a la red se ha realizado con el programa *Wasp*, a partir de las siguientes hipótesis, necesarias para el correcto funcionamiento del programa:

- Campo de viento de cada aerogenerador: distribución de frecuencias de los sectores de donde proviene el viento y los parámetros de *Weibull* (A y C).
- Pérdidas por efecto estela (modelo Park del programa *Wasp*)
- Productividad de los aerogeneradores: 100%.
- Alturas de buje de los aerogeneradores: 150 metros.
- Curva de potencia del aerogenerador GE-158 5,3 MW, para una densidad de $1,16 \text{ kg/m}^3$ (véase Apartado 4.5 del Anexo II).
- Ajuste del modelo del programa *Wasp*, ya que simulaba con una velocidad ligeramente superior a la aportada por la serie de datos de partida.

A continuación, se muestra la producción anual media bruta del emplazamiento, para el tipo de aerogenerador GE-158, finalmente elegido, haciendo referencia a los siguientes términos, además de la producción individual de cada aerogenerador:

- Producción libre: producción bruta por aerogenerador considerándolo aislado.
- Producción bruta: producción bruta por aerogenerador considerándolo parte de un parque eólico y, por consiguiente, teniendo en cuenta pérdidas por estela, es decir, variaciones del campo de viento que generan turbulencia y menor rendimiento del aerogenerador.
- Horas equivalentes: tiempo necesario para generar la potencia nominal con una productividad del 100% a plena carga.

Parque eólico Comillas Emprende						
Análisis energético del emplazamiento						
Aerogenerador	X _{UTM}	Y _{UTM}	Velocidad (m/s)	Producción libre (GWh/año)	Producción bruta (GWh/año)	Pérdidas estela (%)
1	573300	4770952	8,62	25,31	24,58	2,87
2	573653	4770660	8,75	25,78	24,97	3,16
3	574025	4770397	8,92	26,38	25,64	2,82
4	574390	4770137	9,08	26,89	26,44	1,67
5	573929	4771964	8,54	25,03	24,29	2,98
6	574278	4771612	8,7	25,6	24,68	3,57
TOTAL				154,99	150,59	2,85

Tabla 5: Energía media producida anual

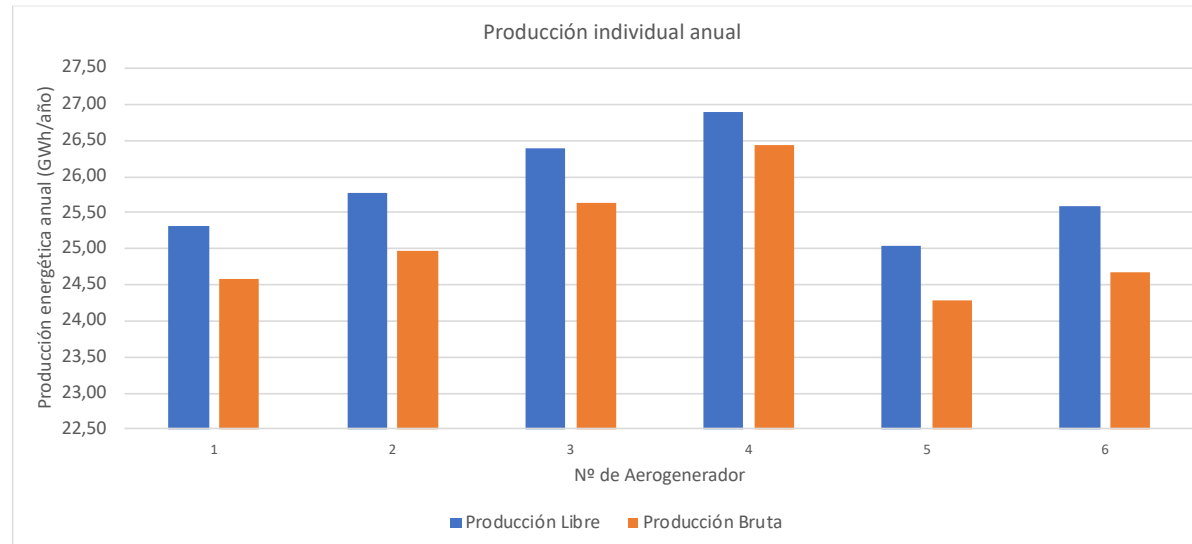


Figura 9: Producción anual individual por aerogenerador

La evaluación energética media anual se ha realizado bajo la hipótesis de productividad del 100 %. Para la estimación de la energía que se vierte a la red se ha tenido en cuenta una serie de pérdidas:

- Pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas: 3 %.
- Indisponibilidad de los aerogeneradores y/o instalaciones eléctricas: 2 %.
- Otras pérdidas como histéresis, contaminación atmosférica, curva de potencia, etc.: 5 %.

Por lo tanto, la producción neta que se vierte a la red quedará se calculará de la siguiente forma:

$$Producción\ neta = (1 - 0,03 - 0,02 - 0,05) \times Producción\ bruta$$

Con las consideraciones anteriores, se muestra la tabla con la energía vertida a la red y el tiempo medio de funcionamiento anual a potencia nominal, junto con las potencias libre y bruta:

Parque eólico Comillas Emprede	
Análisis energético del emplazamiento	
Nº de aerogeneradores	6
Potencia total instalada (MW)	31,8
Producción media anual libre en parque (GWh/año)	154,99
Producción media anual bruta en parque (GWh/año)	150,59
Producción media anual vertida a la red (GWh/año)	135,53
Horas equivalentes a plena carga	4262
Factor de capacidad (%)	48,65

Tabla 6: Resumen energías producidas en el parque anualmente

7. Descripción del parque eólico

Las obras, estructuras e instalaciones que se proyectan, para la construcción del parque eólico son las que se describen en adelante, en completa sintonía con el Documento N°2: Planos y se especifican en el Documento N°3: Pliego de Condiciones Técnicas.

7.1. Características Generales

El parque eólico, de 31,8 MW de potencia eléctrica bruta, está formado por 6 aerogeneradores tripala, con velocidad y paso variables, modelo General Electric GE-158 de 5300 kW de potencia unitaria, distribuidos ordenadamente por las zonas montañosas del emplazamiento descrito en el apartado 3 y 4 (*véase Plano Resumen*).

La generación de cada aerogenerador se hará de manera independiente, la energía se genera a 690 V, la cuál es elevada a 30 kV, a través de un transformador de Media Tensión de 6228 kVA, alojado en la parte interna cada aerogenerador.

Los aerogeneradores se conectarán en serie a través de cabinas de Media Tensión, formando dos circuitos en M.T., dichas conexiones irán subterráneas hasta su llegada a la subestación. Dicha Subestación, diseñada y construida para el proyecto, se encargará de elevar la tensión hasta 220 kV y verterla a la red.

El entronque con la red eléctrica de transporte se efectuará a través de una línea eléctrica aérea de 220 kV, que partiendo de la subestación del parque eólico enlazará con la subestación de Mesón, propiedad de Red Eléctrica de España (REE).

En la siguiente tabla, se adjuntan las principales características del Parque Eólico Comillas Emprende:

Parque Eólico Comillas Emprende	
Características Generales	
Nº de Aerogeneradores	6
Modelo del Aerogenerador	GE-158
Potencia Unitaria nominal (kW)	5.300,00
Potencia Total Instalada (MW)	31,80
Altura de buje	150,00
Diámetro del Rotor (m)	158,00
Producción media bruta (GWh/año)	150,59
Producción media neta o vertida a red (GWh/año)	135,53
Horas equivalentes a potencia nominal (h)	4.262
Inversión total (k€)	36.159

Tabla 7: Características Generales Parque Eólico Comillas Emprende

7.2. Obra Civil

La obra civil contemplada está formada de las siguientes infraestructuras:

- Accesos y viales
- Cimentación de los aerogeneradores
- Zanjas para cables
- Canalizaciones para red de tierras
- Edificio de Control
- Cimentaciones del aparellaje eléctrico de la subestación 30kV/220kV

El movimiento de tierras se evitará en la medida de lo posible, llevando a cabo, solamente, las obras que sean estrictamente necesarias, para conservar y no dañar la vegetación actual.

7.2.1. Descripción general del emplazamiento

El parque eólico está ubicado en la provincia de La Coruña, en el término municipal de Vilasantar, el entorno poligonal del parque se puede ver en el *Plano Resumen*, donde se muestra todo su entorno. La formación que seguirán los aerogeneradores será formando dos líneas paralelas, cada línea de aerogeneradores estará compuesta por 4 y 2 aerogeneradores, respectivamente (*Véase Plano Resumen*).

Asimismo, el acceso al parque, para vehículos voluminosos, será posible desde dos entradas diferentes, llegando a la misma salida.

7.2.2. Accesos y viales internos

Accesos

Los accesos principales al entorno del parque eólico serán dos, uno por el Sur y otro por el Oeste. Está pensado que el acceso a los aerogeneradores 1, 2, 3 y 4 se haga desde el acceso Oeste, sin embargo, para los aerogeneradores 5 y 6 y la Subestación, el acceso más cómodo y sencillo será el del Sur. Los accesos se harán desde viales ya pavimentados y con suficiente tamaño, por lo que no está previsto el arreglo de los mismos, simplemente una mejora, en caso de ser estrictamente necesario.

Viales internos

Los caminos internos del parque eólico han sido diseñados de forma que el movimiento de tierras sea el mínimo posible. Para ello, se ha intentado aprovechar al máximo viales internos, ya construidos, pero sin pavimentar (véase Plano Resumen).

El diseño de los viales ha sido pensado conforme a las características técnicas proporcionadas por General Electric, para el correcto movimiento de los grandes vehículos de transporte, por lo tanto, los radios mínimos de todos los viales han sido respetados y diseñados con un margen de seguridad, para el libre movimiento de camiones y vehículos de gran tamaño.

La longitud total de los viales a reparar asciende a los 4204 m, mientras que se han construido un conjunto de viales nuevos con una longitud total de 2247 m. A continuación, se muestran las características principales de los viales diseñados:

- Calzada con anchura útil de 4,00 m.
- Calzada con anchura útil entre aerogeneradores de 6,00 m.
- Calzadas con sobreechamientos en las curvas, libres de obstáculos.
- Radio mínimo de curvatura de 37 m.
- Pendiente máxima en viales de 11%.

7.2.3. Cimentación de los aerogeneradores

Las cimentaciones de los aerogeneradores siguen las condiciones de dimensionamiento propuestas por el fabricante General Electric, con el fin de soportar cualquier esfuerzo derivados de las acciones de la construcción o del viento, principalmente. Además, deberán estar adaptadas al tipo de suelo de la ubicación.

El diseño básico de la cimentación del aerogenerador GE-158 consistirá en una zapata circular de diámetro 19,5 m, donde se alojará la base del aerogenerador de 4,3 m de diámetro interior y 8,5 m de diámetro exterior.

7.2.4. Zanjas para cables

Los cables de M.T. y de comunicaciones irán enterrados en zanjas eléctricas, con el fin de conectar entre sí los aerogeneradores con el edificio de control y la subestación. El tipo de zanja a realizar se adecua a las especificaciones técnicas expuestas en el Pliego de Condiciones y, de forma gráfica, se puede ver en el plano detallado de Zanjas eléctricas.

7.2.5. Canalización para la red de tierras

El conductor de puesta a tierra irá alojado en las zanjas eléctricas y en las cimentaciones de los aerogeneradores, con el fin de estar protegidos frente a posibles agentes externos al parque eólico.

7.2.6. Edificio de control y edificio de subestación

El edificio de control y la parte de la subestación cubierta compartirán ubicación, alojados dentro del mismo edificio, pero totalmente aislados uno del otro. Igualmente, en el edificio, se construirán salas de reuniones, aseos, zonas de descanso, almacenes, salas de control y salas de cabinas de M.T.

La estructura del edificio será muy sencilla, con el objetivo de adecuarse a la edificación de la zona. El edificio será rectangular de 18 x 11 m, aproximadamente, con un único nivel de 3 m. el edificio deberá de estar equipado, para protegerse frente a posibles incendios.

7.2.7. Cimentaciones del aparellaje eléctrico de la subestación

El aparellaje eléctrico de alta tensión deberá tener sus propias cimentaciones, siguiendo las condiciones expuestas por el fabricante de cada equipo. Salvo excepción expuesta por el fabricante, la cimentación se hará con dados de hormigón, siguiendo las especificaciones técnicas.

7.3. Aerogeneradores

El fabricante GENERAL ELECTRIC proporcionará su modelo GE-158, de 5300 kW de potencia unitaria. El modelo es relativamente nuevo, por lo que no se encuentra instalado con gran facilidad, no obstante, destaca el parque eólico de EDF Renewables, en Bahía, Brasil.

El modelo GE-158 es un aerogenerador de tres palas, sistema activo de control de ángulo de paso y velocidad variable. Con una altura de 150 m y un rotor de 158 m de diámetro, este aerogenerador es capaz de captar gran cantidad de viento con poca turbulencia, con el objeto de maximizar la producción.

Con el fin de evitar las máximas pérdidas desde la generación hasta que la energía llega a la red, el modelo GE-158 incorpora el transformador de B.T./M.T. en la parte superior del aerogenerador. Asimismo, la turbina es capaz de modificar la velocidad de las palas, para aprovechar al máximo el recurso eólico y optimizar el proceso. El ajuste de la velocidad también ayuda a que el impacto del viento contra el aerogenerador sea menos severo e inflija menor daño, ayudando a su mejor conservación.

7.3.1. Características técnicas principales

A continuación, se detallan las principales características técnicas del modelo GE-158, de 5300 kW de potencia unitaria:

Rotor

Modelo	GE-158
Diámetro del rotor	158 m
Área barrida	19607 m ²
Regulación de potencia	Control ángulo de paso (Pitch Control)
Velocidad de arranque	3 m/s
Velocidad de corte	25 m/s
Ráfaga máxima de supervivencia	80,3 m/s

Pala

Fabricante	GE
Longitud de pala	77,4 m
Piezas	2
Protección contra rayos	Incluida

Generador

Fabricante	GE
Potencia nominal	5300 kW
Tipo	Generador Síncrono, doble alimentado
Clase de protección	IP 23

Sistema de orientación

Tipo	Eléctrico
Control de giro	Automático

Control

Fabricante	GE
Tipo	Microprocesador A través de Convertidores
Conexión a la red	Incluido
SAI (Sistema de Alimentación Interrumpida)	Incluido

Frenos

Freno aerodinámico	Giro total de las palas
--------------------	-------------------------

Torre

Altura de buje	150 m
----------------	-------

7.3.2. Sistema de control

El sistema diseñado por GE consiste en el desarrollo de un microprocesador, capaz de adaptar la velocidad de giro y el ángulo de ataque de las palas, automáticamente, gracias a los sensores montados por toda la góndola.

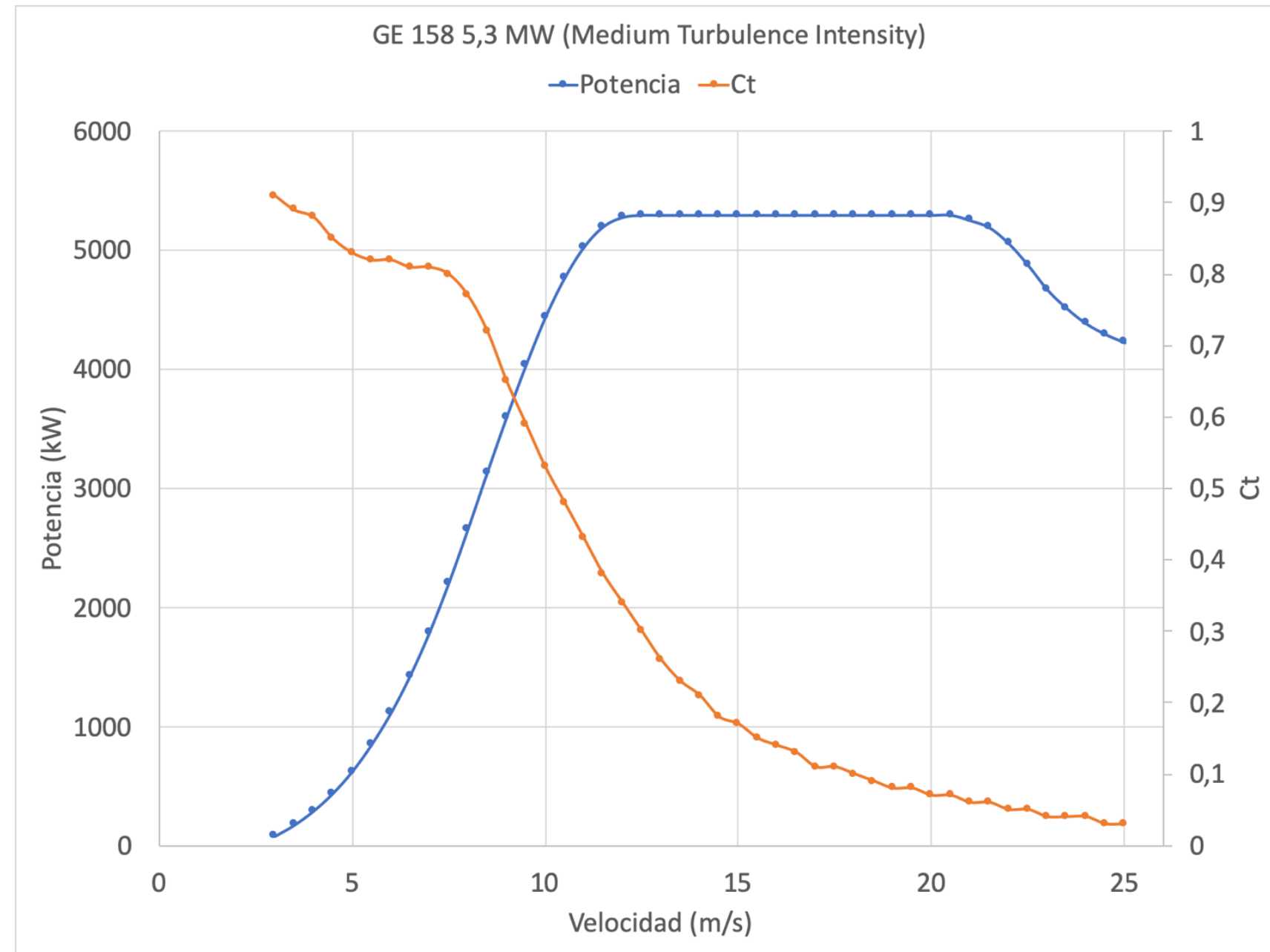
El proceso de arranque es sencillo, consiste en llegar a una velocidad mínima de 3 m/s, durante un tiempo mínimo estipulado por el fabricante, con el fin de evitar picos en la corriente, la conexión con la red se realiza con un inversor con corriente continua.

La velocidad del rotor, la potencia volcada a la red y el ángulo de paso de las palas se modifica instantáneamente con los valores recogidos por los sensores del aerogenerador. Una vez se llegue a la velocidad del viento de potencia nominal, se mantendrá dicha potencia mediante el ajuste de las palas y, así, optimizar el proceso de generación.

El sistema de control es capaz de detener el aerogenerador mediante freno aerodinámico, en cuanto se alcance la velocidad de 25 m/s, cabe destacar el hecho de que la potencia generada, irá disminuyendo a partir de los 20 m/s, hasta finalmente llegar a esos 25 m/s.

7.3.3. Curva de potencia y coeficientes de empuje

Aerogenerador General Electric GE158 5,3 MW		
Diámetro = 158 m Altura de buje = 150 m		
Densidad del aire = 1,16 kg/m ³		
Velocidad (m/s)	Potencia (kW)	Ct
3	82	0,91
3,5	175	0,89
4	294	0,88
4,5	442	0,85
5	625	0,83
5,5	850	0,82
6	1115	0,82
6,5	1429	0,81
7	1792	0,81
7,5	2208	0,8
8	2664	0,77
8,5	3140	0,72
9	3603	0,65
9,5	4039	0,59
10	4440	0,53
10,5	4772	0,48
11	5031	0,43
11,5	5203	0,38
12	5282	0,34
12,5	5300	0,3
13	5300	0,26
13,5	5300	0,23
14	5300	0,21
14,5	5300	0,18
15	5300	0,17
15,5	5300	0,15
16	5300	0,14
16,5	5300	0,13
17	5300	0,11
17,5	5300	0,11
18	5300	0,1
18,5	5300	0,09
19	5300	0,08
19,5	5300	0,08
20	5300	0,07
20,5	5300	0,07
21	5255	0,06
21,5	5194	0,06
22	5060	0,05
22,5	4878	0,05
23	4672	0,04
23,5	4516	0,04
24	4389	0,04
24,5	4299	0,03
25	4229	0,03



7.4. Sistemas Eléctricos de Media Tensión

En este apartado se describirán, de manera general, los elementos que componen el sistema de Media y Baja Tensión del Parque Eólico Comillas Emprende. Las instalaciones de estos elementos atienden a todas las normativas vigentes que se aplican. El objeto de este apartado es proyectar una correcta y óptima canalización y transporte de la energía desde la generación hasta la subestación de 220 kV/30 kV.

7.4.1. Sistemas Eléctricos de Media Tensión en 30 kV

A continuación, se describe, de manera básica, la instalación de los equipos y elementos de Media Tensión, existentes en cada aerogenerador, así como las condiciones técnicas tenidas en cuenta.

Para transportar la energía a la subestación, se debe elevar la tensión hasta los 30 kV, gracias a un centro de transformación, dispuesto dentro de los aerogeneradores. Desde la salida de estos aerogeneradores, se diseñarán las líneas de distribución de 30 kV. La intensidad nominal máxima de salida de cada aerogenerador será de, aproximadamente, 120 A.

Los aerogeneradores se van uniendo unos con otros mediante las correspondientes cabinas de Media Tensión, formando dos circuitos de M.T. En la siguiente tabla se muestra la composición de cada circuito, junto con el tipo de cabina de M.T. utilizada:

Parque Eólico Comillas Emprende		
Circuitos de M.T.		
	Nº Aerogenerador	Tipo de Cabina
Circuito I	1	0L + 1V
	2	0L + 1L + 1V
	3	0L + 1L + 1V
Circuito II	4	0L + 1V
	5	0L + 1L + 1V
	6	0L + 1L + 1V

Tabla 8: Circuitos de M.T.

Centros de Transformación

Se instalarán en el interior de los aerogeneradores, en la parte alta de los mismos. Llevarán incorporados un transformador de potencia de 6228 kVA, con un nivel de aislamiento de 36 kV y una relación de transformación de $30 \text{ kV} \pm 2 \times 2,5\% / 690 \text{ V}$. También estará la celda de protección del transformador y las celdas de entrada y salida de los circuitos de M.T.

Transformadores

La relación de los transformadores será de $30 \text{ kV} \pm 2 \times 2,5\% / 690 \text{ V}$, grupo de conexión Dyn11 y 6228 kVA. Se fabricarán de tipo seco y dispondrán de una placa donde se muestren las características del transformador.

Cabinas de Media Tensión

En las instalaciones del parque eólico se diferenciarán 2 tipos de cabinas de Media Tensión que se muestran a continuación:

- Tipo 1: Celda de remonte y celda de protección (0L + 1V).
- Tipo 2: Celda de remonte, celda de línea y celda de protección (0L + 1L + 1V).

Las cabinas serán prefabricadas y vendrán con todo tipo de elementos mecánicos, para su correcta instalación. La tensión asignada será de 36 kV, la intensidad de 400 A y la intensidad de cortocircuito de 16 kA, 1s.

Las componentes principales de cada celda alojadas en las cabinas serán:

- Cabina de entrada de línea:
 - o Interruptor-seccionador en SF6
 - o Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión
 - o Indicadores capacitivos de presencia de tensión
- Cabina de salida de línea:
 - o Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión
 - o Indicadores capacitivos de presencia de tensión
- Cabina de protección de transformador:
 - o Interruptor automático.
 - o Seccionador con posiciones abierto, cerrado y puesta a tierra.
 - o Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión
 - o Indicadores capacitivos de presencia de tensión

Cables

Las características de los cables de Media Tensión son las siguientes:

De transformador 0,69/30 kV a celdas 30 kV:

Denominación	N2XSY
Tipo de conductor	Unipolar-Campo Radial
Nivel de aislamiento	18/30 kV
Sección	3x(1x50) mm ²
Material conductor	Aluminio
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Malla de Cu.
Cubierta	Poliolefina
Cubierta de armadura	Polietileno

Interconexión 30 kV:

Denominación	RHZ1 OL
--------------	---------

Tipo de conductor	Unipolar-Campo Radial
Nivel de aislamiento	18/30 kV
Sección	3x(1x240) mm ²
Material conductor	Aluminio
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Malla de Cu.
Cubierta	Poliolefina
Cubierta de armadura	Polietileno

Las características de los cables de fibra óptica son los siguientes:

Cable monomodo

Tipo de fibra	Monomodo 10/125 μm
Construcción	Ajustada
Número de fibras	8
Cubierta interna	Polietileno
Armadura	Acero corrugado
Cubierta externa	Polietileno

Cable multimodo

Tipo de fibra	Multimodo 50/125 μm
Construcción	Ajustada
Número de fibras	8
Cubierta interna	Polietileno
Armadura	Acero corrugado
Cubierta externa	Polietileno

Zanjas

Se han definido tres tipos de zanjas eléctricas, para acoger, correctamente, todos los cables que se alojan en ellas:

Parque Eólico Comillas Emprende			
Nº de cables según tipo de Zanaja			
Clase	Media Tensión Nº de ternas	Fibra Óptica	Cable de tierra
Z-1a	1	1	1
Z-2b	2	1	1
Z-4d	4	1	1

Tabla 9: Nº de cables por zanja

La manera con la que se deberán tender los cables en las zanjas eléctricas será la siguiente, en el orden mostrado:

- En el fondo de la zanja se extenderá el conductor de tierra.
- Sobre el fondo de la zanja se extenderá una capa de arena fina, lavada, de unos 100 mm de espesor, y sobre ella se alojarán las ternas de cables de potencia (M.T.) hasta un total de tres y separadas horizontalmente entre si unos 200 mm.
- Seguidamente se extenderá otra capa de arena fina de unos 300 mm de espesor, que se compactará convenientemente, y sobre ella se colocará el/los cable/s de fibra óptica.
- Sobre los cables de fibra óptica se extenderá otra capa de arena fina de unos 150 mm de espesor que se compactará convenientemente y sobre la misma en todo su recorrido, se colocará una protección mecánica a base de placas de PVC.
- Seguidamente se extenderá una capa de tierra debidamente compactada de unos 150 mm de espesor, limpia de piedras, ramas y raíces. Encima de la misma, en todo su recorrido se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos de media tensión por debajo de ella.
- Finalmente, encima de la cinta de señalización se extenderá otra capa de tierra de unos 300 mm de espesor, debidamente compactada, limpia de piedras, ramas y raíces, hasta alcanzar la superficie del terreno.

7.4.2. Red de Puesta a Tierra

Se realizará una red de tierras, con cable de 1 x 95 mm² desnudo, que unirá todos los aerogeneradores entre sí, discurriendo por la misma zanja que el cableado de M.T. Las conexiones se han de realizar con terminales de conexión a compresión y soldaduras aluminotérmicas tipo Cadwell en empalmes y derivaciones.

En la cimentación de cada aerogenerador, se realizará una red de tierras que se unirá a la general del parque, a la que se conectarán todos los posibles equipos, elementos, estructuras o materiales metálicos que estén bajo la posibilidad de tener contacto con la electricidad. En todos los aerogeneradores se deberán realizar las mediciones de tensiones de paso y contacto.

Existen dos tipos de tierra:

- Tierra de Protección
 - o Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.
 - o Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.
- Tierra de Servicio
 - o Se conectará a tierra el neutro del transformador en cada centro de transformación.
 - o El cable de conexión será RV 0,6/1 kV de 1x 240 mm² de sección en cobre.

- La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra las celdas de media tensión, cuadros eléctricos, herrajes, etc., e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión.

7.5. Subestación 30kV/220kV: Sistema 220 kV

El sistema de 220 kV de la subestación del parque eólico estará constituido por un parque de intemperie, compuesto por dos posiciones de salida de línea aérea con Módulos HIS de 220 kV, un sistema de simple barra de operación y una posición de transformador de Potencia 220/30 kV, también con un Módulo HIS 220kV. Esta subestación estará situada en el propio parque eólico.

La subestación de 220 kV estará formada por los siguientes equipos, de las características que se mostrarán a lo largo de este documento:

- Tres Módulos compactos aislados en SF6 (HIS), con Interruptor automático tripolar, un seccionador tripolar giratorio, para el lado de barras, con cuchillas de puesta a tierra a ambos lados del interruptor y transformadores de intensidad.
- Cinco transformadores de tensión inductivos en barras y líneas.
- Nueve Autoválvulas de 192 kV, 10 kA, clase 3
- Tres Autoválvulas de 30 kV, 10 kA, clase 3

El terreno proyectado para acoger a la subestación de 220 kV tiene suficiente espacio, para la correcta disposición de los equipos recientemente mencionados, a su vez, al tratarse de una subestación HIS, el ahorro de espacio es mayor, por lo que no se presentan problemas para su perfecta ejecución.

7.5.1. Criterios de diseño

Los requerimientos por parte del Sistema Eléctrico Español, para la instalación de una subestación de 220 kV son muchos, entre los que destacan algunos de los más importantes, por su continua presencia o por la severidad de los incidentes:

- Admitir un ciclo de reenganche sin condiciones del interruptor de cabecera en el tiempo mínimo exigido por la Red de Transporte.
- Todos los equipos de medida, protección y control, asociados a un punto de conexión, deberán estar alojados en diferentes armarios, dentro de un mismo perímetro, para facilitar la accesibilidad.
- La subestación eléctrica deberá estar protegida frente a descargas atmosféricas, a través de pararrayos.
- Se deberán ajustar los valores de cortocircuito, para el correcto funcionamiento de la subestación en caso de falta ajena a ella.

- Las autoválvulas localizadas en la parte de alta tensión deberán proteger contra sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas, pero también ante operaciones de interruptores.

7.5.2. Transformador de potencia 220kV/30kV

El transformador de potencia será trifásico en baño de aceite, con regulación de tensión y ventilación forzada ONAF con las siguientes características:

· Potencia nominal	40 MVA.
· N° de fases.	3
· Frecuencia.	50 Hz.
· Tipo de refrigeración.	ONAN/ONAF
· Calentamiento medio de los arrollamientos	≤ 65°C.
· Calentamiento máximo del aceite	≤ 60°C.
· Baño.	Aceite.
· Instalación.	Intemperie.
· Tens. Nom. A.T. en vacío (Primario).	220 ± 10 x 1,25% kV.
· Tens. Nom. B.T. en vacío (Secundario).	30 kV.
· Arrollamiento A.T. en.	Estrella.
· Arrollamiento B.T. en.	Triángulo.
· Grupo de conexión.	YNd11.
· Conexión a tierra del neutro A.T.	Rígido a tierra
· Tensión de cortocircuito.	10%.

7.5.3. Descripción de las posiciones de la subestación 220 kV

La subestación será del tipo de simple barra, ya que, al solo haber una posición funcionando, no requiere demasiada fiabilidad. Igualmente, la proporción calidad/precio es muy generoso, para este tipo de subestaciones. Las calles estarán formadas por un transformador de intensidad, seccionadores, interruptor SF6, transformador de tensión y diferentes transformadores, para una correcta medición de las variables.

7.5.4. Equipos de Corriente Continua

Se instalarán en la caseta de Relés de la Subestación, dos baterías con sus respectivos cargadores. Las baterías serán de 125 y 48 Vcc. Los principales equipos que serán alimentados por las baterías, en caso de fallo en la alimentación, serán:

- Motor carga de Muelles Interruptores (lado alta y baja transformador elevador).

- Circuitos de cierre y disparo del interruptor (lado alta y baja transformador elevador).
- Señalización del aparellaje, alarmas y circuitos auxiliares de mando.
- Equipos de comunicaciones.

Por norma general, si las condiciones lo permiten, las baterías no actuarán. La corriente continua que se precise, durante el normal funcionamiento de la subestación, provendrá de rectificadores que también se encargarán de mantener las baterías cargadas.

En el caso de fallo de alimentación a la salida de los rectificadores, la energía será suministrada, sin pérdida de alimentación, por la batería, durante un tiempo máximo de 2 horas hasta una tensión mínima en distribución de $U_N - 20\%$.

7.5.5. Red de Puesta a Tierra

La red de puesta a tierra de la subestación será independiente a la del parque eólico, consistiendo en una red mallada de cable de cobre desnudo de 95 mm^2 de sección, enterrada a 80 cm de profundidad.

7.6. Subestación 30kV/220kV: Sistema 30 kV

El sistema de 30 kV irá alojado en el edificio de control, en la zona dedicada específicamente para ello. El sistema acogerá un embarrado de 30 kV en el cual se conectan los dos circuitos de Media Tensión, para conexas los con la línea de 220 kV.

Las cabinas de M.T. y los Servicios Auxiliares se alojarán, también, dentro del edificio de control, en la zona destinada para ello. Todos los equipos, que se instalarán en el sistema de 30 kV, atenderán a todas las condiciones y normas expuestas en las normas UNE.

7.6.1. Transformador de Servicios Auxiliares

Para la alimentación de los SS. AA, se empleará un transformador de potencia de relación 30 kV/400 V, una potencia de 100 kVA, tensión de aislamiento de 36 kV y grupo de conexión Dyn1. Dispondrá de un regulador de tensión en vacío de $\pm 2 \times 2,5\%$ y tensión de cortocircuito de 4%. Deberá estar equipada con una placa visible donde se especifiquen las características técnicas.

7.6.2. Aparellaje

Interruptores

Se utilizarán para protección de línea y desconexión en carga. Serán de corte en vacío, tipo extraíble con los enclavamientos adecuados y el accionamiento será por muelles con carga por motor. La tensión de aislamiento será de 36 kV, intensidad nominal de 630 A para las líneas, y 1250 A para la acometida. El poder de corte será de

25 kA. Dispondrán de bobina de cierre, disparo, mínima tensión y de sistema de control a 125 V c.c. en la propia cabina.

Interruptores seccionadores asociados con fusibles

Se utilizarán para la protección del transformador de SS. AA, serán de corte en carga y llevarán asociados fusibles para la protección contra cortocircuitos. En caso de fusión por anomalía de estos, abrirán automáticamente el seccionador. La tensión de aislamiento será de 36 kV, intensidad nominal 200 A y los fusibles serán de 10 A.

7.6.3. Protecciones

Se instalarán las siguientes:

- En líneas de generación
 - o Protección de Sobreintensidad (50, 51, 67Na). Con transformadores toroidales 60/1.
- En acometida o posición de transformador de potencia 220/30 kV
 - o Protección de Sobreintensidad (50, 51) y de sobretensión de neutro (59N).

7.6.4. Medida

Los transformadores de intensidad y de tensión, necesarios para la toma de medidas, se alojarán en diferentes cabinas, con el fin de proteger a los equipos y líneas del sistema. En las posiciones de línea, se implantarán transformadores toroidales, para un mejor funcionamiento de la protección 67Na.

Asimismo, se instalarán equipos multifunción por todas las posiciones de los equipos, con el fin de informar sobre las variables del sistema.

8. Aspectos socioeconómicos

La generación de energía eléctrica a través de parques eólicos presenta numerosos beneficios a nivel económico, social y ambiental. En el Anexo IV, se explica como la energía eólica es una gran aliada para combatir el cambio climático, además de ser una de las energías más sostenibles del planeta.

El efecto positivo de la energía eólica se ve reflejado en el momento en el que no se producen residuos, tras haber generado energía, es decir, es una energía limpia. Además, a diferencia de otro tipo de centrales de potencia similar, no se generan emisiones gaseosas a la atmósfera, evitando así la contribución al efecto invernadero (CO₂). Por último, recalcar el hecho muy positivo de que se utiliza una fuente de materia prima inagotable (viento), un hecho muy sostenible, ya que no compromete a generaciones futuras en el uso de esta fuente de materia prima.

Igualmente, la repercusión socioeconómica de la energía eólica es altamente positiva. Se observa con la generación de numerosos empleos tanto directos como indirectos, provenientes del gran volumen de servicios que son contratados en el área de construcción, así como la realización de carreteras y viales y la infraestructura eléctrica.

La creación de empleo se ha expresado al máximo en la zona de construcción del parque eólico, por diversas razones que se ven reflejadas en la firma de subcontratos con empresas locales públicas y privadas. Además, esto ayuda a que la construcción del parque eólico se agilice y haya menos gastos de logística y transporte.

9. Presupuesto de las instalaciones proyectadas

El presupuesto de ejecución por contrata del parque eólico y la infraestructura de evacuación asociada asciende a la cantidad de:

TREINTA Y SEIS MILLONES CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS (36.158.364,97 €)

· Obra Civil:	
- Parque Eólico	1.439.317,99
- Edificio de Control y Subestación Interperie	575.000,00
· Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
- Conductores y puesta a tierra	356.546,27
- Subestación 30 kV	124.996,12
- Cabinas de Media Tensión (MT)	86.778,00
- Subestación 220 kV	3.120.370,00
· Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
- Tendido de cables	60.000,00
- Subestación	215.000,00
· Infraestructura Eléctrica de Interconexión:	
- Aerogeneradores	22.500.000,00
· Ingeniería y Dirección de Obra	
- Ingeniería del Parque Eólico	80.000,00
- Dirección facultativa de la obra	55.000,00
· Varios	91.500,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	28.704.508,38
- 16 % Gastos Generales	4.592.721,34
- 3 % Beneficio Industrial	861.135,25
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	34.158.364,97
· GASTOS DE DESARROLLO	750.000,00
· INFRAESTRUCTURA INTERCONEXION ELECTRICA	1.250.000,00
TOTAL INVERSIÓN (i.i.i)	36.158.364,97

10.Plazo de ejecución del proyecto

La estimación del plazo de ejecución se prevé en **12 meses**, siguiendo la siguiente planificación que se muestra a continuación:

		PROGRAMA DE EJECUCIÓN																																															
		PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE (31,8 MW)																																															
		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8				MES 9				MES 10				MES 11				MES 12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ingeniería básica																																																	
Proyecto básico																																																	
EIA																																																	
Ingeniería de Desarrollo																																																	
Ingeniería Detalle																																																	
Obra civil																																																	
Instalaciones eléctricas																																																	
Gestión de compras																																																	
Obra civil																																																	
Instal. Eléctricas																																																	
Construcción y montaje																																																	
Obra civil																																																	
Caminos																																																	
Zanajas																																																	
Cimentaciones																																																	
Edificio de Control																																																	
Instal. Eléctricas																																																	
Cables BT/MT y aux.																																																	
Cabinas MT y aux.																																																	
Subestación MT/AT																																																	
Línea eléctrica																																																	
Aerogeneradores																																																	
Puesta en marcha																																																	
Pruebas																																																	
Recepción provisional																																																	

11. Ahorro y contaminación evitada

El parque eólico contará con una potencia total instalada de 31,8 MW y funcionará durante unas 4262 horas anuales, lo que supone una energía vertida a la red anual de 135,53 GWh.

La energía proveniente de recursos renovables, como el viento en este caso, supone un gran ahorro frente a energías producidas por métodos clásicos, como son las de combustibles fósiles, ya que la materia prima es agotable. A continuación, se estudiará el ahorro energético que se conseguirá, de acuerdo con el Plan de Energías Renovables de España, CNE, REE y Foro Nuclear. Cabe destacar el hecho de que se tendrán en cuenta los posibles gastos de transporte y pérdidas por producción.

Siguiendo las condiciones expuestas anteriormente, se obtienen los siguientes resultados de ahorro energético, para los distintos tipos de combustibles fósiles:

Parque Eólico Comillas Emprende				
Ahorro energético por tipo de combustible				
Tecnología	Rendimiento en punto de generación (%)	Rendimiento en punto de consumo (%)	Consumo específico (kcal/kWh final)	Ahorro Energético Nacional (Tep/año)
CT Fuel	37%	32%	2.697	36.549
CT GN ciclo abierto	36%	31%	2.772	37.564
CT Carbón	39%	34%	2.558	34.674
IGCC	45%	39%	2.217	30.051
CTCC (GN)	54%	47%	1.593	21.585

Tabla 10: Ahorro energético de distintos tipos de combustible

Asimismo, el ahorro energético de este tipo de centrales conlleva, directamente, al ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero, partículas y otro tipo de gases perjudiciales para la sociedad y el ambiente, se detallan en la siguiente tabla la contaminación evitada, por parte de las Centrales de Carbón:

Parque Eólico Comillas Emprende				
Contaminación evitada en diferentes tipos de Centrales de Carbón (toneladas/año)				
	Hulla + Antracita	Lignito Negro	Lignito Pardo	Carbón Importado
NOX	602	725	278	324
SOX	1.049	3.363	4.134	510
CO2	163.991	154.504	143.661	143.661
Partículas	61	61	46	31

Tabla 11: Contaminación evitada por diferentes tipos de Centrales de Carbón

Por último, se comparará la contaminación evitada por los distintos tipos de centrales eléctricas, por la operación del Parque Eólico Comillas Emprende, siguiendo los datos ofrecidos por CNE, REE y elaboración propia, excluyéndose del estudio las centrales hidráulicas y nucleares:

Parque Eólico Comillas Emprende				
Contaminación evitada en diferentes tipos de Centrales (toneladas/año)				
	Promedio CT Carbón	Centrales de Fuel - Gas	CTCC (GN)	Promedio RO 2010
NOX	431	185	185	245
SOX	1942	339	1	481
CO2	138716	115200	56923	77967
Partículas	45	15	3	14

Tabla 12: Contaminación evitada por diferentes tipos de Centrales Eléctricas

Además, se ha realizado un estudio sobre la sostenibilidad del proyecto que se puede encontrar en el Anexo IV, donde se comentan, sobre todo, los puntos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU que se cumplen, con la ejecución del Proyecto. Asimismo, se abordará el tema del mix energético español que, con el auge de las energías renovables, se verá drásticamente modificado con respecto a años anteriores.

12. Estudio de viabilidad

El estudio de viabilidad económica se presenta en el Anexo III, donde se detallan las variables necesarias y más representativas, para la correcta evaluación de la viabilidad.

El estudio se desarrolló bajo un Excel económico, en donde se han aplicado los datos de partida del Proyecto y numerosas hipótesis financieras, que quedan expuestas en el Anexo III, como resultado del estudio de viabilidad económica, se presentan los parámetros VAN, TIR y el período de retorno del capital, demostrando así la viabilidad y rentabilidad del Proyecto.

Igualmente, el estudio ha realizado un análisis de la sensibilidad, con el que se demuestra que el proyecto seguirá siendo viable y rentable, si se modifican parámetros como el precio de venta de la energía, la inversión total realizada o las horas de funcionamiento del parque.

13. Conclusiones

Tras el estudio del recurso eólico, se llega a la conclusión que el emplazamiento elegido tiene las características necesarias, para la implantación de aerogeneradores. En concreto, el parque eólico estará formado por 6 aerogeneradores que, tras la comparativa entre turbinas realizada, finalmente serán del fabricante General Electric que proporcionará el modelo GE-158, de 5300 kW de potencia unitaria. La potencia total instalada del Parque Eólico Comillas Emprende será de 31,8 MW.

Asimismo, el Proyecto también se hace cargo de la construcción de la infraestructura eléctrica, tanto de M.T como de A.T., describiéndose así en la obra civil expuesta, siguiendo las especificaciones definidas en el Proyecto.



Para la realización del Proyecto será necesaria una inversión total de 36.158.364,97 €. El primer año se tomará el precio de venta de la energía en 4,20 c€/kWh y una producción de 135,53 GWh. Finalmente, se puede obtener así el VAN, TIR y el período de retorno del capital, asumiendo una tasa de descuento y cierta evolución de la moneda. En la siguiente tabla se resumen las variables financieras que corroboran la viabilidad y la rentabilidad del Proyecto, tanto para el accionista como la propia empresa:

	TIR (%)	VAN (k€) (5,00%)	PRS(Años)
• Proyecto Antes de Impuestos:	14,81	37.695	6,58
• Proyecto Después de Impuestos:	11,22	21.055	7,83
• Accionista:	9,99	18.101	17,32

BIBLIOGRAFÍA

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

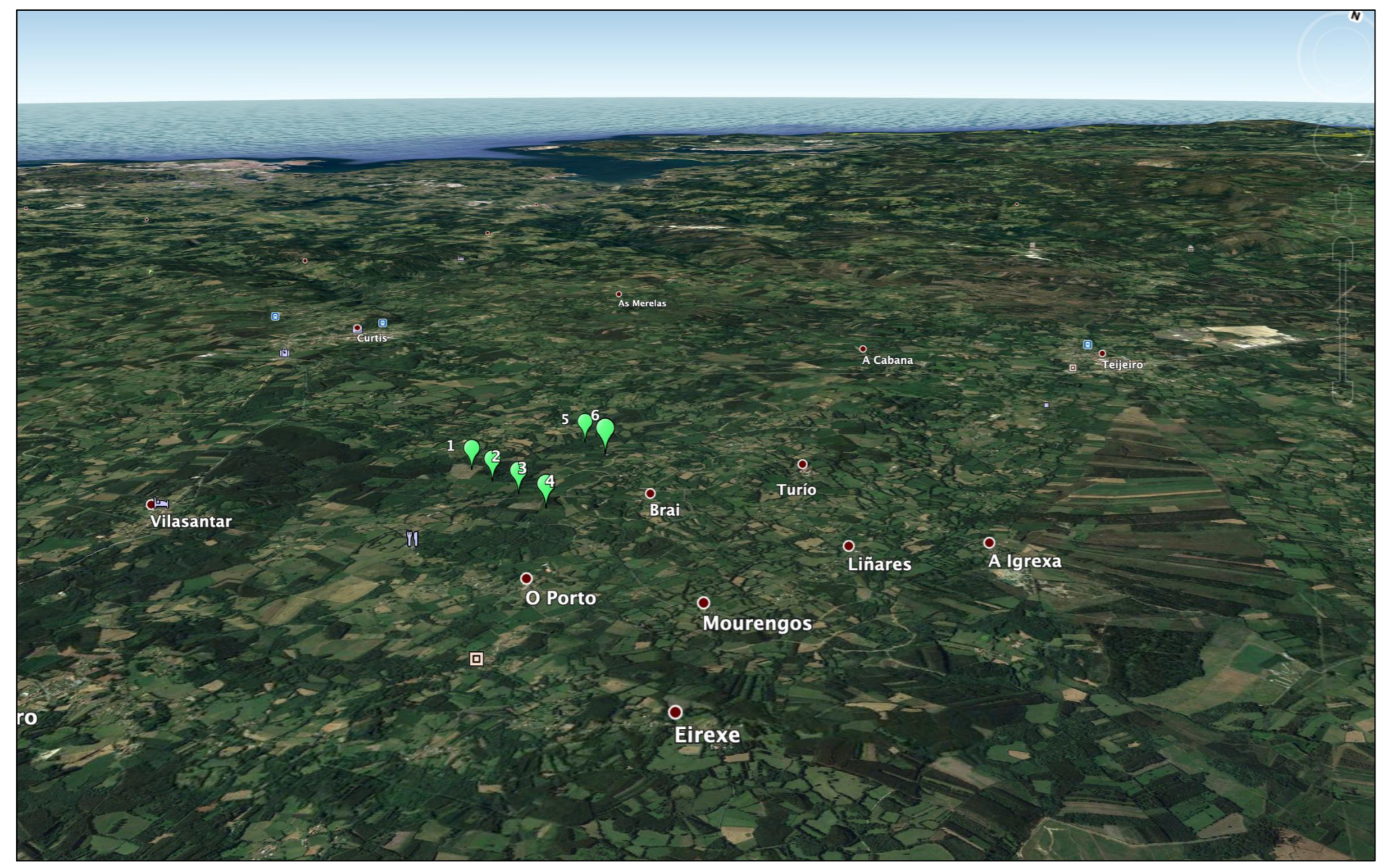
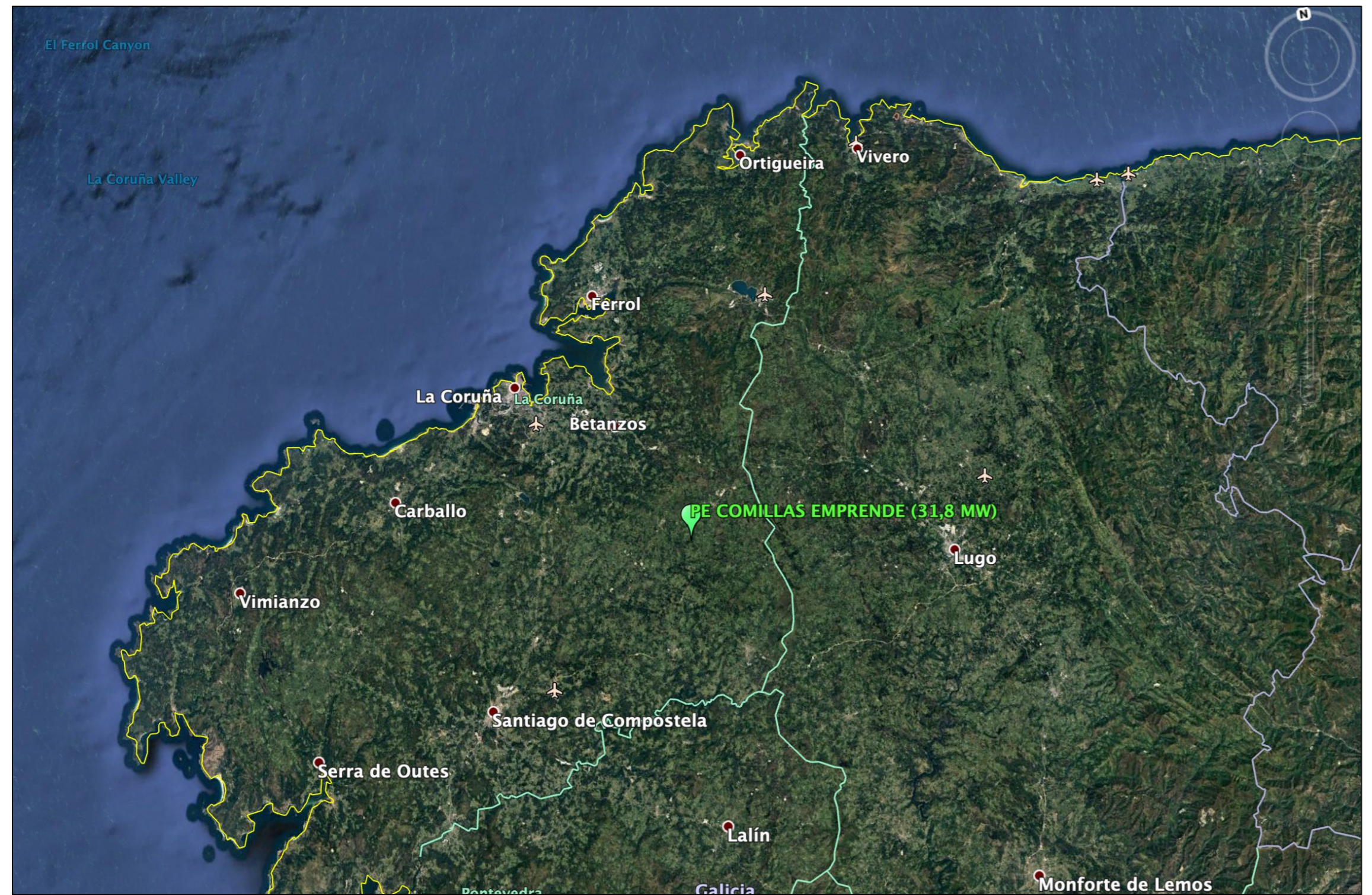
1. Alonso López Mendizabal R, Alonso C, Ceña A, Fernández MÁ, Mascaró J, Miceli F, et al. Con el viento a favor Madrid: Fundación Esteyco; 2015.
2. Prysmian Energía Cables y Sistemas de Argentina S. A.. Cables para redes de Media Tensión. Catálogo General. Buenos Aires;; 2009.
3. General Electric. Especificaciones Técnicas Aerogenerador GE-158.
4. Linares JI. Análisis de viabilidad económica de Proyectos. Curso 2019-2020. Presentación PPT.
5. Becerra JL, Romero JC. Integrating the SDGs into a TFG/TFM. Curso 2019-2020. Presentación PPT.
6. Red Eléctrica de España. [Online].; 2020 [cited 2020 6 27. Available from: <https://www.ree.es/es#>.
7. Montero Zamora J. Proyecto de Ejecución de la Subestación 220/30kV, “Venalta”. Proyecto de ejecución. Sevilla;; 2018.
8. Alonso Alonso C. Evaluación del Potencial Eólico: Programa Windographer Parte I y II. Curso 2019-2020. Presentación PPT.
9. Alonso A, Consolación. Evaluación del potencial Eólico: Programa Wasp. Curso 2019-2020. Presentación PPT.

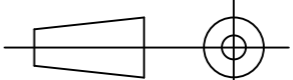
DOC 2: PLANOS

Nº de
Lámina

Título

1	PLANO SITUACIÓN PARQUE EÓLICO
2	IMPLANTACIÓN PARQUE EÓLICO
3	UNIFILAR GENERAL DEL PARQUE EÓLICO
4	UNIFILAR DENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE AEROGENERADORES
5	UNIFILAR GENERAL SUBESTACIÓN
6	TIPOS DE ZANJAS ELÉCTRICAS
7	DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS
8	TIPOS DE VIALES



MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE	
TOLERANCIA			PLANO SITUACIÓN PARQUE EÓLICO	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA		
COMPROBADO	JORGE M.	29/06/2020		
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.	Nº DE LAMINA: -1-

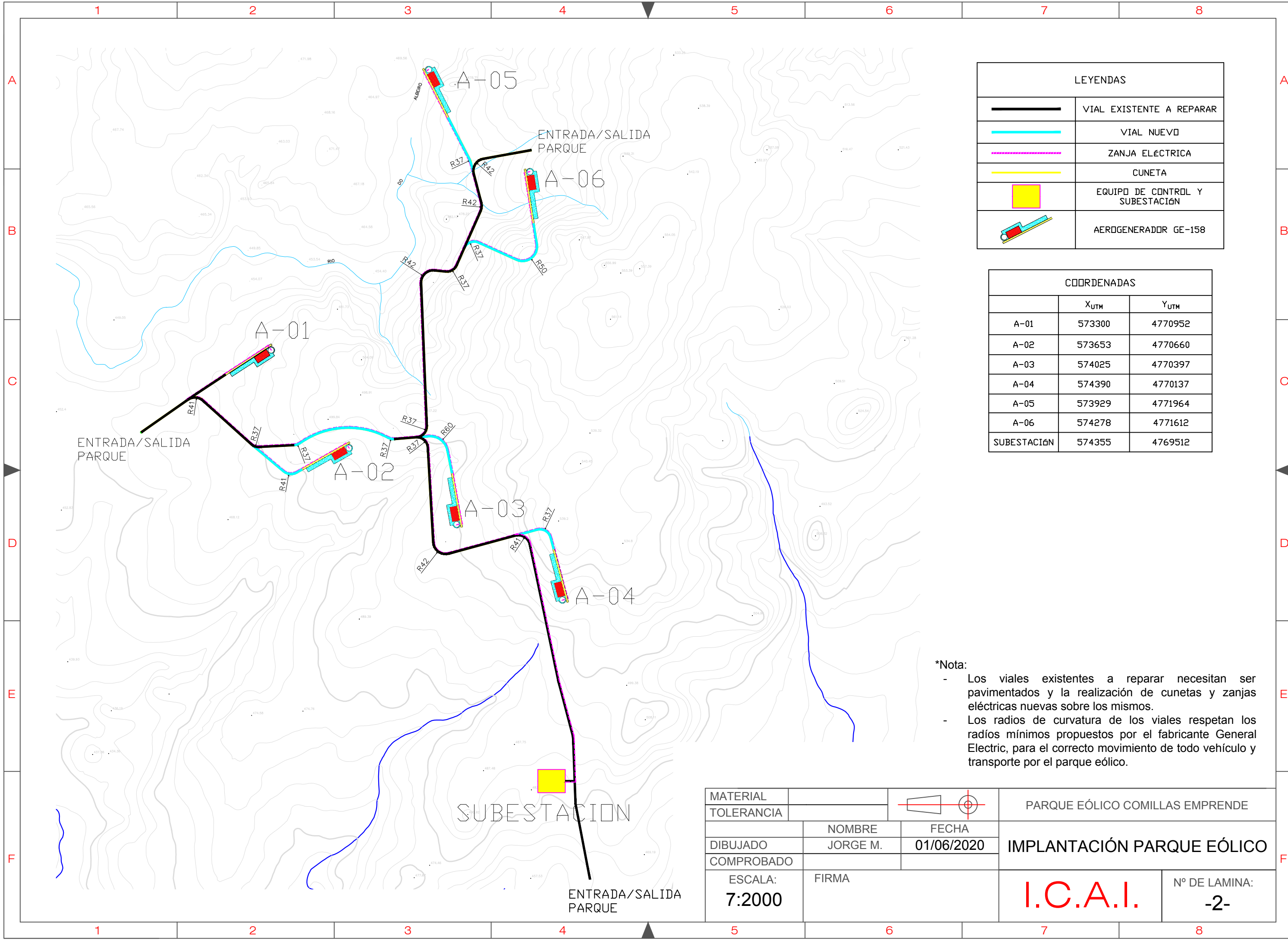
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

DIN - A2

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

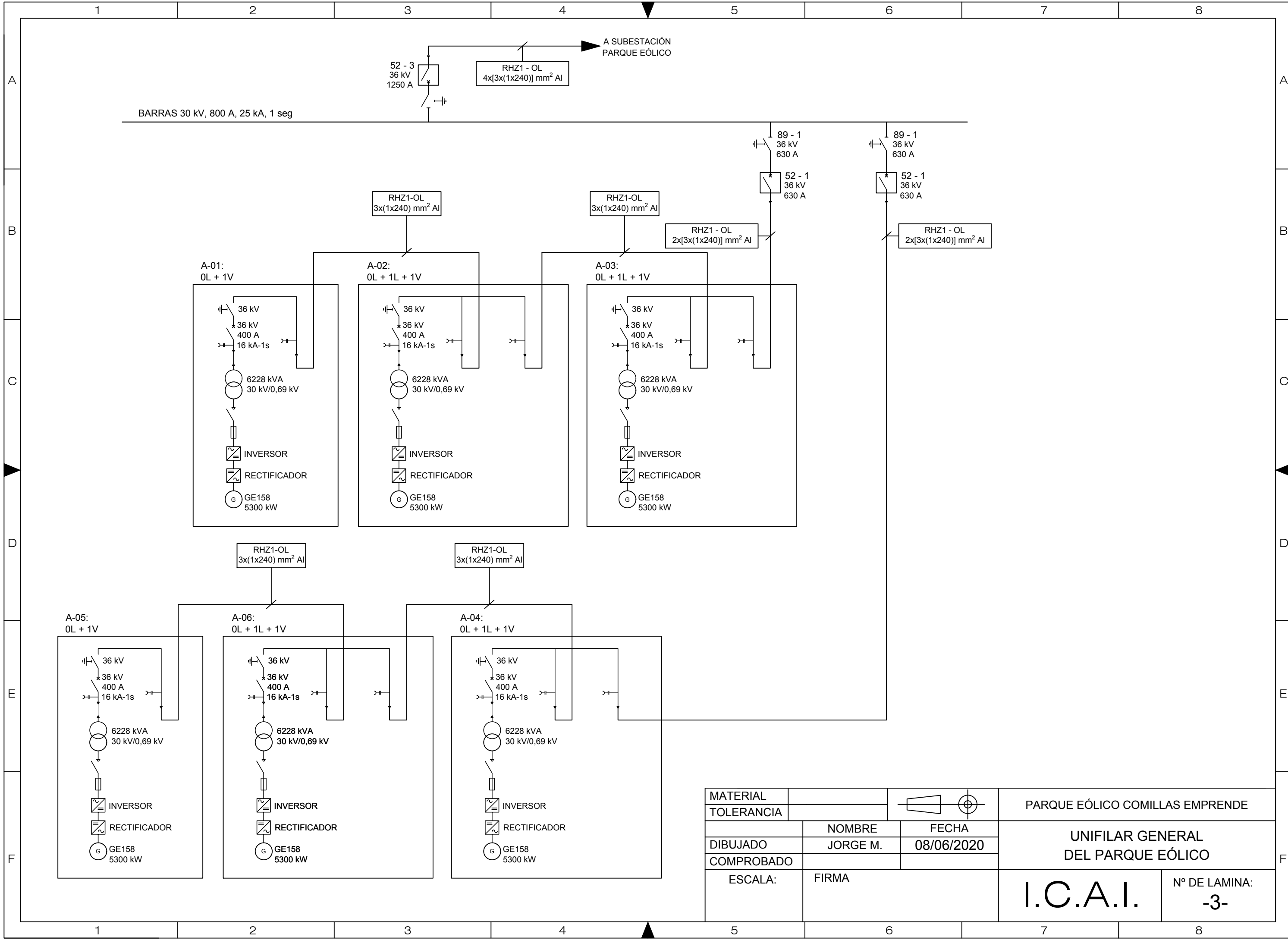


LEYENDAS	
	VIAL EXISTENTE A REPARAR
	VIAL NUEVO
	ZANJA ELÉCTRICA
	CUNETA
	EQUIPO DE CONTROL Y SUBESTACIÓN
	AEROGENERADOR GE-158

COORDENADAS		
	X _{UTM}	Y _{UTM}
A-01	573300	4770952
A-02	573653	4770660
A-03	574025	4770397
A-04	574390	4770137
A-05	573929	4771964
A-06	574278	4771612
SUBESTACIÓN	574355	4769512

- *Nota:
- Los viales existentes a reparar necesitan ser pavimentados y la realización de cunetas y zanjas eléctricas nuevas sobre los mismos.
 - Los radios de curvatura de los viales respetan los radios mínimos propuestos por el fabricante General Electric, para el correcto movimiento de todo vehículo y transporte por el parque eólico.

MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE	
TOLERANCIA			IMPLANTACIÓN PARQUE EÓLICO	
DIBUJADO	NOMBRE JORGE M.	FECHA 01/06/2020	I.C.A.I.	
COMPROBADO	FECHA			
ESCALA: 7:2000	FIRMA		Nº DE LAMINA: -2-	

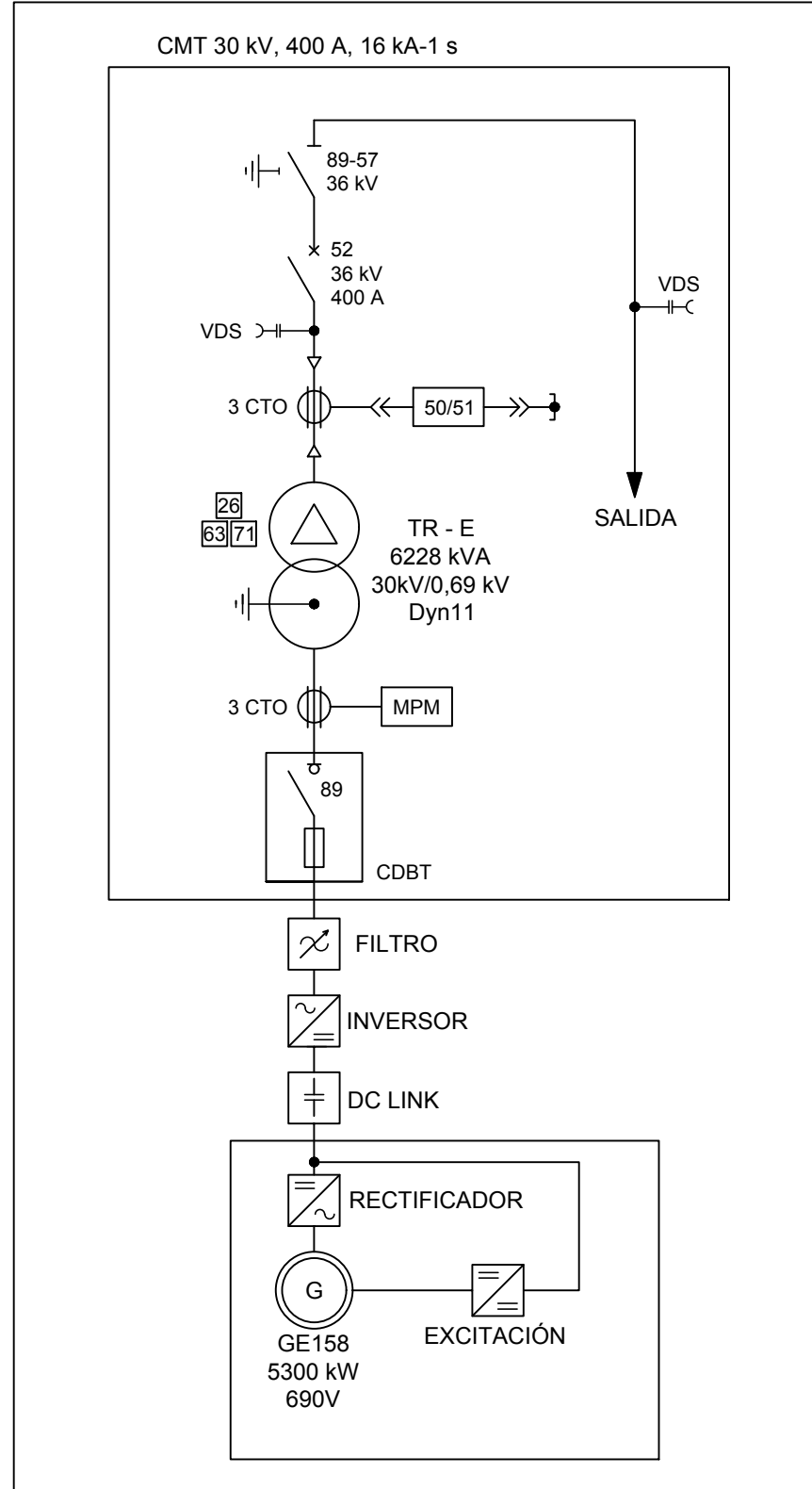


MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE
TOLERANCIA			
DIBUJADO	NOMBRE JORGE M.	FECHA 08/06/2020	UNIFILAR GENERAL DEL PARQUE EÓLICO
COMPROBADO			
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.
			Nº DE LAMINA: -3-

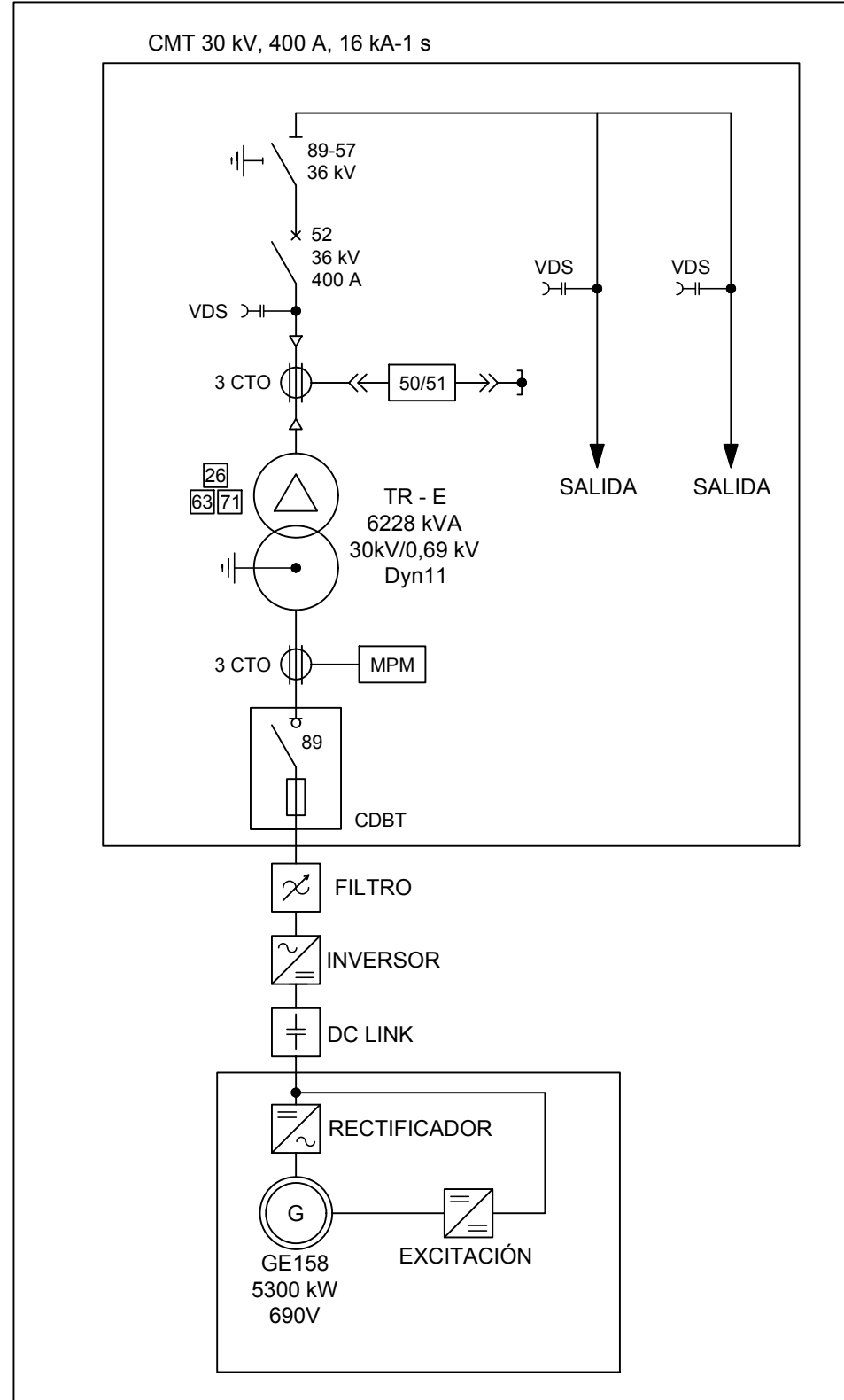
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TIPO DE CABINA: 0L + 1V
A-01, A-05



TIPO DE CABINA: 0L + 1L + 1V
A-02, A-03, A-04, A-06



LEYENDA	
89-57	SECCIONADOR 3 POSICIONES
52	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
89	SECCIONADOR/SECCIONADOR EN CARGA
50 / 51	PROTECCIÓN DE SOBREENCENDIMIENTO DE FASE
26	SENSOR TEMPERATURA ACEITE
63	SENSOR PRESIÓN ACEITE
71	SENSOR NIVEL ACEITE
CMT	CABINAS MEDIA TENSIÓN
CDBT	CUADRO DISTRIBUCIÓN BAJA TENSIÓN
TR-E	TRANSFORMADOR ELEVADOR
G	GENERADOR
CTO	TRANSFORMADOR CORRIENTE TOROIDAL
VDS	INDICADOR PRESENCIA TENSIÓN
MPM	EQUIPO DE MEDIDA MULTIFUNCIÓN

MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE
TOLERANCIA			
DIBUJADO	NOMBRE JORGE M.	FECHA 09/06/2020	UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE AEROGENERADORES
COMPROBADO			
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I. N° DE LAMINA: -4-

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

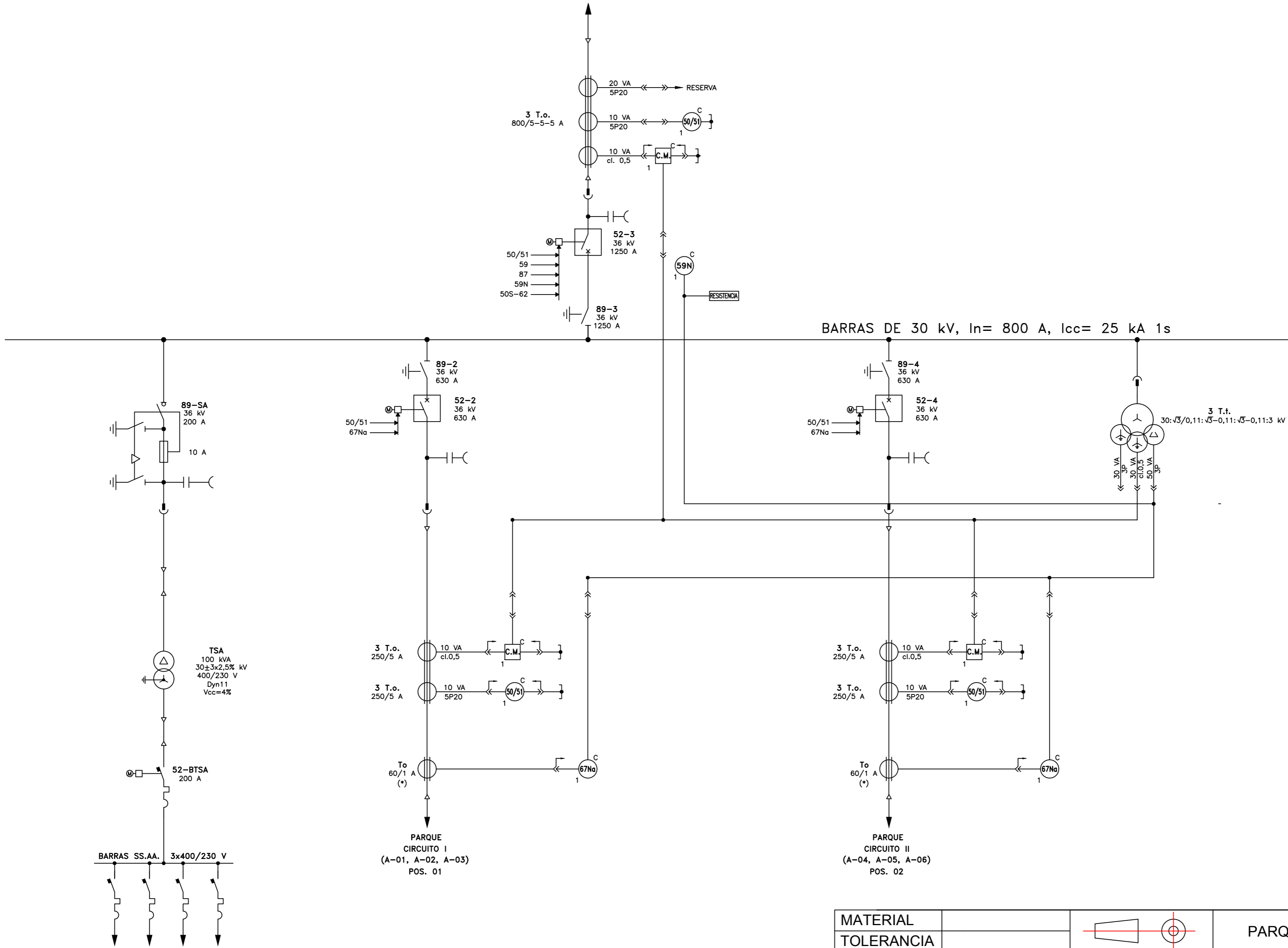
D

E

F

LEYENDA	
T.T.	TRANSFORMADOR DE TENSIGN
T.O.	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD (TOROIDAL)
T.A.T.	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE TENSIGN
C	CABINAS MEDIA TENSIGN
C.M.	CONVERTIDOR MULTIFUNCIÓN
B.C.	BATERIA DE CONDENSADORES
52	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
89	SECCIONADOR/SECCIONADOR EN CARGA
50 - 51	RELÉ DE SOBREENSIDAD
59 N	RELÉ DE PROTECCIÓN A TIERRA
67 No	RELÉ DIRECCIONAL DE SOBREENSIDAD DE TIERRA

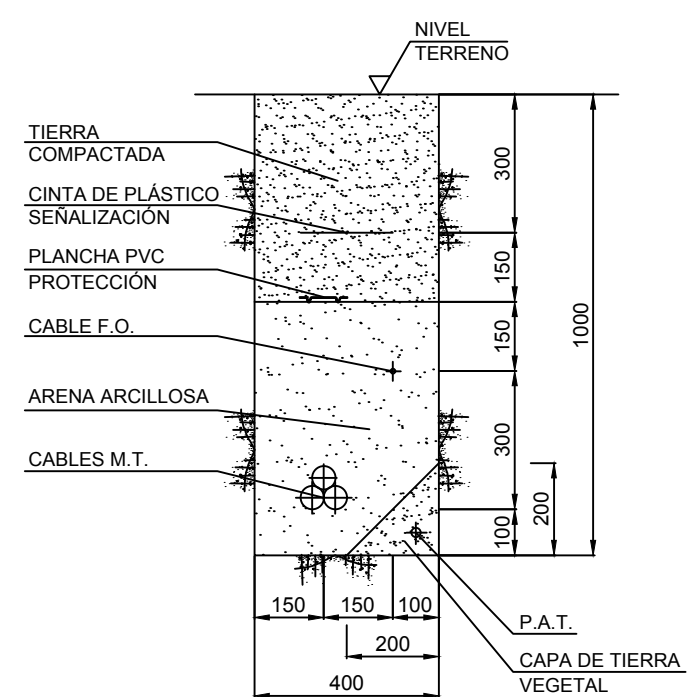
POS. 01
A SUBESTACIÓN
PARQUE EÓLICO



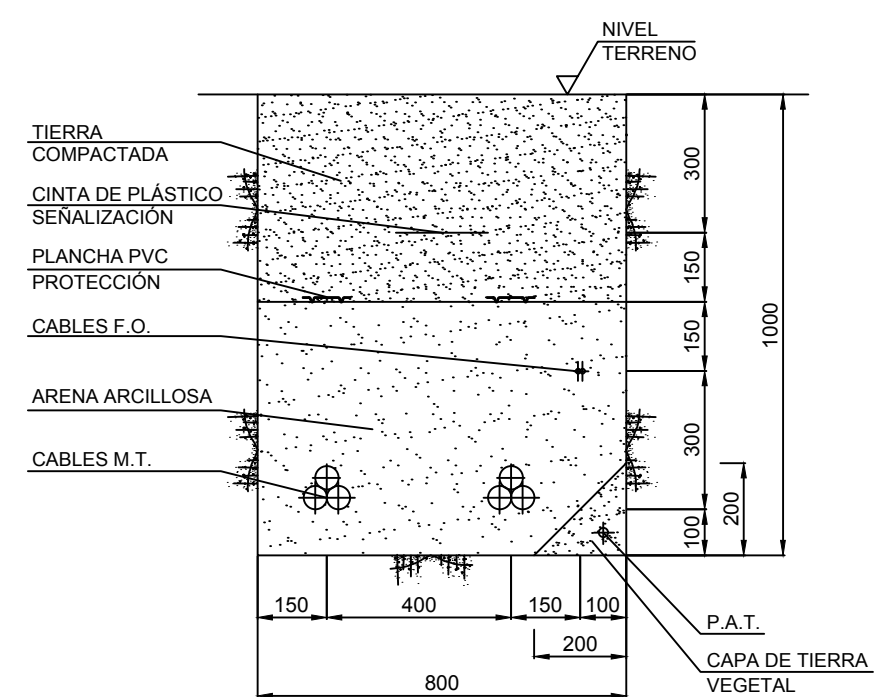
MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE
TOLERANCIA			
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	UNIFILAR GENERAL SUBESTACIÓN
COMPROBADO	JORGE M.	26/06/2020	
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.

1 2 3 4 5 6 7 8

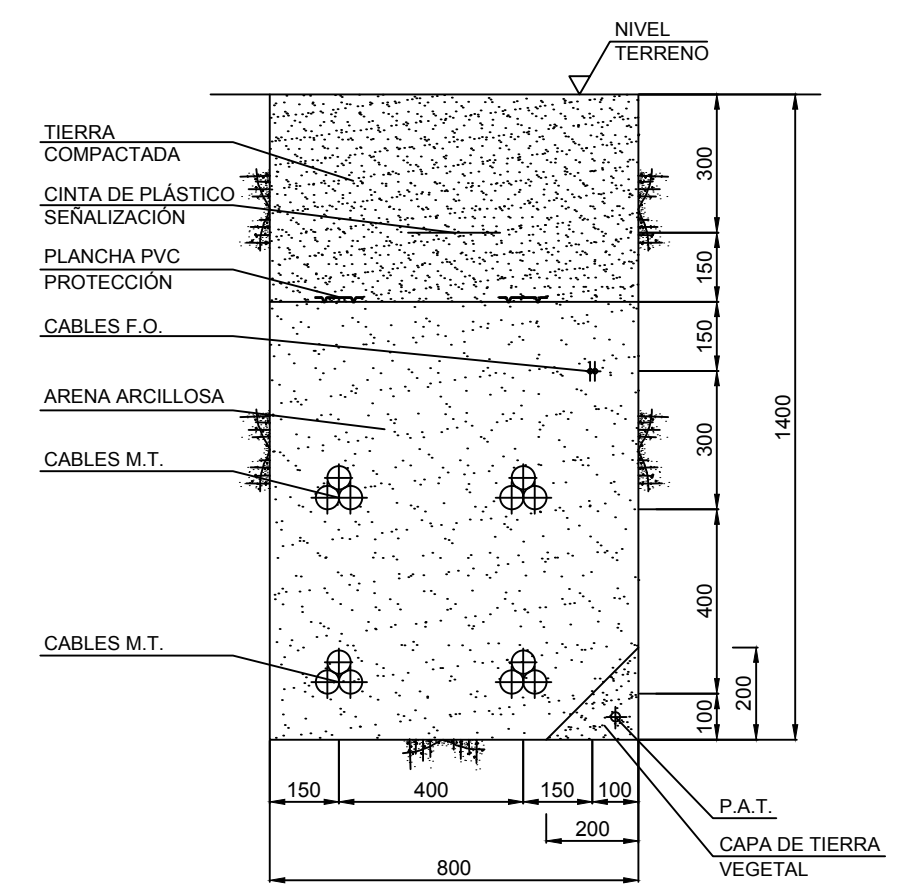
A
B
C
D
E
F



ZANJA TIPO Z-1a



ZANJA TIPO Z-2b



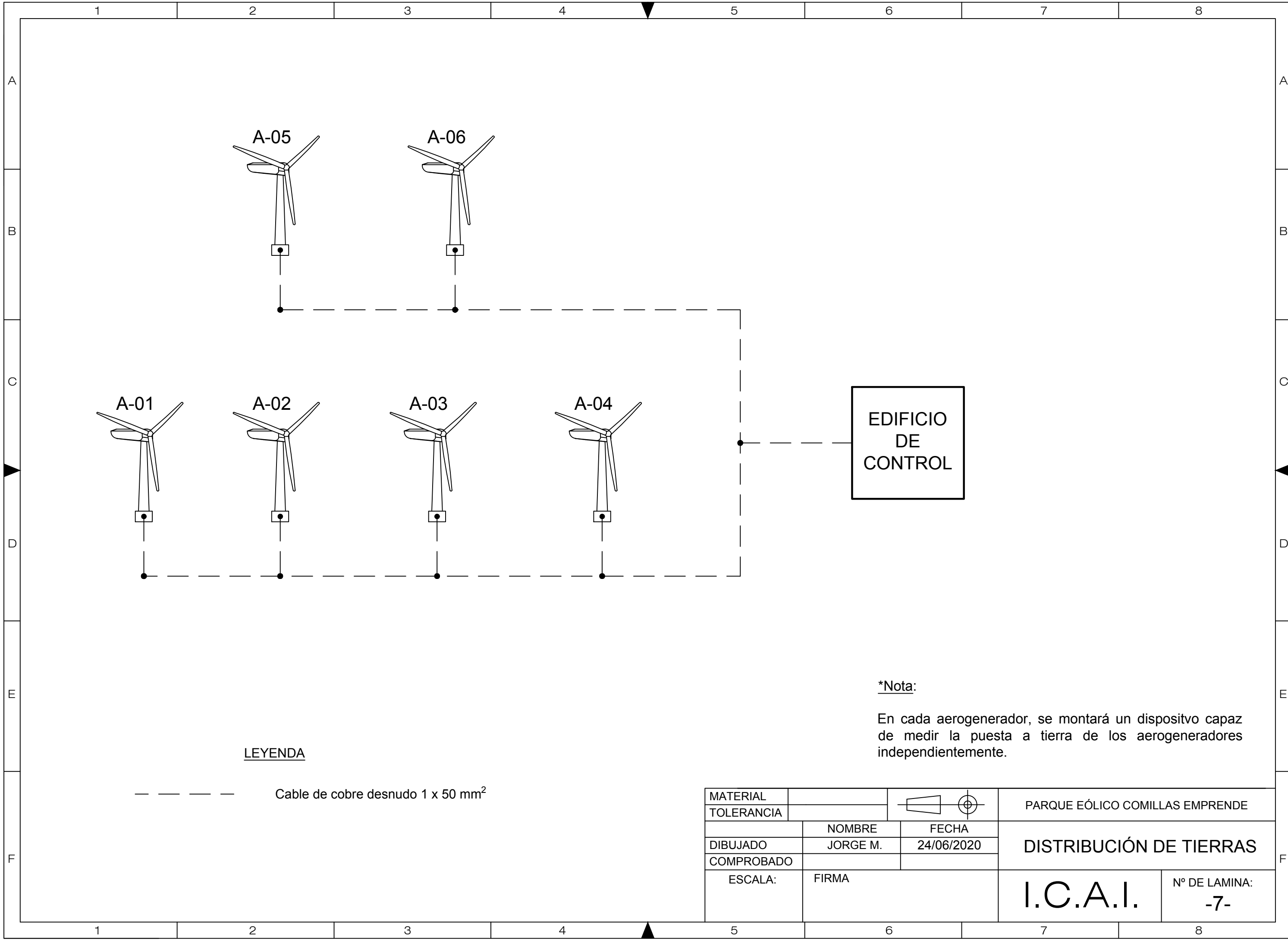
ZANJA TIPO Z-4d

MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE
TOLERANCIA			
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	TIPOS DE ZANJAS ELÉCTRICAS
COMPROBADO	JORGE M.	27/06/2020	
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.
1:20			Nº DE LAMINA: -6-

1 2 3 4 5 6 7 8

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

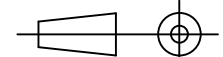


LEYENDA

----- Cable de cobre desnudo 1 x 50 mm²

*Nota:

En cada aerogenerador, se montará un dispositivo capaz de medir la puesta a tierra de los aerogeneradores independientemente.

MATERIAL			PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE	
TOLERANCIA			DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	I.C.A.I.	
COMPROBADO	JORGE M.	24/06/2020		
ESCALA:	FIRMA		Nº DE LAMINA:	-7-

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

DOC 3: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE GENERAL

- I. **Pliego de Condiciones Generales**
- II. **Pliego de Condiciones Técnicas**

I. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

ÍNDICE

1. Objeto	4
2. Disposiciones generales.....	4
3. Códigos y normas aplicables en el proyecto	4
4. Seguridad pública	5
5. Organización del trabajo	5
6. Datos de la obra	5
7. Replanteo de la obra.....	6
8. Mejoras y variaciones del proyecto	6
9. Recepción del material	6
10. Organización	6
11. Ejecución de las obras.....	6
12. Plazo de ejecución	7
13. Recepción provisional	7
14. Período de garantía	7
15. Recepción definitiva	7
16. Disposición final	7

1. Objeto

El objeto de este documento Pliego de Condiciones es establecer los requisitos necesarios a los que se ajustará la ejecución de las instalaciones, cuyas características técnicas se comentan en los documentos que componen el propio Pliego de Condiciones.

2. Disposiciones generales

El Contratista estará obligado a seguir la Reglamentación de trabajo y cualquier tipo de Seguro que se requiera por parte de la empresa ejecutora, en este caso, la Universidad Pontificia de Comillas. En particular, se deberá cumplir con la norma UNE 24042: “Contratación de Obras. Condiciones Generales”.

3. Códigos y normas aplicables en el proyecto

Las obras, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

1. Artículo 1.558 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación; Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sector Público; Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
2. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 09/03/71, del Ministerio de Trabajo y en lo que no se oponga a la mencionada Ordenanza:
 - 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.
 - Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
 - Cuantos preceptos sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de Trabajo, Convenios Colectivos y Reglamentos de Régimen Interior en vigor.
3. R.D. 223/08, de 15 de febrero, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT.
 - Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre).
 - Normas Administrativas y Técnicas para el Funcionamiento y conexión a Redes Eléctricas de Centrales Hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y Centrales de Autogeneración Eléctrica (Orden de 5 de septiembre de 1985).
 - Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre).

Serán de obligatorio cumplimiento todas las normas que aparezcan en la ejecución que estén recogidas en este documento.

Si durante el período de ejecución de las obras de las instalaciones, cualquier norma mencionada anteriormente, es modificada, sustituida o corregida, parcial o totalmente, serán de obligado cumplimiento las modificaciones, correcciones o sustituciones de las normas en cuestión.

En caso de que un elemento se de este Pliego de Condiciones se refiera a dos normas distintas, se aplicará la norma más restrictiva.

Ante situaciones extraordinarias que no estén recogidas en este Pliego de Condiciones, se atenderán las órdenes provenientes de la Dirección de Obra.

4. Seguridad pública

El Contratista se hará cargo de tener las máximas precauciones con el fin de proteger a personas, animales u otros seres o cosas de los peligros derivados de la obra, siendo directamente responsables de posibles accidentes que se puedan ocasionar.

El Contratista mantendrá póliza de seguros a sus empleados con el fin de protegerles frente a responsabilidades por daños o civiles, por consecuencia de la ejecución de su trabajo.

5. Organización del trabajo

El Contratista se encargará de llevar a cabo la organización de la ejecución de tal manera que se optimice el proceso, siempre y cuando se mantenga una perfecta ejecución, siguiendo el presente Pliego de Condiciones.

6. Datos de la obra

Se entregarán al Contratista una copia de los Planos y Pliego de Condiciones, así como cualquier otro dato que se necesite, para la correcta ejecución del proyecto.

Tras la finalización de la obra y en un plazo máximo de 2 meses, el Contratista deberá devolver los planos actualizados con relación a las obras realizadas durante la ejecución al Director de la Obra. No se podrán realizar alteraciones, correcciones, omisiones o adiciones en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por la Dirección de la Obra.

7. Replanteo de la obra

La Dirección de la Obra, una vez esté en posesión del Proyecto, se deberá replantear la obra, con el objeto de verificar cualquier defecto, con especial atención a las zonas y obras más críticas de la ejecución.

8. Mejoras y variaciones del proyecto

No se aceptarán posibles mejoras o variaciones del Proyecto, salvo aquellas que se presenten por escrito desde la Dirección de la Obra y que se atengan al presupuesto de ejecución.

9. Recepción del material

El Director de la Obra deberá aprobar la recepción de los materiales, así como comprobar la validez de los mismos, para una correcta ejecución del Proyecto.

10. Organización

El Contratista deberá aceptar todas las responsabilidades correspondientes en términos legales, quedando obligado a pagar los salarios de sus empleados que legalmente se hayan firmado antes o durante la ejecución del Proyecto.

Dentro de los márgenes establecidos por el Pliego de Condiciones, la organización de la obra y la procedencia de los materiales estará a cargo del Contratista, quien se encargará de informar al Director de la Obra cualquier incidente o situación extraordinaria. Además, en las obras realizadas por la administración, el Contratista deberá hacerse cargo de informar de cualquier admisión de personal, compra o alquiler de elementos auxiliares, así como posibles compras que se realicen.

11. Ejecución de las obras

Las obras se realizarán en sintonía con el Proyecto, las condiciones de este Pliego de Condiciones y con el pliego particular, en caso de haberlo, conforme al Pliego de Condiciones Técnicas.

El Contratista no podrá realizar ningún cambio o modificación en el Proyecto, a excepción de ellos que se presenten por escrito y se validen por la Dirección de la Obra. Igualmente, el Contratista deberá tener al frente de las obras a una persona suficientemente cualificada, a juicio del Director de la Obra.

12. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución indicados en el contrato, que firma el Contratista, son totalmente improrrogables y se empezarán a contar desde la fecha de Replanteo de la Obra. No obstante, los plazos podrán ser objeto de cambios, siempre y cuando se establezcan por escrito y siempre estén validados por la Dirección de la Obra. Las posibles modificaciones que surjan por situaciones ajenas a la obra y al Contratista deberán quedar reflejadas por escrito y se ampliarán lo estrictamente necesario desde la Dirección de la Obra.

13. Recepción provisional

Una vez finalizadas las obras y dentro los siguientes 15 días desde la petición del Contratista, se deberán reunir la Dirección de la Obra con un representante del Contratista y, si fuera necesario, un representante de la Administración, para el levantamiento del Acta en el que se deberá comentar si el Contratante queda satisfecho con la ejecución de la obra o, de lo contrario, dar parte de posibles irregularidades. El Acta será firmada por el Director de la obra y por el Contratista, empezando así el período de garantía.

En el caso en que la obra no esté en condiciones de ser recibida, se hará constar en el Acta de las directrices que deben seguir para cumplir con las condiciones fijadas en el contrato. Además, se deberán fijar los nuevos plazos de ejecución. Cuando se expire dicho plazo, se volverá a realizar el reconocimiento procedente.

14. Período de garantía

El período de garantía será fijado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción Provisional. Cabe destacar el hecho de que hasta que acabe el período de garantía, el Contratista deberá hacerse cargo de la conservación de la obra.

15. Recepción definitiva

Una vez finalizado el período de garantía o, en su defecto, a los 24 meses de la aprobación del Acta de Recepción Provisional, se procederá a la recepción definitiva que se realizará con el levantamiento de un Acta, firmado por las dos partes, Director de la Obra y representante del Contratista, siempre bajo la supervisión de un representante del Contratante.

16. Disposición final

Cualquier Proyecto que incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, deberá cumplir con todas y cada una de las cláusulas.

II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

ÍNDICE

1. ESPECIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	3
1.1. Objeto	3
1.2. Instrucciones y normas	3
1.3. Descripción de la obra	3
1.3.1. Documentación.....	3
1.3.2. Planos	3
1.3.3. Interpretación de la documentación.....	3
1.3.4. Replanteo	4
1.3.5. Seguridad y salud.....	4
1.3.6. Control de calidad.....	4
1.4. Prescripciones para la ejecución de excavaciones y rellenos	5
1.4.1. Excavación para cimentaciones y fosos.....	5
1.4.2. Excavación en zanjas.....	5
1.5. Estanqueidad de excavaciones.....	6
1.6. Entibados metálicos y de madera, apoyos y soportes	6
1.7. Rellenos.....	6
1.7.1. Rellenos con material filtrante.....	7
1.7.2. Relleno de zanjas para cables eléctricos.....	7
2. ESPECIFICACIÓN DE OBRAS DE HORMIGÓN	9
2.1. Objeto	9
2.2. Instrucciones y normas	9
2.3. Descripción de la obra	9
2.3.1. Documentación.....	9
2.3.2. Planos	9
2.3.3. Interpretación de la documentación.....	10
2.3.4. Replanteo	10
2.3.5. Seguridad y salud.....	10
2.3.6. Control de calidad.....	10
2.4. Características de los materiales.....	11
2.4.1. Procedencia y recepción de los materiales.....	11
2.4.2. Almacenamiento de los materiales	11
2.4.3. Materiales para encofrados y cimbras.....	11
2.4.4. Armaduras	12
2.4.5. Elementos embebidos y pernos de anclaje.....	12
2.4.6. Cemento.....	12
2.4.7. Agua	12
2.4.8. Áridos	13
2.4.9. Aditivos	13
2.4.10. Materiales para juntas de estanqueidad.....	13



2.5. Condiciones de ejecución	13
2.5.1. Ejecución y colocación de encofrados y cimbras	13
2.5.2. Preparación y colocación de armaduras	14
2.5.3. Dosificación del hormigón.....	14
2.5.4. Fabricación del hormigón	14
2.5.5. Transporte del hormigón.....	15
2.5.6. Docilidad	15
2.5.7. Protección y curado	15
2.5.8. Juntas de hormigonado	16
2.5.9. Hormigonado bajo el agua.....	16
2.5.10. Ejecución de juntas de estanqueidad.....	16
2.5.11. Descabezados de pilotes	16
2.6. Control de calidad	17

1. ESPECIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1. Objeto

El objeto de esta especificación es proporcionar los requerimientos técnicos, para la realización de todo tipo de pruebas relacionadas con la excavación y el relleno, en sintonía con el resto de los documentos.

Esta especificación está compuesta por diversos apartados que deberán ser obedecidos en su conjunto y su totalidad, salvo excepción indicada en los planos o bajo supervisión de la Dirección de la Obra.

1.2. Instrucciones y normas

- Normas NTL del CEDEX
- Pliego de prescripciones técnicas generales, para obras de carreteras y puentes, PG-3

1.3. Descripción de la obra

1.3.1. Documentación

La obra a ejecutar se define por los siguientes documentos:

- Planos
- Especificaciones

1.3.2. Planos

En el momento de la recepción de los planos por parte del Contratista, éste deberá verificar las dimensiones de los detalles de cada plano, antes de comenzar con la obra y, de ser conveniente, dar parte a la Supervisión de la Obra de posibles errores o modificaciones. En caso de no dar parte alguno, el Contratista será responsable de posibles errores encontrados en la obra que pudieran haber sido evitados.

El Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo indicado en los planos y/o especificaciones, si fuera necesaria alguna corrección o modificación, deberá ser presentada a la Dirección de la Obra por escrito y ésta deberá validarla.

1.3.3. Interpretación de la documentación

Es de obligado cumplimiento por parte del Contratista, la perfecta ejecución de las obras y el aspecto de la misma, tomándose las acciones y medidas adecuadas, aunque no estén estipuladas por los documentos.

Todas las dimensiones se deducirán numéricamente de los planos. Asimismo, no se proporcionará ninguna dimensión que esté basada en la interpretación gráfica de los planos. Si fuera preciso, deberá presentarse por escrito a la Dirección de la Obra y ser validada.

En caso de haber alguna contradicción entre los planos y las especificaciones, prevalecerá la indicación de los planos, salvo excepción comunicada desde la Dirección de la Obra. Igualmente, es obligación por parte del Contratista, la correcta interpretación de los documentos, en caso de duda, deberá consultar con la Dirección de la Obra.

1.3.4. Replanteo

La Supervisión de la Obra se encargará de entregar al Contratista, por escrito, las bases de replanteo necesarias y suficientes, para la realización de un correcto replanteo general de la obra. El Contratista será responsable de vigilar estas bases y de obedecerlas y seguirlas, además de hacer cualquier otro replanteo con el fin de una ejecución de la obra perfecta. El Contratista será responsable de errores que surjan por la ausencia de una correcta vigilancia de las bases.

La Supervisión de la Obra podrá realizar reconocimientos de los replanteos de la obra en cualquier momento, es por ello por lo que el Contratista deberá hacerlos accesibles para las personas y materiales necesarios, para el reconocimiento de los mismos.

1.3.5. Seguridad y salud

El Contratista se hará cargo de la vigilancia, el mantenimiento y el cuidado de la obra, hasta la recepción final por parte del Propietario. A su vez, será responsable de mantener las correctas señalizaciones y protecciones de la obra, de acuerdo con el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.

1.3.6. Control de calidad

La Supervisión de la Obra podrá solicitar cualquier tipo de pruebas o ensayos que estén previamente recogidos en los planos o especificaciones, éstas correrán a cargo del Contratista en la medida que estén dentro de los márgenes firmados por el Contratista.

Las pruebas de carga estarán a cargo del Contratista cuando así se estipule en los planos, en los casos donde resulten negativas, a juicio de la Supervisión de la Obra, deberán de ser realizadas, otra vez, volviendo a estar a cargo del Contratista. En los demás casos, el Propietario será el que se haga cargo de las pruebas, no obstante, el Contratista deberá ser capaz de realizarla, en cualquier caso, aportando los materiales y conocimientos necesarios.

1.4. Prescripciones para la ejecución de excavaciones y rellenos

Las excavaciones en cualquier tipo de terreno deberán ser realizadas de acuerdo con las cotas indicadas en los planos y/o especificaciones, siempre siguiendo las órdenes procedentes desde la Supervisión de la Obra. El Contratista, en circunstancias puntuales, puede revisar las cotas y hacer modificaciones sobre ellas, siempre con la validación de las mismas por parte de la Dirección de la Obra.

Los materiales que provienen de la Obra, excavaciones y demoliciones, son propiedad del Propietario, sin embargo, el Contratista podrá utilizar dichos materiales bajo la supervisión de la Dirección de la Obra. Los materiales que no puedan ser utilizados o reutilizados, a juicio de la Supervisión de la Obra, deberán ser transportados a un lugar seguro, fuera del alcance de las personas y que no pueda producir interferencias con la obra, ni con terceros, ni puedan ocasionar desviaciones del flujo de aguas superficiales.

En aquellas situaciones donde la ejecución de excavaciones o rellenos pueda provocar posibles alteraciones al tráfico, el Contratista deberá de avisar a la Administración y tomar las medidas necesarias, aportadas por la Administración, para la perfecta ejecución de la obra.

1.4.1. Excavación para cimentaciones y fosos

Toda la excavación deberá hacerse bajo las longitudes, profundidades, ángulos de desnivel, anchuras que se indiquen en los planos, así deberán de tomarse cualquier tipo de medida no expuesta en los planos y/o especificaciones, para una perfecta ejecución.

El fondo de todas las excavaciones deberá quedar niveladas, sin ningún tipo de material suelto, conservados en un buen estado, secas y sin ningún tipo de escombros proveniente de la realización de las obras. Asimismo, el fondo de toda excavación deberá ser supervisado por la Dirección de la Obra. Los materiales que provengan de excavaciones deberán ser reutilizados para rellenos en la medida de lo posible, bajo indicaciones de los planos y/o especificaciones. Los materiales que no puedan ser reutilizados y no sean necesarios para la obra, deberán ser transportados a un vertedero facilitado por el Contratista y fuera del terreno de la Propiedad.

El Contratista se encargará de hacer cualquier preparación de la zona, para una correcta excavación, dejando libre la superficie de las excavaciones en todo momento. El Contratista no deberá de cortar o arranca, en ninguna circunstancia, ningún servicio subterráneo sin autorización de la Dirección de la Obra, cualquier avería causada en las líneas de servicio subterráneo serán reparadas por el Contratista y correrá de su cuenta.

1.4.2. Excavación en zanjas

La excavación de las zanjas se realizará desde y hasta las dimensiones indicadas en los planos y/o especificaciones, con una tolerancia máxima de 5 cm. En situaciones donde no se cumpla la tolerancia exigida por las especificaciones, el Contratista deberá restituir la excavación con relleno aprobado por la Supervisión de la Obra.

La anchura de la excavación no será mayor que la requerida por las condiciones naturales de los suelos locales. Las zanjas eléctricas tendrán la profundidad necesaria indicada por los planos y en ellas se montarán los cables de Media Tensión, Fibra Óptica y Puesta a Tierra, según proceda.

Cuando la zanja vaya montada con cables de M.T., Fibra Óptica y Puesta a Tierra, la profundidad de la misma será de 1.000 mm, salvo excepción de zanjas que cruzan a viales, en este caso la profundidad de la misma será de 1.250 mm. El ancho mínimo de las zanjas para cables eléctricos será de 600 mm.

Los apartados de esta especificación, relativos a la Excavación para Cimentaciones y Fosos, son también aplicables a la excavación de zanjas.

1.5. Estanqueidad de excavaciones

Las excavaciones serán conservadas secas y libres de cualquier tipo de agua durante la realización del trabajo y quedará bajo la responsabilidad del Contratista proporcionar el personal, maquinaria y cualquier tipo de servicio, para su cumplimiento.

El Contratista deberá tomar las medidas necesarias para evitar que los cursos del agua deterioren o provoquen incidentes en cualquier trabajo de albañilería o cementación. A su vez, no se verterán en las excavaciones aguas provenientes de la superficie y se deberá evacuar toda el agua que puede producir molestias en la realización de las obras.

1.6. Entibados metálicos y de madera, apoyos y soportes

El Contratista deberá hacerse cargo de proporcionar cualquier tipo de apoyo o soporte, de metal o de madera, para la correcta realización de las obras, sobre todo en excavaciones y relleno, donde se trabaja, frecuentemente, en desnivel. Cualquier medida que se tome, para la utilización o no de soportes o apoyos, quedarán pendientes de ser revisados por la Supervisión de la Obra.

1.7. Rellenos

Cualquier tipo de relleno quedará pendiente de ser aprobado por la Supervisión de la Obra. Los materiales de rellenos procederán de las excavaciones de la obra, siempre que la Supervisión de la Obra les de el visto bueno. No obstante, la Supervisión podrá ordenar la utilización de materiales ajenos a la obra en la medida que se requiera.

Los rellenos de las cimentaciones y fosos serán realizados mediante capas de espesor igual o inferior a 150 mm, previamente compactadas hasta un 95÷98% Proctor modificado y de forma que no se dañe el trabajo ya realizado. En el que caso que la compactación sea realizada por medios mecánicos, el espesor podrá ser de hasta 300 mm. Mientras no se ordene lo contrario por parte de la Supervisión de la Obra, el relleno deberá llegar al nivel originales de la superficie.

Los rellenos de las cimentaciones, fosos o zanjas deberán cumplir las siguientes condiciones:

- No podrán existir elementos con tamaño superior a 100 mm.
- La fracción que pasa por el tamiz 200 ASTM, será inferior al 35% en peso.
- Procederán de suelos de CBR mayor de 5 y el hinchamiento durante el ensayo será menor del 2 %.
- La fracción que pasa por el tamiz 40 ASTM, cumplirá LL menor que 35 o, simultáneamente, LL menor que 40, IP mayor que (0,6 LL - 9).

1.7.1. Rellenos con material filtrante

Los materiales filtrantes para zanjas o cualquier otra zona, deberán atender a las siguientes condiciones:

- En ningún caso, el tamaño podrá superar los 76 mm (Tamiz 3" ASTM), igualmente, el cernido ponderal acumulado por el tamiz 200 ASTM no rebasará el 5 %.
- Siendo Dx el tamaño superior al del x%, en peso, de los materiales filtrantes; y dx el tamaño superior al de x% en peso, del terreno a drenar, se deberán cumplir las condiciones siguientes:
 - o D15/d85 menor que 5 mm.
 - o D15/d15 mayor que 5 mm.
 - o D50/d50 menor que 25 mm.
 - o D60/d10 menor que 20 mm.
- En el caso de terrenos cohesivos, estas cuatro condiciones se sustituirán por la de D15 menor que 0,1 mm.
- Cuando no sea posible encontrar un material que cumpla con dichos límites, podrá recurrirse al empleo de filtros compuestos por varias capas; una de las cuales, la del material grueso, se colocará junto al sistema de evacuación y cumplirá las condiciones de filtro respecto a la siguiente; y así sucesivamente, hasta llegar al relleno natural.

1.7.2. Relleno de zanjas para cables eléctricos

El montaje de los cables sobre las zanjas se realizará de la siguiente manera, siguiendo los siguientes criterios:

- En el fondo de la zanja se extenderá el conductor de tierra.
- Sobre el fondo de la zanja se extenderá una capa de arena fina, lavada, de unos 100 mm de espesor, y sobre ella se alojarán las ternas de cables de potencia (M.T.) hasta un total de tres y separadas horizontalmente entre si unos 200 mm.

- Seguidamente se extenderá otra capa de arena fina de unos 300 mm de espesor, que se compactará convenientemente, y sobre ella se colocará el/los cable/s de fibra óptica.
- Sobre los cables de fibra óptica se extenderá otra capa de arena fina de unos 150 mm de espesor que se compactará convenientemente y sobre la misma en todo su recorrido, se colocará una protección mecánica a base de placas de PVC.
- Seguidamente se extenderá una capa de tierra debidamente compactada de unos 150 mm de espesor, limpia de piedras, ramas y raíces. Encima de la misma, en todo su recorrido se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos de media tensión por debajo de ella.
- Finalmente, encima de la cinta de señalización se extenderá otra capa de tierra de unos 300 mm de espesor, debidamente compactada, limpia de piedras, ramas y raíces, hasta alcanzar la superficie del terreno.

2. ESPECIFICACIÓN DE OBRAS DE HORMIGÓN

2.1. Objeto

El objeto de esta especificación es proporcionar los requerimientos técnicos, para la realización de todo tipo de pruebas relacionadas con la obra de hormigón, en sintonía con el resto de los documentos.

Esta especificación está compuesta por diversos apartados que deberán ser obedecidos en su conjunto y su totalidad, salvo excepción indicada en los planos o bajo supervisión de la Dirección de la Obra.

2.2. Instrucciones y normas

Por norma genera y siempre y cuando no hay contradicciones o modificaciones, las obras de hormigón deberán atender a los siguientes Pliego y documentos en el orden en el que se muestran:

- Planos
- Esta Especificación
- “Instrucción de Hormigón Estructural” (EHE)
- “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cements” (RC-08)
- Normas UNE
- Normas ASTM

2.3. Descripción de la obra

2.3.1. Documentación

La obra a ejecutar se define por los siguientes documentos:

- Planos
- Especificaciones

2.3.2. Planos

En el momento de la recepción de los planos por parte del Contratista, éste deberá verificar las dimensiones de los detalles de cada plano, antes de comenzar con la obra y, de ser conveniente, dar parte a la Supervisión de la Obra de posibles errores o modificaciones. En caso de no dar parte alguno, el Contratista será responsable de posibles errores encontrados en la obra que pudieran haber sido evitados.

El Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo indicado en los planos y/o especificaciones, si fuera necesaria alguna corrección o modificación, deberá ser presentada a la Dirección de la Obra por escrito y ésta deberá validarla.

2.3.3. Interpretación de la documentación

Es de obligado cumplimiento por parte del Contratista, la perfecta ejecución de las obras y el aspecto de la misma, tomándose las acciones y medidas adecuadas, aunque no estén estipuladas por los documentos.

Todas las dimensiones se deducirán numéricamente de los planos. Asimismo, no se proporcionará ninguna dimensión que esté basada en la interpretación gráfica de los planos. Si fuera preciso, deberá presentarse por escrito a la Dirección de la Obra y ser validada.

En caso de haber alguna contradicción entre los planos y las especificaciones, prevalecerá la indicación de los planos, salvo excepción comunicada desde la Dirección de la Obra. Igualmente, es obligación por parte del Contratista, la correcta interpretación de los documentos, en caso de duda, deberá consultar con la Dirección de la Obra.

2.3.4. Replanteo

La Supervisión de la Obra se encargará de entregar al Contratista, por escrito, las bases de replanteo necesarias y suficientes, para la realización de un correcto replanteo general de la obra. El Contratista será responsable de vigilar estas bases y de obedecerlas y seguirlas, además de hacer cualquier otro replanteo con el fin de una ejecución de la obra perfecta. El Contratista será responsable de errores que surjan por la ausencia de una correcta vigilancia de las bases.

La Supervisión de la Obra podrá realizar reconocimientos de los replanteos de la obra en cualquier momento, es por ello por lo que el Contratista deberá hacerlos accesibles para las personas y materiales necesarios, para el reconocimiento de los mismos.

2.3.5. Seguridad y salud

El Contratista se hará cargo de la vigilancia, el mantenimiento y el cuidado de la obra, hasta la recepción final por parte del Propietario. A su vez, será responsable de mantener las correctas señalizaciones y protecciones de la obra, de acuerdo con el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.

2.3.6. Control de calidad

La Supervisión de la Obra podrá solicitar cualquier tipo de pruebas o ensayos que estén previamente recogidos en los planos o especificaciones, éstas correrán a cargo del Contratista en la medida que estén dentro de los márgenes firmados por el Contratista.

Las pruebas de carga estarán a cargo del Contratista cuando así se estipule en los planos, en los casos donde resulten negativas, a juicio de la Supervisión de la Obra, deberán de ser realizadas, otra vez, volviendo a estar a cargo del Contratista. En los demás casos, el Propietario será el que se haga cargo de las pruebas, no obstante, el Contratista

deberá ser capaz de realizarla, en cualquier caso, aportando los materiales y conocimientos necesarios.

2.4. Características de los materiales

2.4.1. Procedencia y recepción de los materiales

Antes de la utilización de los materiales recibidos, el Contratista deberá notificar a la Supervisión de la Obra la procedencia de los mismos, los valores de origen, así como las características que más tarde serán sometidas a control.

Los materiales a los que se refiere este apartado serán los siguientes:

- Aceros para armaduras
- Cemento
- Agua
- Áridos
- Aditivos
- Aceros para embebidos y pernos de anclaje
- Materiales para juntas de estanqueidad

El Contratista se hará cargo de llevar una correcta organización de los materiales, para que la comprobación de éstos se realice de una manera más asequible. La Supervisión de la Obra tendrá la potestad de decidir si los materiales serán validados para su uso o, si de lo contrario, no son permitidos debido a la procedencia de ellos o sus características.

2.4.2. Almacenamiento de los materiales

El Contratista se hará cargo de proteger los materiales frente a cualquier incidente que se pueda ocasionar. Las armaduras se mantendrán protegidas frente a aceites, grasas, polvo, etc. y de forma que exista un drenaje perfecto. Asimismo, las armaduras de diferentes tipos y diámetros se almacenarán en diferentes montones.

El cemento se suministrará y almacenará siguiendo el artículo 26 de la EHE.

Los áridos se guardarán en áreas limpias y organizadas en función del tamaño y la forma, con el fin de evitar, en la medida de lo posible, la segregación. El árido grueso se distribuirá uniformemente, mientras que el árido fino se distribuirá de tal forma que se facilite el drenaje inferior, debiendo de excluir la última capa de su uso.

2.4.3. Materiales para encofrados y cimbras

Los encofrados podrán ser del material que se considere oportuno, siempre cumpliendo las condiciones exigidas por la Supervisión de la Obra. En cualquier caso, los materiales que se vayan a emplear deberán cumplir con las exigencias mínimas necesarias, para que, en contacto con el hormigón, mantenga las superficies lo

suficientemente lisas y uniformes, para su posterior uso. Además, los materiales que se utilicen para el encofrado no deberán tener partículas ni elementos que tengan un comportamiento agresivo frente a la masa del hormigón.

Para cimbras, podrán emplearse los mismos materiales que para el encofrado, no obstante, deberán ser más resistentes, para poder resistir ante las acciones que se produzcan durante el proceso de hormigonado.

2.4.4. Armaduras

Los materiales para emplear en armaduras quedarán descritos por las prescripciones del artículo 32 de la EHE. Todos los aceros que se utilicen en las armaduras deberán atenderse a las características expuestas en los planos.

2.4.5. Elementos embebidos y pernos de anclaje

El material que se deberá utilizar en pernos de anclaje será el acero S275JR, salvo indicación en contra en los planos del proyecto. El material para tuercas u arandelas será el acero S235JR según CTE Documento Básico SE-A Seguridad Estructural Acero.

En caso de que los materiales procedan del fabricante de los equipos o del Contratista, éstos deberán ceñirse estrictamente a las características que queden expuestas en los planos.

El material para placas, perfiles laminados, redondos, etc. a colocar como elementos embebidos será el acero S275JR según CTE Documento Básico SE-A Seguridad Estructural Acero, salvo excepción indicada en los planos del proyecto.

Todos los elementos embebidos, excepto los que están destinados a ser roscados, deberán tener una capa de pintura antioxidante en las zonas donde no vaya a estar en contacto con el hormigón o mortero de relleno.

2.4.6. Cemento

El cemento que utilizar deberá cumplir con las condiciones de los siguientes documentos:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de cementos (RC-08).
- Artículo 26 de la EHE.

2.4.7. Agua

Se podrá utilizar cualquier tipo de agua, para el amasado de hormigón, o para el curado del hormigón, siempre y cuando cumpla las condiciones expuestas en el artículo 27 de la EHE.

2.4.8. Áridos

Deberán cumplir las condiciones expuestas en el artículo 28 de la EHE. En ningún caso, se podrá utilizar áridos provenientes de playa de mar, ni procedentes de rocas blandas, friables, porosas, ni que contenga elementos como pirlita, yeso o compuestos.

2.4.9. Aditivos

Los aditivos son los elementos, excepto agua y áridos, que se añaden al hormigón, para mejorar o variar sus características. Éstos deberán cumplir con las condiciones expuestas en el artículo 29 de la EHE.

El uso de aditivos quedará pendiente de aprobación por parte de la Supervisión de la Obra, quienes recibirán por escrito las características de estos aditivos y la cantidad con la que se deben dosificar. Asimismo, la Supervisión de Obra podrá realizar cualquier tipo de ensayo, con el fin de validar su posible uso.

2.4.10. Materiales para juntas de estanqueidad

Los materiales a que emplear podrán ser bandas de caucho natural, caucho sintético, cloruro de polivinilo, neopreno, u otro material definido en los planos. Si existen materiales cuya definición fuese a cargo del Contratista, éste los propondrá a la Supervisión de Obra para su aprobación.

Deberán reunir las siguientes características:

- Resistencia a tracción mayor o igual que 125 Kp/cm².
- Alargamiento en rotura mayor o igual que 300%.
- Impermeabilidad: 100% a la presión de trabajo.
- El material deberá ser compatible con los líquidos con los que podrá estar en contacto.

2.5. Condiciones de ejecución

2.5.1. Ejecución y colocación de encofrados y cimbras

El proyecto y el dimensionamiento de los encofrados y cimbras quedarán bajo la responsabilidad del Contratista. Para su ejecución y colocación, se tendrán en cuenta las condiciones expuestas en el artículo 65 de la EHE.

Los encofrados deberán ser lo suficiente resistentes para resistir sin daños considerables, siendo posible unas deformaciones máximas de 5 mm. En las aristas de los encofrados deberán realizarse diversos chaflanes de 25 mm a 45°.

El descimbrado y desencofrado se realizará bajo las condiciones expuestas en los artículos 73 y 74 de la EHE. En cualquier caso, previamente a realizar las acciones de descimbrado y desencofrado, se solicitará permiso a la Supervisión de la Obra.

2.5.2. Preparación y colocación de armaduras

Se realizarán bajo las condiciones expuestas en el artículo 69 de la EHE. Las armaduras serán manipuladas en sintonía con las especificaciones de los planos del Proyecto. Las distancias entre armaduras y encofrados deberán seguir las indicaciones expuestas en los planos.

Asimismo, el uso de separadores deberá estar regulado por la Supervisión de la Obra, siendo aprobados por éstos. En caso de utilizar separadores distintos a los indicados en los planos, deberán de presentarse por escrito y se validados por la Dirección de la Obra.

2.5.3. Dosificación del hormigón

Se realizarán siguiendo las condiciones expuestas en el artículo 71 de la EHE, con las modificaciones incluidas en la siguiente especificación. El estudio de la dosificación deberá hacerse siempre con ensayos previos, siguiendo las condiciones expuestas en los artículos 83 y 91 de la EHE.

La fabricación del hormigón no comenzará hasta que la fórmula a emplear sea validada por la Supervisión de la Obra. Dicha fórmula deberá señalar los siguientes datos, obligatoriamente:

- La granulometría de los áridos combinados
- Las dosificaciones de cemento, agua y eventualmente aditivos por m³ de hormigón fresco.
- La consistencia, indicada por el descenso en el cono de Abrams.

La fórmula de trabajo podrá ser reconsiderada si no llegase a cumplir alguno de los siguientes factores:

- El tipo de cemento.
- El tipo, absorción o tamaño del árido grueso.
- El módulo granulométrico del árido fino en más de dos décimas.
- La naturaleza o proporción de aditivos.
- El método de puesta en obra.

2.5.4. Fabricación del hormigón

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en los artículos 6 y 71 de la EHE, con las modificaciones que se incluyen en esta especificación. El armado se realizará siempre en una hormigonera, con capacidad de medición de agua y áridos por peso y el agua por volumen. No obstante, siempre y cuando la obra no cobre mucha

importancia, se podrán añadir los áridos en volumen, con previo aviso a la Supervisión de la Obra. El orden en el que se vierten los materiales en la hormigonera será el siguiente:

- 1º. Una parte de la dosis de agua (aproximadamente la mitad).
- 2º. El cemento y la arena simultáneamente.
- 3º. La grava.
- 4º. El resto del agua hasta completar la dosis requerida.

Quedarán pendientes comprobaciones de humedad, con el fin de corregir la cantidad de agua vertida.

2.5.5. Transporte del hormigón

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en el artículo 71 de la EHE, con las modificaciones que se incluyen en esta especificación.

El transporte se realizará en la mayor brevedad posible de tal forma que no se tarde más de 30 minutos entre el amasado y la definitiva colocación del mismo. El sistema de transporte quedará pendiente de ser aprobado por la Supervisión de la Obra. En caso de que el método de transporte sea el camión, deberán estar provistos de agitadores y con una velocidad controlada. En el momento exacto de transporte y de descarga, el agitador deberá estar en funcionamiento.

2.5.6. Docilidad

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en el artículo 71 de la EHE, apartado 31.5, con las modificaciones que se incluyen en esta especificación. El Contratista deberá utilizar la misma calidad de hormigón para obras similares y no se podrá utilizar hormigón con cementos de distintas procedencias en una misma estructura.

La altura máxima de vertido del hormigón no podrá ser mayor que 1,75 m. No obstante, en situaciones puntuales donde se requiera mayor altura, ésta deberá ser validada por la Supervisión de la Obra. El espesor de las tongadas será fijado con el objetivo de conseguir la compactación perfecta en todo el interior, así el espesor máximo de las tongadas será de 50 cm.

2.5.7. Protección y curado

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en el artículo 71 de la EHE. El procedimiento del curado quedará pendiente de ser aprobado por la Supervisión de la Obra y se fijará el plazo mínimo al que debe extenderse.

En caso de que el procedimiento sea por riego de agua, el curado se prolongará en un plazo mínimo de una semana desde el hormigonado. Durante el curado del hormigón, el Contratista será el responsable de que el curado se realice en perfectas condiciones, sin que sufran deterioros procedentes de huellas de personas, animales o vibraciones por diversas circunstancias.

2.5.8. Juntas de hormigonado

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en el artículo 71 de la EHE. No se deberán realizar más de las juntas previstas por las indicaciones de los planos, salvo excepción proveniente de la Supervisión de la Obra.

La posición de las juntas y las dimensiones de ellas deberán seguir las indicaciones que se especifiquen en los planos. En caso de que la junta pueda tener defectos debidos a las retracciones, deberán quedar expuestas al aire libre durante 10 días, con el fin de evitar posibles incidentes causados por la retracción.

La Supervisión de la Obra tendrá la potestad de exigir la utilización de resinas epoxi, para la ejecución de las juntas. En caso de que el hormigón quede dañado, deberá ser reparado con resinas epoxi, pero siempre con la aprobación de la Supervisión de la Obra.

2.5.9. Hormigonado bajo el agua

No está permitido verter el hormigón con presencia del agua, especialmente en cimentaciones, a excepción de no ser posible evitarla. En caso no poder evitar el agua, se podrá hormigonar, pero bajo la revisión de la Supervisión de la Obra. No obstante, no será posible hormigonar en presencia de barro o lodo, ya que resulta muy sencillo la contaminación del hormigón. También quedará excluido el hormigonado cuando la velocidad del agua supere los 0,5 m/s, o una temperatura inferior a 2°C. Finalmente, la dosificación de cemento mínima para hormigonar, será de 350 kg/m³.

Se prestará especial atención a la colocación. Se colocará uniformemente, evitando la formación de capas, siempre empezando desde un extremo y, lentamente, dirigirse al extremo opuesto en dirección contraria a la dirección del agua. Asimismo, se deberá tener cuidado y evitar, en cualquier caso, que se vierta sobre el agua e intentar verter sobre la mezcla ya vertida.

2.5.10. Ejecución de juntas de estanqueidad

Las posiciones y dimensiones serán especificadas por los planos del Proyecto. A su vez, las instrucciones que se efectuarán para la ejecución de las juntas de estanqueidad serán las recomendadas por el fabricante y aprobadas por la Supervisión de la Obra.

2.5.11. Descabezados de pilotes

Las cabezas de los pilotes de hormigón serán demolidas con el fin de nivelar la superficie a la altura indicada por planos. En caso de que queden deteriorados, deberán proceder a la revisión del mismo.

Asimismo, mientras los pilotes sean hormigonados “in situ”, no se demolerá la cabeza, hasta la aprobación desde la Supervisión de la Obra, procediendo después a la demolición de la cabeza en una distancia mínima de 50 cm.

2.6. Control de calidad

Las condiciones de fabricación quedarán expuestas en los artículos 16 y 17 de la EHE, con las modificaciones que se incluyen en esta especificación. Los niveles de control para el hormigón y el acero estarán indicados en los planos del Proyecto.

El Contratista, previamente al inicio de los trabajos, deberá presentar el procedimiento, con los ensayos a realizar y los controles de la obra, que se llevará a cabo durante la obra y ésta deberá ser aprobada por la dirección de la Obra. En caso de realizar ensayos o controles no periódicos, deberán ser presentados con tiempo suficiente, para la aceptación de ellos y que la Supervisión de la Obra pueda asistir.

Por último, el Contratista presentará todos los resultados de los ensayos a la Supervisión de la Obra. Igualmente, deberá facilitar el acceso a la Supervisión de la Obra al laboratorio donde se están llevando a cabo los procesos oportunos.

DOC 4: PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

ÍNDICE

<i>1. Mediciones y precios unitarios</i>	<i>2</i>
<i>2. Presupuesto de Ejecución Material y por Contrata.....</i>	<i>16</i>

1. Mediciones y precios unitarios

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
1.01.01	<p>CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL PARQUE EÓLICO</p> <p>Subcapítulo 1.01: Movimiento de tierras</p> <p>m² Limpieza y desbroce a máquina.</p> <p>Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, con un espesor medio de 25 cm, incluso carga y transporte de los productos del desbroce a vertedero o a acopios intermedios para su posterior utilización</p> <p>Viales nuevos</p> <p>Viales a reparar</p> <p>Plataformas</p> <p>Aerogeneradores</p> <p>Ciment. Torre metereológica</p> <p>Zanja línea media tensión</p>	1	2247,00	6,00		13.482,00			
		1	4204,00	2,00		8.408,00			
		6	100,00	65,00		39.000,00			
		6	27,50			3.563,75			
		0	2,50	2,50		0,00			
		1	12902,00	0,60		7.741,20			
							72.194,95	1,03	74.360,80
1.01.02	<p>m³ Excav. DESMONTE terreno compacto.</p> <p>Excavación en desmonte, a cielo abierto, por medios mecánicos, en terrenos de consistencia media dura, hasta una profundidad igual o menor de dos metros, incluso carga y transporte a vertedero de los productos procedentes de la excavación</p> <p>Viales principales</p> <p>Plataformas</p>					30696,67			
						13669,20			
							44.365,87	3,62	160.604,44
1.01.03	<p>m³ Excav. Zanjas en terreno compacto.</p> <p>Excavación en pozo o zanjas, por procedimientos mecánicos, en terreno de consistencia dura, hasta una profundidad igual o menor de dos metros, incluso carga y transporte a vertedero de los productos procedentes de la excavación</p> <p>Zanja línea media tensión</p>	1	12.902,00	0,60	1,00	7.741,20			
							7.741,20	6,97	53.956,16
1.01.04	m ³ Excav. Vaciado terreno compacto.								

	Excavación en terrenos de consistencia dura, en vaciado para cimentación de grandes dimensiones, hasta 3 m de profundidad, incluso transporte de sobrantes a vertedero o acopios intermedios, para su posterior reutilización Ciment. Aereogeneradores Ciment. Torres Meteo	6 0	27,50 2,20	2,20	2,35 1,00	8.374,80 0,00	8.374,80	8,60	72.023,27
1.01.05	m ³ Relleno en cimentación de aerogeneradores Relleno en cimentación de aerogeneradores con material procedente de la excavación, tendido en tongadas de 20 cm, con preparación previa, explanación, humectación y compactación hasta el 95% del Proctor Modificado, medido sobre perfil. Ciment. Aerogeneradores	6			777,30	4.663,80	4.663,80	13,88	64.749,29
1.01.06	m ³ Relleno en TERRAPLEN núcleo de viales. Relleno en núcleo de viales con material de calidad tolerable (PG-3), procedente de la excavación, o de préstamos, tendido en tongadas de 20 cm, con preparación previa, explanación, humectación y compactación hasta el 95% del Proctor Modificado, medido sobre perfil. Viales principales en terraplén Plataformas	1 1				15323,00 26669,20	41.992,20	2,00	83.984,40
1.01.07	m ³ Relleno firme de viales. Relleno en ejecución de firme de viales con zahorras artificiales de calidad sub-base del PG-3, tendido en capa de 20 cm, compactado y humectado, hasta el 98% del Proctor Modificado, medido sobre perfil. Viales nuevos Viales a reparar Plataformas	1 1 6	2.247,00 4.204,00 100,00	6,00 2,00 65,00	0,20 0,20 0,10	2.696,40 1.681,60 3.900,00	8.278,00	10,46	86.587,88
1.01.08	m ³ Relleno en zonas localizadas.								

	Relleno, extendido y compactado de tierras en zonas localizadas, por medios manuales, con apisonadora manual tipo rana, en tongadas de 30 cms de espesor, incluso humectación de las mismas, con aporte de material procedente de la excavación o préstamo, medido sobre perfil Zanja línea media tensión	1	12902,00	0,60	0,45	3.483,54	3.483,54	3,01	10.468,25
1.01.09	m³ Relleno con arena en zanjas. Relleno con arena de río en zanjas, por medios manuales, en formación de lechos para tendidos de cables, incluso aporte de materiales, testigos y compactado, medido sobre perfil Zanja línea media tensión	1	12902,00	0,60	0,55	4.257,66	4.257,66	21,04	89.561,68
1.01.10	mL Formación de cuneta. Formación de cuenta en tierra, taludes 1-1, con profundidad de 0,5 m Viales principales	1	1532,30			1.532,30	1.532,30	1,80	2.758,14
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.01									699.054,31
1.02.01	Subcapítulo 1.02: Hormigones m³ Hormigón de Limpieza HM 10. Suministro y colocación de hormigón en masa HM 10, con una resistencia característica Fck de 10 N/mm², para limpieza y nivelación de fondos de excavación, incluso vertido, vibrado y nivelación del mismo Ciment. Aerogenerador Ciment. Torres Meteo	6 0			51,07 0,40	306,42 0,00	306,42	95,49	29.260,34
1.02.02	m³ Horm. HA-30 T. máx. 20 mm. Ciment. Suministro y colocación de hormigón fuertemente armado, tipo HA-30, con una resistencia característica Fck de 30 N/mm², y 20 mm de tamaño máximo del árido en cimentaciones, incluso vertido, vibrado y nivelación del mismo. Según normas NTE-CSZ y EHE Cimentación Aerogeneradores Ciment. Torres Meteo	6 0			618,50 13,20	3.711,00 0,00			

							3.711,00	87,77	325.714,47
1.02.03	m2 Encofrado curvo en alzados Encofrado y desencofrado con madera suelta en zapatas de cimentación, considerando 8 posturas. Cimentación Aerogeneradores	6		142,70	856,20		856,20	56,21	48.127,00
1.02.04	m2 Junta de hormigón Junta entre fases de hormigonado con producto adhesivo adecuado, incluso limpieza y preparación de la superficie, suministro y colocación, entre la zapata y el pedestal, según plano Cimentación Aerogeneradores	6		9,02	54,10		54,10	56,21	3.040,87
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.02									406.142,68
1.03.01	Subcapítulo 1.03: Aceros kg Acero Corrugado B 500 S o N. Suministro y colocación de acero corrugado B 500 S o N, cortado, doblado, según dimensiones y formas indicadas en los planos, incluso p.p. de solapes, recortes y despuntes. Según EHE Cimentaciones Aerogeneradores	6		53.025,00	318.150,00		318.150,00	0,84	267.246,00
1.03.02	Ud Sistema de anclaje de la torre del aerogenerador a la cimentación Ud Sistema de anclaje de la torre del aerogenerador tipo GE-158 a la cimentación Sistema de anclaje específico para fustes de hormigón, según las indicaciones del suministrador, para los aerogeneradores del tipo GE-158 Cimentaciones Aerogeneradores	6	1,00		6,00		6,00	833,33	5.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.03									272.246,00
1.04.01	Subcapítulo 1.04: Varios mL Cinta plástica señalizadora. Cinta de plástico señalizadora normalizada, enterrada en zanja sobre cables eléctricos	1	12.902,00		12.902,00		12.902,00	0,50	6.451,00

1.04.02	Ud Suplemento cruce zanja/calzada. Suplemento cruce especial de zanja con calzada, a base de fibrocemento para alojamiento de conductores y relleno de hormigón HM-20, s/planos, incluso aporte de material	9				9,00	9,00	900,00	8.100,00
1.04.03	ml Plancha PVC Plancha de PVC enterrada para protección de cables eléctricos en zanja enterrada	1	12.902,00			12.902,00	12.902,00	2,00	25.804,00
1.04.04	Ud de mojoneros de hormigón prefabricado Suministro y colocación de mojoneros de hormigón prefabricado a una distancia de 70 metros, para señalización de recorrido de zanjas incluyendo: aporte, suministro y colocación, aplomado del poste y retacado con materiales de la propia excavación.	1				184,00	184,00	30,00	5.520,00
1.04.05	P.A de Balizamiento de Yacimientos Arqueológicos Balizamiento de yacimientos arqueológicos a base de cerramiento perimetral constituido por postes de madera y cinta de plástico	4				4,00	4,00	4.000,00	16.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.04									61.875,00
TOTAL CAPÍTULO 1									1.439.317,99

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPÍTULO 2: CONDUCTORES Y P.A.T. CABINAS MEDIA TENSIÓN								
	Subcapítulo 2.01: Conductores y P.A.T.								
2.01.01	ML. Suministro de cable MT 1x400 mm ² Conductor de enlace en M.T., entre aerogeneradores, tipo RHZ1 OL 18/30 kV, 1x400 mm ² , Al.	3	0				0	9,20	0,00
2.01.02	ML. Suministro de cable MT 1x300 mm ² Conductor de enlace en M.T., entre aerogeneradores, tipo RHZ1 OL 18/30 kV, 1x300 mm ² , Al.	3	0				0	7,50	0,00
2.01.03	ML. Suministro de cable MT 1x240 mm ² Conductor de enlace en M.T., entre aerogeneradores, tipo RHZ1 OL 18/30 kV, 1x240 mm ² , Al.	3	16.094				48.282	6,30	304.176,60
2.01.04	ML. Suministro de cable MT 1x150 mm ² Conductor de enlace en M.T., entre aerogeneradores, tipo RHZ1 OL 18/30 kV, 1x150 mm ² , Al.	3	0				0	4,61	0,00
2.01.05	ML. Suministro de cable BT 3x6 mm ² Conductor de enlace en B.T., entre aerogeneradores y torres meteorológicas tipo RV 0.6/1 kV, 3x6mm ² , Cu.	1	0				0	0,73	0,00
2.01.06	ML. Suministro de cable Fibra Óptica monomodo. Cable de transmisión de señales y datos para control, maniobra y automatismos de fibra óptica 10/125, a base de 8 hilos monomodo, tipo DP06-ET90.316/UIT G.652	1	12.415				12.415	1,37	17.008,91
2.01.07	ML. Suministro de cable Fibra Óptica multimodo. Cable de transmisión de señales y datos para control, maniobra y automatismos de fibra óptica 50/125, a base de 8 hilos multimodo, tipo DP06-ET 90.316/OM2	1	3.503				3.503	1,13	3.947,64
2.01.08	Ud. Puesta a Tierra Aerogenerador.								

	Instalación p.a.t. aerogenerador considerando cable de Cu desnudo de 50 mm ² , soldaduras aluminotérmicas, picas, etc.	1	6				6	739,00	4.434,00
2.01.09	ML. Suministro de cable de tierra de 1x95 mm ² Conductor de p.a.t. para enlace entre aerogeneradores, CT y subestación, a base conductor Cu desnudo 95 mm ²	1	9.252				9.252	2,92	26.979,12
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.01									356.546,27
2.02.01	Subcapítulo 2.02: Tendido y Montaje Ud. Tendido y montaje. Tendido, conexionado, e identificación de los cables anteriores, en zanja registrable o enterrados. Incluidos terminales y empalme. (No se incluye obra civil).	1	1					60.000,00	60.000,00
SUBTOTAL CAPÍTULO 2.02									60.000,00
2.03.01	Subcapítulo 2.03: Cabinas de Media Tensión Ud Cabinas compactas Conjunto modular de cabinas de media tensión formado por cabinas de remonte, seccionamiento y protección general.								
	0L+1V	2	1					11.789,00	23.578,00
	0L+1L+1V	4	1					15.800,00	63.200,00
	0L+2L+1V	0	0					19.800,00	0,00
SUBTOTAL CAPÍTULO 2.03									86.778,00
TOTAL CAPÍTULO 2									503.324,27

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPÍTULO 3: AEROGENERADORES								
	Subcapítulo 3.01: Unidades GENERAL ELECTRIC GE- 158								
3.01.01	ud. Aerogenerador								
	Aerogenerador tipo GENERAL ELECTRIC compuesto por rotor de 158 m de diámetro, sin multiplicador, sistema de frenado, generador eléctrico, grupos hidráulicos, sistemas automáticos de giro, orientación, cuadros control incluido el transporte, montaje y puesta en servicio del mismo.								
		6,00						3.750.000	22.500.000
TOTAL SUBCAPITULO 3.01									22.500.000
TOTAL CAPITULO 3									22.500.000

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPÍTULO 4: SUBESTACION 30/220 kV								
	Subcapítulo 4.01: Obra Civil								
4.01.01	- P.A. Obra civil subestación aérea intemperie incluyendo movimiento tierras, hormigones, aceros, albañilería, red de tierras, saneamiento y varios.	1					1	175.000,00	175.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.01									175.000,00
	Subcapítulo 4.02: Estructuras metálicas								
4.02.01	ud. Incluye todos los apoyos soportes en perfiles de acero galvanizado laminado necesarios para el aparellaje a instalar	1					1	50.000,00	50.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.02									50.000,00
	Subcapítulo 4.03: Aparellaje y equipos Subestación 30 kV								
4.03.01	Ud. Suministro de celda de entrada de línea 30 kV. Celda de acometida a barras de 30 kV, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, , conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, relés de protección, etc.	1	1					23.981,77	23.981,77
4.03.02	Ud. Suministro de celda de salida de línea 30 kV. Celda para alimentación a parques, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, seccionador de puesta a tierra, relés de protección, etc.	2	1					20.730,42	41.460,84
4.03.03	Ud. Suministro de celda servicios auxiliares 30 kV. Celda para protección de transformador de SS.AA., en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, conteniendo básicamente en su interior interruptor-seccionador SF6 con fusibles asociados, etc.								

		1	1				1	11.050,15	11.050,15
4.03.04	Ud. Suministro de celda de medida barras de 30 kV Celda de medida de tensión de barras, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, conteniendo en su interior, transformadores de tensión.	1	1				1	11.050,15	11.050,15
4.03.05	Ud. Suministro de equipo rectificador-bateria Unidad cargador batería 125 Vcc, 100 Ah y unidad cargador batería 48 Vcc para comunicaciones, montadas sobre armario metálico de interior conteniendo en su interior cargador-rectificadores y las baterías de Ni-Cd.	1	1				1	11.660,80	11.660,80
4.03.06	Ud. Suministro de armario de SS.AA. Armario metálico de interior con interruptor de acometida y embarrados de 400/220 Vca y 125 Vcc, para alimentación de alumbrado y fuerza de la subestación, circuitos de aparamenta del parque de 66 kV, etc.	1	1				1	7.285,90	7.285,90
4.03.07	Ud. Suministro de transformador de SS.AA. Suministro de transformador de SS. AA de relación 30/0,69 kV. de 100 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn11, tipo llenado integral, con refrigeración en aceite.	1	1				1	2.071,65	2.071,65
4.03.08	Ud. Autoválvula Pararrayos autoválvula unipolar para 30 kV y max. Tensión de servicio 36 kV	3					3	350,00	1.050,00
4.03.09	P/A. Suministro y montaje de alumbrado y fuerza Suministro y montaje de todo el material necesario para el alumbrado normal, de emergencia y tomas de corriente de usos varios para la Subestación.	1					1	8.000,00	8.000,00
4.03.10	Ud. Suministro de elementos de seguridad Elementos de seguridad como guantes, banqueta, pertiga, etc..	1					1	4.500,00	4.500,00
4.03.11	Ud Suministro S.A.I. Suministro para alimentación sistema control parque	1	1				1	2.884,86	2.884,86

TOTAL SUBCAPÍTULO 4.03								124.996,12	
Subcapítulo 4.04: Aparellaje 220 kV									
4.04.01	Ud trafo potencia 220/30 kV Transformador de potencia trifásico en aceite con regulación de tensión en carga, grupo de conexión YNd11, 40 MVA	1					1	620.000,00	620.000,00
4.04.02	Ud módulo posición línea-transformador Compuesto por los siguientes elementos encapsulados en SF6: 1 (un) Interruptor automático, de 245 kV, 2000 A y 40 kA, con corte en SF6 y accionamiento de resortes cargados a motor. 1 (un) Seccionador combinado de tres posiciones para el seccionamiento de línea equipado con los enclavamientos adecuados, de 2000 A y accionamiento motorizado y de emergencia manual. T.I toroidales de relación 690/5-5-5 A, y potencias y clases de precisión 20 VA clase 0,2s; 20 VA clase 0,5 y 2 x 50 VA clase 5P20. Su instalación en el módulo blindado podrá ser de tipo bushing o bien encapsulados en SF6 en un compartimiento adecuado. 1 (un) Seccionador del lado del transformador, de dos posiciones de accionamiento motorizado y de emergencia manual. Podrá ser admisible un seccionador de tres posiciones. En cualquier caso, este seccionador deberá ser de tipo aislable. 2 (dos) Juegos de bushing para el conexionado a la línea y al transformador. Los bushing serán de tipo polimérico, fabricados en goma de silicona sobre un cuerpo de fibra de vidrio.	3					3	740.000,00	2.220.000,00
4.04.03	Ud. Autoválvula Autoválvula para sistema de 220 kV, con neutro rígido a tierra	9					9	4.430,00	39.870,00
4.04.04	Ud control y protecciones	1					1	120.000,00	120.000,00
4.04.05	Ud. Tubos y piezas de conexión								

		1					1	18.000,00	18.000,00
4.04.06	Ud. Armario de medida facturación	1					1	40.000,00	40.000,00
4.04.07	Ud. Equipo de comunicaciones de conexión a la red	1					1	25.000,00	25.000,00
4.04.08	Transformador de Tensión, con relación 220000:√3/110:√3-110:√3-110:√3 V, de potencias y clases de precisión 30 VA clase 0,2, 30 VA clase 0,5 y 100 VA clase 3P; del lado de línea.	5					5	7.500,00	37.500,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.04								3.120.370,00	
Subcapítulo 4.05: Montaje + puesta marcha Subestación 220 kV									
4.05.01	Montaje Aparellaje Eléctrico 220/30 kV	1					1	180.000,00	180.000,00
4.05.02	Supervisión, pruebas y puesta en marcha	1					1	35.000,00	35.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.05								215.000,00	
TOTAL CAPÍTULO 4								3.685.366,12	

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPÍTULO 5: EDIFICIO DE CONTROL Subcapítulo 5.01:Obra Civil Edificio de Control								
5.01.01	Ud. Obra Civil Edificio de Control Edificio de Control de subestación y parque,según plantas de distribución recogidas en planos, a concretar con proyecto de ejecución, con acabados y características constructivas adecuadas a las normas vigentes, totalmente acabado, de acuerdo a la memoria	1						350000	350000
TOTAL SUBCAPITULO 5.01									350.000
TOTAL CAPÍTULO 5									350.000

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPÍTULO 6: INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA Subcapitulo 6.01. Ingeniería del Parque Eólico								
6.01.01	Ud de Ingeniería del parque eólico incluyendo tanto la ingeniería básica como la de detalle	1						80.000	80.000
TOTAL SUBCAPÍTULO 6.01									80.000
	Subcapítulo 6.02. Dirección facultativa de la obra								
6.02.01	Ud. Dirección Facultativa de la obra	1						55.000	55.000
TOTAL SUBCAPÍTULO 6.02									55.000
TOTAL CAPÍTULO 6									135.000

MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE

Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	CAPITULO 7: VARIOS								
	Subcapítulo 7.01: Control de Calidad								
7.01.01	Control de calidad en obra realizado por empresa especializada	1						36.500	36.500,00
7.01.02	Suministro, montaje y puesta en marche de una estación anemométrica de 99 m de altura	0						55.000	55.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 7.01									91.500,00
TOTAL CAPITULO 7									91.500,00
TOTAL MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS P.E. COMILLAS EMPRENDE									28.704.508,38

2. Presupuesto de Ejecución Material y por Contrata

El presupuesto de ejecución material y por contrata del Parque Eólico Comillas Emprende asciende a la cantidad de:

TREINTA Y CUATRO MILLONES CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS (34.158.364,97 €)

· Obra Civil:	
- Parque Eólico	1.439.317,99
- Edificio de Control y Subestación Interperie	575.000,00
· Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
- Conductores y puesta a tierra	356.546,27
- Subestación 30 kV	124.996,12
- Cabinas de Media Tensión (MT)	86.778,00
- Subestación 220 kV	3.120.370,00
· Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
- Tendido de cables	60.000,00
- Subestación	215.000,00
· Aerogeneradores:	
- Aerogeneradores	22.500.000,00
· Ingeniería y Dirección de Obra	
- Ingeniería del Parque Eólico	80.000,00
- Dirección facultativa de la obra	55.000,00
· Varios	91.500,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	28.704.508,38
- 16 % Gastos Generales	4.592.721,34
- 3 % Beneficio Industrial	861.135,25
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	34.158.364,97

ANEXO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. Objeto	2
2. Dimensionado de los cables de Media Tensión	2
2.1. Documentos de referencia	2
2.2. Criterio para el dimensionamiento de los cables	3
2.3. Hipótesis de las condiciones de la instalación	3
2.4. Criterio 1: Por intensidad máxima admisible	3
2.5. Criterio 2: Por intensidad de cortocircuito	4
2.6. Criterio 3: Por caída de tensión en el cable	4
2.7. Resultados	4
3. Intensidad máxima de cortocircuito	4
3.1. Hipótesis del cálculo	5
3.2. Método de cálculo	5
3.3. Resultados	6
Apéndice I	6
Apéndice II	9

1. Objeto

El presente documento tiene como objetivo el dimensionamiento de los cables de Media Tensión (MT) y el cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima del parque eólico Comillas Emprende. Para ello, se realizará el estudio conveniente, junto a los cálculos necesarios para arrojar la conclusión.

El cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima, que será necesaria para el dimensionamiento de los cables, también será utilizado para la elección de los interruptores y la validación de las máquinas eléctricas escogidas, ya que todo el aparellaje eléctrico deberá ser capaz de soportar dicha intensidad durante, al menos, un tiempo determinado.

2. Dimensionado de los cables de Media Tensión

El conexionado de Media Tensión hace referencia a los cables que conectan a los aerogeneradores con la barra de 30 kV y con la subestación del parque eólico. Existen dos circuitos que se conectan a la barra de 30 kV, los cuáles están formados por los siguientes aerogeneradores:

Parque Eólico Comillas Emprende	
Circuitos Media Tensión	
Circuito I	A-01, A-02, A-03
Circuito II	A-04, A-05, A-06

Tabla 1: Circuitos de 30 kV

Los circuitos de Media Tensión irán enterrados, utilizándose cables unipolares de 18/30 kV aislados de tipo XLPE con conductor de Aluminio con sección de 240 mm², normalizados por la norma UNE HD 620-10E, con designación genérica AL RHZ1-OL. Los cálculos utilizados para la elección de la sección se mostrarán en el Apéndice II. Además, se comprobarán mediante el estudio de Caída de Tensión.

2.1. Documentos de referencia

Los siguientes documentos aportan datos e información necesaria, para poder realizar el estudio del dimensionamiento de los cables:

- Catálogo de cables de Media tensión de Prysmian
- Unifilar general del Parque Eólico (PE Comillas Emprende)
- Plano Resumen (PE Comillas Emprende)
- Datos técnicos Aerogenerador GE-158 5,3 MW

2.2. Criterio para el dimensionamiento de los cables

Para el cálculo de la sección mínima del cable se tendrá en cuenta tres criterios, de los cuáles se aplicará el más restrictivo:

- Criterio 1: Por intensidad máxima admisible en régimen permanente, teniendo en cuenta diversos factores que dependen de las condiciones de la instalación eléctrica.
- Criterio 2: Por intensidad de cortocircuito máxima, para un tiempo de actuación de las protecciones estipulado.
- Criterio 3: Por caída de tensión del cable.

En media tensión el criterio de selección da la sección de un cable que prima es el de intensidad máxima admisible. Se debe aplicar en dicha selección el Reglamento de Líneas de Alta Tensión concretamente la ITC- 006. Por lo tanto, se utilizarán los dos criterios restantes, para verificar la sección arrojada por el criterio de intensidad máxima admisible en régimen permanente.

2.3. Hipótesis de las condiciones de la instalación

- Los valores de carga máxima admisible tienen en cuenta una profundidad máxima de 90 cm.
- La temperatura del terreno de referencia es de 25 °C.
- El terreno presenta una resistividad térmica de 1,5 K·m/W.
- La temperatura máxima en servicio en régimen permanente es de 90 °C.
- La temperatura máxima en cortocircuito es de 250 °C.
- El catálogo del fabricante del aerogenerador verifica que el factor de potencia mínimo es de 0,9 (peor escenario posible).

2.4. Criterio 1: Por intensidad máxima admisible

Los factores de corrección que se utilizan están de acuerdo con la norma UNE, que vienen en tablas de las que se pueden inter o extrapolar los factores necesarios. Las tablas se adjuntan en el Apéndice I, para su posterior revisión. Como todos los cables son subterráneos, se hará referencia a este tipo de cables, ya que las tablas diferencian entre cables aéreos y subterráneos. Los factores que se deben utilizar se detallan a continuación en base a las hipótesis tomadas en el punto anterior:

Parque Eólico Comillas Emprende	
Factores de Corrección	
Tª del terreno	1
Resistividad térmica	1
Profundidad del enterramiento	1,01
Separación entre ternas en las zanjas	0,68/0,82

Tabla 2: Factores de corrección

El factor total de corrección será el producto de los factores de toda la instalación. Para calcular la intensidad corregida, se utilizará la siguiente fórmula:

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_{\text{nominal}}}{\text{Factor total}}$$

2.5. Criterio 2: Por intensidad de cortocircuito

Con este criterio, se verificará que el resultado obtenido por el criterio 1 es correcto. Este criterio tiene en cuenta la relación que existe entre la sección mínima del conductor de aluminio (mm^2), el tiempo de cortocircuito (1 segundo para protecciones de MT) y la intensidad simétrica subtransitoria de cortocircuito trifásico ($I''_{k,3F}$ en A) a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Sección mínima} = I''_{k,3F} \cdot \sqrt{t_{\text{cortocircuito}}} \cdot 1/93$$

2.6. Criterio 3: Por caída de tensión en el cable

Igualmente, que el criterio 2, el criterio de caída de tensión en un cable se utiliza como verificación del criterio 1, por lo tanto, la caída de tensión en V se obtiene de forma aproximada por la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{nominal}} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \text{sen } \varphi)$$

Donde L es la longitud del cable en km, I_{nominal} la intensidad que recorre el conductor en A, R la resistencia máxima del conductor a 90 °C y 50 Hz en Ω/km , X la reactancia a 50 Hz en Ω/km y $\cos \varphi$ el factor de potencia.

A efectos de dimensionamiento se fijarán los siguientes criterios máximos:

- Desde generación a consumo: 5%.
- Para cargas generales: 3%.

2.7. Resultados

Los cálculos del dimensionamiento, junto con los resultados se pueden ver en los Apéndices I y II.

3. Intensidad máxima de cortocircuito

El parque eólico puede sufrir diversos cortocircuitos que tendrán consecuencias muy distintas y deberán de ser controlados y extinguidos por diferentes protecciones o aparatos. Para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito se contemplará el

cortocircuito trifásico, ya que éste es el que mayor intensidad genera y el que más puede dañar al parque eólico y sus componentes.

3.1. Hipótesis del cálculo

- Las corrientes de cortocircuito trifásica y de línea a tierra en la subestación se desconocen, por lo que se tomará una potencia de cortocircuito muy conservadora, para diseñar con suficiente holgura. En este caso, se tomará el valor de 20.000 MVA (potencia de cortocircuito) como indica la norma UNE-EN 60076-5, según el voltaje de la subestación.
- Todas las máquinas están generando al 100 %.
- No se tendrán en cuenta diversas pérdidas de intensidad por circuitos paralelos o posibles fugas que puedan reducir la intensidad de cortocircuito.
- Los interruptores deberán tener un poder de corte superior a la intensidad máxima de cortocircuito calculada, por lo tanto los interruptores verán las intensidades más críticas cuando recojan toda la intensidad de falta de todo el circuito, es decir, en caso de falta trifásica en barras de 30 kV.

3.2. Método de cálculo

Partiendo de la hipótesis de que la intensidad máxima de cortocircuito se dará en las barras de 30 kV, antes de llegar a la subestación, se tendrán que estudiar todas las posibles fuentes que se encarguen de que aporten corriente a la falta. Los posibles elementos generadores actuarán de manera distinta, gracias a su diseño y aspectos eléctricos diferentes.

Debido al transformador principal de la subestación (220kV/30kV), la intensidad que aporta la red en caso de cortocircuito dentro del conexionado de media tensión (30 kV) se ve reducida muy considerablemente, convirtiéndose en una intensidad más que asumible, para el interruptor que conecta la subestación con la red.

Por otro lado, los aerogeneradores serían los otros elementos que aportan intensidad en caso de cortocircuito. Como se ha comentado anteriormente, existen dos circuitos en media tensión, en los cuáles los aerogeneradores se conectan en serie, recogiendo el último aerogenerador de cada circuito la energía generada y llevándola a la barra de 30 kV que se dirigirá a la subestación (*véase plano Unifilar General del Parque Eólico*).

Los aerogeneradores GE-158 están diseñados para que en caso de falta trifásica en el circuito de media tensión, actúen como fuentes de corriente de hasta 5 pu. Teniendo en cuenta la potencia aparente de la máquina y el transformador integrado en el aerogenerador que eleva la tensión a 30 kV, la intensidad que aporta cada aerogenerador es:

$$\begin{aligned}
 I_{FALTA, AERO} (A) &= i_{PU} \cdot I_{BASE} = 5 \cdot \frac{S_{BASE}}{\sqrt{3} \cdot U_{BASE}} = 5 \cdot \frac{5300}{\sqrt{3} \cdot 30} \frac{[kVA]}{[kV]} \\
 &= 566,659 \approx 567 A
 \end{aligned}$$

3.3. Resultados

Los circuitos de aerogeneradores de media tensión aportan lo mismo cada uno a la falta, en este caso la intensidad de cortocircuito que deben ser capaz de aguantar los elementos del circuito será de 1700 A durante el tiempo estipulado que será de 1 segundo. Por lo tanto, la capacidad de corte que debe tener el interruptor que conecta cada circuito de media tensión con la barra de media tensión tendrá que ser superior a 1700 A.

A su vez, la red aportará la intensidad de falta que resulte del siguiente cálculo, teniendo en cuenta la hipótesis de la potencia de cortocircuito mencionada anteriormente:

$$I_{FALTA,RED} = \frac{20.000.000 [kVA]}{\sqrt{3} \cdot 220 [kV]} = 52.486,4 A \approx 52,5 kA$$

A priori, esta intensidad parece demasiado alta, para un interruptor de 30 kV, pero el transformador principal se encargará de reducirla en bornes de 30 kV, debido a la sobrecarga del mismo y que no es capaz de transmitir toda la energía que proviene de la red. Por lo tanto, la intensidad que deberá hacer frente el interruptor principal no será ningún problema.

Apéndice I

A continuación, se adjuntan las tablas con los factores correctores de acuerdo con la norma UNE:



Temperatura °C Servicio Permanente θ_s	Temperatura del terreno, θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Tabla 3: Factores de corrección según la T^a del terreno

Tipo de instalación	Sección del conductor mm^2	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	

Tabla 4: Factores de corrección según la resistividad térmica del terreno

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	$\leq 185 mm^2$	$> 185 mm^2$	$\leq 185 mm^2$	$> 185 mm^2$
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

Tabla 5: Factores de corrección según la profundidad del enterramiento



		Factor de corrección									
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42	
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65	
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-	
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-	
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49	
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-	
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-	

Tabla 6: Factores de corrección según el número de ternos por zanja

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Tabla 7: Sección normalizada, para distintos aislantes según la intensidad máxima corregida

Apéndice II

Los cálculos necesarios para el dimensionamiento del cable se resumen en la siguiente tabla, pudiéndose observar como el criterio 2 no presenta ningún problema, por lo que el resultado del criterio de máxima corriente admisible en régimen permanente será válido.

PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE

LÍNEA CABLES DE POTENCIA DE MEDIA TENSIÓN	P (kW)	U _N (kV)	cos (φ) mínimo	η (%) (A)	I _N (A) (B)	C1	C2	C3	C4	Dimensionamiento por intensidad admisible				Dimensionamiento por intensidad de cortocircuito			Disposición
										I _{ct} (A) (D)	NCF (E)	I _{cep} (A) (F)	S _{min 1} (mm ²) (G)	I _{cc} (kA) (H)	tp (s) (I)	S _{min 2} (mm ²) (J)	
A1 -> A2	5300	30	0,9	100	113,33	1,00	1,00	1,01	0,82	136,84	1	136,84	70 (XLPE)	1,7	1	18,28	3x(1x240) mm ² A1
A2 -> A3	10600	30	0,9	100	226,66	1,00	1,00	1,01	0,82	273,68	1	273,68	240 (XLPE)	1,7	1	18,28	3x(1x240) mm ² A1
Línea 1 -> A3	15900	30	0,9	100	340,00	1,00	1,00	1,01	0,68	495,04	2	247,52	185 (XLPE)	1,7	1	18,28	2x[3x(1x400)] mm ² A1
A5 -> A6	5300	30	0,9	100	113,33	1,00	1,00	1,01	0,82	136,84	1	136,84	70 (XLPE)	1,7	1	18,28	3x(1x240) mm ² A1
A6 -> A4	10600	30	0,9	100	226,66	1,00	1,00	1,01	0,82	273,68	1	273,68	240 (XLPE)	1,7	1	18,28	3x(1x240) mm ² A1
Línea 2 -> A4	15900	30	0,9	100	340,00	1,00	1,00	1,01	0,68	495,04	2	247,52	185 (XLPE)	1,7	1	18,28	2x[3x(1x400)] mm ² A1
Cable -> Subestación	31800	30	0,9	100	679,99	1,00	1,00	1,01	0,68	990,08	4	247,52	185 (XLPE)	1,7	1	18,28	4x[3x(1x400)] mm ² A1

OBSERVACIONES:

- (A) Se parte de la hipótesis de 100% de rendimiento en estos cálculos
- (B) Intensidad nominal calculada
- (C) C1: Coeficiente corrector por temperatura: T^a = 25 °C
C2: Coeficiente corrector por resistividad térmica del terreno: 1,5 K·m/W
C3: Coeficiente corrector por profundidad del terreno: 90 cm de profundidad
C4: Coeficiente corrector por ternas de cables agrupados bajo tierra
- (D) Intensidad corregida total: Intensidad nominal modificada por los factores correctores
- (E) Número de conductores por fase
- (F) Intensidad corregida por conductor
- (G) Sección mínima normalizada por intensidad máxima de régimen permanente
- (H) Valores máximos de intensidad de cortocircuito
- (I) Tiempo de actuación de las protecciones de MT
- (J) Sección mínima por intensidad cortocircuito

A continuación, se presenta la tabla con los resultados de los cálculos de la caída de tensión en los cables del circuito de Media Tensión, hay que tener en cuenta que ninguna caída de tensión deberá ser mayor del 5%, por lo que este método, como se ha comentado anteriormente, servirá para la verificación de los cálculos a través de intensidad máxima admisible en régimen permanente:

PARQUE EÓLICO COMILLAS EMPRENDE

LÍNEA CABLES DE POTENCIA DE MEDIA TENSIÓN	P (kW)	U _N (kV)	cos (φ) mínimo	η (%) (A)	I _N (A) (B)	S _{min} 1 (mm ²) (C)	Dimensionamiento por caída de tensión					Disposición
							R (Ω/km) (D)	X (Ω/km)	L (m) (E)	ΔV (V) (F)	ΔV (%) (G)	
A1 -> A2	5300	30	0,9	100	113,33	240 (XLPE)	0,161	0,113	830,00	31,63	0,105	3(1x240) mm ² Al
A2 -> A3	10600	30	0,9	100	226,66	240 (XLPE)	0,161	0,113	1362,00	103,82	0,346	3(1x240) mm ² Al
Línea 1 -> A3	15900	30	0,9	100	340,00	240 (XLPE)	0,161	0,113	1118,00	127,83	0,426	2x[3x(1x240)] mm ² Al
A5 -> A6	5300	30	0,9	100	113,33	240 (XLPE)	0,161	0,113	1149,00	43,79	0,146	3(1x240) mm ² Al
A6 -> A4	10600	30	0,9	100	226,66	240 (XLPE)	0,161	0,113	2347,00	178,90	0,596	3(1x240) mm ² Al
Línea 2 -> A4	15900	30	0,9	100	340,00	240 (XLPE)	0,161	0,113	305,00	34,87	0,116	2x[3x(1x240)] mm ² Al
Línea 3 -> Subestación	31800	30	0,9	100	679,99	240 (XLPE)	0,161	0,113	924,00	211,29	0,704	4x[3x(1x240)] mm ² Al

OBSERVACIONES:

- (A) Se parte de la hipótesis de 100% de rendimiento en estos cálculos
- (B) Intensidad nominal calculada
- (C) Sección mínima calculada por intensidad máxima admisible en régimen permanente
- (D) Valores de Resistencia e Inductancia del cable (XLPE 400 mm², Cu)
- (E) Longitud de la línea
- (F) Caída de tensión con factor de potencia mínimo
- (G) Límites de caída de tensión máxima: 5%
 - ΔV línea 1: 0,452 %
 - ΔV línea 2: 0,572 %
 - ΔV línea 3: 0,704 %

ANEXO II: ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. ALCANCE.....	3
3. EMPLAZAMIENTO	3
4. DATOS DE PARTIDA.....	5
4.1. DATOS DE SERIES TEMPORALES DE VIENTO EN EL EMPLAZAMIENTO.....	5
4.2. OROGRAFÍA DEL EMPLAZAMIENTO.....	6
4.3. RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE SUELO	7
4.4. DENSIDAD DEL AIRE	7
4.5. CURVA DE POTENCIA Y COEFICIENTES DE EMPUJE	8
5. LOCALIZACIÓN DE LOS AEROGENERADORES	12
6. RESULTADO DE LA SERIE DE DATOS DE VIENTO.....	12
7. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE DATOS	18
8. SIMULACIÓN DEL CAMPO DE VIENTOS	18
9. EMPLAZAMIENTO DE DETALLE DE AEROGENERADORES.....	21
9.1. EVALUACIÓN DE LA ENERGÍA MEDIA ANUAL PRODUCIDA	21
9.2. GENERAL ELECTRIC, GE158 DE 5,3 MW: ALTURA DE BUJE 150 METROS.....	22
9.3. VESTAS, V162 DE 5,6 MW: ALTURA DE BUJE 125 METROS.....	23
9.4. SIEMENS GAMESA, SG170 DE 6 MW ALTURA DE BUJE 100 METROS.....	24
10. ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA MEDIA VERTIDA A LA RED ANUALMENTE.....	25
11. CONCLUSIONES	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del emplazamiento del P.E. Comillas Emprende	4
Figura 2: Localización de los aerogeneradores en el parque	4
Figura 3: Localización de los aerogeneradores en el parque (2).....	5
Figura 4: Topografía digitalizada.....	6
Figura 5: Rosa de viento de frecuencias a una altura de 150 m.....	15
Figura 6: Rosa de viento de velocidades a una altura de 150 metros.....	15
Figura 7: Rosa de viento de energías a una altura de 150 m.....	16
Figura 8: Variación diaria del viento.....	17
Figura 9: Variación mensual del viento	17
Figura 10: Simulación del campo medio de Energía neta producida y velocidad del viento.....	19
Figura 11: Simulación del campo medio de Energía neta producida y velocidad del viento en el sector más favorable (67,5 °)	20
Figura 12: Producción individual por aerogenerador anual.....	22
Figura 13: Producción individual por aerogenerador anual.....	23
Figura 14: Producción individual por aerogenerador anual.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variación de la densidad del aire mensual y anualmente.....	7
Tabla 2: Localización de los aerogeneradores	12
Tabla 3: Resultados característicos del potencial eólico	13
Tabla 4: Energía media anual GE158	22
Tabla 5: Energía media anual V162.....	23
Tabla 6: Energía media anual SG170	24
Tabla 7: Comparativa de producción de cada tecnología en el emplazamiento.....	26

1. Objeto

El presente documento trata de estudiar el potencial eólico, incluyendo los siguientes objetivos:

- Evaluación del potencial eólico y caracterización del mismo en el término municipal de Vilasantar, ubicado en la provincia de La Coruña, en Galicia.
- Estimación de la producción energética anual del parque eólico Comillas Emprende de 30-36 MW de potencia eléctrica instalada, en función de la tecnología de aerogenerador utilizada.

El estudio se ha realizado gracias a la colaboración de la empresa Vortex, quienes han sido los encargados de facilitar una serie de datos de viento, generados a través de vientos registrados por satélites y modelos físicos, los cuales empiezan el 1 de enero de 2010 y terminan el 11 de febrero de 2020 (10 años).

2. Alcance

Las tareas realizadas durante el estudio, para garantizar el cumplimiento de los objetivos anteriores son:

- Elección del punto donde obtener la serie de datos de viento. Para ello, se debió tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - Coincidir con uno de los aerogeneradores, para tratar de reducir los errores de futuros cálculos.
 - Ser lo más céntrico posible, siempre y cuando no tuviese una mala exposición al viento, debido a obstáculos puntuales.
- Análisis energético del emplazamiento con el fin de evaluar la producción de energía del parque en función de las siguientes tecnologías:
 - General Electric, GE 158 de 5,3 MW de potencia unitaria a dos alturas de buje: 120,9 y 150 metros.
 - Siemens Gamesa, SG 170 de 6 MW de potencia unitaria a una altura de buje: 135 metros.
 - Vestas, V 162 de 5,6 MW de potencia unitaria a una altura de buje de 125 metros.

La estimación de la energía producida anual se consigue con el programa *Wasp*, teniendo en cuenta las pérdidas energéticas debido a las estelas producidas por los aerogeneradores.

3. Emplazamiento

El parque eólico Comillas Emprende se ubicará en el término municipal de Vilasantar, en la provincia de La Coruña, en la Comunidad Autónoma de Galicia, en

España. La zona de estudio se encuentra en un monte con una elevación media de 513,5 metros sobre el nivel del mar.

En las siguientes imágenes se observa la localización geográfica del emplazamiento, así como la posición de los aerogeneradores:



Figura 1: Ubicación del emplazamiento del P.E. Comillas Emprende



Figura 2: Localización de los aerogeneradores en el parque

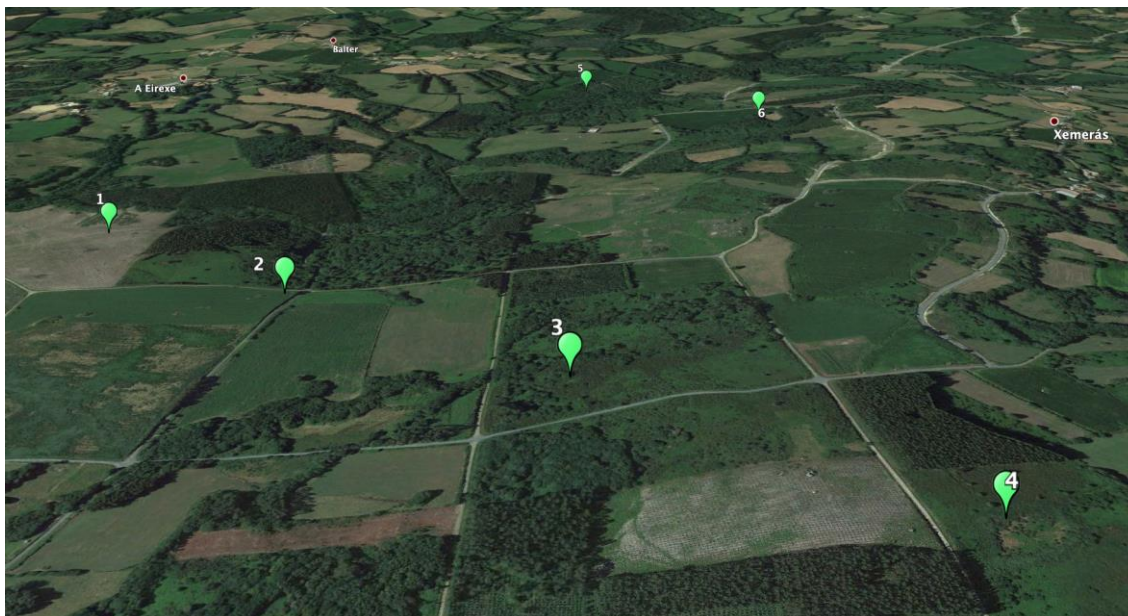


Figura 3: Localización de los aerogeneradores en el parque (2)

4. Datos de partida

4.1. Datos de series temporales de viento en el emplazamiento

Los datos de viento han sido proporcionados por la empresa Vortex que, gracias a los vientos satelitales y una rigurosa extrapolación, es capaz de generar series temporales de vientos de 10 años. En este caso, se parte de una serie que empieza el 1 de enero de 2010 y finaliza el 11 de febrero de 2020. El punto de medición tiene las siguientes coordenadas ($X_{utm} = 573653$ m E, $Y_{utm} = 4770660$ m N). Los datos que vienen en la serie de datos de viento son los siguientes:

- Velocidad a la altura de 150 metros.
- Dirección del viento en grados (°).
- Temperatura en grados centígrados (°C).
- Densidad del aire (kg/m^3).
- Presión (hPa).

4.2. Orografía del emplazamiento

La orografía es un parámetro de entrada al modelo de cálculo WASP. Con tal motivo se ha digitalizado el área del emplazamiento, tomando como base de partida la cartografía proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La topografía que se ha digitalizado se corresponde con una superficie de 10 x 12 km² (423.456 puntos) con una distancia entre líneas de nivel de 10 metros.

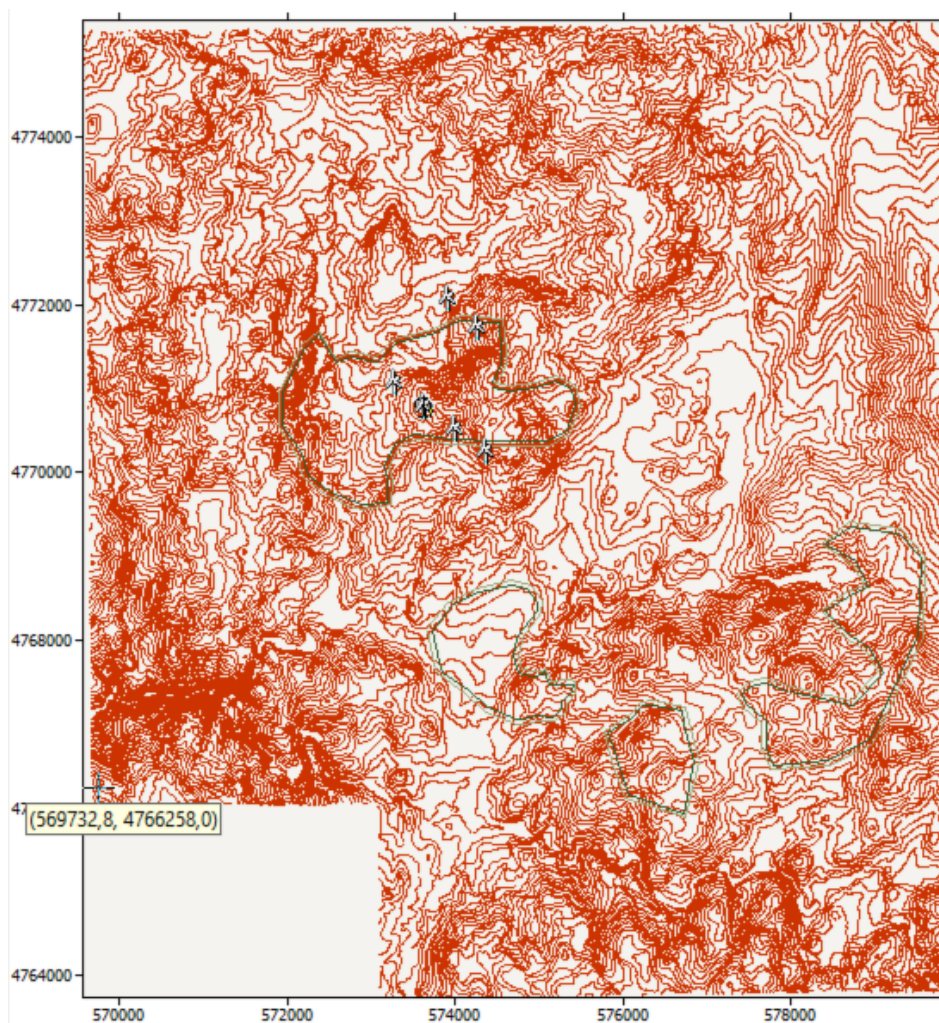


Figura 4: Topografía digitalizada

4.3. Rugosidad superficial de los distintos tipos de suelo

La rugosidad superficial de los distintos tipos de suelo del emplazamiento se ha modelizado en consonancia con lo establecido en el manual del modelo WASP y del Atlas Eólico Europeo.

Se han supuesto unos valores de rugosidad de 0,03 y 0,8 correspondiente a zonas con vegetación de monte bajo y bosques, respectivamente.

4.4. Densidad del aire

La densidad del aire se obtendrá a partir de la serie de datos proporcionada por Vortex. Como la densidad no se puede medir, la empresa Vortex ha utilizado los datos de altura, temperatura y presión, para calcularla. Los datos de densidades se adjuntan en la siguiente tabla, mostrando una comparativa de ellas a lo largo de los 10 años y la variación de la misma durante los meses:

Parque eólico Comillas Emprende										
Variación de la densidad media mensual										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene	1,181	1,179	1,187	1,178	1,173	1,186	1,176	1,183	1,183	1,185
Feb	1,171	1,178	1,194	1,185	1,177	1,19	1,183	1,172	1,184	1,175
Mar	1,175	1,173	1,168	1,161	1,169	1,18	1,179	1,17	1,168	1,177
Abr	1,158	1,148	1,17	1,17	1,158	1,159	1,167	1,159	1,159	1,161
May	1,157	1,153	1,151	1,169	1,161	1,158	1,152	1,142	1,157	1,155
Jun	1,144	1,152	1,146	1,157	1,146	1,143	1,147	1,139	1,145	1,149
Jul	1,139	1,147	1,143	1,13	1,142	1,14	1,138	1,14	1,137	1,135
Ago	1,138	1,138	1,14	1,141	1,143	1,139	1,135	1,139	1,132	1,138
Sep	1,14	1,14	1,14	1,137	1,131	1,147	1,141	1,151	1,134	1,145
Oct	1,151	1,143	1,149	1,148	1,137	1,148	1,145	1,145	1,151	1,152
Nov	1,169	1,16	1,168	1,179	1,156	1,167	1,165	1,169	1,161	1,165
Dic	1,173	1,186	1,176	1,179	1,187	1,17	1,172	1,182	1,173	1,169
Media Anual	1,158	1,158	1,161	1,161	1,157	1,16	1,158	1,158	1,157	1,159

Tabla 1: Variación de la densidad del aire mensual y anualmente

Como se puede observar en la tabla anterior, la densidad varía según el mes, pero este estudio no tiene ningún sentido hacerlo mensual, ya que son espacios de tiempo cortos, que no tienen mucho significado. Sin embargo, la densidad media anual también varía, pero de una forma mucho más constante y entre un rango muy acotado. Por lo tanto, la densidad del aire tomada para el estudio a la altura de buje de 150 metros es de 1,159 kg/m³ \approx **1,16 kg/m³**, que proviene de hacer en media aritmética de todos los datos obtenidos.

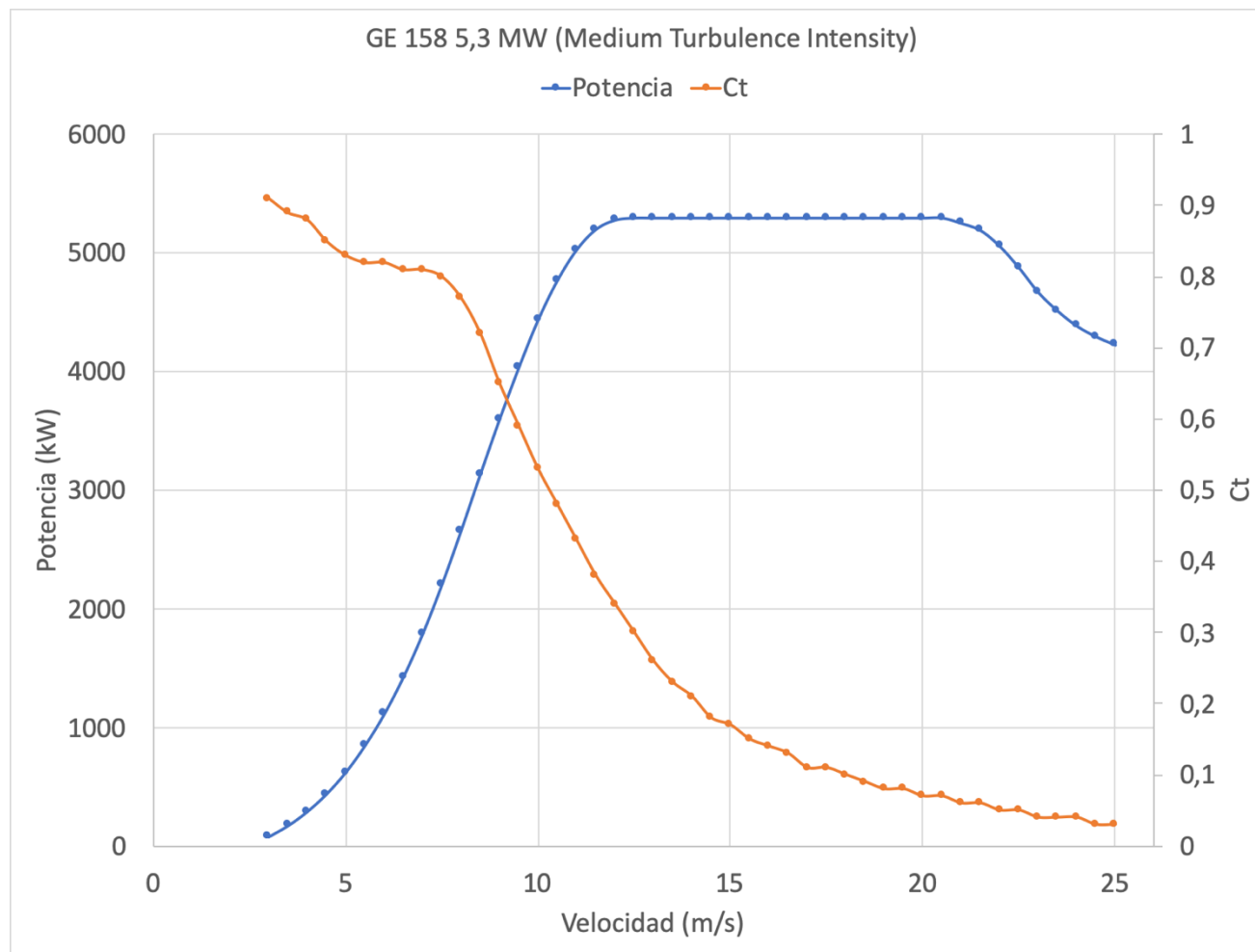
4.5. Curva de potencia y coeficientes de empuje

Para el siguiente análisis se utilizarán los siguientes aerogeneradores, para una densidad de $1,16 \text{ kg/m}^3$:

- General Electric, GE 158 de 5,3 MW de potencia unitaria a dos alturas de buje: 150 metros.
- Siemens Gamesa, SG 170 de 6 MW de potencia unitaria a una altura de buje de 135 metros.
- Vestas, V 162 de 5,6 MW de potencia unitaria a una altura de buje de 125 metros.

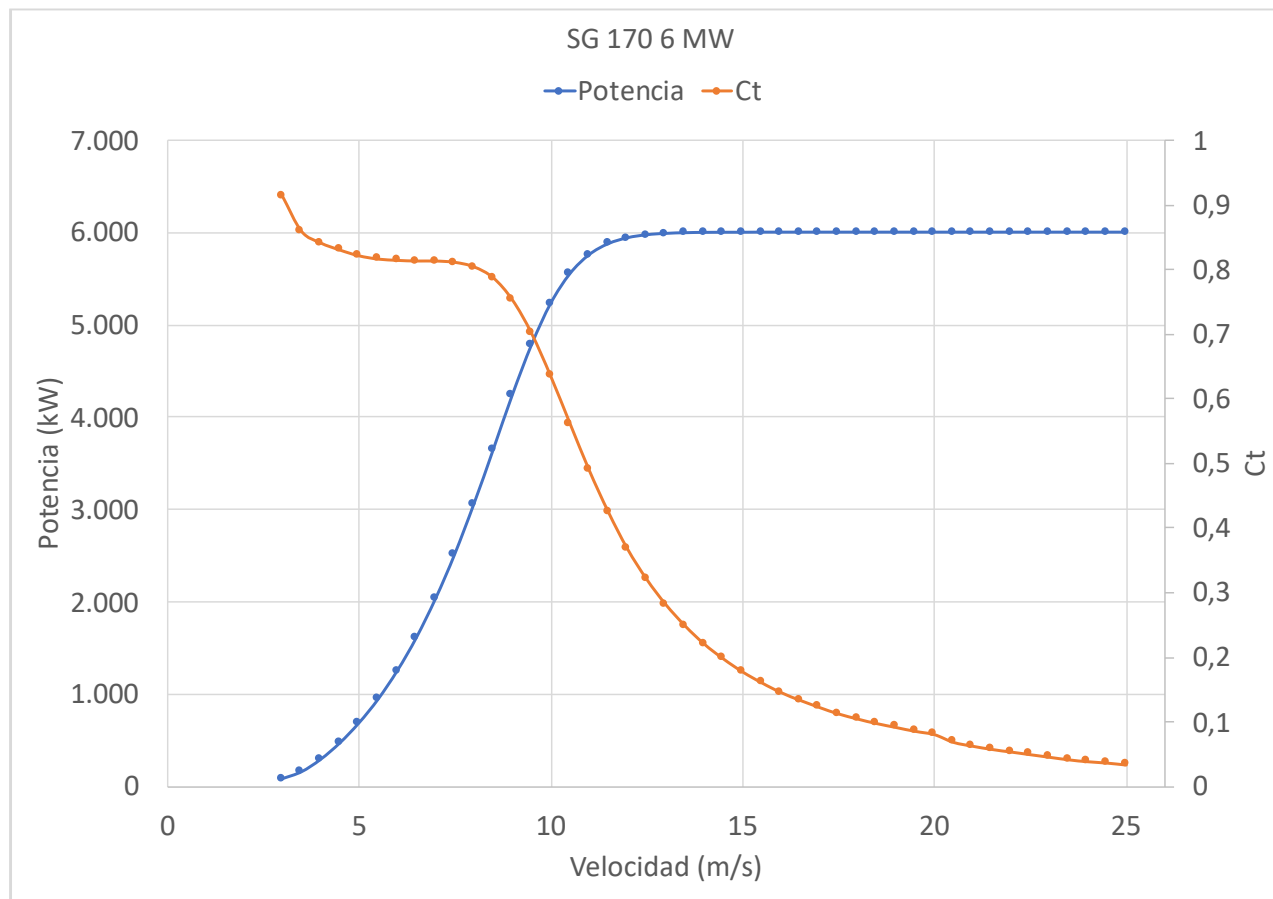


Velocidad (m/s)	Potencia (kW)	Ct
3	82	0,91
3,5	175	0,89
4	294	0,88
4,5	442	0,85
5	625	0,83
5,5	850	0,82
6	1115	0,82
6,5	1429	0,81
7	1792	0,81
7,5	2208	0,8
8	2664	0,77
8,5	3140	0,72
9	3603	0,65
9,5	4039	0,59
10	4440	0,53
10,5	4772	0,48
11	5031	0,43
11,5	5203	0,38
12	5282	0,34
12,5	5300	0,3
13	5300	0,26
13,5	5300	0,23
14	5300	0,21
14,5	5300	0,18
15	5300	0,17
15,5	5300	0,15
16	5300	0,14
16,5	5300	0,13
17	5300	0,11
17,5	5300	0,11
18	5300	0,1
18,5	5300	0,09
19	5300	0,08
19,5	5300	0,08
20	5300	0,07
20,5	5300	0,07
21	5255	0,06
21,5	5194	0,06
22	5060	0,05
22,5	4878	0,05
23	4672	0,04
23,5	4516	0,04
24	4389	0,04
24,5	4299	0,03
25	4229	0,03



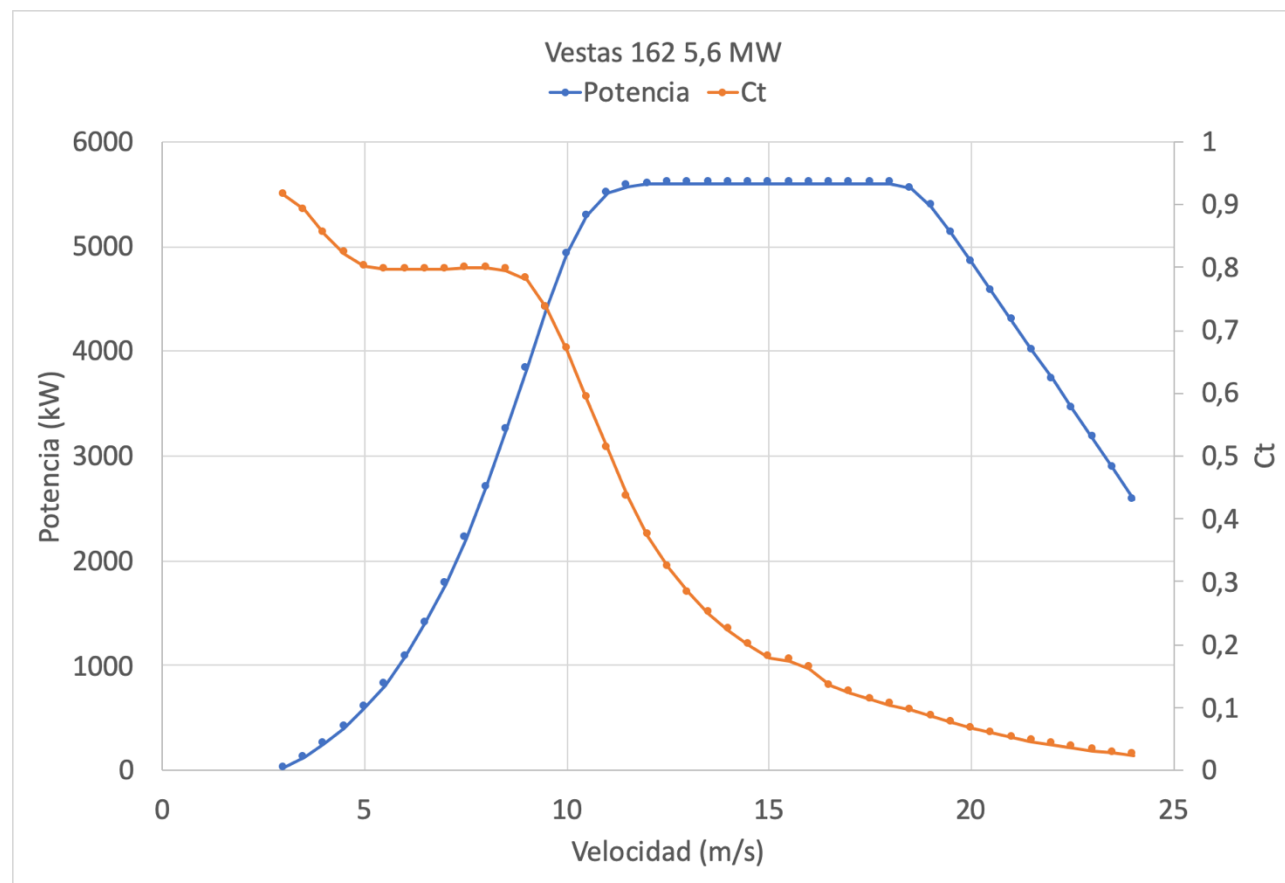


Aerogenerador Siemens Gamesa SG170 6 MW		
Diámetro = 170 m		Altura de buje = 135 m
Densidad del aire = 1,16 kg/m ³		
Velocidad (m/s)	Potencia (kW)	Ct
3	80	0,914
3,5	155	0,859
4	289	0,841
4,5	467	0,83
5	684	0,821
5,5	942	0,816
6	1.250	0,814
6,5	1.612	0,813
7	2.034	0,813
7,5	2.517	0,811
8	3.060	0,804
8,5	3.646	0,787
9	4.239	0,753
9,5	4.783	0,701
10	5.230	0,635
10,5	5.551	0,562
11	5.756	0,49
11,5	5.876	0,425
12	5.940	0,368
12,5	5.972	0,321
13	5.987	0,282
13,5	5.994	0,249
14	5.997	0,221
14,5	5.999	0,198
15	5.999	0,178
15,5	6.000	0,161
16	6.000	0,146
16,5	6.000	0,134
17	6.000	0,123
17,5	6.000	0,113
18	6.000	0,105
18,5	6.000	0,098
19	6.000	0,092
19,5	6.000	0,086
20	6.000	0,081
20,5	6.000	0,069
21	6.000	0,063
21,5	6.000	0,058
22	6.000	0,054
22,5	6.000	0,05
23	6.000	0,046
23,5	6.000	0,042
24	6.000	0,039
24,5	6.000	0,037
25	6.000	0,034





Aerogenerador Vestas V162 5,6 MW		
Diámetro = 162 m Altura de buje = 125 m		
Densidad del aire = 1,16 kg/m ³		
Velocidad (m/s)	Potencia (kW)	Ct
3	18	0,915
3,5	120	0,891
4	251	0,853
4,5	408	0,822
5	593	0,801
5,5	816	0,797
6	1086	0,797
6,5	1405	0,797
7	1779	0,796
7,5	2208	0,799
8	2697	0,799
8,5	3245	0,795
9	3836	0,781
9,5	4414	0,734
10	4924	0,669
10,5	5285	0,591
11	5506	0,511
11,5	5573	0,435
12	5594	0,373
12,5	5599	0,323
13	5600	0,283
13,5	5600	0,25
14	5600	0,223
14,5	5600	0,199
15	5600	0,179
15,5	5600	0,174
16	5600	0,162
16,5	5600	0,134
17	5600	0,123
17,5	5600	0,113
18	5598	0,104
18,5	5551	0,096
19	5381	0,086
19,5	5129	0,076
20	4846	0,067
20,5	4566	0,059
21	4288	0,052
21,5	4004	0,046
22	3729	0,041
22,5	3451	0,036
23	3170	0,032
23,5	2885	0,028
24	2585	0,024



5. Localización de los aerogeneradores

El parque eólico de Comillas Emprende está compuesto por 6 aerogeneradores de 5,3 MW de potencia unitaria con una altura de buje de 150 metros, por lo que la potencia total es de 31,8 MW. No obstante, el estudio incluye otras alternativas, pero siempre con la posición de los aerogeneradores constantes y variando la potencia total del parque, puesto que la potencia unitaria es diferente en cada caso.

Se han considerado las siguientes coordenadas (ETRS89):

Parque Eólico Comillas Emprende		
Localización de los aerogeneradores		
Aerogenerador	X _{UTM}	Y _{UTM}
1	573300	4770952
2	573653	4770660
3	574025	4770397
4	574390	4770137
5	573929	4771964
6	574278	4771612

Tabla 2: Localización de los aerogeneradores

6. Resultado de la serie de datos de viento

A continuación, se muestran los resultados estadísticos del viento (realizado con el programa *Windographer*), tras un análisis de los datos de partido con el fin de caracterizar el potencial eólico en el emplazamiento:

- Período de datos
- Nº de observaciones del período
- Velocidad media
- Velocidad máxima
- Parámetros de Weibull
- Densidad de potencia media
- Distribución direccional de velocidad, frecuencia y energía

Los resultados que se muestran han sido recogidos durante un período de 10 años, en concreto, desde el 1 de enero de 2010 hasta el 11 de febrero de 2020. La frecuencia

con la que se medían las variables en cuestión ha sido de una hora entre observación y observación, arrojando un total de 88.632 observaciones. A continuación, se muestra el análisis estadístico descriptivo en función de la altura de buje:

Parque Eólico Comillas Emprende			
Análisis estadístico descriptivo datos de partida			
Altura (m)	150	125	100
Velocidad media (m/s)	8,747	8,465	7,809
Velocidad máxima	28,000	27,096	24,995
Weibull k	2,157	2,156	2,157
Weibull c (m/s)	9,872	9,552	8,812
Densidad de potencia media (W/m ²)	722	654	513
Contenido energético medio (kWh/m ² /año)	6.323	5.731	4.498
Hora de máxima velocidad de viento	3	3	3

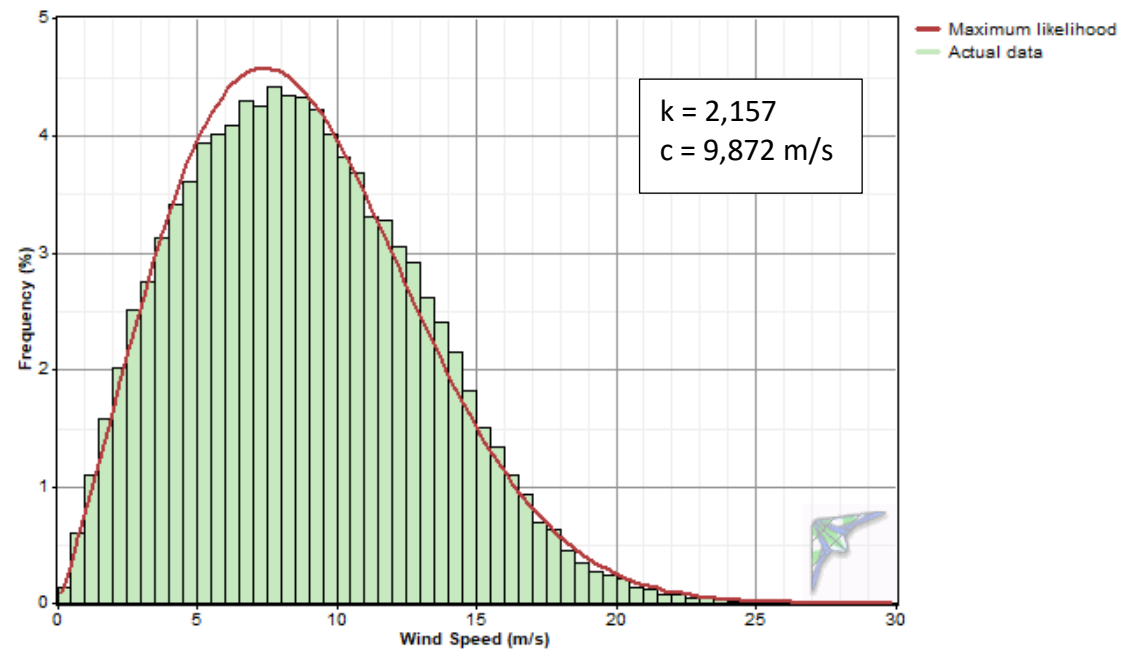
Tabla 3: Resultados característicos del potencial eólico

En las siguientes páginas se mostrarán las siguientes figuras:

- La función de distribución de probabilidad de Weibull, además del número de datos por intervalo de velocidad en m/s:
- Rosas de viento
- Variación horaria y mensual del viento

Función de distribución de probabilidad de Weibull

Intervalo		Datos registrados	Frecuencia (%)
De	A		
0	1	652	0,736
1	2	2370	2,674
2	3	4005	4,519
3	4	5209	5,877
4	5	6225	7,023
5	6	7047	7,951
6	7	7420	8,372
7	8	7679	8,664
8	9	7675	8,659
9	10	7285	8,219
10	11	6636	7,487
11	12	5829	6,577
12	13	5278	5,955
13	14	4454	5,025
14	15	3503	3,952
15	16	2510	2,832
16	17	1787	2,016
17	18	1175	1,326
18	19	710	0,801
19	20	457	0,516
20	21	311	0,351
21	22	179	0,202
22	23	110	0,124
23	24	60	0,068
24	25	30	0,034
25	26	17	0,019
26	27	10	0,011
27	28	8	0,009
28	29	1	0,001
29	30	0	0
Total		88632	100



Las siguientes rosas de viento describen la frecuencia con la que la variable en cuestión tiende a aparecer en función de la dirección del viento:

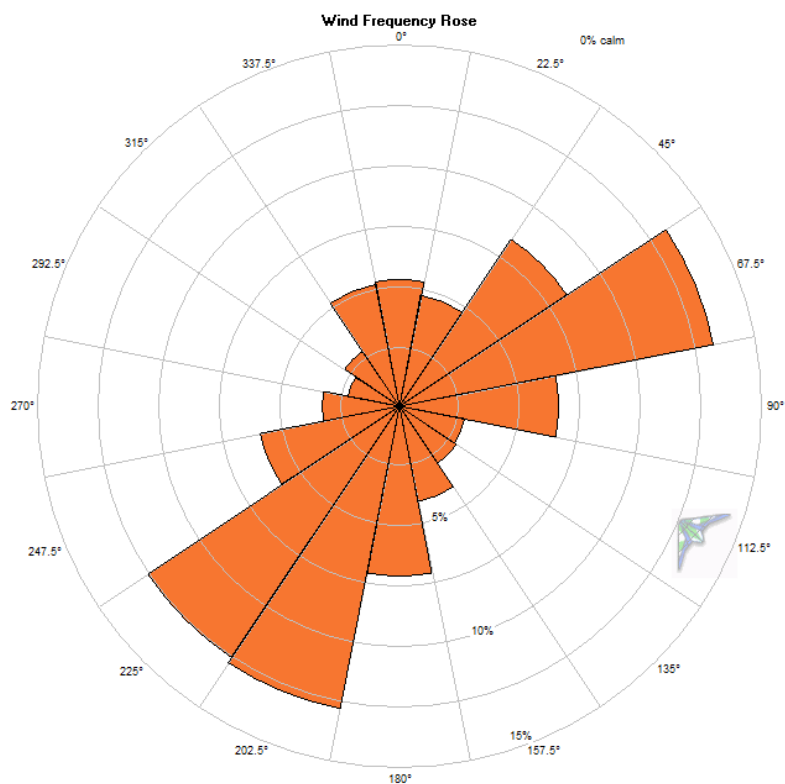


Figura 5: Rosa de viento de frecuencias a una altura de 150 m

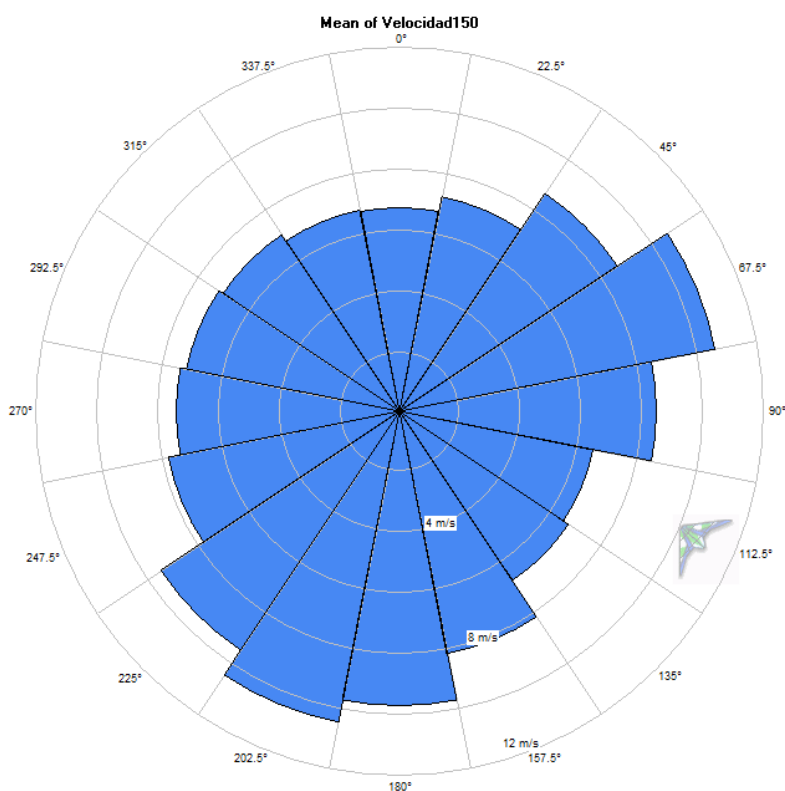


Figura 6: Rosa de viento de velocidades a una altura de 150 metros

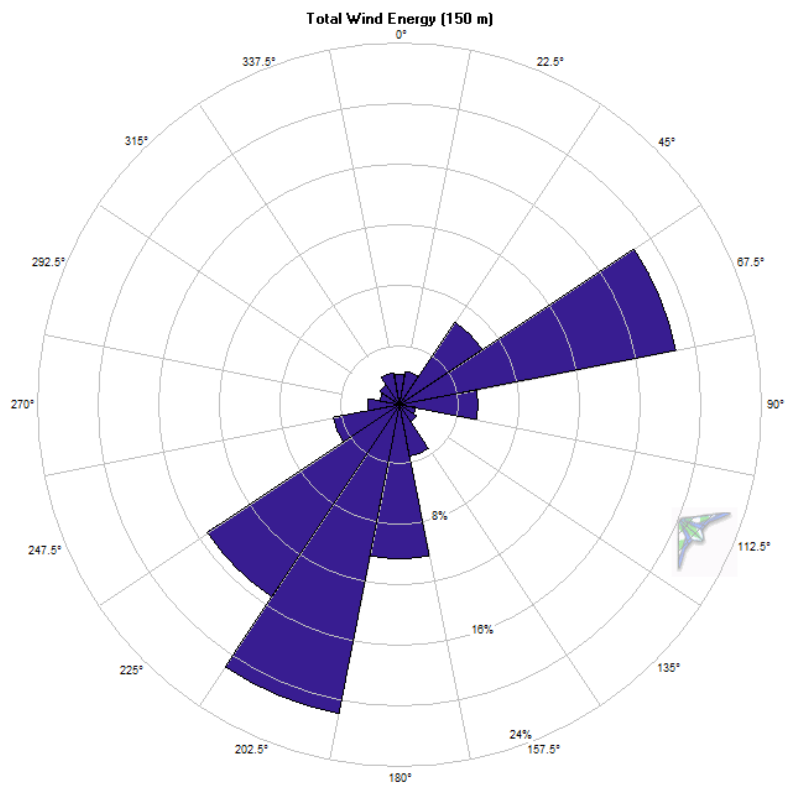


Figura 7: Rosa de viento de energías a una altura de 150 m

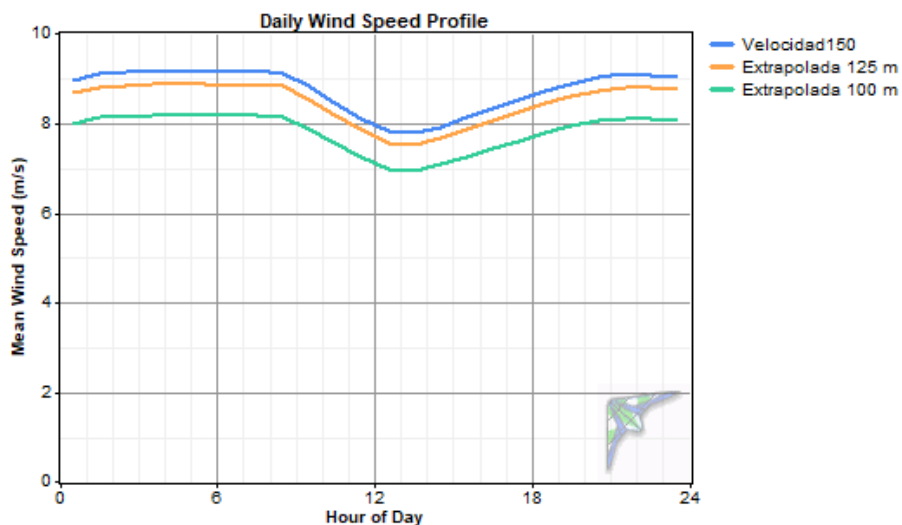


Figura 8: Variación diaria del viento

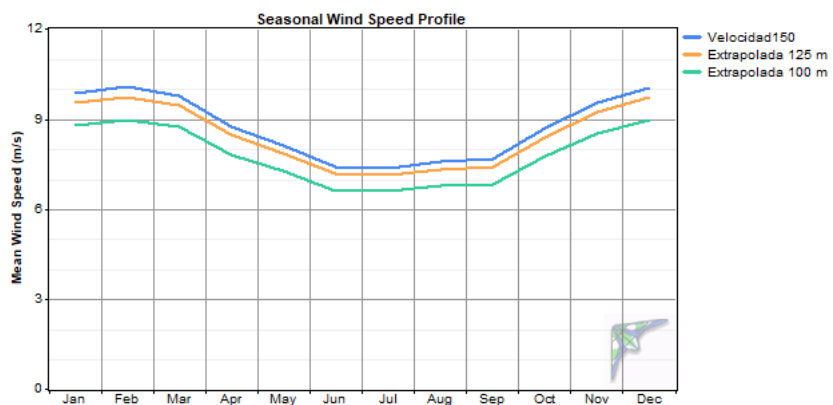


Figura 9: Variación mensual del viento

7. Conclusiones del análisis de datos

A la vista de los resultados, todo indica que el emplazamiento tiene un potencial eólico altísimo. Asimismo, hay una diferencia considerable entre distintos sectores de donde proviene el viento, ya que el sector 67,5° tiene, claramente, mejores características para la generación de energía.

Por último, el emplazamiento tiene considerables diferencias entre las velocidades, a medida que se va elevando la altura de buje. Quizás la diferencia de velocidades entre los 100 y 125 m sea bastante significativa. No obstante, entre las alturas 125 y 150 m, no existe tanta diferencia como antes, esto se debe al incremento de la velocidad siguiendo una escala logarítmica (véase la tabla 8, para una mejor visibilidad).

8. Simulación del campo de vientos

Con el objeto de evaluar el efecto de la orografía y la rugosidad superficial local sobre el comportamiento del viento en la zona del parque eólico, se ha realizado una simulación del campo de viento mediante el modelo WASP.

El modelo utilizado WASP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) a partir de una serie de datos de entrada como son la serie temporal de viento, la topografía, la rugosidad y los posibles obstáculos, obtiene la velocidad geostrófica, velocidad del viento sin perturbar en la atmósfera libre, para finalmente calcular la velocidad del viento en una coordenada determinada sin más que asumir la igualdad de velocidades geostróficas (hipótesis razonable pues las velocidades geostróficas varían con grandes distancias) y aplicar los modelos de orografía, rugosidad y obstáculos previamente definidos por sus parámetros de entrada.

Se han tomado como datos de entrada al modelo de simulación WASP los siguientes:

- Serie Temporal de velocidades medias diarias correspondiente a la empresa Vortex con un total de **88.632 observaciones** promediadas en intervalos de tiempo de 60 minutos, desde 01/01/2010 a 11/02/2020.
- Topografía digitalizada a escala 1:5.000 con un total de 423.456 puntos digitalizados en conformidad con el apartado 4.2.

La simulación del campo de vientos se ha realizado con una resolución de 50 y comprende la extensión territorial siguiente:

- X_{\min} : 572.350 X_{\max} : 575.500
- Y_{\min} : 4.769.000 Y_{\max} : 4.773.500

A continuación, se adjuntan las representaciones topográficas del modelo y el mapa de isoventas a la altura de buje de 150 metros para la alternativa GE158 de 5,3 MW como representativo. En ellos puede observarse que, de forma general, las zonas de mayor potencial eólico corresponden con las de mayor altitud.

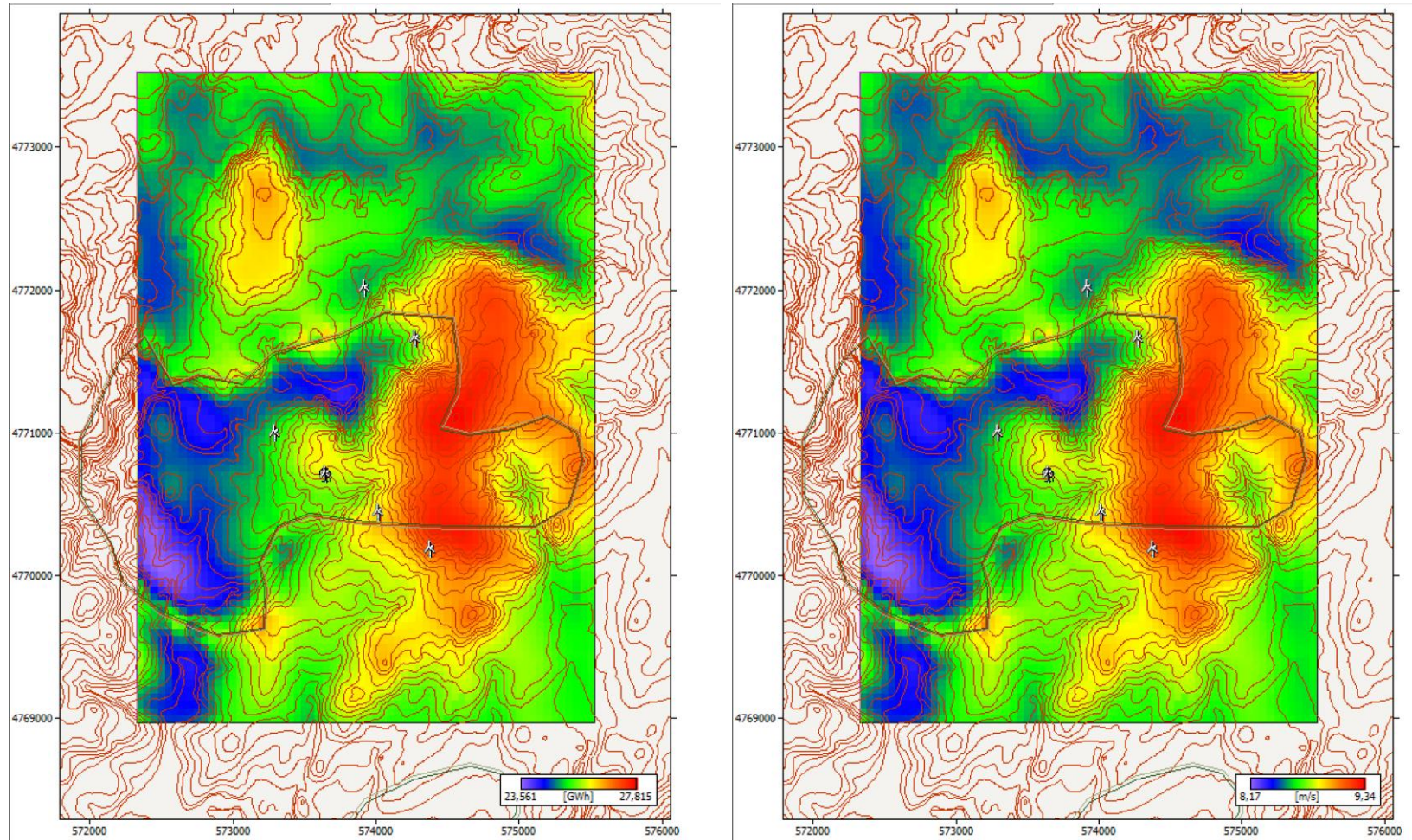


Figura 10: Simulación del campo medio de Energía neta producida y velocidad del viento

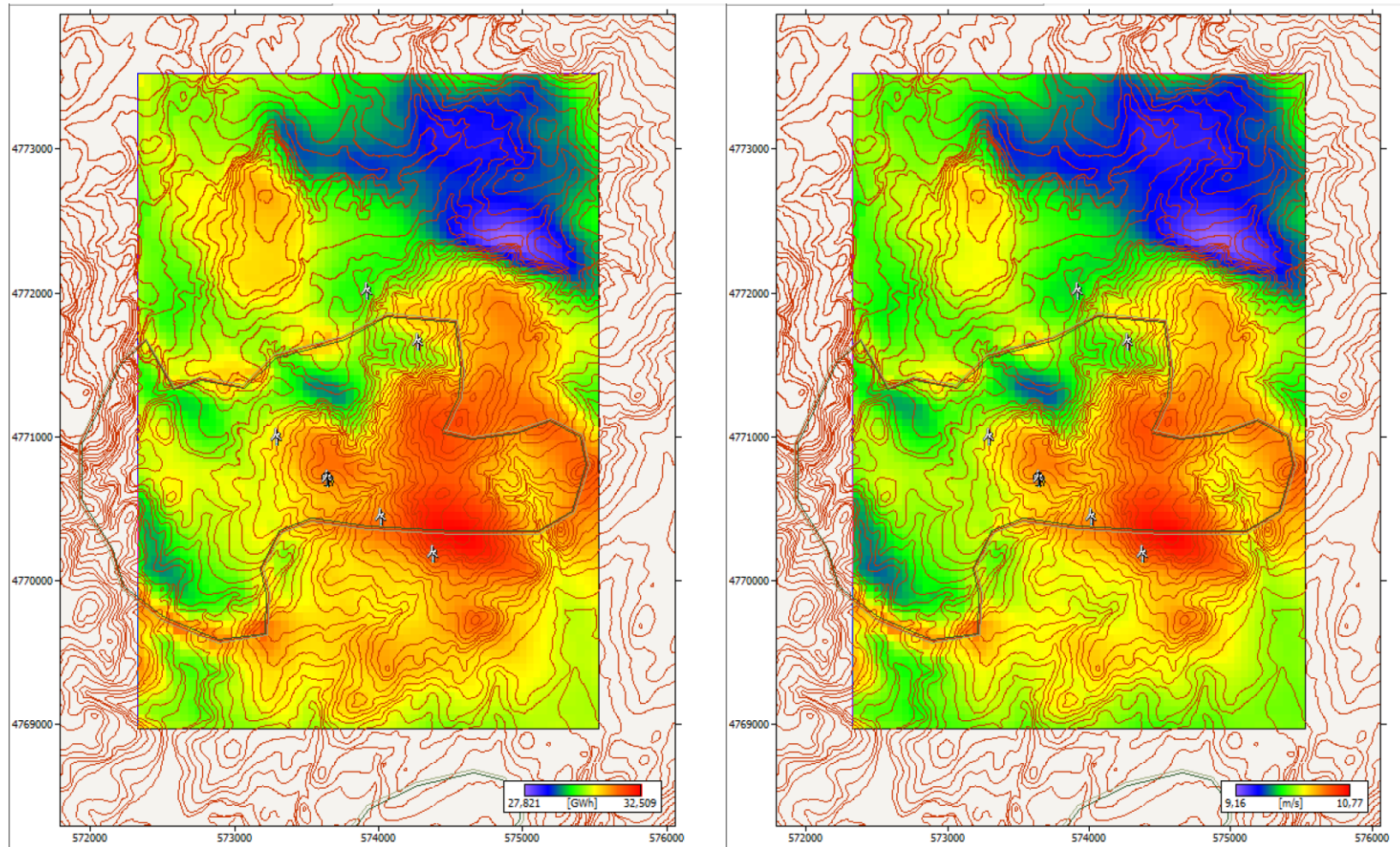


Figura 11: Simulación del campo medio de Energía neta producida y velocidad del viento en el sector más favorable (67,5 °)

Cabe destacar que las últimas dos figuras han simulado el sector más favorable del viento por donde provendría la mayor cantidad de energía y las mayores velocidades a la altura de buje. Lo que permite deducir que el parque tendrá que estar sobredimensionado en más de un 10%, dicha variación se aprecia entre los campos medios simulados y los campos simulados en el sector más favorable.

9. Emplazamiento de detalle de aerogeneradores

9.1. Evaluación de la energía media anual producida

La estimación de la energía media anual producida se ha hecho a través del programa *Wasp*, a partir de los siguientes datos y teniendo una serie de hipótesis sobre estos datos:

- Campo de viento de cada aerogenerador: distribución de las frecuencias de los sectores de donde proviene el viento y los parámetros de Weibull.
- Productividad de los aerogeneradores del 100 %.
- Pérdidas de producción por efecto estela (modelo PARK del programa *Wasp* 10.0).
- Curvas de potencia y coeficientes de empuje de cada turbina, adaptados a la densidad del emplazamiento de $1,16 \text{ kg/m}^3$:
 - o Opción 1: GENERAL ELECTRIC GE158 de 5,3 MW.
 - o Opción 2: VESTAS V162 de 5,6 MW.
 - o Opción 3: SIEMENS GAMESA SG170 de 6 MW.
- Ajuste del modelo del programa *Wasp*, ya que simulaba con una velocidad superior a la real medida por la empresa Vortex.

A continuación, se muestra la producción anual media bruta del emplazamiento, para cada una de las opciones mencionadas, haciendo referencia a los siguientes términos:

- Producción libre: producción bruta por aerogenerador considerándolo aislado.
- Producción bruta: producción bruta por aerogenerador considerándolo parte de un parque eólico y, por consiguiente, teniendo en cuenta pérdidas por estela, es decir, variaciones del campo de viento que generan turbulencia y menor rendimiento del aerogenerador.
- Horas equivalentes: tiempo necesario para generar la potencia nominal con una productividad del 100 % a plena carga.

9.2. General Electric, GE158 de 5,3 MW: altura de buje 150 metros

Parque eólico Comillas Emprende					
Energía media anual GE-158					
Nº Aerogenerador	XUTM	YUTM	Producción libre (GWh/año)	Producción bruta (GWh/año)	Pérd. Estela (%)
1	573300	4770952	25,31	24,58	2,87
2	573653	4770660	25,78	24,97	3,16
3	574025	4770397	26,38	25,64	2,82
4	574390	4770137	26,89	26,44	1,67
5	573929	4771964	25,03	24,29	2,98
6	574278	4771612	25,6	24,68	3,57
TOTAL			154,99	150,59	2,85

Tabla 4: Energía media anual GE158

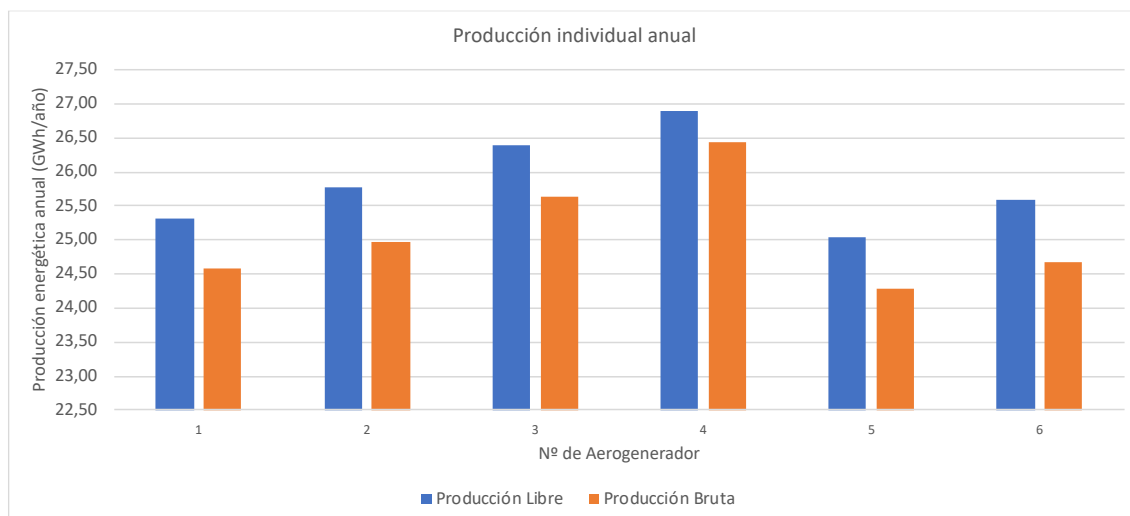


Figura 12: Producción individual por aerogenerador anual

9.3. Vestas, V162 de 5,6 MW: altura de buje 125 metros

Parque eólico Comillas Emprende					
Energía media anual V-162					
Nº Aerogenerador	XUTM	YUTM	Producción libre (GWh/año)	Producción bruta (GWh/año)	Pérd. Estela (%)
1	573.300	4.770.952	25,82	24,91	3,54
2	573.653	4.770.660	26,35	25,36	3,77
3	574.025	4.770.397	27,05	26,14	3,38
4	574.390	4.770.137	27,59	27,05	1,94
5	573.929	4.771.964	25,27	24,31	3,81
6	574.278	4.771.612	25,98	24,81	4,52
TOTAL			158,07	152,57	3,49

Tabla 5: Energía media anual V162

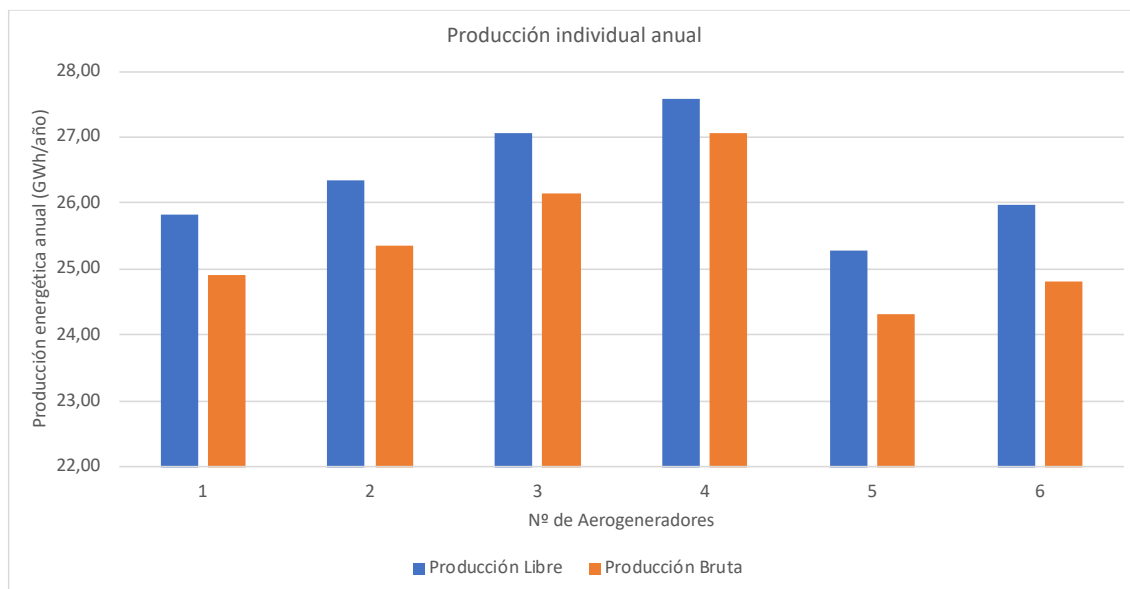


Figura 13: Producción individual por aerogenerador anual

9.4. Siemens Gamesa, SG170 de 6 MW altura de buje 100 metros

Parque eólico Comillas Emprende					
Energía media anual SG-170					
Nº Aerogenerador	XUTM	YUTM	Producción libre (GWh/año)	Producción bruta (GWh/año)	Pérd. Estela (%)
1	573.300	4.770.952	24,79	23,74	4,24
2	573.653	4.770.660	25,4	24,3	4,3
3	574.025	4.770.397	26,27	25,25	3,88
4	574.390	4.770.137	26,95	26,37	2,18
5	573.929	4.771.964	23,66	22,52	4,81
6	574.278	4.771.612	24,72	23,34	5,59
TOTAL			151,79	145,52	4,17

Tabla 6: Energía media anual SG170

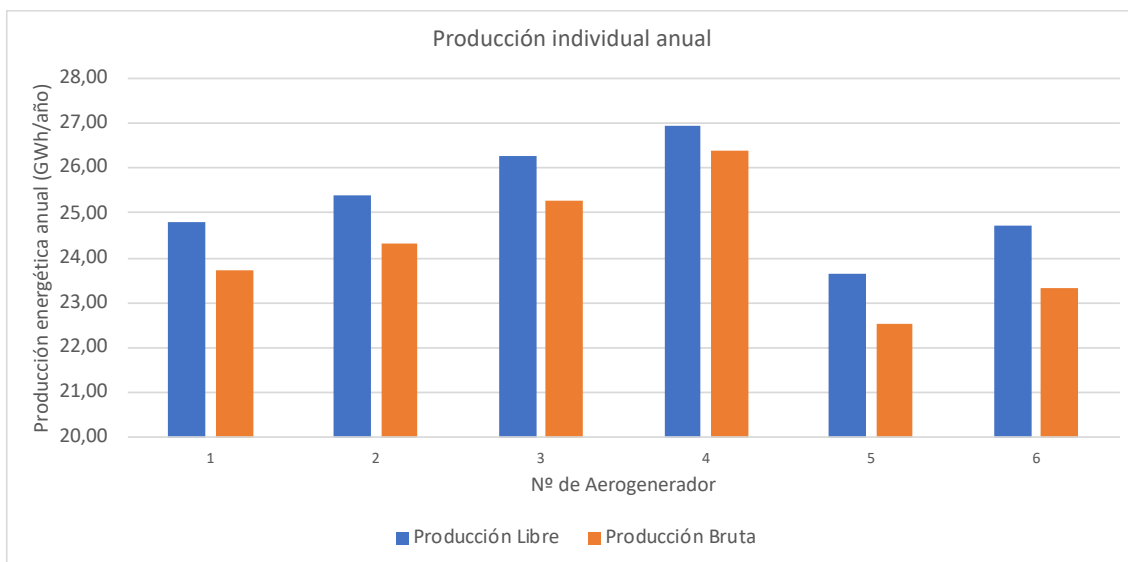


Figura 14: Producción individual por aerogenerador anual

10. Estimación de la energía media vertida a la red anualmente

La evaluación energética media anual se ha realizado bajo la hipótesis de productividad del 100 %. Para la estimación de la energía que se vierte a la red se ha tenido en cuenta una serie de pérdidas:

- Pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas: 3 %.
- Indisponibilidad de los aerogeneradores y/o instalaciones eléctricas: 2 %.
- Otras pérdidas como histéresis, contaminación atmosférica, curva de potencia, etc.: 5 %.

$$\textit{Producción Neta} = (1 - 0,03 - 0,02 - 0,05) \times \textit{Producción Bruta}$$

$$\rightarrow \textit{Producción Neta} = 0,9 \times \textit{Producción Bruta}$$

Por lo tanto, con las condiciones anteriores, se presenta una tabla con la comparativa de energía vertida a la red en función de la altura de buje y la tecnología:

Parque eólico Comillas Emprende								
Comparativa de la producción según la tecnología								
Modelo	HH (m)	Potencia nominal (kW)	Potencia instalada (MW)	Producción libre (GWh/año)	Producción bruta (GWh/año)	Producción neta (GWh/año)	Horas equivalentes	Factor de capacidad (%)
GE158	150	5,3	31,8	154,99	150,59	135,53	4262	48,65
V162	125	5,6	33,6	158,07	152,57	137,31	4087	46,65
SG170	100	6	36	151,79	145,52	130,97	3638	41,53

Tabla 7: Comparativa de producción de cada tecnología en el emplazamiento

11. Conclusiones

La elección de la turbina estará sujeta, en gran parte, a la orografía de la zona. La altura de buje deberá ser significativamente alta, por lo que el modelo de SG-170 se quedaría un poco justo, pero con el diámetro del aerogenerador, se consigue contrarrestar los efectos de la disminución del potencial eólico.

El modelo V-162 se caracteriza por ser la que más vertería a la red, aún teniendo una altura de buje menor que el modelo de General Electric, esto se logra gracias al aumento de potencia unitaria y del diámetro. Quizás, mejoras considerables que no se ven reflejadas en el aumento de la energía vertida a la red.

Por último, el modelo GE-158 cumple con los requisitos de altura mínima, con más margen que el modelo de V-162. Asimismo, la potencia unitaria y el diámetro es menor, por lo que el coste de los aerogeneradores será menor.

Para concluir, el modelo que finalmente se implantará en el Parque Eólico Comillas Emprende será el aerogenerador de General Electric GE-158, de 5300 kW de potencia unitaria, ya que la reducción de cantidad de energía vertida a la red frente al modelo V-162, se ve compensada con el coste de inversión de los aerogeneradores y los costes de operaciones y mantenimiento.

ANEXO III: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA

ÍNDICE

1. Análisis económico y financiero	3
1.1. Datos de partida.....	3
1.1.1. Producción.....	3
1.1.2. Vida útil.....	3
1.1.3. Precio de venta.....	3
1.1.4. Gastos de explotación.....	4
1.1.5. Hipótesis económicas	5
2. Volumen de inversión total a acometer	6
3. Cronograma previsto para la inversión.....	7
4. Ingresos esperados por la explotación del parque.....	8
5. Gastos operativos desglosados por categorías	9
6. Análisis de la rentabilidad del proyecto.....	10
7. Cuentas anuales previsionales	11
8. Análisis de sensibilidad	13
9. Conclusiones	15

1. Análisis económico y financiero

De acuerdo con la normativa de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), el presente documento muestra la viabilidad económica del proyecto “Parque Eólico Comillas Emprende”.

1.1. Datos de partida

Para la determinación de la viabilidad del proyecto se han tomado diferentes hipótesis que son necesarias, para el cálculo de los flujos de caja anuales y, por ello, la rentabilidad del proyecto. Las hipótesis se presentan a continuación:

1.1.1. Producción

Con las simulaciones lanzadas con el programa *Wasp*, se estima una producción neta total (energía vertida a la red) del Parque Eólico Comillas Emprende de 135,53 GWh/año. Esta estimación corresponde con, aproximadamente, un funcionamiento de 4262 horas equivalentes a potencia nominal (31,8 MW), con un factor de capacidad del 48,65%.

1.1.2. Vida útil

Se considerará una vida útil de 20 años, empezando a funcionar en 2022. Durante todos los años, excepto el primero, se considerará que el parque funcionará un total de 4262 horas equivalentes a potencia nominal.

1.1.3. Precio de venta

La legislación actual no establece ningún tipo de prima a la generación eólica, por lo que todos los futuros ingresos que pueda tener el parque eólico vendrán directamente de la venta de la energía eléctrica. El precio de venta del MWh varía diariamente, siendo necesario establecer un precio diario para la obtención de los ingresos del parque eólico. En la tabla adjunta se presentan los precios medios que se han considerado para cada uno de los años de funcionamiento del parque eólico. Estos precios están en consonancia con los valores actuales del mercado intradiario de energía eléctrica español.

Año	Precio (c€/kWh)	Año	Precio (c€/kWh)
2022	4,20	2033	4,69
2023	4,24	2034	4,73
2024	4,28	2035	4,78
2025	4,33	2036	4,83
2026	4,37	2037	4,88
2027	4,41	2038	4,92
2028	4,46	2039	4,97
2029	4,50	2040	5,02
2030	4,55	2041	5,07
2031	4,59	2042	5,12
2032	4,64		

Tabla 1: Valor medio del precio de venta de la energía

1.1.4. Gastos de explotación

Los gastos de explotación se pueden ver en el apartado 5 de este documento. Para este parque en concreto, se han estimado los siguientes costes:

Parque Eólico Comillas Emprende		
Costes Gastos de Explotación		
	c€/kWh	K€/año
Op. & Mant. Aerogeneradores	0,79	
Op. & Mant. Resto de Parque		46,20
Aceites + Repuestos		0
Terrenos		0
Administración		11,40
Personal		18,00
Seguros		29,00
Impuestos		54,40
Otros Gastos de explotación		23,20

Tabla 2: Costes de los Gastos de explotación

La actualización de los precios anuales seguirá la evolución del IPC anual (estimado en 1,5%)

1.1.5. Hipótesis económicas

Se han considerado las siguientes hipótesis económicas:

Parque Eólico Comillas Emprende	
Hipótesis económicas	
Tasa de inflación general (%)	1,5
Tipo impositivo (%)	25
Tipo de iva (%)	21
Amortización de inmovilizado (años)	12
Tipo de colocación de tesorería	1,5
Tasa de descuento (%)	5, 10
Demora en los cobros de e. eléctrica a la red(meses)	1
Demora en los pagos de gastos variables (meses)	1

Tabla 3: Hipótesis económicas



2. Volumen de inversión total a acometer

El presupuesto de ejecución por contrata del parque eólico y la infraestructura de evacuación asociada asciende a la cantidad de:

TREINTA Y SEIS MILLONES CIENTO CINCUENTA Y OCHO MILTRESIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS (36.158.364,97 €)

· Obra Civil:	
- Parque Eólico	1.439.317,99
- Edificio de Control y Subestación Interperie	575.000,00
· Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
- Conductores y puesta a tierra	356.546,27
- Subestación 30 kV	124.996,12
- Cabinas de Media Tensión (MT)	86.778,00
- Subestación 220 kV	3.120.370,00
· Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
- Tendido de cables	60.000,00
- Subestación	215.000,00
· Infraestructura Eléctrica de Interconexión:	
- Aerogeneradores	22.500.000,00
· Ingeniería y Dirección de Obra	
- Ingeniería del Parque Eólico	80.000,00
- Dirección facultativa de la obra	55.000,00
· Varios	91.500,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	28.704.508,38
- 16 % Gastos Generales	4.592.721,34
- 3 % Beneficio Industrial	861.135,25
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	34.158.364,97
· GASTOS DE DESARROLLO	750.000,00
· INFRAESTRUCTURA INTERCONEXION ELECTRICA	1.250.000,00
TOTAL INVERSIÓN (i.i.i)	36.158.364,97

3. Cronograma previsto para la inversión

El cronograma previsto para la inversión será el siguiente:

CRONOGRAMA PREVISTO PARA LA INVERSIÓN (K€)

<u>MES DE CONSTRUCCIÓN</u>	<u>TOTAL</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>TOTAL</u>
AVANCE DE CONSTRUCCIÓN	100%	10,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
INVERSIÓN TOTAL	34.158	3.416	6.832	6.832	6.832	6.832	3.416	0	0	0	0	0	0	34.158
TOTAL ACUMULADO		3.416	10.248	17.079	23.911	30.743	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	
SUBVENCIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INVERSIÓN TOTAL		3.416	6.832	6.832	6.832	6.832	3.416	0	0	0	0	0	0	34.158
TOTAL ACUMULADO		3.416	10.248	17.079	23.911	30.743	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	34.158	
		10,0%	30,0%	50,0%	70,0%	90,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

4. Ingresos esperados por la explotación del parque

La estimación de ingresos se resume en la siguiente tabla, sabiendo que la única fuente de ingreso será la generada a través de la venta de la energía producida:

		INGRESOS PREVISTOS																				
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Producción de energía	GWh	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Precio de la electricidad	c€/kWh	4,20	4,24	4,28	4,33	4,37	4,41	4,46	4,50	4,55	4,59	4,64	4,69	4,73	4,78	4,83	4,88	4,92	4,97	5,02	5,07	5,12
Ingresos por venta de la electricidad	k€/año	5.692	5.749	5.807	5.865	5.923	5.983	6.043	6.103	6.164	6.226	6.288	6.351	6.414	6.478	6.543	6.609	6.675	6.741	6.809	6.877	6.946
Ingresos financieros	k€/año	0	16	29	40	50	60	70	107	177	246	317	389	462	536	589	641	694	747	800	855	0
Ingresos extraordinarios	k€/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Totales	k€/año	5.692	5.765	5.835	5.904	5.974	6.043	6.112	6.210	6.340	6.472	6.605	6.740	6.877	7.015	7.133	7.250	7.368	7.488	7.609	7.732	6.946

5. Gastos operativos desglosados por categorías

Los gastos operativos se muestran a continuación en forma de tabla, analizados por categorías y años:

		GASTOS OPERATIVOS																				
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Op. & Mant. Aerogeneradores	k€/año	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Op. & Mant. Resto De Parque	k€/año	48	49	50	51	51	52	53	54	54	55	56	57	58	59	60	60	61	62	63	64	0
Aceites + Repuestos	k€/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terrenos	k€/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Administración	k€/año	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	0
Personal	k€/año	19	19	19	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25
Seguros	k€/año	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	38	38	39	40	40	0
Impuestos	k€/año	57	58	59	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	0
Otros Gastos De Explotación	k€/año	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	32	32	0
Gastos de explotación totales	k€/año	192	194	197	200	203	206	209	213	216	219	222	226	229	232	236	240	243	247	250	254	25

6. Análisis de la rentabilidad del proyecto

La rentabilidad del proyecto se analizará desde los siguientes instrumentos financieros:

	TIR (%)	VAN (k€) (5,00%)	PRS(Años)
• Proyecto Antes de Impuestos:	14,81	37.695	6,58
• Proyecto Después de Impuestos:	11,22	21.055	7,83
• Accionista:	9,99	18.101	17,32

7. Cuentas anuales previsionales

A continuación, se muestran las siguientes cuentas anuales: balance y cuenta de pérdidas

BALANCE																						
k€	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
ACTIVO	44261	35248	33071	30804	28503	26166	23793	23278	24909	26569	28295	30089	31950	36889	40436	43912	47392	50925	54514	58162	61869	64938
A) ACTIVO NO CORRIENTE																						
I. Inmovilizado intangible																						
1. Desarrollo	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
II. Inmovilizado material																						
1. Terrenos y construcciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Instalaciones técnicas	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099	36099
282. Amortización acumulada de inmovilizado material	0	(3008)	(6017)	(9025)	(12033)	(15041)	(18050)	(21058)	(24066)	(27075)	(30083)	(33091)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)	(36099)
III. Inversiones inmobiliarias																						
IV. Inversiones en empresas del grupo y asociadas a largo plazo.																						
V. Inversiones financieras a largo plazo																						
VI. Activos por Impuesto diferido																						
B) ACTIVO CORRIENTE																						
I. Activos no corrientes mantenidos para la venta																						
II. Existencias																						
III. Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar																						
1. Clientes por ventas y prestaciones de servicios	0	474	479	484	489	494	499	504	509	514	519	524	529	535	540	545	551	556	562	567	573	579
2. Otros créditos con las Administraciones Públicas	7562	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV. Inversiones en empresas del grupo y asociadas a corto plazo.																						
V. Inversiones financieras a corto plazo																						
VI. Periodificaciones a corto plazo																						
VII. Efectivo y otros activos líquidos equivalentes																						
1. Tesorería	0	1082	1909	2645	3348	4015	4645	7133	11768	16430	21160	25956	30821	35755	39296	42767	46241	49768	53353	56995	60696	63759
PATRIMONIO NETO Y PASIVO	44261	35248	33071	30804	28503	26166	23793	23278	24909	26569	28295	30089	31950	36889	40436	43912	47392	50925	54514	58162	61869	64938
A) PATRIMONIO NETO																						
A-1) Fondos propios																						
I. Capital	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680	14680
II. Prima de emisión																						
III. Reservas																						
1. Legales y estatutarias	0	0	90	205	338	489	658	847	1055	1279	1512	1755	2008	2270	2768	2936	2936	2936	2936	2936	2936	2936
2. Otras reservas	0	0	526	1202	1979	2861	3852	4955	6174	7483	8847	10268	11745	13280	16194	19387	22746	26163	29637	33167	36754	40400
IV. Acciones y participaciones en patrimonio neto propias																						
V. Resultado de ejercicios anteriores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI. Otras aportaciones de socios																						
VII. Resultado del ejercicio	0	899	1155	1329	1508	1693	1885	2084	2237	2332	2428	2526	2624	4980	5081	5167	5258	5344	5431	5519	5608	5190
VIII. Dividendo a cuenta																						
IX. Otros instrumentos de patrimonio neto																						
A-2) Ajustes por cambios de valor																						
A-3) Subvenciones, donaciones y legados recibidos																						
B) PASIVO NO CORRIENTE																						
I. Provisiones a largo plazo																						
II. Deudas a largo plazo																						
2. Deudas con entidades de crédito	22020	19354	16219	12929	9478	5861	2072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III. Deudas con empresas del grupo y asociadas																						
IV. Pasivos por impuesto diferido																						
V. Periodificaciones a largo plazo																						
C) PASIVO CORRIENTE																						
I. Pasivos vinculados con activos no corrientes mantenidos para la venta																						
II. Provisiones a corto plazo																						
III. Deudas a corto plazo																						
IV. Deudas con empresas del grupo y asociadas a corto plazo																						
V. Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar																						
1. Proveedores	0	16	16	16	17	17	17	17	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	2
6. Otras deudas con las Administraciones Públicas	7562	300	385	443	503	564	628	695	746	777	809	842	875	1660	1694	1722	1753	1781	1810	1840	1869	1730
VI. Periodificaciones a corto plazo																						

CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

k€	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
1. Importe neto de la cifra de negocios	0	5692	5749	5807	5865	5923	5983	6043	6103	6164	6226	6288	6351	6414	6478	6543	6609	6675	6741	6809	6877	6946
2. Variación de existencias de productos terminados y en curso de fabricación																						
3. Trabajos realizados por la empresa para su activo																						
4. Aprovisionamientos																						
5. Otros ingresos de explotación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Gastos de personal	0	(19)	(19)	(19)	(20)	(20)	(20)	(21)	(21)	(21)	(22)	(22)	(22)	(23)	(23)	(23)	(24)	(24)	(24)	(25)	(25)	(25)
7. Otros gastos de explotación	0	(210)	(214)	(217)	(220)	(223)	(227)	(230)	(234)	(237)	(241)	(244)	(248)	(252)	(255)	(259)	(263)	(267)	(271)	(275)	(279)	(51)
8. Amortización del inmovilizado	0	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	(3008)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9. Imputación de subvenciones de inmovilizado no financiero y otras																						
10. Excesos de provisiones																						
11. Deterioro y resultado por enajenaciones del inmovilizado																						
A) RESULTADO DE EXPLOTACIÓN	0	2455	2508	2562	2617	2672	2727	2784	2840	2897	2955	3014	3072	6140	6200	6261	6322	6384	6446	6509	6573	6870
12. Ingresos financieros	0	0	16	29	40	50	60	70	107	177	246	317	389	462	536	589	641	694	747	800	855	0
13. Gastos financieros	0	(1294)	(1022)	(858)	(685)	(504)	(314)	(115)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)	0	0	0	0	0	0
14. Variación de valor razonable en instrumentos financieros																						
15. Diferencias de cambio																						
16. Deterioro y resultado por enajenaciones de instrumentos financieros																						
B) RESULTADO FINANCIERO	0	(1294)	(1006)	(829)	(645)	(454)	(254)	(46)	100	170	239	310	382	455	529	582	641	694	747	800	855	0
C) RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS	0	1160	1502	1733	1971	2218	2473	2738	2940	3067	3195	3324	3455	6595	6729	6843	6964	7077	7193	7309	7428	6870
17. Impuesto sobre beneficios	0	(300)	(385)	(443)	(503)	(564)	(628)	(695)	(746)	(777)	(809)	(842)	(875)	(1660)	(1694)	(1722)	(1753)	(1781)	(1810)	(1840)	(1869)	-1730
D) RESULTADO DEL EJERCICIO	0	899	1155	1329	1508	1693	1885	2084	2237	2332	2428	2526	2624	4980	5081	5167	5258	5344	5431	5519	5608	5190

8. Análisis de sensibilidad

A continuación, se realizará un estudio de la sensibilidad de la rentabilidad del proyecto, variando los factores más importantes del proyecto como son: inversión, horas de funcionamiento y precio de venta de la electricidad.

La inversión y el precio de venta se verán modificados en las siguientes cantidades: $\pm 5\%$ y $\pm 10\%$. Mientras que las horas de funcionamiento variarán en las siguientes cantidades: $\pm 100h$ y $\pm 200h$. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Inversión (miles euros)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
39609	10,08	9,09
37809	10,63	9,53
36008	11,22	9,99
34208	11,87	10,49
32408	12,57	11,02
Horas de Funcionamiento (h)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
4462	11,82	10,45
4362	11,52	10,22
4262	11,22	9,99
4162	10,92	9,76
4062	10,62	9,52
Precio de Venta a Red (c€/kW)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
4,62	12,48	10,95
4,41	11,86	10,48
4,20	11,22	9,99
3,99	10,58	9,49
3,78	9,91	8,96

Para mostrar de una manera más gráfica el análisis de sensibilidad de la rentabilidad, basándose en el TIR del proyecto y el TIR del accionista, se representarán diversas gráficas:



Análisis de Sensibilidad
TIR vs. Inversión

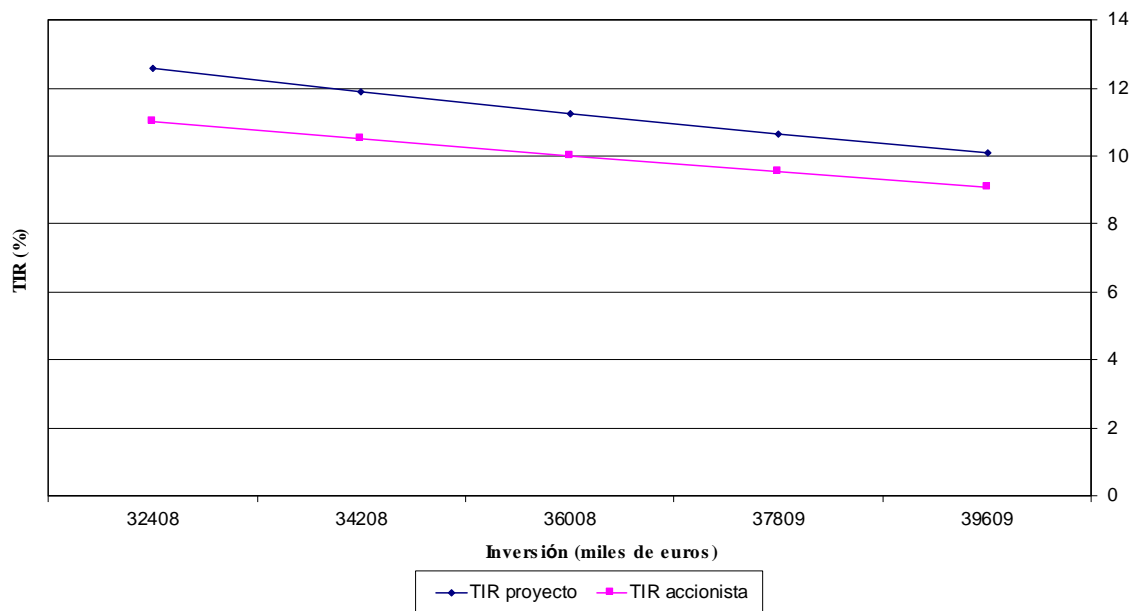


Figura 1: Análisis de sensibilidad TIR vs. Inversión.

Análisis de Sensibilidad
TIR vs. Horas de Funcionamiento

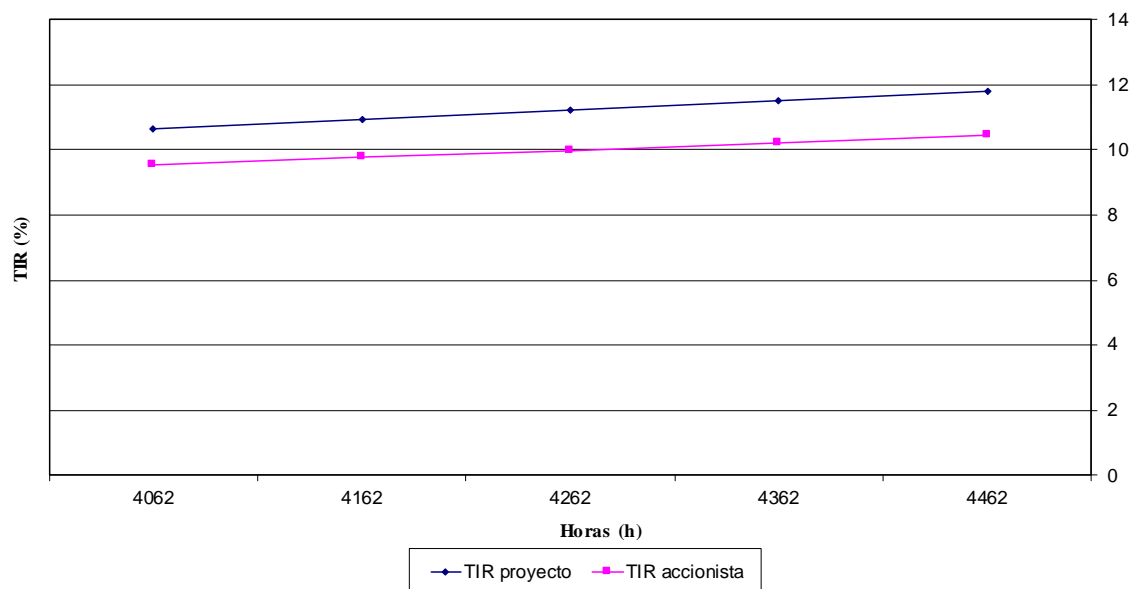


Figura 2: Análisis de sensibilidad TIR vs. Horas de funcionamiento.

**Análisis de Sensibilidad
TIR vs. Precio de Venta**

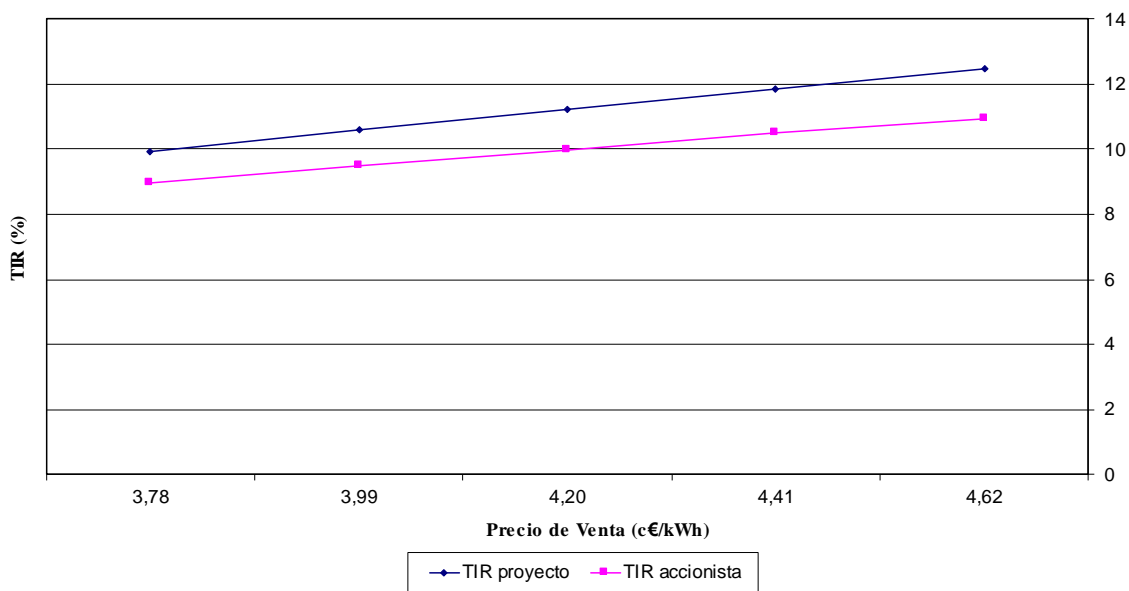


Figura 3: Análisis de sensibilidad TIR vs. Precio de venta.

9. Conclusiones

A la luz de los resultados arrojados en el apartado 7, así como las cuentas con resultados positivos en el apartado 8, se puede deducir que el Proyecto “Parque Eólico Comillas Emprende” es completamente rentable desde un punto de vista económico.

ANEXO IV: ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD

ÍNDICE

1. <i>Objeto</i>	3
2. <i>Concepto de Sostenibilidad</i>	3
3. <i>Objetivos de desarrollo Sostenible</i>	4
3.1. Objetivos Primarios	4
3.2. Objetivos Secundarios	5
4. <i>Conclusiones</i>	5

1. Objeto

El objetivo del presente documento es mostrar que el Proyecto, además de ser rentable económicamente, es rentable social y medioambientalmente, cualidades indispensables para catalogar a un proyecto como Sostenible.

2. Concepto de Sostenibilidad

El concepto actual de sostenibilidad se define por “la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social”.

La sostenibilidad es un concepto poco tangible, por lo que en el pasado no logró triunfar tanto como lo está haciendo hoy en día, quizás, porque las actividades que se realizan ahora, son completamente diferentes a las del pasado, o, mejor dicho, la forma de vivir y la manera de convivir ha dado un giro radical. La tecnología evoluciona a pasos agigantados, pero por desgracia, no puede continuar por los mismos caminos.

Con el fin de incorporar el concepto de sostenibilidad y poder así valorar si las acciones que se toman, proyectos que se realizan, comportamientos diarios o, simplemente, la vida que se lleva, la Organización de las Naciones Unidas sustituyó los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) dictados en el año 2000, por los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) confeccionados en el 2012. A continuación, se muestran los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible:



Ilustración 1: 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible

3. Objetivos de desarrollo Sostenible

A continuación, el estudio de sostenibilidad se centrará en analizar si el Proyecto es sostenible, a juicio de si se cumplen los ODS, por lo que se comentarán cuales de los 17 ODS se satisfacen y en que medida, catalogando a los objetivos cumplidos como primarios o secundarios.

3.1. Objetivos Primarios

Los objetivos primarios son los cuales están destinados a ser combatidos por el parque eólico de una manera más directa y eficaz. En este caso, se pretende actuar en sintonía con los siguientes objetivos primarios:

- Energía Asequible y No Contaminante (7).
- Industria, Innovación e Infraestructura (9).
- Producción y Consumo Responsables (12).
- Acción por el Clima (13).

La energía eólica se caracteriza por ser una energía “verde”, es decir, no contamina y no deja huella en el planeta a diferencia de otros tipos de energía. La materia prima de esta fuente de energía es el viento, presente en nuestras vidas, de manera continuada.

Los aerogeneradores están en constante evolución y gracias al avance de la tecnología, el ser humano es capaz de construir las góndolas a una altura mayor, captando el viento a más velocidad y menos turbulento, ayudando a la conservación del mismo. Además, el desarrollo de los materiales, que forman las partes de los aerogeneradores, sigue mejorando, para mejorar las cualidades técnicas de ellos, permitiéndoles aprovechar más el potencial eólico.

El proceso de producción de energía eléctrica, en parques eólicos, cumple con las condiciones de ser un proceso responsable y comprometido con la sociedad y con el futuro. Al tratar el viento como fuente de energía inagotable, no se compromete a las generaciones futuras de satisfacer las necesidades energéticas con la misma fuente, por lo que es un proyecto responsable con las generaciones venideras.

Por último, el Parque Eólico Comillas Emprende surge con el principal objetivo de acabar con las emisiones de las centrales convencionales e intentar construir un mundo más verde y limpio. Con el paso del tiempo, la energía eólica se está consolidando en España y, cada vez más, se ve a este tipo de proyectos, junto con otras energías renovables, los más idóneos para acabar con emisión de gases, principalmente el CO₂, responsable del efecto invernadero.

3.2. Objetivos Secundarios

Los objetivos secundarios se caracterizan por estar presentes en los proyectos, debido a la acción indirecta del mismo, o porque las acciones que se realizan no van enfocadas a cumplirlos con gran fuerza o con todos los recursos posibles. En el caso del Parque Eólico Comillas Emprende, los objetivos secundarios serán:

- Agua Limpia y Saneamiento (6).
- Trabajo decente y Crecimiento Económico (8).

Las centrales convencionales suelen requerir de altas temperaturas en algún punto del proceso de generación de energía. Para controlar dichas temperaturas y recuperar temperaturas estables durante los procesos, se requieren grandes cantidades de agua que, generalmente, provienen de ríos y embalses próximos a las centrales. Este proceso puede llegar a ser dañino para los ecosistemas de esos ríos y embalses, ya que el agua se devuelve a su lugar original con una mayor temperatura, resultando muy negativo para la vida de alrededor. Los parques eólicos no necesitan ningún tipo de agua para su funcionamiento, por ello, la transición de centrales convencionales a parques eólicos combatirá este tipo de acciones negativas.

El proyecto de construcción de un parque eólico crea muchos empleos de calidad, incluso durante la vida del parque eólico, se necesita personal para las operaciones y mantenimiento del parque. Además, enriquece a las poblaciones de alrededor, ya que, para reducir los costes de transporte y logística, se suele acudir a empresas y negocios de la zona.

4. Conclusiones

Tras los datos aportados durante el estudio, se puede concluir que el Proyecto es sostenible. El apoyo a este tipo de energía es muy positivo para la sociedad en términos económicos, sociales y medioambientales. Además, los parques eólicos son y serán grandes armas contra la lucha del cambio climático, por lo que se deberá fomentar la construcción de los mismos y seguir innovando en la tecnología que forma parte de los parques, en especial, las turbinas y los generadores eléctricos, para que en un futuro pueda llegar a ser la principal energía del mix energético, teniendo un peso dentro del mix de más de 60 %.