



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE
EÓLICO DE POZO DEL CONDE EN LEZUZA
(ALBACETE)**

Autor: Elena Villalba Catalán

Director: Consolación Alonso Alonso

Madrid, a 7 de Junio 2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
**PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE POZO DEL CONDE EN
LEZUZA (ALBACETE)** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia
Comillas en el

curso académico 2020/21 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.: Elena Villalba Catalán

Fecha: 07 / 06/ 2021

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Consolación Alonso Alonso Fecha: 07/ 06/ 2021

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Elena Villalba Catalán

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE POZO DEL CONDE EN LEZUZA (ALBACETE), que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 7 de Junio de 2021

ACEPTA

Fdo: Elena Villalba Catalán

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE POZO DEL CONDE EN LEZUZA (ALBACETE)

Autor: Elena Villalba Catalán

Director: Consolación Alonso Alonso

Madrid, a 7 de Junio 2021

Agradecimientos

Este proyecto va dedicado a mi familia por todo el apoyo incondicional que me han dado durante los años de carrera.

A Félix Mariano Alonso Sanz por haber sido un pilar muy importante para mí durante la carrera.

Por último me gustaría agradecerle a mi directora Consolación Alonso Alonso por su ayuda y dedicación en este trabajo, y a la empresa VORTEX por proporcionarme los datos para poder realizar el proyecto.

PARQUE EÓLICO

Autor: Villalba Catalán , Elena.

Director: Alonso Alonso, Consolación.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Objeto:

Este proyecto evalúa la caracterización del recurso eólico en la localidad de Lezuza, Albacete, para poder construir en él un parque eólico. Para ello se han utilizado los conocimientos técnicos obtenidos durante el Grado en Ingeniería Industrial.

El proyecto se describe como un “Proyecto de ingeniería clásico”, formado por los documentos de la Memoria, Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y los anexos de Localización del Emplazamiento, Estudio de Recurso Eólico, Cálculos, Estudio de Viabilidad Económica y Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

2. Metodología:

En primer lugar, se realiza un estudio sobre la localización óptima del emplazamiento en función de los requisitos mínimos que debe cumplir para que se pueda edificar en él. El estudio se expone en el Anexo I.

Seguidamente se realiza un estudio del recurso eólico de la zona para comprobar que es un área óptima. El estudio parte de datos de series temporales de viento de diez años, (los cuales han sido proporcionados por la empresa VORTEX S.L.) mediante la simulación de una estación anemométrica virtual.

La siguiente imagen representa un resumen gráfico del análisis del recurso eólico con el programa Windographer

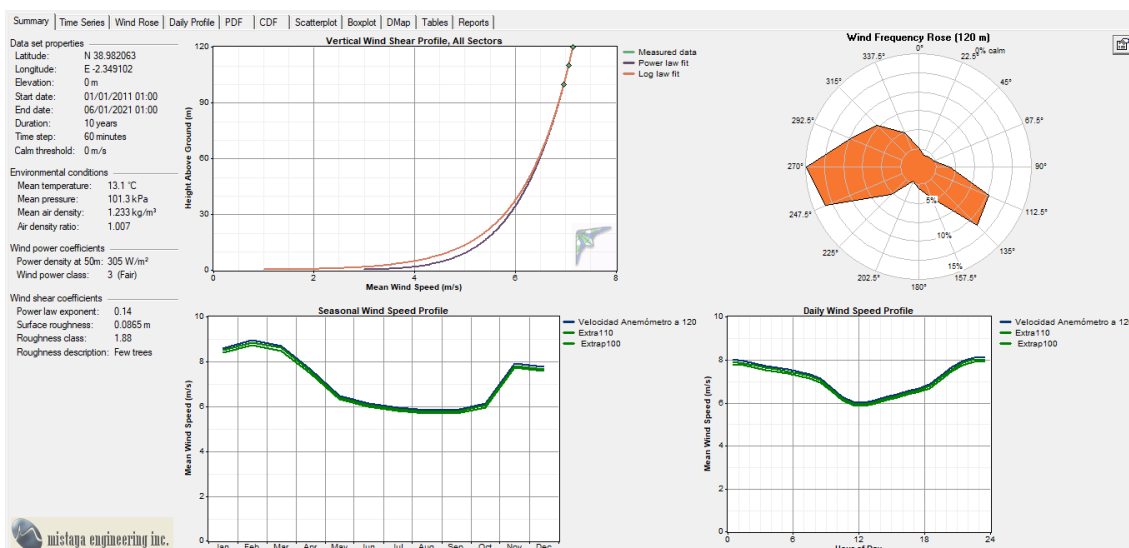


Figura 1: Simulación estación anemométrica virtual. -Fuente: Windographer

Posteriormente se realiza una simulación del campo de vientos mediante el programa WAsP con la inclusión de modelos de orografía y rugosidad del suelo.

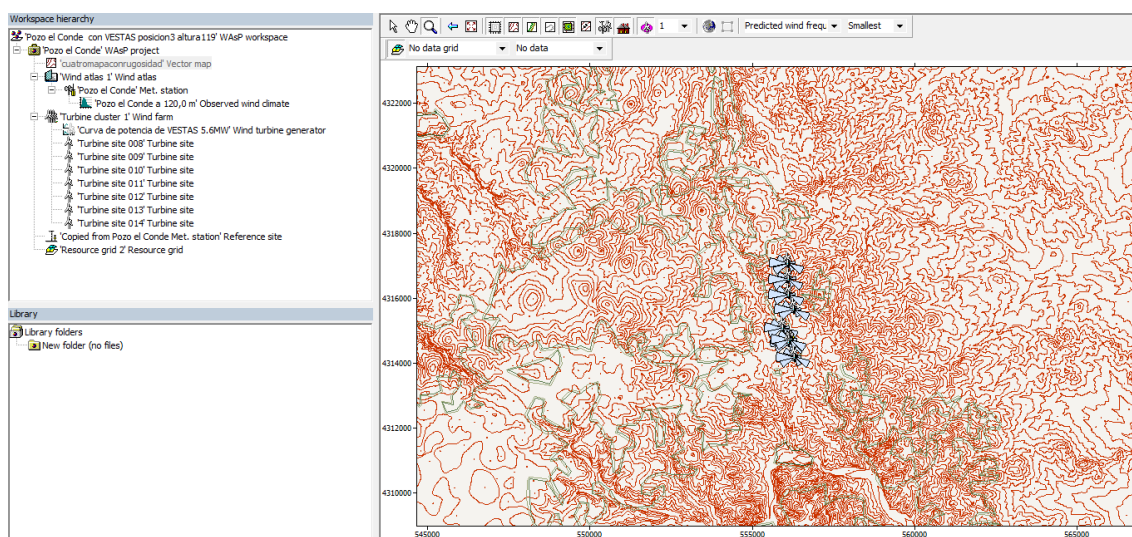


Figura 2: Imagen visual de la representación del mapa de orografía y rugosidad con los aerogeneradores. -Fuente: WAsP

En función de estas simulaciones se estima el potencial eólico y la producción de energía media anual que será vertida a la red. Además, con la ayuda de las simulaciones se puede evaluar qué fabricante de aerogeneradores se elegirá de acorde con la zona seleccionada para el parque, y la posición óptima de cada aerogenerador para obtener la mayor producción de energía posible. Ambos estudios se reflejan en el Anexo II.

La siguiente imagen representa el Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento con el programa WAsP.

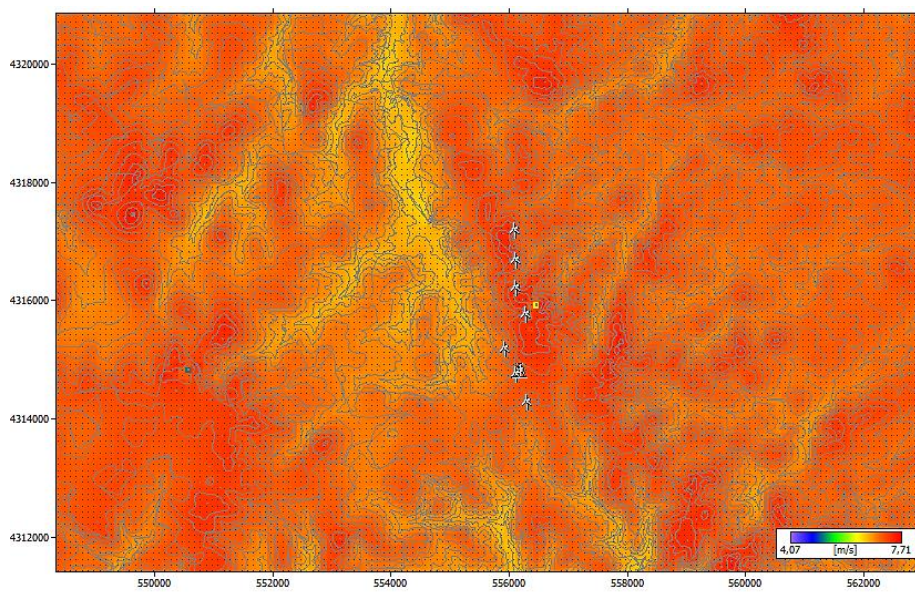


Figura 3: Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento

Posteriormente a la evaluación del recurso eólico, se diseña la obra civil. En ella se incluyen: viales y acceso al parque, zanjas eléctricas, cimentaciones y canalizaciones para red de tierras.

En el proyecto se diseñan los viales para acceder al parque y a cada aerogenerador en función de los requisitos característicos de circulación de vehículos pesados y especiales redactados por el fabricante de aerogeneradores. Los viales diseñan aprovechando los viales existentes para reducir costes. Éstos se detallan tanto en los Planos como en la Memoria

Las zanjas eléctricas se diseñan según la normativa que se indica en el Pliego de Condiciones y en los Planos.

Para las cimentaciones de los aerogeneradores se ha usado un diseño genérico (proporcionado por el fabricante de los aerogeneradores), ya que el diseño de las cimentaciones es un proyecto distinto a la ejecución del parque.

Una vez desarrollada la infraestructura de obra civil se diseña la infraestructura eléctrica.

Para la instalación eléctrica, en primer lugar, se dimensionan los cables con los criterios de intensidad máxima y caída de tensión. Con ello, se selecciona la sección del cable, el material (aluminio/cobre) y el número de circuitos que tendrá el parque.

Posteriormente se calculan las intensidades de cortocircuito que soportarán los cables, así pues, se simula una falta monofásica a tierra con las impedancias que componen el circuito.

Tanto los resultados de los cálculos de dimensionamiento como los de cortocircuito se detallan en el Anexo III.

Con los cálculos descritos se diseña la subestación. Se determinan los distintos elementos eléctricos de medición y protección necesarios para el parque eólico.

El diseño de la subestación se detalla en la Memoria, Planos y Pliego de Condiciones.

Una vez finalizado el diseño de las infraestructuras que componen el parque se realiza un presupuesto y un estudio de viabilidad económica. Este análisis se realiza en Anexo IV, y en él se detallan los gastos de explotación, los ingresos previstos, las fuentes de financiación y los análisis de rentabilidad y sensibilidad.

Por último, para finalizar el proyecto del parque eólico Pozo del Conde, se evalúan los objetivos de desarrollo sostenible que cumple este proyecto. Los objetivos que integra el proyecto se especifican en el Anexo V.

3. Resultados y Conclusiones:

El parque eólico se ubicará en el municipio de Lezuza.

Las conclusiones referidas al estudio del recurso eólico realizado con el programa Windographer son:

- La campaña de medición es favorable, ya que la velocidad media del viento a 120 metros de altura es de 7,151 m/s. Esta velocidad es aceptable para su aprovechamiento eólico.
- El gráfico de la Rosa de Vientos de Velocidades y Frecuencias orienta sobre la dirección en la que sopla el viento. La dirección dominante del viento es dirección Oeste y Suroeste entre 247,5 y 270°.
- El gráfico de la Rosa de Vientos de Energía proporciona información sobre la orientación óptima de los aerogeneradores, es decir, dirección perpendicular al mayor sector (entre 330° y 0°). También se concluye que la dirección de 270° es la de mayor contenido energético 26,8610%.

Los resultados fruto del estudio de la producción de energía eléctrica con el programa WAsP se exponen en modo de tabla:

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
nº aeross	Potencia nominal [MW]	Potencia total instalada[MW]	Modelo del aerogenerador	Producción Media Bruta[MWh/año]	Energía Neta[MWh/año]	Horas equivalentes a potencia nominal por año	Factor de capacidad [%]
7	5,6	39,2	Vestas V162	131.969	111.646	2.848	32,51

Tabla 1: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW

Como se observa en la tabla, para el estudio de la selección del fabricante de aerogeneradores, se concluye que los aerogeneradores óptimos para el parque son los fabricados por Vestas.

A efectos de la producción media vertida a la red, se ha tenido en cuenta las pérdidas por efecto estela, pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas, indisponibilidad de los aerogeneradores y de las instalaciones eléctricas, contaminación ambiental etc. Todas ellas se han englobado en una pérdida de valor 15,4%.

Con respecto al diseño de la infraestructura eléctrica, el parque estará compuesto de dos circuitos cuyas características se reflejan en forma de tabla:

Circuito	Intensidad nominal	Factor	Intensidad	Sección	Tipo de aislamiento: Opciones válidas	Material	ΔU (V)	ΔU (%)
I	538,86	1,24	435,41	400 mm ²	XLPE	Aluminio	184,59	0,62
II	404,15	1,23	329,32	240 mm ²	XLPE	Aluminio	251,50	0,84

Tabla 2: Dimensionamiento de los circuitos que componen el parque eólico

De los cálculos de intensidades de cortocircuitos (reflejados en la Tabla 3) se calcula que los interruptores y celdas de media tensión serán de intensidad nominal 630A.

Tensión	Intensidad de cortocircuito
132KV	31,5 kA
30KV	6,1 kA
400V	3,59 kA

Tabla 3: Intensidades de cortocircuito

El presupuesto total de la inversión es de 34.131.646 €. Este valor se desglosa en los gastos de desarrollo y costes de interconexión (1.100.000€) y en la inversión material (33.031.646,36€.), en la que se ha tenido en cuenta todos los elementos necesarios para construir el parque (aerogeneradores, montaje eléctrico, suministros eléctricos, obra civil, ingeniería y desarrollo de obra).

Por último, del estudio de viabilidad económica se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

La rentabilidad obtenida se refleja con los resultados de un VAN de 5,74 miles de euros, con una tasa de descuento de un 5%, un TIR de 6,92% y un Periodo de Retorno de 10,8 años.

Con respecto a la evaluación de los objetivos de desarrollo sostenible que cumple este proyecto se concluye que son cinco:

- Energía asequible y no contaminante
- Trabajo decente y crecimiento económico
- Industria, innovación e infraestructura
- Ciudades y comunidades sostenibles
- Acción por el cambio climático

WIND FARM

Autor: Villalba Catalán , Elena.

Director: Alonso Alonso, Consolación.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

PROJECT SUMMARY

1. Goal:

This Project studies the wind resources characterization located in Lezuza, Albacete, in order to construct a wind farm. For this reason, this project is based on engineering knowledge achieved during the degree of Industrial Engineering.

The project is described like a “Classic engineering project” and contains the following documents: Memory, Construction plans, Solicitation document and Budget plan. In addition to this, there are five attachments: Setting-up location, Study of wind resources, Calculations, Study of economic viability and Alignment of Sustainable Development Goals (ODS).

2. Methodology:

To begin with, the study of an optimal location site was carried out; being based on the requirements demanded in order to build on that location. This document is outlined in Attachment I.

Secondly, a study of wind resource has been carried out on the zone in order to know if the location is optimal to build the wind farm. The research is based on the analysis of wind temporal sets of ten years, which has been given by VORTEX company, thanks to a virtual anemometric tower.

Next figure represents a graphic result belonging to the study of wind resource with Windographer program.

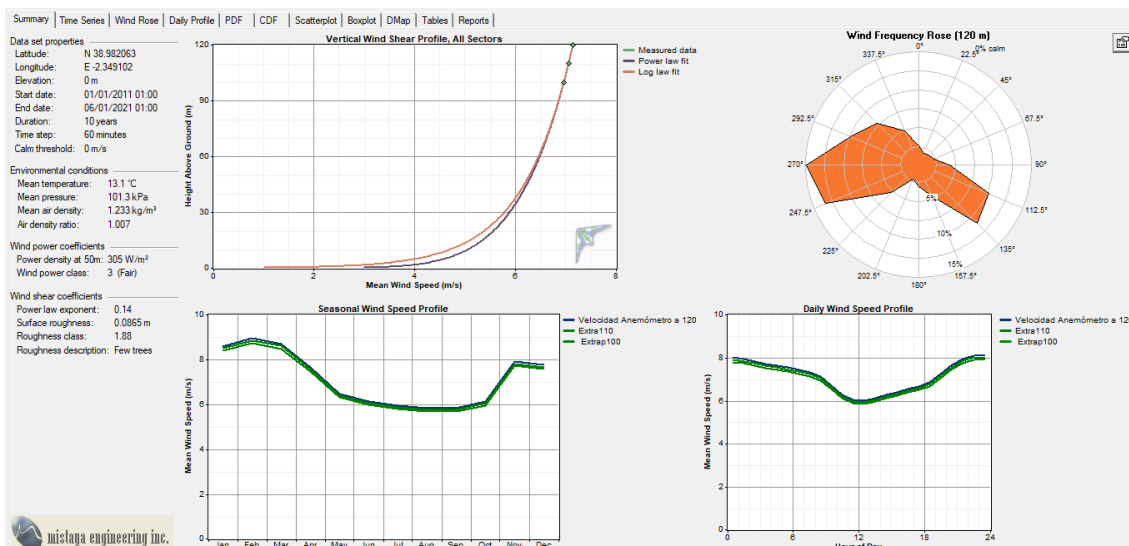


Figure 1: Simulation of virtual anemometric tower. -Resource: Windographer

Upon finishing the research, it is finalised with a wind field simulation carried out by WASP program – which includes orography and roughness models of the ground.

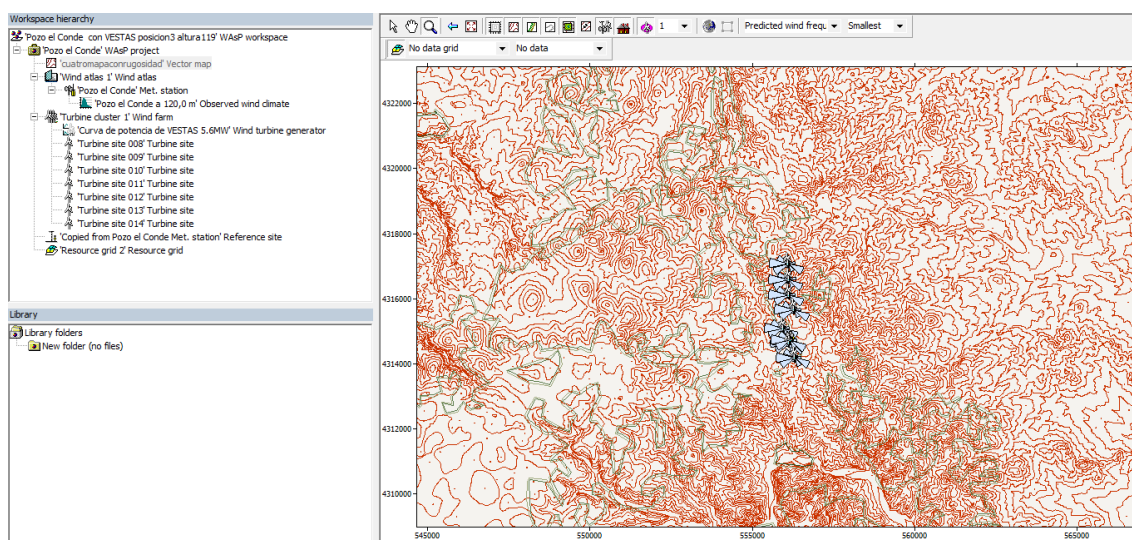


Figure 2: Orography and roughness models of the ground. -Resource: WASP

As a result of these simulations, the wind potential and annual average energy production discharged to electrical network is estimated. Furthermore, the best type of wind turbine and the optimal position of them has also been evaluated for the wind farm called Pozo del Conde resulting in the farm being able to generate more energy.

Both studies, (wind resource and wind potential and annual average energy production) are outlined in Attachment II.

Next picture represents Isoventas Map of average speed on the location by WASP program.

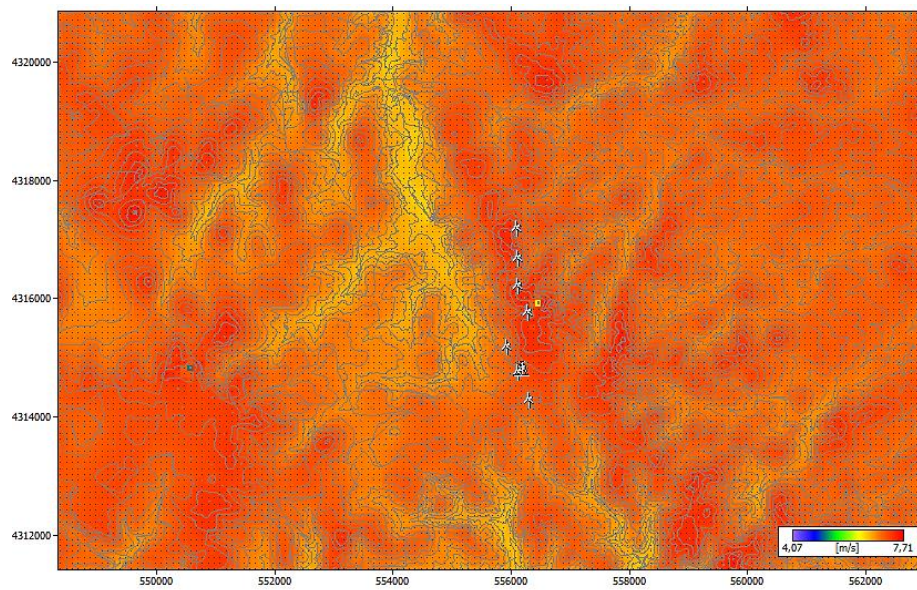


Figure 3: Isoventas Map of average speed on the located. -Resource: WAsP

Following the wind research, civil work is designed. This consists of roads and access to the farm, electrical trenches, foundations, and ground piping networks to be included in the area.

For this part of the project, roads and access to the farm and wind turbines have been designed. The access has to fulfill rules of characteristic requirements for heavy and special vehicles as administered by the wind turbine manufacturer.

The roads have been designed in order to reduce cost and take advantage of the available roads. This information can be found in the Memory and Construction plans.

The electrical trench is governed by rules outlined in the Construction plans and Solicitation document.

Wind turbine foundations are displayed by using a generic design with reasonable measures. This is due to the fact that the design of the infrastructure is a different project.

When the civil work is finished, electrical infrastructure is started.

To set the electrical infrastructure electric wires are dimensioned according to the requirements of maximum intensity and voltage drop. This way, wire section and the material (aluminium/copper) is chosen, also realising and the number of the circuits that the wind farm will have.

Subsequently, the short-circuit intensity that electric cables will have to support is calculated. For this reason, a single-phase ground failure is simulated with the different impedances that compose the electrical circuit.

The results of calculating short-circuit intensity as well as the result of dimensioning electric cables are in Attachment III.

With the description of the results, it is possible to design the electrical substation. This will determine different electric measures and protection elements which are necessary for the wind farm.

The design of the electrical substation is detailed in The Memory, Construction plans and The Solicitation document.

Finally, when the designed is finished, a Budget plan and Study of economic viability is made.

In the study of economic viability, the rentability of the wind farm is also considered. This analysis can be found in Attachment IV. This document details the finance expenses, expected revenue, financial resources, rentability analysis and sensitivity analysis.

The Project finishes with the evaluation of the Alignment of Sustainable Development Goals that is possible in the wind farm” Pozo del Conde”.

The integrated goals that are fulfilled by the wind farm are in Attachment V.

1. Results and conclusions:

The wind farm will be located in a village called Lezuza, in Albacete.

The conclusions of the study of wind resource by Windographer program are:

- The measurement campaign is positive; with an average wind speed at a height of 120 metres of 7,151m/s. This speed is optimal to achieve a good energetic potential.
- The graphics of Wind Frequency Rose and Wind Speed Rose guide the direction with which the wind blows. The predominant direction of the wind is West and Southwest, between 247.5 ° and 270 °.
- The Wind Energy Rose graphic provides information about the optimal orientation of the wind turbine, showing the perpendicular direction of the biggest sector (between 330 ° and 0 °). Furthermore, it can be concluded that the 270° direction achieved the biggest content of energy with 26,8610%.

The results of wind potential and annual average energy production discharged to electrical network by WAsP program is in the next graphic:

Wind farm: "Pozo del Conde"							
n° wind turbine	Nominal Power [MW]	Total Installed Power[MW]	Wind turbine model	Gross Average Production [MWh/año]	Net Energy [MWh/año]	Equivalent Hours with nominal power per year	Capacity Factor [%]
7	5,6	39,2	Vestas V162	131.969	111.646	2.848	32,51

Table 1: wind potential and annual average energy production

Data gathered from the graphic shows that the results of the analysis of the best wind turbine manufacture for the wind farm belongs to Vestas manufacturer.

For the purpose of the average energy production discharged to electrical network, the loss created by wake effects, energy loss in electrical installations, unavailable wind turbine and environmental pollution, have been considered. All of them are a loss of 15,4%.

With regard to the design of the electrical infrastructure Pozo del Conde, it will have two electric circuits. Their characteristics are the following:

Circuit	Nominal Intensity	Factor	Intensity	Section	Insulation type: Options	Material	ΔU (V)	ΔU (%)
I	538,86	1,24	435,41	400 mm ²	XLPE	Aluminio	184,59	0,62
II	404,15	1,23	329,32	240mm ²	XLPE	Aluminio	251,50	0,84

Table 2: Characteristics of electric circuits

As a result of calculating short-circuit intensity (table 3), switches and medium voltage cells will have 630A of nominal intensity.

Voltage	Short-circuit intensity
132KV	31,5 kA
30KV	6,1 kA
400V	3,59 kA

Table 3: Short-circuit intensity.

Considering all elements necessities for building the wind farm (wind turbine, electrical assembly, power supplies, civil work, engineering and development works) the budget plan has been calculated with a material investment in 33.031.646,36€.

Calculating the total investment, development expenses and networking cost has been considering, in this way, the total investment is 34.131.646 €.

Finally, the study of economic viability concludes that the project is feasible. Moreover, the inversion is feasible for banking institution and partners who would want to invest their capital in this project.

The rentability obtained is in the results of NPV 5,74 thousand euros with a discount rate of 5%, IRR of 6,92% and Return Period of 10,8 years.

Evaluating the Alignment of Sustainable Development that are possible in the wind farm are five:

- Affordable energy and clean production.
- Decent job and increase economic.
- Industrial, innovation and infrastructure.
- Cities and sustainable communities.
- Action for climate changing,

ÍNDICE GENERAL:

<i>Documento 1: Memoria descriptiva</i>	18
<i>Documento 2: Planos</i>	65
<i>Documento 3: Pliego de condiciones</i>	81
<i>Documento 4: Presupuesto</i>	127
<i>Anexo I: Selección del Emplazamiento</i>	141
<i>Anexo II: Estudio de Recurso Eólico y de Producción de Energía Eléctrica</i>	155
<i>Anexo III: Cálculos</i>	189
<i>Anexo IV: Estudio de Viabilidad Económica</i>	203
<i>Anexo IV: Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)</i>	219

Documento 1: Memoria descriptiva

Índice de la Memoria:

1. Introducción.....	23
1.1 La energía eólica.....	23
1.2 La energía del viento en la historia.....	23
1.3 Energía eólica producida en España.....	25
2. Objeto	26
2.1 Peticionario.....	26
3. Localización del emplazamiento	26
3.1 Justificación de la implantación del parque en el área escogida	28
4. Normativa legal.....	29
4.1 Obra civil.....	29
4.2 Instalaciones eléctricas	30
4.3 Medio Ambiente.....	31
5. Evaluación del potencial eólico.....	32
5.1 Análisis estadístico-descriptivo de datos eólicos.....	32
5.2 Análisis tridimensional de flujo de viento (Curvas isoventas).....	35
5.3 Análisis energético del emplazamiento: producción media anual de energía.....	37
6. Descripción del Parque Eólico.....	39
6.1 Características Generales.....	39
6.2 Obra civil.....	40
6.2.1 Características del emplazamiento.....	40
6.2.2 Acceso al parque y sus viales internos.....	41
6.2.3 Cimentación de los aerogeneradores	42
6.2.4 Zanjas para cables.....	42
6.2.5 Canalización para red de tierras.....	43
6.3 Aerogenerador Vestas V162-5,6MW	43
6.3.1 Características principales del generador.....	44
6.3.2 Convertidor.....	44
6.3.3 Curva de potencia del aerogenerador	45
6.4 Instalación eléctrica.....	46
6.4.1 Sistema de Media Tensión (M.T.)	47
6.4.1.1 Centros de Transformación (C.T.)	47
6.4.1.2 Cables de Media Tensión y Fibra óptica.....	51
6.4.2 Sistema de Baja Tensión (B.T.).....	52
6.4.2.1 Circuito principal.....	52
6.4.2.2 Sistemas auxiliares.....	52
6.4.2.3 Red de Puesta a Tierra.....	52
6.4.3 Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV.....	53
6.4.3.1 Transformador de Servicios Auxiliares SSAA.	53
6.4.3.2 Celdas de Media Tensión	54
6.4.3.3 Baterías de condensadores.....	56
6.4.3.4 Protecciones y medida.....	56
6.4.3.5 Cuadro de Servicios Auxiliares SSAA	56
6.4.3.6 Telemando y teleseñal	57

7. Aspectos socio-económicos.....	57
8. Ahorro y contaminación evitada.....	58
9. Presupuesto de las instalaciones proyectadas	59
10. Estudio Técnico Económico de Viabilidad.....	60
11. Planificación.....	61
12. Conclusión.....	62
13. Herramientas	63
14. Bibliografía.....	63

Índice de Figuras:

Figura 1: Primer aerogenerador eléctrico	23
Figura 2: Evolución del tamaño de los aerogeneradores en función de año-altura	24
Figura 3: Energía eólica mundial instalada desde 2009-2019	24
Figura 4: Evolución anual y acumulada de la Potencia instalada en España desde 1998-2019	25
Figura 5: Función de distribución de probabilidad de Weibull, siendo $K=1,98$ y $c=8,07$ m/s	33
Figura 6: Rosa de los Vientos de Frecuencia	34
Figura 7: Rosa de los Vientos de Velocidades	34
Figura 8: Rosa de los Vientos de Energías	35
Figura 9: Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento	36
Figura 10: Mapa de Isoventas de densidad de potencia del emplazamiento	36
Figura 11: Mapa de Isoventas de elevaciones del emplazamiento	37
Figura 12: Cotas del emplazamiento en m	40
Figura 14: Parcelarios que atraviesa el vial de acceso al parque eólico	41
Figura 14: Esquema general de un aerogenerador síncrono de imanes permanentes con convertidor full-converter. Fuente: ICAI	45
Figura 15: Curva de potencia y coeficiente de empuje	45
Figura 16: Cabina de línea	49
Figura 17: Cabina de protección del transformador	49

Índice de tablas:

Tabla 1: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW	10
Tabla 2: Dimensionamiento de los circuitos que componen el parque eólico	11
Tabla 3: Intensidades de cortocircuito	11
Tabla 7: Coordenadas en UTM (Huso 30) del polígono del emplazamiento	27
Tabla 8: Coordenadas UTM (Huso 30) de los aerogeneradores del Parque Eólico	27
Tabla 9: Tabla resumen de la campaña de medición	33
Tabla 10: Límites del Mapa de Isoventas	35
Tabla 11: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW a la altura de buje de 119m	38
Tabla 12: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"	39
Tabla 13: Características generales del aerogenerador de Vestas	39
Tabla 14: Resumen de las zanjas utilizadas en función del número de cables incorporados	43
Tabla 15: Comparativa de diferentes tecnologías de aerogeneradores	43
Tabla 16: Características técnicas del generador	44
Tabla 17: Características técnicas del convertidor	45
Tabla 18: Tabulación de la curva de potencia y del coeficiente de empuje	46
Tabla 19: Circuitos que componen el sistema de Media Tensión	47
Tabla 20: Características técnicas del transformador trifásico de 7000KVA y relación de 30/0,72KV instalado en cada aerogenerador	48
Tabla 21: Características técnicas de las cabinas de media tensión	49
Tabla 22: Embarrado general de las celdas de media tensión de los aerogeneradores ..	50
Tabla 23: Características técnicas conductores de celdas a barras de 30KV	51
Tabla 24: Características técnicas fibra óptica	51
Tabla 25: Características técnicas del transformador de SSAA	54

Tabla 26:Características técnicas de las celdas de M.T.....	54
Tabla 27:Características técnicas del interruptor.....	55
Tabla 28:Características técnicas del transformador de intensidad.....	55
Tabla 29:Características técnicas del transformador de tensión.....	56
Tabla 31: Consumo de energías primarias en millones de toneladas de CO2 [11] [12]	58
Tabla 32: Resultados del Estudio de Viabilidad Económica.....	60
Tabla 33: Programa de ejecución de Pozo del Conde	61

Índice de ecuaciones:

Ecuación 1: Expresión para el cálculo de la Producción media anual vertida a la red	38
---	----

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA ENERGÍA EÓLICA

El viento es el desplazamiento de las masas de aire en la atmósfera. Esto es causado por un desigual calentamiento de la tierra (provoca diferencia de presiones atmosféricas) y al movimiento de rotación de la Tierra (la fuerza de Coriolis que influye en la circulación de la atmósfera) [1].

La energía eólica es la energía cinética del viento, la cual proviene indirectamente de la energía solar y la orografía.

1.2 LA ENERGÍA DEL VIENTO EN LA HISTORIA

Los comienzos del molino de viento surgieron en la civilización Persa, en el siglo IX. Estos se extendieron desde el Oriente hasta Europa en los siglos posteriores como maquinaria para mejorar procesos productivos (molienda, bombeo de agua, como medio para dar movimiento a sierras para cortar madera...)

En el siglo XIX la energía eólica se reinventa. Poul la Cour (1846-1908) concibió la energía eólica tal y como se conoce a día de hoy (transformar la energía procedente del viento para producir electricidad). Diseñó el primer aerogenerador eléctrico.



Figura 4: Primer aerogenerador eléctrico

En esa época la energía eólica dependía de circunstancias geopolíticas ligadas al petróleo, por lo que esta tecnología se vio frenada. Con la Primera crisis del petróleo (1973), se fue consciente de las emisiones dañinas del combustible fósil y del alto precio que tenían. Este hecho hizo posible el desarrollo de las energías renovables y la eólica tuvo un papel muy importante entre ellas [2].

Desde ese momento y hasta ahora, el tamaño de los aerogeneradores ha ido creciendo para obtener mayores potencias y mejores eficiencias energéticas. A su vez, la producción se ha ido expandiendo a numerosos países.

En la Figura 5 se muestra la evolución de la potencia, altura y diámetro de los aerogeneradores desde 1980 a 2020. Como se aprecia en el gráfico, la energía eólica está en continua mejora, no solo continúa creciendo en tierra, sino que también está creciendo por vía marítima, como la instalación de los aerogeneradores offshore, con la que se obtienen potencias de hasta 10MW.

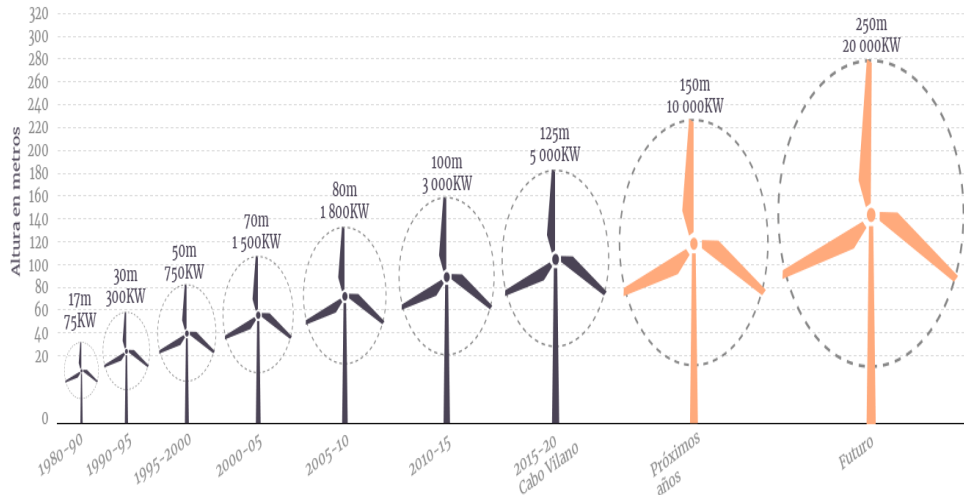


Figura 5: Evolución del tamaño de los aerogeneradores en función de año-altura

En la Figura 6 se muestra la capacidad mundial de energía eólica instalada desde 2009 a 2019. En ella se observa su continuo crecimiento y como en 2019 aumentó un 10% produciendo aproximadamente 651GW. Siendo China, Estados Unidos, Reino Unido, India y España el 70% de la instalación mundial.

Según Global Wind Energy Council prevé un crecimiento en el mercado mundial durante los próximos cinco años en los que la política tendrá un importante papel [3].

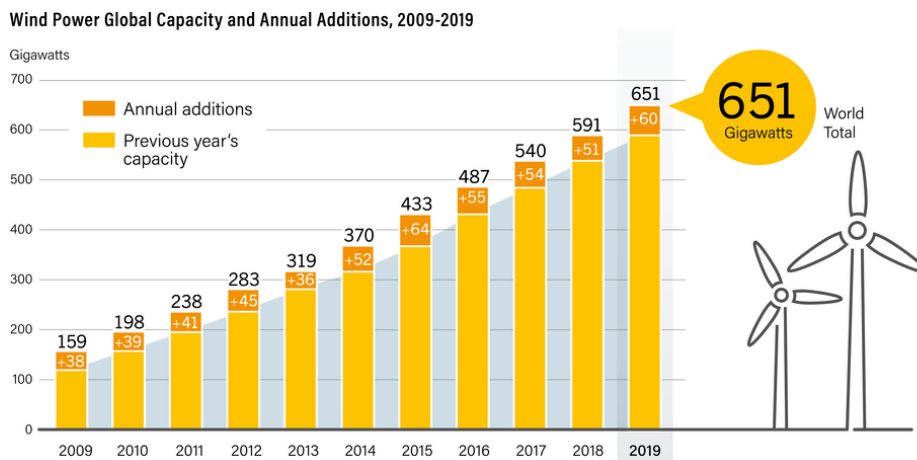


Figura 6: Energía eólica mundial instalada desde 2009-2019

1.3 ENERGÍA EÓLICA PRODUCIDA EN ESPAÑA

España es actualmente quinta en el mundo por potencia eólica instalada. La energía eólica en España en 2019 fue la segunda fuente de generación de electricidad (20.8%), con una potencia acumulada de 25.704MW [4].

Como se muestra en la Figura 7, la energía eólica en España no ha dejado de evolucionar, a pesar de que entre los años de 2015-2018 ésta decreciera por modificaciones en las políticas energéticas, (pérdida de incentivos, impuestos autonómicos y nacionales de la Reforma Energética)

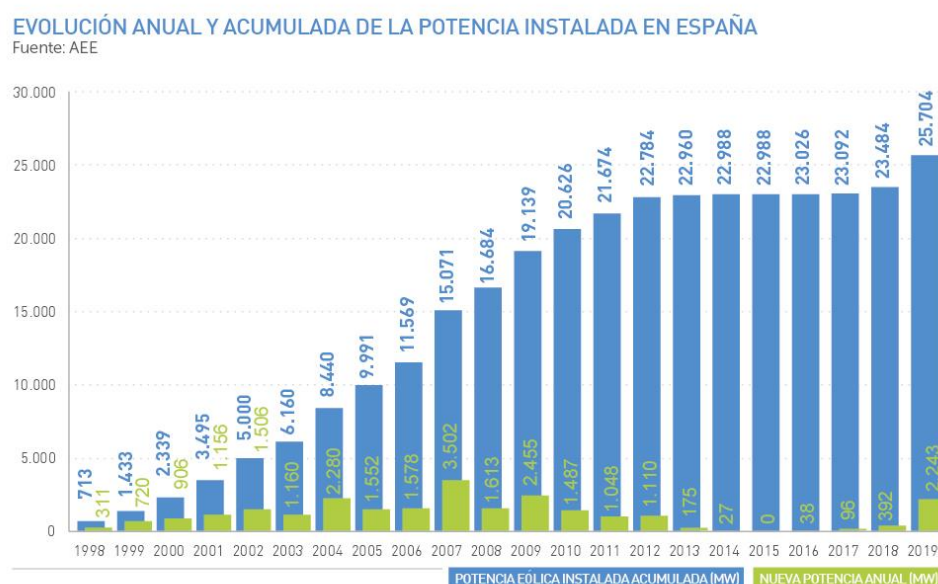


Figura 7: Evolución anual y acumulada de la Potencia instalada en España desde 1998-2019

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, (se encarga de promover las energías renovables y energéticas y de reducir emisiones de gases de efecto invernadero), tiene como objetivo llegar a los 50GW de potencia instalada en 2030 y aportar un 34% de la generación total [5].

Se prevé un futuro con más energía eólica para España debido a la concienciación actual por el medio ambiente y a que España, debido a sus condiciones meteorológicas, cuenta con zonas óptimas para aprovechar y optimizar el recurso eólico.

2. OBJETO

Este proyecto tiene como objetivo el reconocimiento de las aptitudes y conocimientos técnicos del alumno, adquiridos a lo largo de toda la carrera en la Escuela Superior de Ingeniería ICAI, en los estudios de Ingeniería en Tecnologías Industriales con la especialidad eléctrica.

Este documento es el Trabajo de Fin de Grado de dicha universidad. En él se realiza un estudio para la ejecución de un Parque Eólico en la localidad de Lezuza (Albacete), cumpliendo con los objetivos:

- Descripción y estudio del emplazamiento con los programas Windographer y WasP para la obtención de energía eléctrica con la máxima eficiencia posible.

- Diseño de la infraestructura de la obra civil. Ésta incluye: zanjas para los cables, viales y caminos de acceso al parque, cimentaciones, etc.

- Diseño de la infraestructura eléctrica formada por los Centros de transformación de los aerogeneradores, red de baja y media tensión, red de cables canalizados en zanja y red de puesta a tierra.

- Disposición de la normativa legal, pliego de condiciones para su correcto funcionamiento y presupuesto del ya citado Parque Eólico.

Como anexos se incluyen: Selección del Emplazamiento, Estudio de Recurso Eólico y de Producción de Energía Eléctrica, Cálculos, Estudio de Viabilidad Económica y Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

2.1 PETICIONARIO

El peticionario solicita con la realización de este documento la evaluación de la estudiante Elena Villalba Catalán como graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela Superior de Ingeniería ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas a lo largo del curso 2020-21.

3. LOCALIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El parque eólico se localiza en los terrenos del municipio de Lezuza, en la provincia de Albacete. (Remitirse al plano *nº1 "Localización del emplazamiento"*).

Los terrenos han sido escogidos teniendo en consideración, las condiciones meteorológicas, distancia a la red eléctrica, accesibilidad al parque y la normativa medioambiental vigente en Castilla-La Mancha.

El acceso a este emplazamiento se realiza desde la carretera AB-608 que comunica la localidad de Lezuza con la carretera nacional N-430.

Las coordenadas del entorno poligonal dónde se construirá el parque, así como el municipio al que pertenecen los terrenos se indican en la siguiente tabla:

Parque Eólico "Pozo del Conde"		
Coordenadas del entorno poligonal (UTM Huso 30)		
Vértice del polígono	Coordenada X_{UTM}	Coordenada Y_{UTM}
V1	555.660	4.317.298
V2	556.288	4.317.398
V3	556.978	4.314.769
V4	556.807	4.314.368
V5	556.783	4.313.950
V6	555.620	4.314.011
V7	555.342	4.315.369
V8	555.965	4.315.791
Provincia de Albacete	Término municipal afectado:	
	Lezuza	

Tabla 4: Coordenadas en UTM (Huso 30) del polígono del emplazamiento

El parque eólico Pozo del Conde está formado por 7 aerogeneradores de potencia nominal 5,6MW (potencia total de 39,2MW) a una altura de buje de 119m y un diámetro de 162m del fabricante Vestas. (Véase en el plano nº2,3 y 4 "Emplazamiento sobre ortofoto", "Emplazamiento sobre topografía" y "Emplazamiento sobre curvas de nivel")

Las coordenadas de cada uno de los aerogeneradores, así como el término municipal al que pertenece se detallan a continuación:

Aerogenerador	Término municipal	Coordenada X_{UTM}	Coordenada Y_{UTM}
1	Lezuza	556.119	4.317.070
2	Lezuza	556.126	4.316.581
3	Lezuza	556.129	4.316.101
4	Lezuza	556.299	4.315.652
5	Lezuza	555.954	4.315.079
6	Lezuza	556.136	4.314.633
7	Lezuza	556.316	4.314.179

Tabla 5: Coordenadas UTM (Huso 30) de los aerogeneradores del Parque Eólico

3.1 JUSTIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DEL PARQUE EN EL ÁREA ESCOGIDA

El motivo por el cual se ha decidido realizar el citado proyecto en la localidad de Lezuza ha sido por las razones descritas a continuación:

- ❖ El terreno disponible es extenso, con unas condiciones aceptables de orografía y alejado de espacios naturales y de núcleos de población urbana.
- ❖ Condiciones del recurso eólicas muy buenas.
- ❖ Las condiciones del suelo son aceptables para poder construir carreteras y accesos que permitan el paso de la maquinaria pesada.
- ❖ La conexión a la red es factible ya que está cerca de la subestación eléctrica de Lezuza.
- ❖ El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) quiere conseguir para 2030 una reducción del 20% de las emisiones de los gases del efecto invernadero respecto a 1990. Para ello el 42% del uso final de la energía debe de pertenecer a las energías renovables. Se pretende conseguir que en 2030 50 GW de la potencia total instalada en el sector eléctrico proceda de la energía eólica [6].
Este hecho fomenta la creación de nuevos parques eólicos con programas de ayudas, ayudas a la realización de estudios...
- ❖ El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), dará 8.13 millones de euros a Castilla-La Mancha para la instalación de fuentes de energía renovables [7].
- ❖ El paquete de medidas de la política energética europea de 2020 quiere conseguir reducir el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, un 20% de mejora de la eficiencia energética y un 20% de la energía de la UE procedente de fuentes renovables [8].
- ❖ El Pacto Verde Europeo ha desarrollado un plan para solucionar la biodiversidad y disminuir la contaminación invirtiendo en tecnologías limpias y sostenibles y descarbonizar el sector de la energía entre otros [9].
- ❖ Castilla-La Mancha es una de las comunidades autónomas con mayor potencia eólica instalada en España. Nuevas plantas eólicas favorecerán a continuar manteniéndose en esta importante posición, además de repercutir en el futuro de nuevas aportaciones tecnológicas, sociales y económicas.
- ❖ En el ámbito socio-económico, la creación de este parque eólico creará nuevos puestos de trabajo tanto en la construcción del parque como en su posterior mantenimiento. Además de crear nuevos puestos de trabajo, el parque mejorará la economía del pueblo de Lezuza de forma indirecta.

4. *NORMATIVA LEGAL*

Todas las obras descritas en este proyecto deben de cumplir la normativa vigente aplicable a nivel estatal, autonómico y municipal.

Para la normativa del proyecto se ha tenido en cuenta la normativa que se indica a continuación:

4.1 OBRA CIVIL

Nacional

- **Real Decreto 2200/1995** por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial (BOE nº32 06/02/1996).
- **Decreto 2818/1998** sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración (BOE nº312, 30/12/98).
- **Real Decreto 732/2019** por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación en la Seguridad Estructural. (BOE nº311, 27/12/2019).
- **Real Decreto 485/1997**, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE nº97, 23/04/1997).
- **Real Decreto 614/2001** sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (BOE nº148, 21/06/2001).
- **Real Decreto 840/2015**, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE nº251, 27/10/2015).
- **Real Decreto 1627/1997**, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE nº256, 25/10/1997).
- **Ley 31/1995** de prevención de Riesgos Laborales (BOE nº269, 27/11/1995).
- **Norma de Construcción Sismorresistente** (NCSR-02, 27/09/02).
- **Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes** (PG-3 artículos vigentes a 01/06/2019).
- **Real Decreto-Ley 23/2020**, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. (BOE nº175, 24/06/2020).

Autonómicas

- **Decreto 20/2010 de la Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente**, por el que se regula el aprovechamiento de la energía eólica en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (Diario Oficial de Castilla-La Mancha nº77, 23/04/2010).
- **Ley 21/1992** de Industria, prevenir y limitar los riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna bienes o medio ambiente.

- **Decreto 8/2019** por el que se regula la prestación del servicio de inspección técnica de vehículos en Castilla -La Mancha. ([DOCM nº53 15/03/2019](#)).
- **Decreto 34/2017** por el que se regulan los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica a tramitar por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y su régimen de revisión e inspección. ([DOCM nº88 08/05/2017](#)).

4.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Nacional

- **Real Decreto 1995/2000** por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. ([BOE nº 310,27/12/2000](#)).
- **Real Decreto 337/2014** por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. ([BOE nº139,09/06/2014](#)).
- **Real Decreto 413/2014** por la que se regula la actividad de producción de energías eléctricas a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos. ([BOE nº140,10/06/2014](#)).
- **Real Decreto 223/2008** por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- **Real Decreto 842/2002** por el que se aprueban el Reglamento para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias BT 01 a BT 51.
- **Real Decreto 1565/2010** por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. ([BOE nº140,10/06/2014](#)).
- **Real Decreto -Ley 9/2013**, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. ([BOE nº140,10/06/2014](#))
- **Ley 24/2013** Sector Eléctrico. ([BOE nº140,10/06/2014](#)).
- **Orden TED/7667/2020** por el que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovables. ([BOE nº211, 05/08/2020](#)).
- **Real Decreto 647/2020**, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas. ([BOE nº187,08/07/2020](#)).
- **Real Decreto-ley 23/2020**, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para reactivación económica. ([BOE nº175,24/06/2020](#)).
- **Resolución de 18 de diciembre de 2015**, de la Secretaría General de Estado de Energía, por la que se establecen criterios para participar en los servicios de ajuste del sistema ([BOE nº303, 19/12/15](#)).
- **Real Decreto 1075/1986**, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio. ([BOE nº135, 06/06/1986](#)).
- **Real Decreto 153/1985**, por el que se establecen nuevas tarifas eléctricas. ([BOE nº35, 06/02/1985](#)).

Autonómicas

- **Ley 9/2011**, por el que se crea el canon eólico y el Fondo para el Desarrollo Tecnológico de las Energías Renovables y el Uso Racional de la Energía en Castilla-La Mancha. (BOE nº105, 03/05/2011).
- **Artículo 31.1.27ª de la Ley Orgánica 9/1982**, atribuye a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la competencia exclusiva sobre las instalaciones de producción, distribución y transporte de energía , cuando el transporte no salga de su territorio. El artículo 32.8 le atribuye la competencia de desarrollo legislativo y la ejecución del régimen energético en el marco de la legislación básica del Estado. (BOE nº195, 16/08/1982).

4.3 MEDIO AMBIENTE

Nacional

- **Ley 21/2013** evaluación ambiental (BOE nº296, 11/12/2013).
- **Real Decreto 2414/1961** por el que se aprueba el reglamento de actividades molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. (BOE nº292, 07/12/1961).
- **Ley 4/1989** de conservación de los espacios naturales y de la flora y de la fauna silvestre (BOE nº74 28/03/1989).
- **Real Decreto 2267/2004** por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Este decreto posteriormente se modifica en febrero de 2019. (BOE nº303, 3/12/2004).
- **Real Decreto 732/2019** por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación en la protección frente al ruido. (BOE nº311 27/12/2019).

Autonómicas

- **Ley 9/1999** conservación de la Naturaleza en Castilla-La Mancha (BOE nº179, 28/07/1999).
- **Decreto 200/2001** por el que se modifica el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (DO. Castilla-La Mancha, nº119/2001, 13/11/2001).
- **Ley 4/2007** de evaluación ambiental de Castilla La Mancha (BOE nº118, 17/05/2007).
- **Ley 2/88** Conservación de Suelos y Protección de las cubiertas vegetales naturales (DOCM, 28/06/1988).
- Convenio sobre la conservación de especies migratorias de la fauna silvestre (DOCE,nº210, 19/07/1982).

5. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO

El emplazamiento ha sido seleccionado por presentar unas condiciones óptimas del recurso eólico que se muestran a continuación.

Este estudio ha consistido en:

- Análisis estadístico-descriptivo de los datos registrados en la campaña de medición para la obtención de los parámetros que caracterizan el recurso eólico en el emplazamiento con el programa Windographer.
- Análisis tridimensional de flujo de vientos con el fin de conseguir la distribución espacial del campo de vientos y seleccionar las zonas de mayor potencial eólico. Para la ejecución de este punto se ha utilizado el programa WASP, calificado por incorporar modelos de rugosidad, topografía y obstáculos.
- Análisis energético del emplazamiento. El estudio se ha realizado con el programa WASP, el cual incorpora un modelo de pérdidas por efecto estela en la producción de energía de los aerogeneradores.

Seguidamente se exponen los resultados finales más característicos del estudio:

5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO-DESCRIPTIVO DE DATOS EÓLICOS

Los datos han sido proporcionados por la empresa VORTEX S.L. mediante la simulación de una estación anemométrica virtual.

La estación anemométrica está situada en el punto de coordenadas UTM: X= 556182.00, Y= 4314713.00N, en Lezuza, Albacete.

Esta simulación comprende datos desde 01/01/2011 al 06/01/2021 en intervalos de una hora. Los datos abarcan un periodo de tiempo de 10 años. Se simula con un periodo largo de tiempo para dar más fiabilidad al estudio y así poder desprestigiar cualquier contingencia, además de poder predecir el viento y su producción en el futuro.

Los resultados que se exponen se han conseguido con la ayuda del programa Windographer. En él se ha determinado:

Variable	Resumen de datos recogidos del Parque Eólico "Pozo del Conde"
Altura en metros (m)	120
Velocidad media del viento (m/s)	7,151
Velocidad máxima del viento (m/s)	25,9
Weibull k	1,985
Weibull c (m/s)	8,066
Densidad de Potencia Media (W/m ²)	441
Registros Posibles	87792
Registros Válidos	87792
Registros Perdidos	0
Tasa de datos recogidos (%)	100

Tabla 6: Tabla resumen de la campaña de medición

Además de lo anterior se muestra en el orden correspondiente:

- Función de distribución de probabilidad

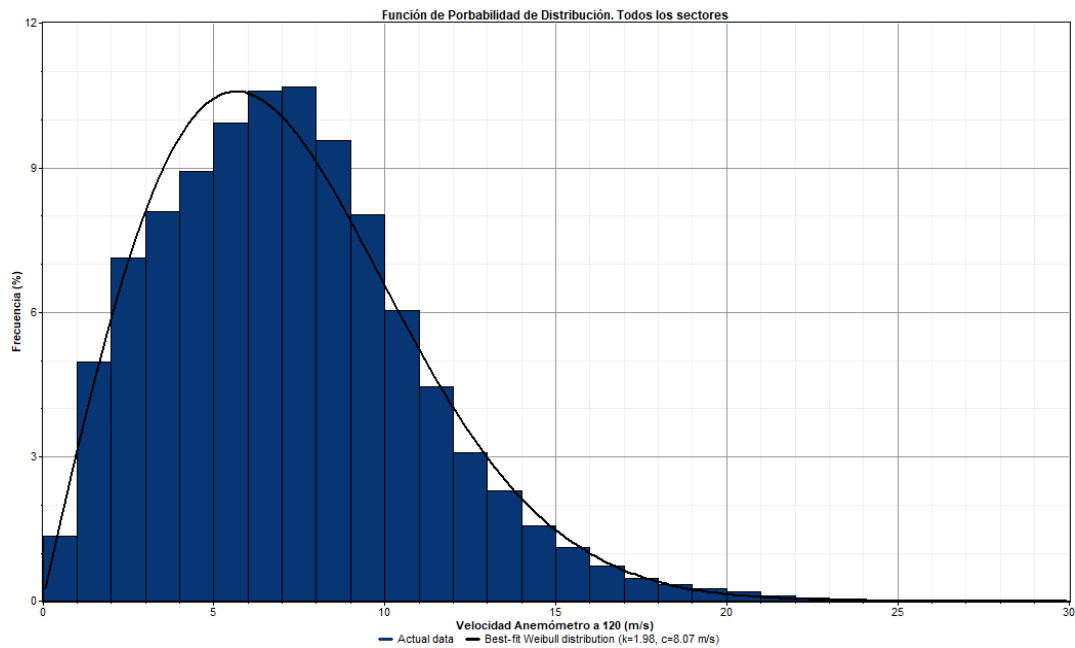


Figura 8: Función de distribución de probabilidad de Weibull, siendo $K=1,98$ y $c=8,07$ m/s

- Rosa de Frecuencia, Velocidad y Energía

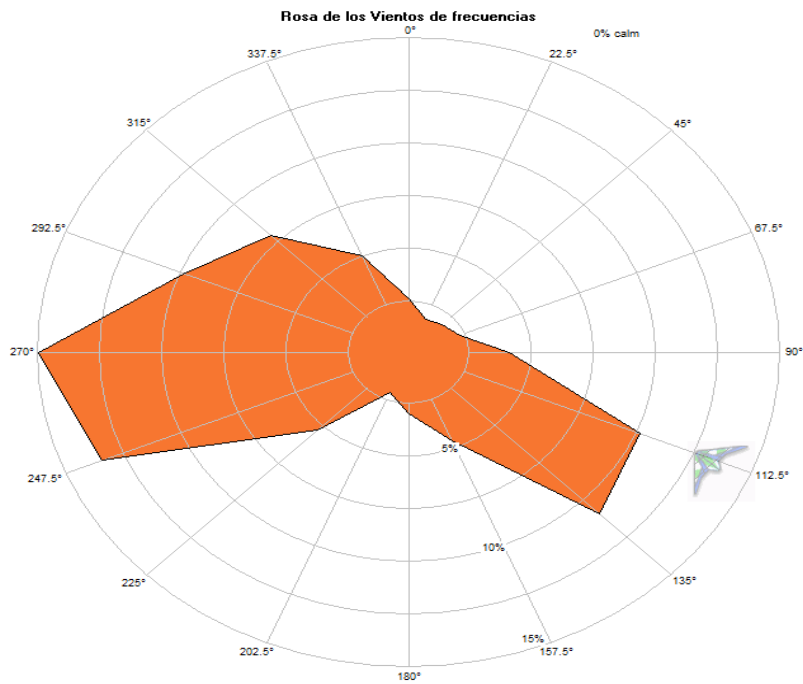


Figura 9: Rosa de los Vientos de Frecuencia

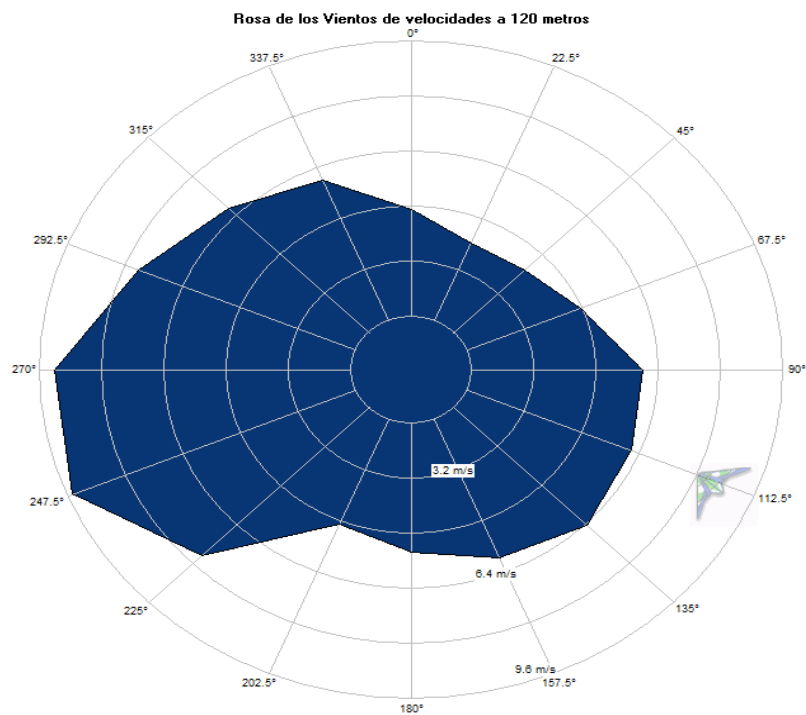


Figura 10: Rosa de los Vientos de Velocidades

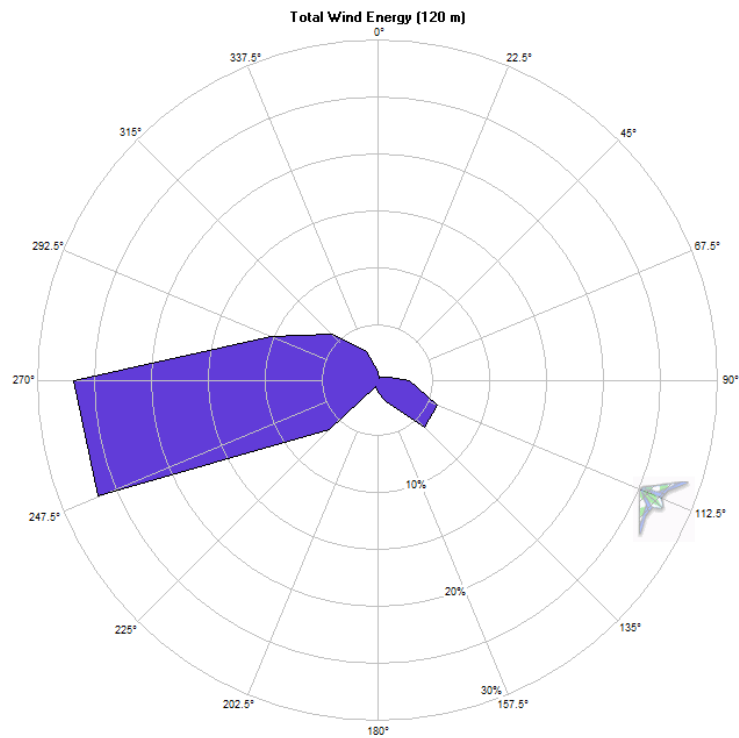


Figura 11: Rosa de los Vientos de Energías

5.2 ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE FLUJO DE VIENTO (CURVAS ISOVENTAS)

Para estudiar el efecto de la orografía y la rugosidad superficial local sobre el comportamiento del viento en la zona del parque eólico, se ha efectuado una simulación del campo de viento mediante el modelo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program).

Se adjuntan el mapa de velocidades, de densidad de potencia y elevación obtenidos al realizar la simulación a la altura de buje de 119 metros con los aerogeneradores de la marca Vestas como representativo (se escoge esta elección en: Anexo I, 10.5 Disposición de los aerogeneradores).

Los mapas tienen una resolución horizontal de 100 m. con la extensión territorial siguiente:

X_{min} : 543.124	X_{max} : 569.024
Y_{min} : 4.307.976	Y_{max} : 4.325.976

Tabla 7: Límites del Mapa de Isoventas

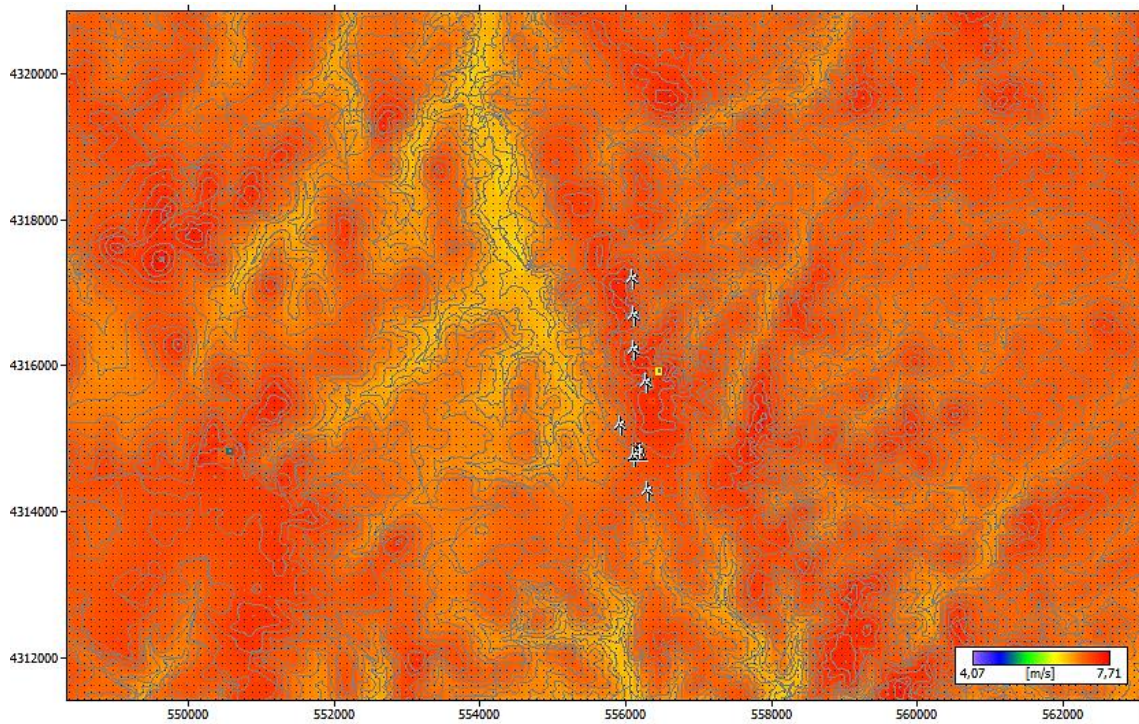


Figura 12: Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento

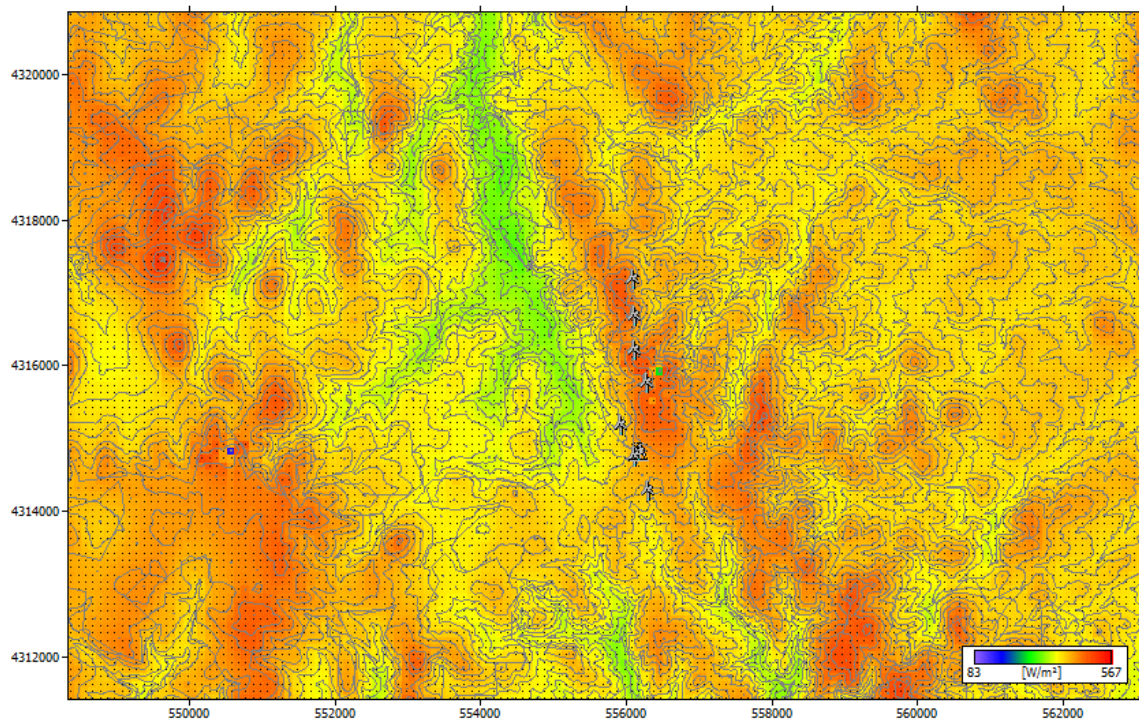


Figura 13: Mapa de Isoventas de densidad de potencia del emplazamiento

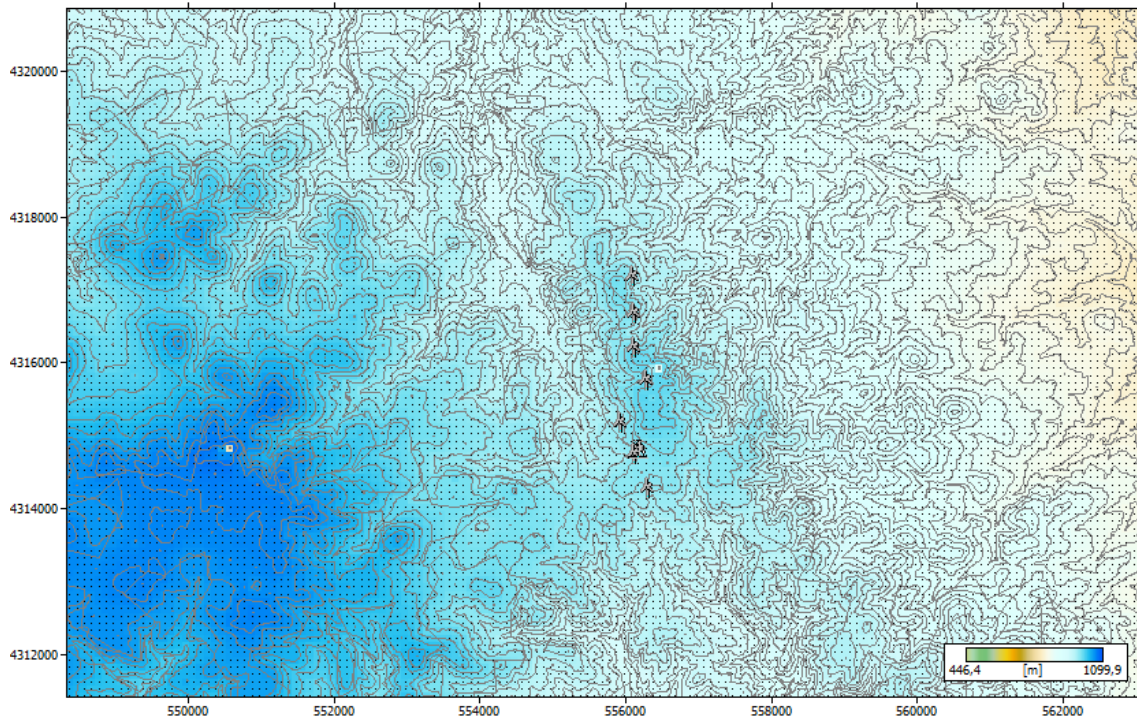


Figura 14: Mapa de Isoventas de elevaciones del emplazamiento

Como deducción a la vista de los mapas, las zonas de mayor potencial eólico corresponden con las de mayor altitud.

5.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EMPLAZAMIENTO: PRODUCCIÓN MEDIA ANUAL DE ENERGÍA

En el presente apartado también se ha realizado con el programa WASP, a partir de las hipótesis:

- Productividad de los aerogeneradores es del 100%
- Campo de viento en el emplazamiento de cada aerogenerador: parámetros de Weibull (A y C) más la frecuencia.
- Pérdidas de producción por efecto estela (modelo PARK del programa WASP 10.0)
- Curva de potencia de los aerogeneradores de Vestas V162-5,6MW para la densidad de 1,061.
- Altura de buje de los aerogeneradores: 119m.

Haciendo referencia a los conceptos que se indicarán a continuación:

- **Producción Libre**: producción bruta de cada aerogenerador considerándolo aislado
- **Producción Bruta**: producción bruta por aerogenerador considerando la interacción del resto de ellos por el efecto estela

- **Horas equivalentes:** tiempo equivalente anual de funcionamiento a potencia nominal con un 100% de productividad, y por tanto, sin considerar pérdidas de producción por mantenimiento y operación, pérdidas eléctricas etc.

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW							
Aero.	X_{UTM} [m]	Y_{UTM} [m]	Velocidad media a la altura de buje de 120m [m/s]	Producción Libre[MWh/año]	Producción Bruta [MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes
1	556.119	4.317.070	7,21	19.565	19.219	1,77	3432
2	556.126	4.316.581	7,25	19.602	19.082	2,65	3408
3	556.129	4.316.101	7,51	20.830	20.010	3,94	3573
4	556.299	4.315.652	7,41	20.375	19.634	3,64	3506
5	555.954	4.315.079	7,04	18.922	18.086	4,42	3230
6	556.136	4.314.633	7,14	19.286	18.249	5,38	3259
7	556.316	4.314.179	7,04	18.833	18.225	3,23	3254
Total			7,22	137.413	132.505	3,57	3380

Tabla 8: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW a la altura de buje de 119m

Para el cálculo de la energía media anual vertida a la red se han de tener en cuenta las pérdidas causadas por:

- Pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas (97%)
- Indisponibilidad de los aerogeneradores y de las instalaciones eléctricas (97%)
- Otras pérdidas como: contaminación ambiental, garantía de la curva de potencia, ajustes del modelo (incertidumbres del cálculo) (90%)

Con el cálculo de las pérdidas totales, la Producción Neta del parque será:

$$\text{Producción Vertida a la red} = 0,846 \times \text{Producción Bruta}$$

Ecuación 1: Expresión para el cálculo de la Producción media anual vertida a la red

Después de determinar la Producción Neta media anual vertida a la red, se calcula las horas equivalentes netas (tiempo medio de funcionamiento) teniendo en cuenta las posibles pérdidas mencionadas anteriormente. También se determina el factor de capacidad.

Parque Eólico "Pozo del Conde"								
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW								
nº aer os	Poten cia nomi nal [MW]	Potencia total instalada [MW]	Energía Libre [MWh /año]	Energía Bruta [MWh /año]	Energía Neta [MWh/año]	Pérdi das por efecto estela [%]	Horas equivalentes	Factor de capaci dad [%]
7	5,6	39,2	136.859	131.969	111.646	3,57	2848	32,51

Tabla 9: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"

6. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO

Las obras e instalaciones que se han realizado para la construcción del parque se describen y dimensionan a continuación.

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El parque eólico de 39,2 MW de potencia instalada estará formado por 7 aerogeneradores tripala de velocidad y paso variable cuya longitud es de 79,35m, potencia unitaria de 5,6MW del modelo Vestas V162. Cada aerogenerador estará distribuido con forme se ha especificado anteriormente en el término municipal de Lezuza, persiguiendo las zonas más elevadas del monte.

Las características de los aerogeneradores son:

Altura de la torre	119m
Torre tipo	Tubular
Diámetro del rotor	162m
Área de barrido	20611m ²
Dirección de giro	Agujas del reloj (vista frontal)
Velocidad de giro	4,3-12,1 rpm
Velocidad de arranque	3m/s
Longitud de las palas	79,35m
Material de las palas	Fibra de vidrio reforzado con resina epoxy

Tabla 10: Características generales del aerogenerador de Vestas

La tensión de salida de los aerogeneradores es de 720V, la cual se eleva a 30KV en el transformador de 7000KVA alojado en la góndola de la torre.

Los aerogeneradores se unirán entre si mediante líneas subterráneas y cabinas de entrada-salida formando dos líneas de 30 KV de generación. Estas líneas irán en las zanjas hasta la subestación eléctrica del parque.

La conexión con la red eléctrica española de transporte se realizará a través de una línea eléctrica aérea de 132KV que irá desde la subestación del parque de Pozo del Conde hasta la subestación propiedad de Iberdrola S.T. ALBACETE.

6.2 OBRA CIVIL

La obra civil que se diseña en este proyecto está formada por los siguientes componentes:

- Accesos y viales internos
- Cimentación de los aerogeneradores
- Zanjas para cables
- Canalizaciones para red de tierras

6.2.1 Características del emplazamiento

Pozo del Conde, como se ha mencionado anteriormente, está situado en el municipio de Lezuza, encontrándose a más de 2,5Km al norte de la localidad de Lezuza.

El entorno poligonal es irregular, con forma aproximadamente rectangular. El perímetro total del emplazamiento es de 9,1km, con una superficie de $3.51Km^2$. Se expone una figura con la forma del perímetro del emplazamiento:



Figura 15:Entorno poligonal del parque

El acceso al emplazamiento se realiza por la carretera AB-608 que comunica la localidad de Lezuza con la carretera nacional N-430. Entre el km 2 y 3 se toma un desvío por un vial existente, (el cual hay que reparar), y finalmente se accede al emplazamiento.

En el solar hay caminos existentes que se intentarán aprovechar para el diseño de los viales, (siempre que la orografía del terreno lo tolere).

6.2.2 Acceso al parque y sus viales internos

Acceso:

El acceso al parque se hará por un vial existente. Entre el km 2-3 de la carretera AB-608 hay un vial que da acceso a las distintas parcelas del monte. Este camino recorre las parcelas que se mencionan a continuación hasta llegar finalmente al parque.

Parcelas con el comienzo 2:43:0:79	
<i>Terminación:</i>	203
	209
	210
	208
	227
	237
Parcelas con el comienzo 2:43:0:83	
<i>Terminación:</i>	1
	2

Figura 16: Parcelarios que atraviesa el vial de acceso al parque eólico

El camino de acceso será reparado para los vehículos pesados que transporten los aerogeneradores. El vial de acceso se refleja en el plano nº5 “Parcelario y vial de acceso”.

Viales internos:

En el plano nº5 “Parcelario y vial de acceso” se indican los viales interiores.

Los viales han sido diseñados en base a los requisitos característicos de circulación de vehículos pesados y especiales. Además, se ha intentado adaptar los viales a la topografía para minimizar el movimiento de tierras.

Se calcula una longitud de 4.725,2m de viales nuevos que enlazan con caminos existentes. La longitud a reparar de los viales existentes es de 2.028m de longitud.

Las características geométricas de los viales:

- Calzada con sobreeanchos de las curvas cerradas en caso necesario
- Calzada con anchura útil entre aerogeneradores de 6m
- Radio de curva mínimo adoptado 35m
- Libre de obstáculos en curvas interiores y exteriores
- Pendiente máxima en viales 10%
- Pendiente máxima excepcional 14%
- Peso máximo no superior a 12 Toneladas

La sección de los viales estará compuesta por las siguientes capas:

- Subbase de 25cm de espesor consistente en un relleno de suelo seleccionado debidamente compactado al 95% del Proctor Modificado (PM).
- Una capa superior de rodadura de zahorra artificial, compactada al 98% PM de 25 cm de espesor.

6.2.3 Cimentación de los aerogeneradores

Las cimentaciones de los aerogeneradores estarán dimensionadas para soportar los esfuerzos provocados por el viento y por el funcionamiento de los mismos. Las cimentaciones se adaptarán a las características geotécnicas del terreno del emplazamiento.

El diseño mostrado en el plano n°7 "Cimentación de los aerogeneradores, geometría y dimensionamiento" es orientativo, ya que no se ha podido realizar un estudio geotécnico completo, además, el diseño por sí mismo supone un proyecto independiente.

El plano que se ha propuesto se ha basado en la hipótesis de ser terreno medio referido a la excavabilidad y capacidad portante.

6.2.4 Zanjas para cables

Los cables de media tensión (30KV) y fibra óptica se instalan enterrados en las zanjas. Las zanjas van conectando los aerogeneradores entre sí además de conectarlos con la subestación eléctrica. Además, transportan los cables de la red de tierra de cada aerogenerador.

El tipo de zanja, anchura y profundidad se ajustará a lo recogido por el reglamento eléctrico correspondiente. Posteriormente se rellenarán con las disposiciones de protección y señalización características del tipo de conducción eléctrica.

En el plano n°8 "Zanjas eléctricas" se han definido dos tipos de zanjas para el tendido de los cables de Media Tensión y para los de Fibra Óptica en función del número de cables que llevan incorporados.

En la tabla adjunta quedan definidas las zanjas a modo de resumen.

Tipo de Zanja	Número de cables		
	Media Tensión	Fibra Óptica	Cable de Tierras
Z-1A	1	1	1
Z-2B	2	2	1

Tabla 11: Resumen de las zanjas utilizadas en función del número de cables incorporados

6.2.5 Canalización para red de tierras

El conductor de tierras comienza en la virola (parte inferior del aerogenerador). La red está unida a todas las partes metálicas del aerogenerador, mallas metálicas de los cables armados y a los conductores de puestas a tierra.

La red de tierras debe estar diseñada para que en ningún punto de la instalación exista riesgo de estar sometido a tensiones peligrosas en caso de cualquier defecto de la instalación eléctrica o en la red unida a ella. (Remitirse al plano nº12 “Distribución General de Tierras”)

El conductor de la red canalizará por las zanjas eléctricas y en las cimentaciones de los aerogeneradores.

6.3 AEROGENERADOR VESTAS V162-5,6MW

Para la selección del aerogenerador, se hizo un estudio de la tecnología óptima para el presunto parque eólico (véase en el Anexo I, apartado 10.2). Se analizaron tres tipos distintos:

Tecnología del aerogenerador	Potencia unitaria (MW)	Producción Bruta [MWh/año]
General Electric G.E. 5,3MW-158	5,3	123.970
Vestas V162-5,6MW	5,6	132.505
Siemens SG 6,0-155	6	127.477

Tabla 12: Comparativa de diferentes tecnologías de aerogeneradores

A la vista de los resultados, se escogió la tecnología con mayor producción bruta, Vestas V162-5,6MW.

6.3.1 Características principales del generador

Las características técnicas del generador se presentan en forma de tabla:

Características técnicas del generador	
Tipo de generador	Generador síncrono de imanes permanentes
Potencia Nominal	5600KW
Frecuencia	0-138Hz
Tipo de enrollamiento	forma con impregnación presurizada en vacío
Sensor de temperatura	PT100 sensor localizado en los puntos calientes del estator
Conexión del estator	Estrella
Número de polos	36
Rango de velocidad de operación	0-460rpm
Clase de aislamiento	H
Grado de protección	IP54

Tabla 13: Características técnicas del generador

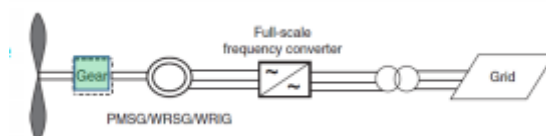


Figura 13: Esquema de máquina síncrona de un aerogenerador conectado a la red. Fuente: ICAI

6.3.2 Convertidor

El generador síncrono se conecta a la red a través de un convertidor cuya función es independizar la frecuencia de la red de la frecuencia del generador y poder trabajar a velocidad variable. Además, controla la potencia reactiva conectada a la red.

El convertidor para el generador seleccionado es full-converter, es decir, convierte toda la potencia proveniente del generador. El convertidor controla el generador y la potencia entregada a la red. Está compuesto por cuatro convertidores en el lado del generador y cuatro en el lado de la línea que funcionan en paralelo con un controlador común.

El convertidor controla la conexión de corriente AC de frecuencia variable del generador en potencia de frecuencia fija (50Hz) de AC con la potencia activa y reactiva deseadas.

El convertidor está situado en la góndola.

Las características técnicas se muestran a continuación:

Características técnicas del convertidor	
Potencia Aparente Nominal	6200kVA
Tensión Nominal de Red	3x720 V
Tensión Nominal del Generador	3x800 V
Intensidad Nominal	500A
Grado de protección	IP54

Tabla 14: Características técnicas del convertidor

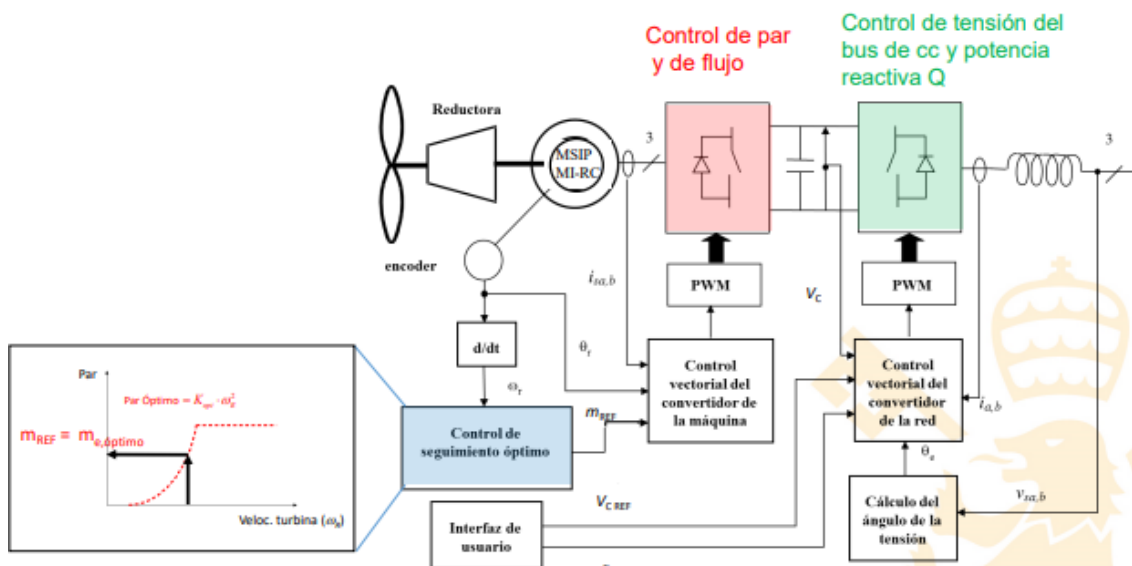


Figura 17: Esquema general de un aerogenerador síncrono de imanes permanentes con convertidor full-converter. Fuente: ICAI

6.3.3 Curva de potencia del aerogenerador

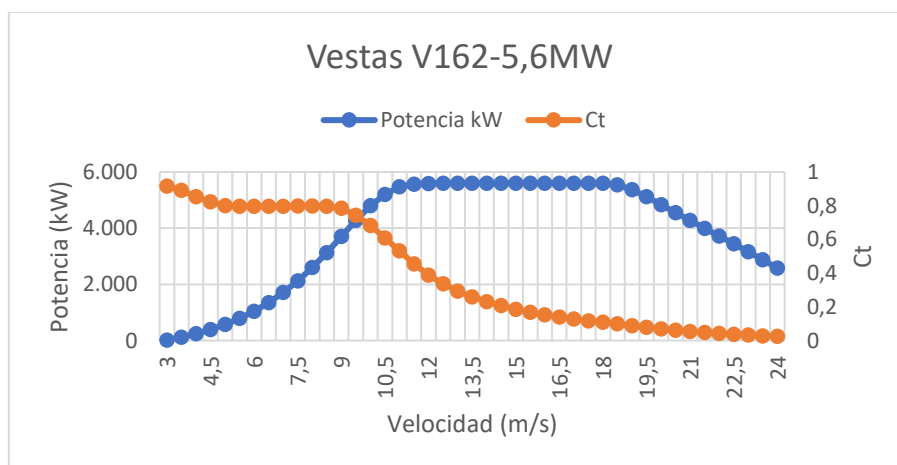


Figura 18: Curva de potencia y coeficiente de empuje

Velocidad m/s	Potencia kW	Ct (coeficiente de empuje)
3	15,44	0,915
3,5	112,20	0,892
4	238,52	0,854
4,5	390,84	0,822
5	569,60	0,801
5,5	784,24	0,797
6	1.043,88	0,797
6,5	1.351,96	0,797
7	1.712,92	0,796
7,5	2.126,88	0,799
8	2.598,72	0,799
8,5	3.128,00	0,796
9	3.702,84	0,784
9,5	4.274,16	0,742
10	4.801,76	0,683
10,5	5.203,32	0,609
11	5.470,12	0,532
11,5	5.561,08	0,453
12	5.589,88	0,388
12,5	5.598,00	0,336
13	5.600,00	0,293

Velocidad m/s	Potencia kW	Ct (coeficiente de empuje)
13,5	5.600,00	0,259
14	5.600,00	0,231
14,5	5.600,00	0,207
15	5.600,00	0,185
15,5	5.600,00	0,168
16	5.600,00	0,153
16,5	5.600,00	0,139
17	5.600,00	0,127
17,5	5.600,00	0,117
18	5.598,00	0,108
18,5	5.545,76	0,099
19	5.370,08	0,088
19,5	5.114,40	0,078
20	4.831,96	0,069
20,5	4.552,96	0,061
21	4.275,52	0,054
21,5	3.992,08	0,048
22	3.718,08	0,041
22,5	3.440,08	0,037
23	3.159,52	0,033
23,5	2.874,64	0,028
24	2.575,64	0,025

Tabla 15: Tabulación de la curva de potencia y del coeficiente de empuje

6.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica del parque eólico del presente proyecto comprende los sistemas de media y baja tensión con su correspondiente cableado hasta llegar a la subestación del parque. La instalación comienza en los aerogeneradores, donde se produce la generación de la energía (en este punto se pasa de baja a media tensión) hasta la energía que llega al transformador de la subestación del parque de 132/30KV. En dicha subestación¹ se deberá elevar la tensión a 132KV (alta tensión). Desde la subestación saldría una línea eléctrica que se conectaría con la subestación S.T Albacete.

Las instalaciones de Media y Baja tensión se describen en base a las normas, reglamentos y disposiciones legales vigentes.

¹ La subestación del parque no se desarrolla en este proyecto debido a su extensión, ya que albergaría a un TFM no un TFG

6.4.1 Sistema de Media Tensión (M.T.)

En este apartado se describe la instalación de Media Tensión albergada en el interior de cada aerogenerador.

El sistema de media tensión comienza en los centros de transformación 0,720/30KV situados en el interior de los aerogeneradores. En este punto se eleva la tensión de 720V a 30KV para transportar la energía producida minimizando las pérdidas.

Los aerogeneradores se van conectando unos con otros por medio de las cabinas de interconexión. Todas las cabinas se instalarán dentro de cada aerogenerador.

En el parque se distinguen dos líneas de 30 KV que se unen en el edificio de control.

Circuito	Nº de aerogenerador
Circuito I	1,2,3,4
Circuito II	5,6,7

Tabla 16: Circuitos que componen el sistema de Media Tensión

Ambos circuitos se representan en el plano *nº 9 “Unifilar general del parque eólico”*.

Las líneas se conectan a las barras de 30KV por medio de un interruptor automático y un seccionador hasta llegar al transformador de potencia.

6.4.1.1 Centros de Transformación (C.T.)

En el interior de cada torre se instalará un Centro de Transformación (véase en el plano *nº 9 “Unifilar general del parque eólico”* y *nº10 “Esquema unifilar general del centro de transformación de los aerogeneradores”*) formado por un transformador, celda de protección del transformador, celda de protección general, de entrada y salida de líneas y conexiones.

- **Transformador**

El transformador trifásico se encuentra en una habitación cerrada por separado en la parte posterior de la góndola. Está diseñado de acuerdo con las normas IEC.

A continuación, se exponen las características principales:

Descripción	Transformador sumergido de aceite
Disposición	3 fases
Método de refrigeración	KF/WF
Potencia nominal	7000KVA
Frecuencia	50HZ
Tipo de conexión	Dyn11
Tensión devanado de BT	0,720KV
Tensión devanado de MT	30KV
Cambiador de tomas en vacío	$\pm 2,5 \pm 5\%$
Nivel de aislamiento BT	1,1KV
Nivel de aislamiento MT	36KV
Corriente en vacío	0,50%
Pérdidas en vacío	3,5KW
Pérdidas en carga A 75°C	$\leq 61,73KW$
Protecciones	Descargadores de sobretensiones conectados en el pasatapas de alta tensión
Peso	$\leq 11000kg$

Tabla 17: Características técnicas del transformador trifásico de 7000KVA y relación de 30/0,72KV instalado en cada aerogenerador

En resumen, la relación de transformación será $20 \pm 2,5 \pm 5\% / 0,72KV$, con grupo de conexión Dyn11 de 7000KVA de potencia nominal y tensión de aislamiento de 36KV.

▪ Celdas de Media Tensión aerogenerador

Las celdas de media tensión se conectan en el lado de media tensión del transformador para aislar o proteger a la línea de generación y al transformador en caso de fallo o problema en algún equipo aguas abajo.

En los centros de transformación tendremos dos tipos distintos de celdas:

- ❖ Celdas de remonte y de protección.
Estas celdas estarán en los aerogeneradores **1 y 7**, los aerogeneradores de final de línea no disponen de celdas de línea ya que no necesitan proteger a un aerogenerador aguas abajo.
- ❖ Celdas de remonte, protección y de línea
Situadas en el resto de aerogeneradores.

Las cabinas estarán en el interior de los aerogeneradores y serán prefabricadas, de tipo GIS y con aislamiento SF6.

Las características de las cabinas son las siguientes:

Tensión máxima	36KV
Tensión nominal	30kV
Intensidad nominal	630A
Frecuencia	50Hz
Duración nominal de cortocircuito	1s
Intensidad de cortocircuito	16KA

Tabla 18: Características técnicas de las cabinas de media tensión

A continuación, se indica la aparamenta de cada tipo de celda:

- Cabinas de remonte:
 - Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión
 - Indicadores capacitivos de presencia de tensión
- Cabinas de protección del transformador:
 - Interruptor automático
 - Relé de protección (50-51 y 50N-51N)
 - Interruptor-seccionador con tres posiciones (conectado, seccionado y puesta a tierra)
 - Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión.
- Cabinas de línea:
 - Interruptor-seccionador (corte en carga)
 - Seccionador de puesta a tierra
 - Salida de cables con pasatapas a bornes de conexión

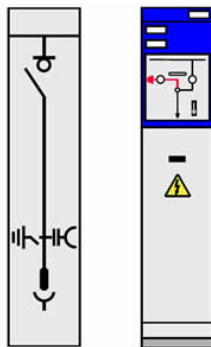


Figura 19: Cabina de línea

Fuente. IDI02.-Centros Transformación.

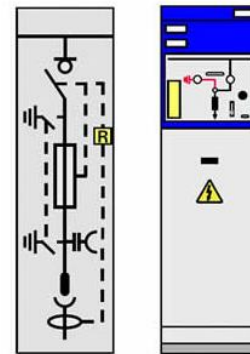


Figura 20: Cabina de protección del transformador

Fuente. IDI02.-Centros Transformación

Aparamenta celdas MT aerogenerador

- Seccionador:
 - Aisla tramos del circuito de forma visible.
 - En posición de abierto asegura las distancias de aislamiento especificadas para la tensión nominal de 30KV.
 - El montaje debe de ser tal que impida maniobras imprevistas.
- Seccionador de Puestas a tierra:
 - Pone a tierra partes de la instalación.
 - No previsto para soportar las corrientes de servicio nominales del circuito.

- Está enclavado con el seccionador
- Interruptor-seccionador
 - Sirve para proteger la línea y desconectar en carga. En abierto actúa como un seccionador.
 - Debe estar diseñado para la intensidad nominal de 630A y 30KV
 - Debe poder interrumpir corrientes de 16KA

Embarrado general

El embarrado está diseñado para soportar la intensidad nominal, las intensidades térmicas y dinámicas:

Intensidad nominal	400A
Valor de cresta	40KA
Duración nominal de cortocircuito	1s
Intensidad de cortocircuito	16KA

Tabla 19: Embarrado general de las celdas de media tensión de los aerogeneradores

▪ **Celdas de Media Tensión en la subestación**

En el proyecto hay dos circuitos de generación que se conectan al embarrado de 30KV. El primer circuito, mencionado con anterioridad está compuesto por los aerogeneradores 1,2,3 y 4 y el segundo circuito está compuesto por los aerogeneradores 5,6 y 7.

Estos dos circuitos están protegidos por celdas de la acometida (misma función que las celdas de cada aerogenerador), en concreto una celda por cada circuito.

Aparamenta celdas MT en la subestación:

- Interruptor automático:
 - Se activa en condiciones de carga y cortocircuito.
 - Debe de cumplir las mismas condiciones de trabajo que el interruptor
 - Debe de ser capaz de interrumpir o establecer automáticamente intensidades anormales elevadas.
 - La tensión de aislamiento será de 36KV, intensidad nominal 630A y poder de corte de 25KA
- Seccionador de Puestas a tierra:
 - Mencionado anteriormente

▪ **Conexión con los cables**

Las salidas al transformador o celdas se realizan mediante cables. Los cables se unen con los pasatapas con terminales enchufables de conexión reforzada y apantallados.

6.4.1.2 Cables de Media Tensión y Fibra óptica

Los cables de media tensión transportan la energía desde las celdas hasta la subestación a una tensión nominal de 30KV.

Los conductores y la fibra óptica irán canalizadas por las zanjas eléctricas mencionadas con anterioridad.

- **Conductores de las celdas a barra de 30KV**

Denominación	RHZ1-OL
Tipo de conductor	Unipolar
Sección	3x(1x240) y 3x(1x400) mm ²
Material del conductor	aluminio
Nivel de aislamiento	18/30KV
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Malla de Cu
Cubierta	Polioléfina
Cubierta de armadura	Polietileno

Tabla 20: Características técnicas conductores de celdas a barras de 30KV

- **Fibra óptica**

La función que desempeña la fibra óptica es transmitir las señales de las variables leídas en el sistema de control de cada aerogenerador y transmitir las al ordenador del edificio de control.

El tipo de fibra que se usará será multimodo, ya que las distancias son inferiores a 2Km y son más económicas que las monomodo.

Se usarán 8 fibras para mejorar el retardo de modo diferencial, ya que tiene múltiples longitudes de onda de luz.

El esquema de conexión se refleja en el plano nº 11 “Esquema de interconexión de la fibra óptica”

Tipo de fibra	Multimodo 50/125 μ m
Numero de fibras	8
Construcción	Recubrimiento ajustado
Cubierta interna	Polietileno
Armadura	Acero corrugado
Cubierta externa	Polietileno

Tabla 21: Características técnicas fibra óptica

6.4.2 Sistema de Baja Tensión (B.T.)

El sistema de Baja Tensión está comprendido por los elementos que están a una tensión inferior o igual a 1KV.

En este apartado se describe la instalación eléctrica de baja tensión dentro de los aerogeneradores.

6.4.2.1 Circuito principal

El generador se conecta a un convertidor de cuatro módulos en paralelo, para que en caso de fallo de uno de los módulos, la unidad se desconecte y el aerogenerador pueda seguir operando.

6.4.2.2 Sistemas auxiliares

Esta alimentación se realiza por medio de un transformador de 720/400V ubicado en la góndola. El transformador conecta los sistemas de B.T. con el circuito principal del aerogenerador.

A partir del transformador se alimentan todos los consumos del aerogenerador por medio del cuadro de baja tensión.

Algunos elementos se conectan directamente a 400V trifásicos como los ventiladores, y otros a 230 monofásicos como el alumbrado y elementos de fuerza. También se conectan elementos de control y señales en continua a 24V.

Todos los elementos conectados en B.T. contarán con sus correspondientes protecciones magnetotérmicas y diferenciales de sensibilidad 300mA para fuerza y 30mA para alumbrado.

6.4.2.3 Red de Puesta a Tierra

La función de esta red es forzar la derivación al terreno de las intensidades de corriente de cualquier naturaleza, logrando limitar la diferencial de potencial, la detección de defectos a tierra y asegurar la coordinación de las protecciones, limitar las sobretensiones internas y proteger a las personas.

La instalación unirá todos los aerogeneradores mediante un cable de 95mm² de cobre desnudo formando un anillo. El conductor dispondrá de picas que perforen el terreno. Este cable circulará junto con los cables de M.T. por las zanjas eléctricas.

En cada cimentación de los aerogeneradores se construirá una red de tierras que se conectará con la red de tierras general del parque (plano nº 12 “Distribución general de

tierras del parque eólico”) a la que se conectará a la zapata para obtener una resistencia a tierra menor de 10Ω .

En cada aerogenerador se deberá poder medir las tensiones de paso y contacto de forma independiente.

La puesta a tierra de cada aerogenerador tendrá:

- **Tierra de Protecciones**
A esta tierra se conectarán todas las carcassas metálicas de la instalación que pudieran estar en tensión por cualquier problema o avería.
- **Tierra de Servicio**
El neutro de la estrella de B.T. del transformador se conectará a tierra en cada C.T. en la toma de tierra de la góndola. Ésta toma se unirá a la tierra de servicio, la cual conecta a tierra las celdas de media tensión, herrajes, cuadros eléctricos etc.

Ambas tierras se unirán en la virola para después conectarse con la puesta a tierra general.

6.4.3 Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV

La subestación es una instalación donde se transforma la energía procedente de las líneas de media tensión de la generación mediante un transformador de potencia.

Dentro del edificio de control se sitúa el sistema de media tensión de la subestación y fuera del edificio (a intemperie) se encontrará el sistema de alta tensión donde se ubicará el transformador de potencia.

La parte de del sistema de media tensión se encuentra a 30KV (misma tensión que la línea de generación). El embarrado estará compuesto por celdas de protección para conectar las líneas de generación. El embarrado dispondrá también de una salida para el transformador de servicios auxiliares y una cabina de salida para el transformador elevador de la subestación.

El esquema de conexión se refleja en el plano nº13 “Unifilar general de la subestación 30KV”.

6.4.3.1 Transformador de Servicios Auxiliares SSAA.

El transformador alimenta en baja tensión a elementos de servicio como refrigeración, protección, control y filtrado.

El transformador estará situado en el interior del edificio de control en un lugar específico. Estará separado de la apartamenta de media y baja tensión por reja metálica de protección y será refrigerado en aceite tipo ONAN.

Tipo	trifásico
Potencia nominal	100kVA
Tensión nominal de alta	30KV
Tensión nominal de baja	400V
Tensión de asilamiento	36KV
Grupo de conexión	Dyn11
Tensión de cortocircuito	4%
Cambiador de tomas en vacío	$\pm 2,5 \pm 5\%$
Pérdidas en vacío	320W

Tabla 22: Características técnicas del transformador de SSAA

El transformador estará protegido contra sobrepresiones y sobretensiones con un relé tipo DGPT2 que producirá alarma y disparo en la cabina de protección.

6.4.3.2 Celdas de Media Tensión

El elemento principal del aparellaje son las celdas de media tensión. La función que desempeñan es la de recoger y proteger las líneas de generación.

Las características de las celdas son:

Tipo	encapsulado metálico
Aislamiento	SF6
Tensión nominal	30KV
Tensión máxima	36KV
Intensidad nominal	630A
Intensidad de corto	25KA

Tabla 23: Características técnicas de las celdas de M.T

El aparellaje con el que va caracterizado cada tipo de celda es:

Celda de salida de línea:

- 1 Interruptor automático
- 3 Transformador de intensidad toroidal
- 3 Seccionador de puesta a tierra

Celda de medida:

- 3 Transformadores de intensidad
- 3 Transformadores de tensión
- 1 Resistencia antiferro-resonante 14Ω y 900W

Celda de protección del transformador de SSAA.:

- 1 Interruptor-seccionador trifásico de 36KV, intensidad nominal de 200A
- 3 Fusibles (uno por cada fase para protección contra cortocircuitos). Intensidad 10A
- 2 Seccionadores trifásicos de puesta a tierra

Celda de conexión al transformador de potencia

- 1 Interruptor automático
- 3 Transformador de intensidad
- 1 Seccionador de puesta a tierra

Las características del aparellaje mencionado para las celdas son:

- Interruptor

Tensión nominal	36KV
Intensidad nominal de línea de la acometida	630A
Intensidad nominal lado de media tensión del transformador	1250A
Poder de corte	25KA
Aislamiento	SF6
Tipo	Fijo con corte en vacío

Tabla 24: Características técnicas del interruptor

- Transformador de intensidad

Relación de transformación		300/5-5A 400/5-5A
Potencia y clase	Primer núcleo (medida)	10VA CI. 0,5
	Segundo núcleo (protección)	10VA CI 5P20
Tensión nominal de aislamiento		36KV

Tabla 25: Características técnicas del transformador de intensidad

- Transformador de tensión

Relación de transformación		30000: $\sqrt{3}$ / 110 : $\sqrt{3}$ - 110 : $\sqrt{3}$ -110:3 V
Potencia y clase	Primer núcleo(protección)	30VA CI. 3P
	Segundo núcleo(medida)	30VA CI. 0,5
	Tercer núcleo(protección)	50VA CI 3P
Tensión máxima de servicio		36KV
Factor de tensión en permanencia		1,2

Tabla 26: Características técnicas del transformador de tensión

6.4.3.3 Baterías de condensadores

Las baterías de condensadores regulan la energía reactiva de las líneas para que el factor de potencia sea alrededor de uno.

Con un analizador de redes se medirá en condiciones normales de operación el factor de potencia de la línea. En función del resultado se escogerá una batería de condensadores de menor o mayor potencia.

6.4.3.4 Protecciones y medida

Las protecciones que tendrá la subestación serán:

- Protección contra sobreintensidad: 50/51/50N/51N/67N (tiempo instantáneo, inverso, instantáneo a tierra, inverso a tierra direccional de neutro). Estas protecciones estarán tanto en las líneas como en el transformador.
- Protección de reenganche en c.a. y enclavamiento de un interruptor: 79
- Protección contra sobretensiones de neutro: 59N
- Protección diferencial del transformador: 87T

Los transformadores de las líneas serán toroidales para mejorar la sensibilidad de la protección 67N.

Los elementos de medida serán los transformadores de intensidad y de tensión mencionados anteriormente.

6.4.3.5 Cuadro de Servicios Auxiliares SSAA

Se instalarán fuentes de alimentación de corriente continua y de alterna para los elementos de protección, control y medida.

Se dispondrá un cuadro de distribución de corriente alterna de 400V que alimentará al cargador- batería y al cuadro de alumbrado y fuerza

Para la corriente continua se dispondrá de otro cuadro a una tensión de 125V mediante un cargador-batería para alimentar a equipos de control, protecciones y medida.

6.4.3.6 Telemando y teleseñal

El sistema integrado de control y protección se dispondrá de la siguiente manera:

Un armario central ubicado en el edificio de control.

Las UCP (Unidad de Control de Posición) se instalarán en los armarios de posición de la subestación.

Se instalará un SCADA de subestación situado en en el edificio de control para telemando y teleseñal de los equipos.

7. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

Las energías renovables cada vez son más importantes en nuestra sociedad. La energía eólica es una oportunidad en inversión, crecimiento económico y creación de empleos. Además, es primordial para la sostenibilidad del planeta ya que reducimos las emisiones de CO₂ al usar recursos renovables en vez de combustibles fósiles.

Reduciendo las emisiones de sustancias contaminantes y producciones de residuos tóxicos y radioactivos, se ahorraría en costes relacionados con catástrofes climáticas y de salud.

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de esta energía proporciona empleos directos e indirectos. La creación de parques y su posterior mantenimiento requiere el uso de nuevos empleos. En el caso de este proyecto, se potenciará al máximo los recursos locales de la zona por medio de subcontratos y acuerdos con empresas implantadas en la zona.

Pozo del Conde requiere a 300 personas al año durante el proceso de ingeniería, montaje, instalaciones y puestas en marcha. Al finalizar la creación del parque se necesitarán 3 empleados para el mantenimiento, gestión y operación.

8. AHORRO Y CONTAMINACIÓN EVITADA

La energía producida por una fuente renovable como es el viento supone un ahorro de energía por combustible fósil.

La Asociación Empresarial Eólica (AEE) ha calculado que la energía eólica evita 26 millones de toneladas de CO₂/año. También estima que entre 2021-2030, la eólica evitará 490 millones de toneladas de CO₂ [10].

El consumo de energías primarias en 2020 y en 2019 fue:

Millones de TCO ₂	2020	2019
Fuel y gas	4,05	4,57
Carbón	4,8	15,10
Cogeneración	10	10,88
Ciclos combinados	17,15	18,58
Total	36,1	49,7

Tabla 27: Consumo de energías primarias en millones de toneladas de CO₂ [11] [12]

En el periodo de 2013 a 2018 se produjeron de media 69,2 millones de toneladas de CO₂.

En los años de 2020 y 2019, comparados frente a los años de 2013-2018, se ha logrado disminuir las emisiones de CO₂. Sin embargo, estos resultados se deben de reducir más para cumplir con los objetivos de la Unión Europea.

Para reducir estos elevados consumos de materia se deben crear más centrales de energías renovables.

9. PRESUPUESTO DE LAS INSTALACIONES PROYECTADAS

Este punto contiene el resumen del Documento 4:” Presupuesto de ejecución del parque Pozo del Conde”

El presupuesto de la inversión material asciende a una cantidad de:

Treinta y tres millones, treinta y uno mil seiscientos cuarenta y seis con treinta y seis euros (33.031.646,36€)

Presupuesto Pozo del Conde	
• Obra Civil:	
Parque Eólico	1.443.991,31
Edificio de Control	140.000,00
• Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
Conductores y puesta a tierra	160.013,53
Subestación 30 kV	150.955,18
Cabinas de MT 30 kV	102.578,00
• Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
Tendido de cables	43.000,00
Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV	79.000,00
• Aerogeneradores:	
Aerogeneradores	25.480.000,00
• Ingeniería y Dirección de Obra	
Ingeniería del Parque Eólico	94.091,00
Dirección facultativa de la obra	50.000,00
• Varios	
	14.057,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	
- 16 % Gastos Generales	4.441.229,76
- 3 % Beneficio Industrial	832.730,58
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	
	33.031.646,36

10. ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE VIABILIDAD

En este estudio se calcula la rentabilidad del proyecto (VAN, TIR y PR) partiendo del coste fijo (la inversión total del proyecto, siendo ésta la suma de la inversión material del proyecto (33.031.646,36€) y los gastos de desarrollo y costes de interconexión (1.100.000€)) y costes variables (gastos de explotación) y los ingresos obtenidos por la producción de energía eléctrica durante los 20 años de vida útil del parque.

El estudio se ha realizado con una amortización de 19 años y un precio de venta de la energía producida de 4,35c€/KWh.

Además, se realiza un estudio de sensibilidad de la rentabilidad del parque frente a la inversión, horas de funcionamiento y precio de venta de la electricidad.

En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos del VAN, TIR y Periodo de Retorno del proyecto:

	TIR (%)	VAN (k€) (5,00%)	PRS(Años)
Proyecto Antes de Impuestos:	9,92	15.595	8,72
Proyecto Después de Impuestos:	6,92	5.736	10,79
Accionista:	8,67	7.604	17,47

Tabla 28: Resultados del Estudio de Viabilidad Económica

12. CONCLUSIÓN

Analizando los resultados expuestos en el estudio técnico de viabilidad económica, se concluye que el parque eólico en Lezuza es viable desde el punto de vista económico.

Por otra parte, analizando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), este proyecto cumple con cinco objetivos:

1. Energía asequible y no contaminante

Con el presente proyecto se evita reducir el uso de fuentes de materia prima contaminantes para la obtención de energía eléctrica. (Véase en el punto 8 Ahorro y contaminación evitada)

2. Trabajo decente y crecimiento económico

El proyecto creará nuevos puestos de trabajo. (Véase en el punto 7 Aspectos socio-económicos)

3. Industria, innovación e infraestructura

Este proyecto no es solo una empresa de generación de electricidad más. Un parque eólico es una inversión en investigación, en intentar mejorar el rendimiento de los aerogeneradores, alargar más la vida útil del parque etc

La industrialización, innovación e infraestructura son claves para mejorar o dar solución con los problemas ambientales, mejorar la economía y ayudar al comercio.

4. Ciudades y comunidades sostenibles

Con la creación del parque eólico en la localidad de Lezuza se conseguirá reducir el impacto ambiental negativo del pueblo. Se promoverá el uso eficiente de los recursos, además de mejorar la seguridad vial, en particular se mejorarán las carreteras cercanas al parque y sus accesos.

5. Acción por el cambio climático

El cambio climático afecta a todos por igual, es un problema mundial. Si se quiere mejorar el planeta se debe de reducir las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero.

Fomentar la energía eólica como medio de obtención de energía renovable es una solución para combatir estos efectos y mejorar el planeta.

13. HERRAMIENTAS

Para el desarrollo de este documento se ha requerido el uso de los siguientes programas:

- **Windographer.** Este programa se ha usado para la caracterización del viento a largo plazo realizando un estudio estadístico descriptivo de los datos del viento.
- **WasP 10.** Se ha requerido para la simulación de campos de viento, además de la evaluación y mejora del modelo para la obtención de producción de energía eléctrica.
- **Excell.** Utilizado para los cálculos de caída de tensión, cálculos de cortocircuitos, presupuesto y estudio de viabilidad económica.
- **Autocad.** Este programa se ha utilizado para la creación de los planos.

14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. L. M. A. A. C. M. Á. F. J. M. M. J. M. J. M. J. MUÑOZ, «Con el Viento a favor,» Fundación ESTEYCO, 2015, p. 145.
- [2] R. L. M. A. A. C. M. Á. F. J. M. M. J. M. J. M. J. MUÑOZ, «Con el Viento a favor,» Fundación ESTEYCO, 2015, pp. 88-101 .
- [3] «Global Wind Energy Council GWEC,» 2019. [En línea]. Available: <https://gwec.net/global-wind-report-2019/> .
- [4] «Asociación Empresarial Eólica AEE,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/potencia-instalada-y-generacion>.
- [5] Asociación Empresarial Eólica, «Anuario eólico 2020, La voz del sector,» Enérgya. VM, 2020.
- [6] «Estudio Ambiental Estratégico Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030,» 20 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/participacion-publica/eae-pniec.aspx> . [Último acceso: 17 10 2020].
- [7] «Asociación Empresarial Eólica AEE,» 14 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.aeeolica.org/comunicacion/la-actualidad-eolica/4309-el-idae-destina-181-millones-en-ayudas-para-financiar-proyectos-renovables-innovadores-en-andalucia-asturias-castila-la-mancha-cataluna-extremadura-madrid-y-murcia>. [Último acceso: 17 10 2020].
- [8] «Comisión Europea, Acción por el Clima,» 2020. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es#:~:text=El%20paquete%20de%20medidas%20de,clim%C3%A1ticos%20y%20asumidos%20para%202020.&text=un%20reducci%C3%B3n%20del%2020%25%20de,UE%20procedente%20de%20fuentes%20renovables. [Último acceso: 02 06 2021].

- [9] «Comisión Europea, Pacto Verde Europeo,» 2019. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es. [Último acceso: 02 06 2021].
- [10] «Asociación Empresarial Eólica AEE,» 05 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.aeolica.org/comunicacion/la-actualidad-eolica/3964-eolica-potencial-cambio-climatico>. [Último acceso: 2021].
- [11] R. Roca, «El sistema eléctrico español en 2020, el más limpio de su historia gracias al cierre de las centrales térmicas de carbón,» *El periódico de la energía*, 04 01 2021.
- [12] R. Roca, «Los ciclos combinados ya emiten más CO2 que el carbón en España,» *El periódico de la energía*, 26 08 2019.
- [13] «Marco Legislativo 2030. El paquete de invierno,» 21 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/marco-legislativo-2030-el-paquete-de-invierno>. [Último acceso: 17 10 2020].
- [14] «IDI02.- Componentes de los Centros de Transformación,» [En línea]. Available: https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/IDI/IDI02/es_IEA_IDI02_Contenidos/website_index.html. [Último acceso: 2021].

Documento 2: Planos

Índice:

1. Localización del emplazamiento
2. Emplazamiento sobre ortofoto
3. Emplazamiento sobre la topografía
4. Emplazamiento sobre curvas de nivel
5. Parcelario y vial de acceso
6. Viales tipo
7. Cimentación de los aerogeneradores, geometría y dimensionamiento
8. Zanjas eléctricas
9. Unifilar general del parque eólico
10. Unifilar del Centro de Transformación de los aerogeneradores
11. Esquema de interconexión de fibra óptica
12. Distribución general de tierras del parque eólico
13. Unifilar general de la subestación 30KV

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F

A

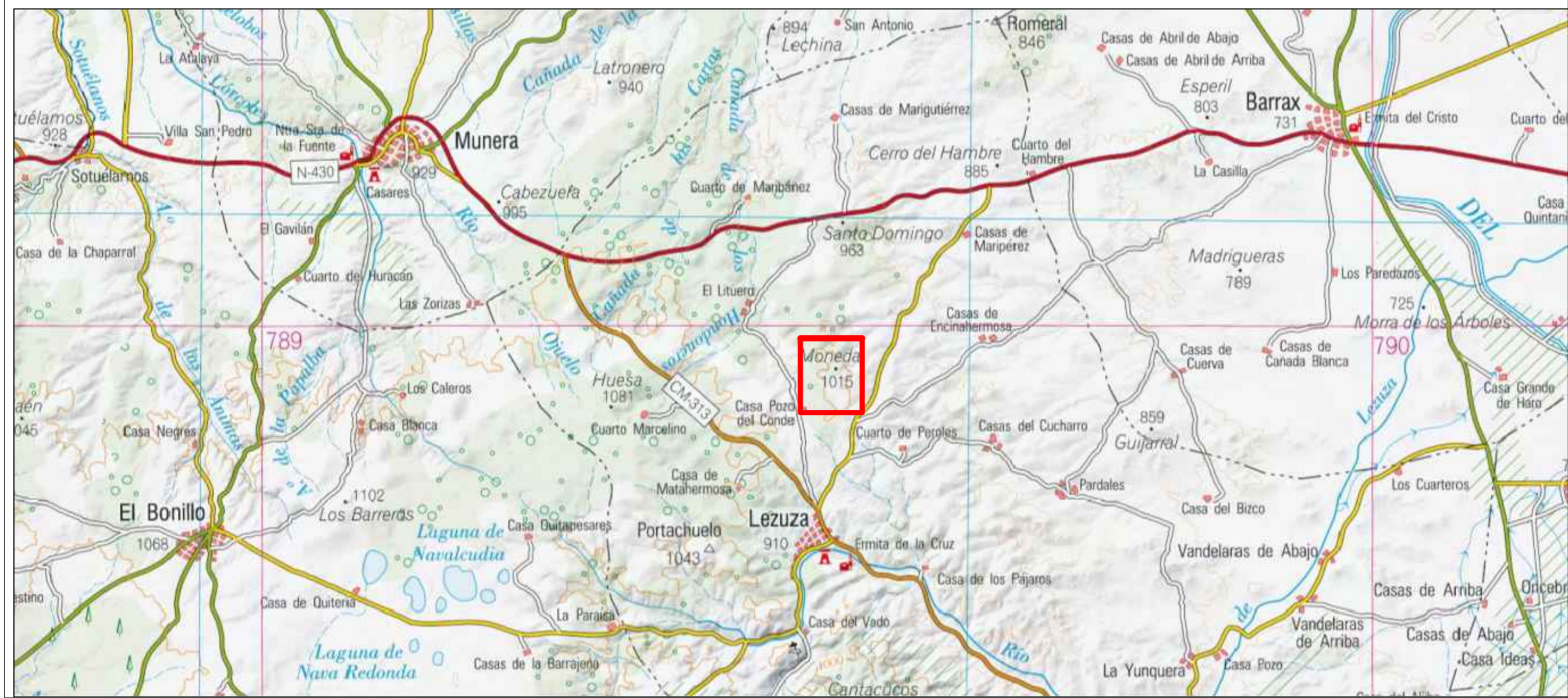
B

C

D

E

F



Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 30/01/2021	ESCALA: -
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: LOCALIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 1

1

2

3

4

5

6

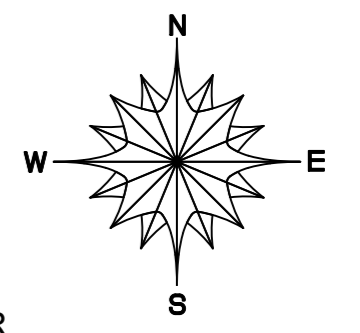
7

8



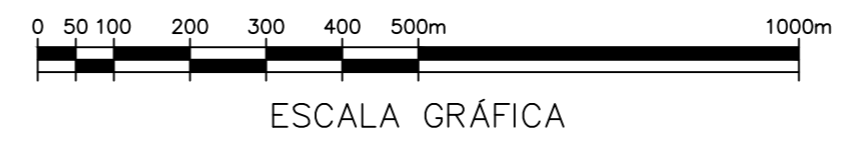
COORDENADAS DEL ENTORNO POLIGONAL (UTM HUSO 30)		
VÉRTICE DEL POLIGONO	XUTM	YUTM
V1	555660	4317298
V2	556288	4317398
V3	556978	4314769
V4	556807	4314368
V5	556783	4313950
V6	555620	4314011
V7	555342	4315369
V8	555965	4315791

COORDENADAS DE LOS AEROGENERADORES (UTM HUSO 30)		
AEROGENERADOR	XUTM	YUTM
1	556119,04	4317070,21
2	556126	4316581
3	556129	4316101
4	556299	4315652
5	555954	4315079
6	556136	4314633
7	556316	4314179

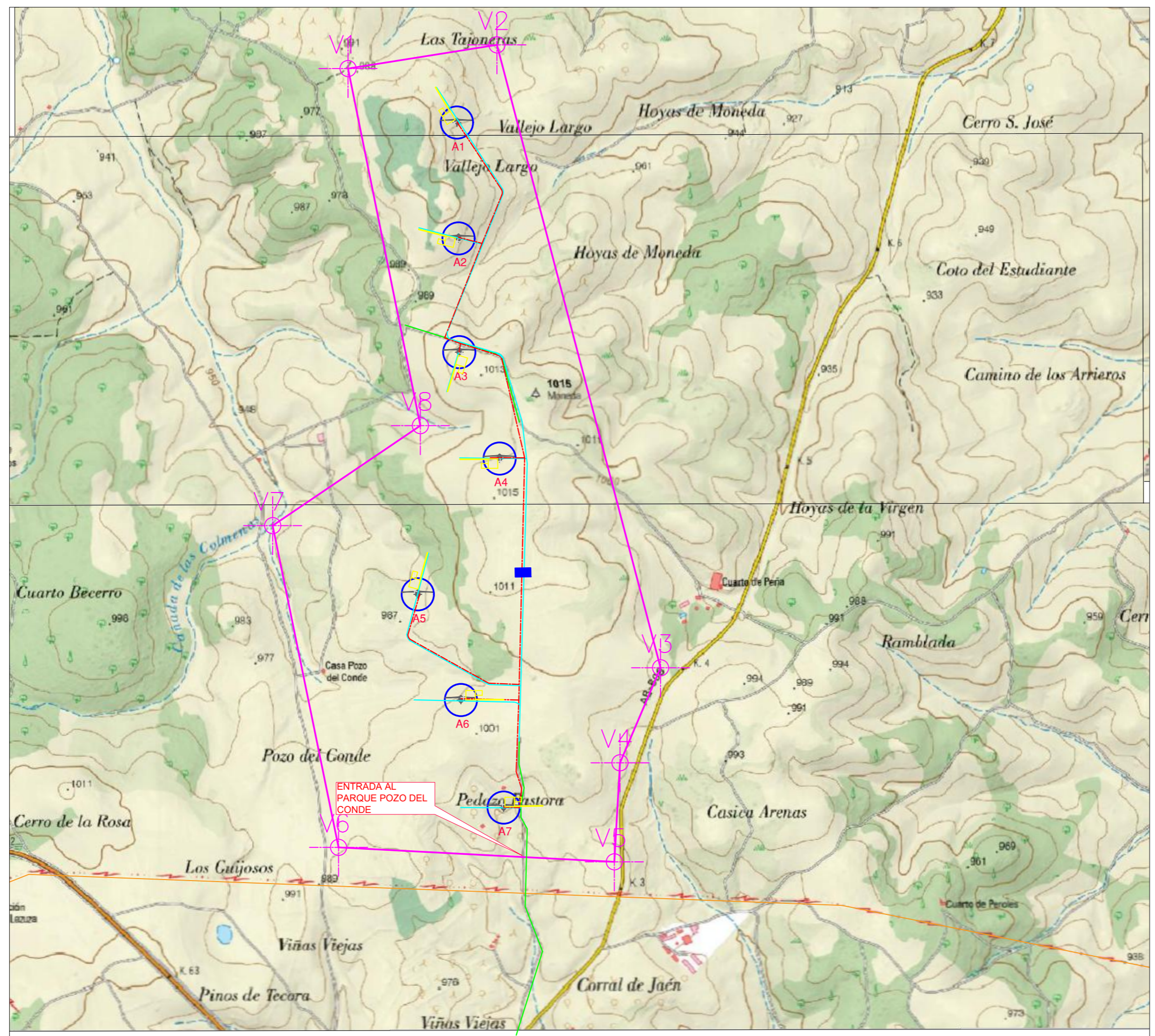


LEYENDA:

- ENTORNO POLIGONAL
- VIAL EXISTENTE A REPARAR
- VIAL NUEVO
- - - ZANJA DE CABLES ELÉCTRICOS
- RED ELÉCTRICA AÉREA EXISTENTE
- AEROGENERADOR
- EDIFICIO DE CONTROL
- PLATAFORMA DE MONTAJE








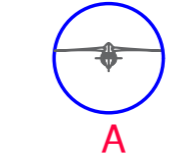

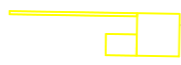
Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 05/02/2021	ESCALA: 1:25.000
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO SOBRE ORTOFOTO	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2

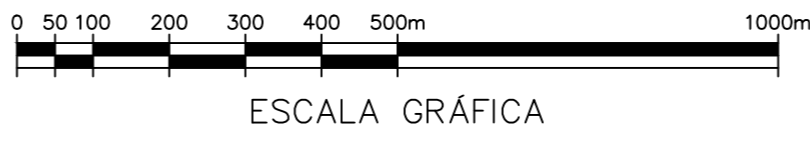
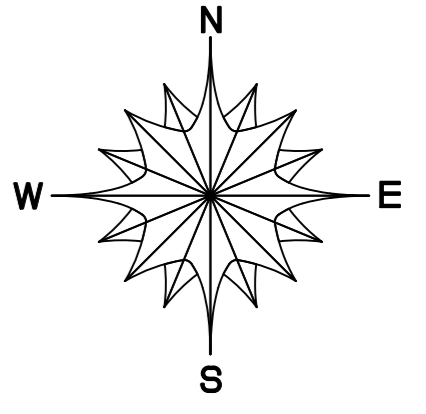


COORDENADAS DEL ENTORNO POLIGONAL (UTM HUSO 30)		
VÉRTICE DEL POLIGONO	XUTM	YUTM
V1	555660	4317298
V2	556288	4317398
V3	556978	4314769
V4	556807	4314368
V5	556783	4313950
V6	555620	4314011
V7	555342	4315369
V8	555965	4315791

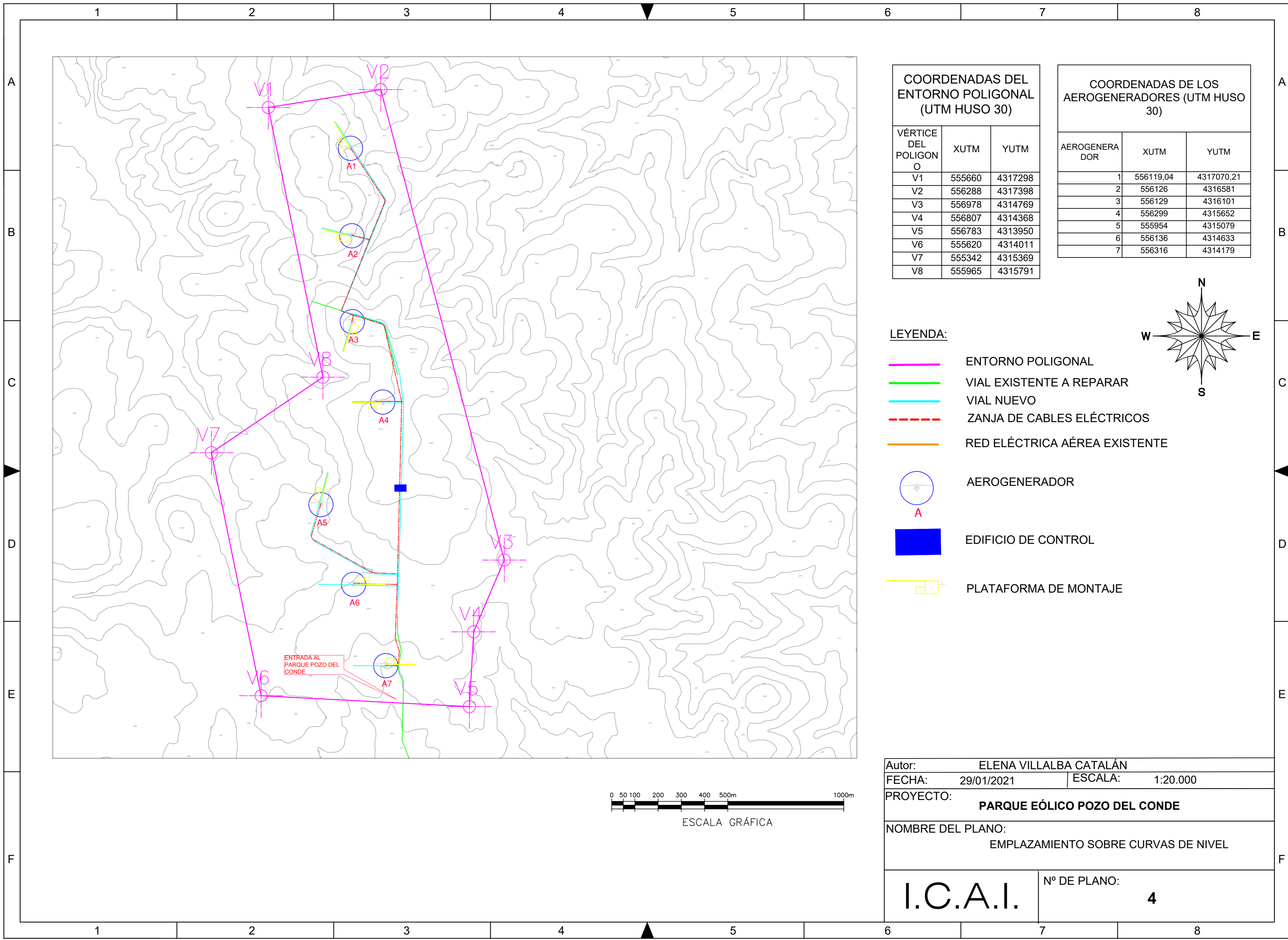
COORDENADAS DE LOS AEROGENERADORES (UTM HUSO 30)		
AEROGENERADOR	XUTM	YUTM
1	556119,04	4317070,21
2	556126	4316581
3	556129	4316101
4	556299	4315652
5	555954	4315079
6	556136	4314633
7	556316	4314179

LEYENDA:

-  ENTORNO POLIGONAL
-  VIAL EXISTENTE A REPARAR
-  VIAL NUEVO
-  ZANJA DE CABLES ELÉCTRICOS
-  RED ELÉCTRICA AÉREA EXISTENTE
-  AEROGENERADOR
-  EDIFICIO DE CONTROL
-  PLATAFORMA DE MONTAJE



Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 29/01/2021	ESCALA: 1:18.000
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO SOBRE LA TOPOGRAFÍA	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 3



COORDENADAS DEL ENTORNO POLIGONAL (UTM HUSO 30)

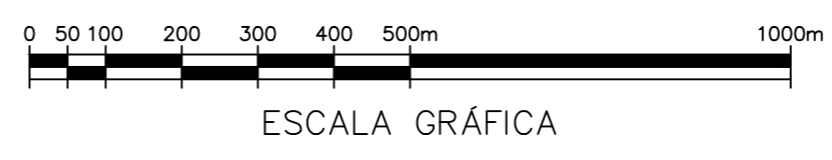
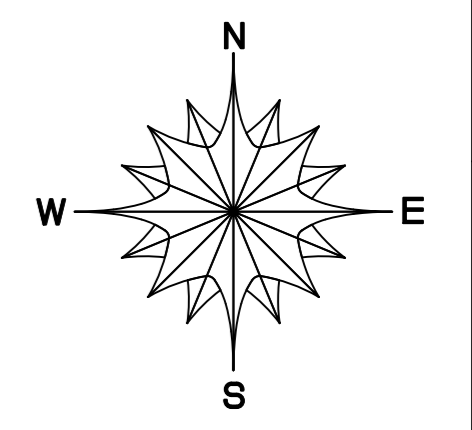
VÉRTICE DEL POLIGONO	XUTM	YUTM
V1	555660	4317298
V2	556288	4317398
V3	556978	4314769
V4	556807	4314368
V5	556783	4313950
V6	555620	4314011
V7	555342	4315369
V8	555965	4315791

COORDENADAS DE LOS AEROGENERADORES (UTM HUSO 30)

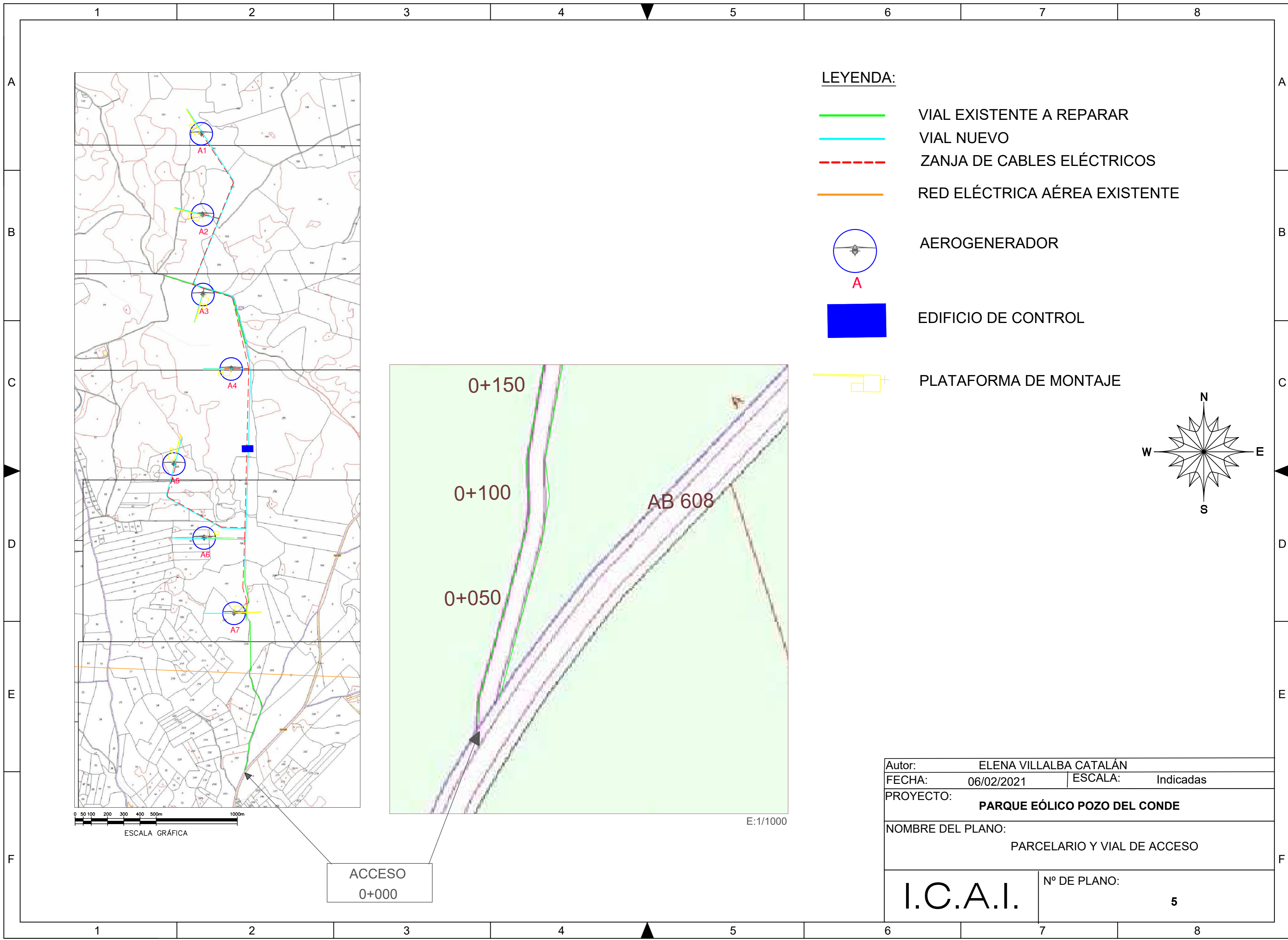
AEROGENERADOR	XUTM	YUTM
1	556119,04	4317070,21
2	556126	4316581
3	556129	4316101
4	556299	4315652
5	555954	4315079
6	556136	4314633
7	556316	4314179

LEYENDA:

- ENTORNO POLIGONAL
- VIAL EXISTENTE A REPARAR
- VIAL NUEVO
- - - ZANJA DE CABLES ELÉCTRICOS
- RED ELÉCTRICA AÉREA EXISTENTE
- AEROGENERADOR
- EDIFICIO DE CONTROL
- PLATAFORMA DE MONTAJE

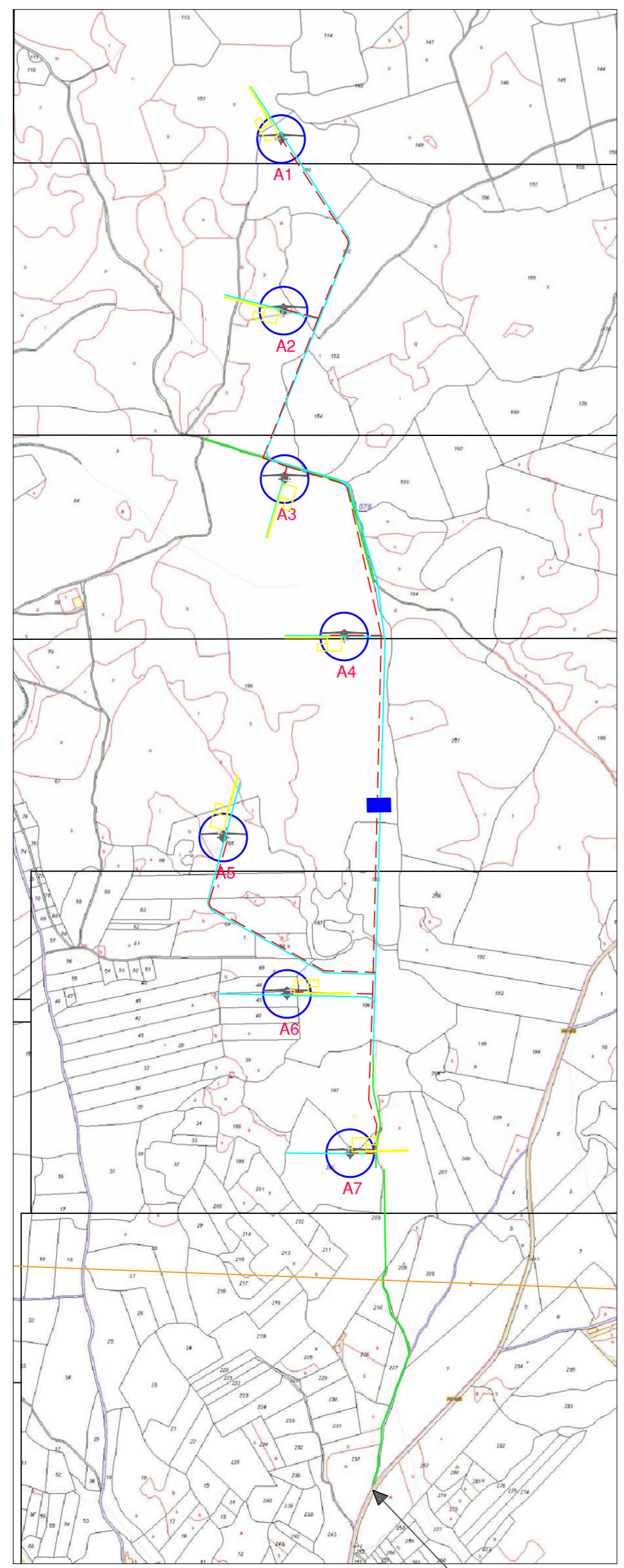
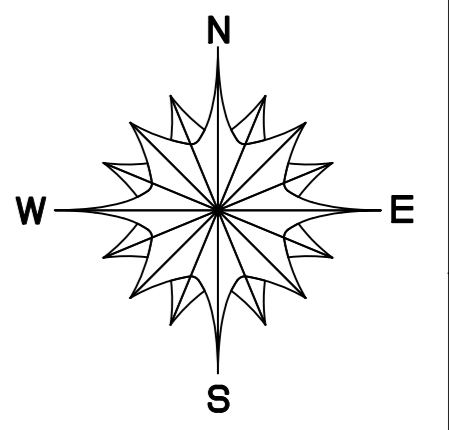


Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 29/01/2021	ESCALA: 1:20.000
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO SOBRE CURVAS DE NIVEL	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 4

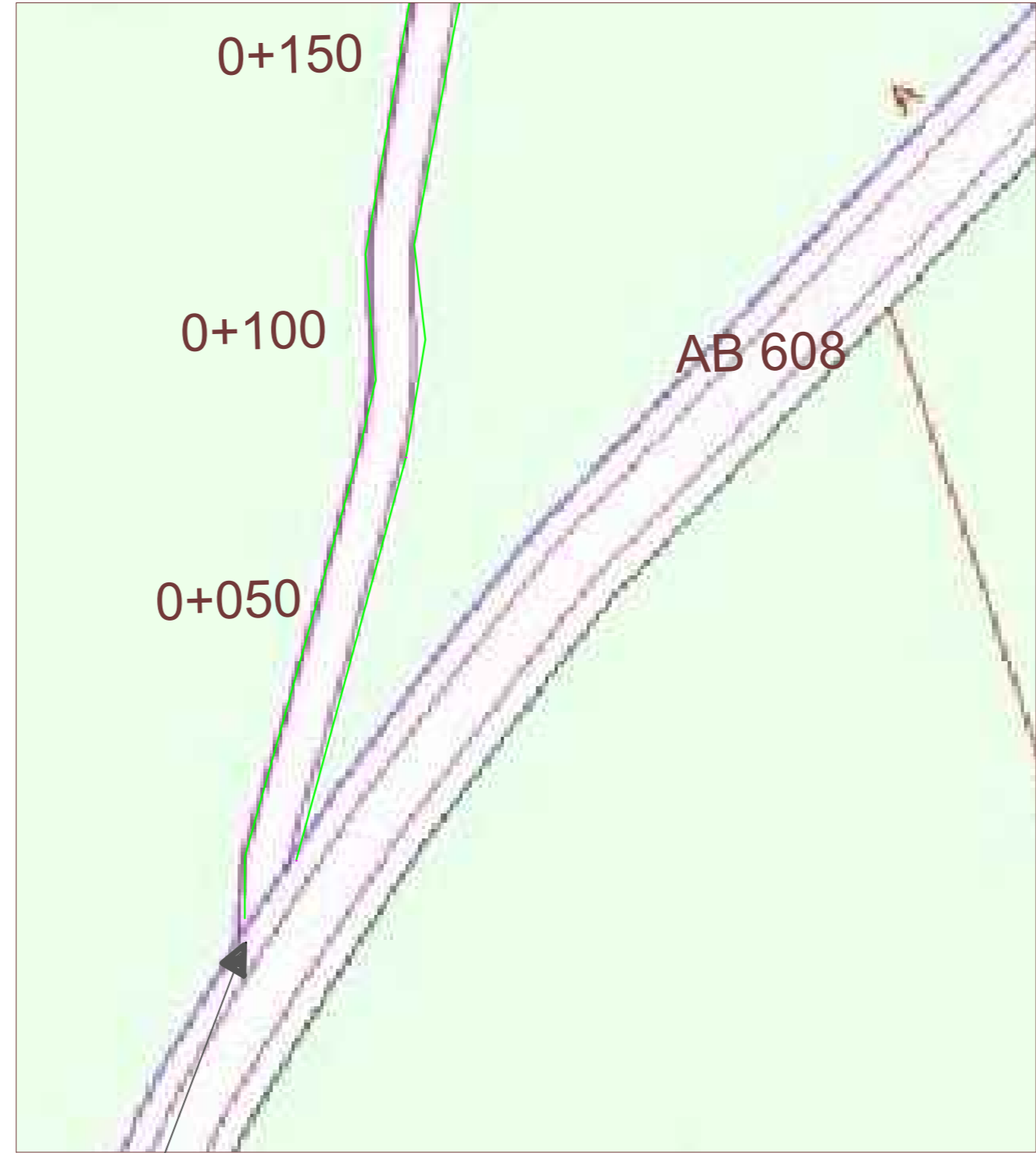


LEYENDA:

- VIAL EXISTENTE A REPARAR
- VIAL NUEVO
- - - ZANJA DE CABLES ELÉCTRICOS
- RED ELÉCTRICA AÉREA EXISTENTE
- AEROGENERADOR
- EDIFICIO DE CONTROL
- PLATAFORMA DE MONTAJE



0 50 100 200 300 400 500m 1000m
ESCALA GRÁFICA



ACCESO
0+000

Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 06/02/2021	ESCALA: Indicadas
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: PARCELARIO Y VIAL DE ACCESO	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 5

1

2

3

4

5

6

7

8

A

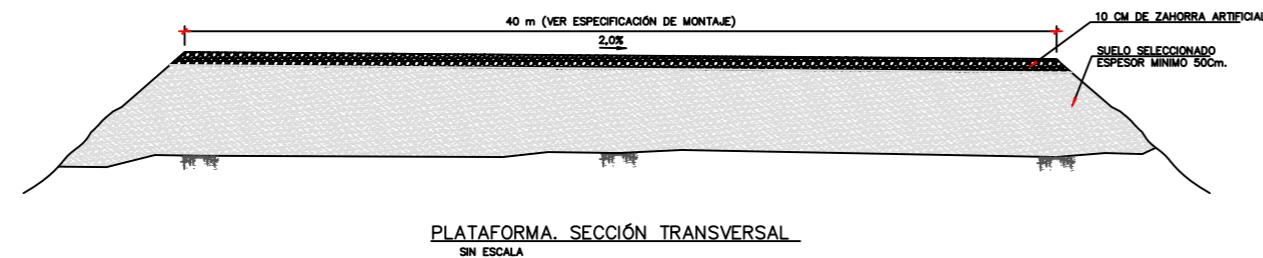
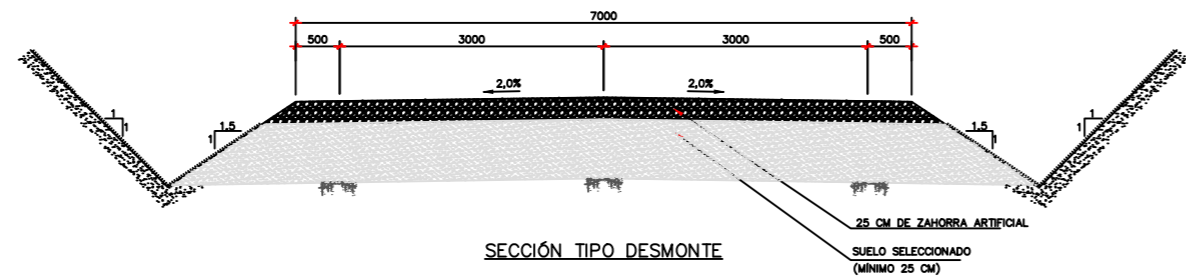
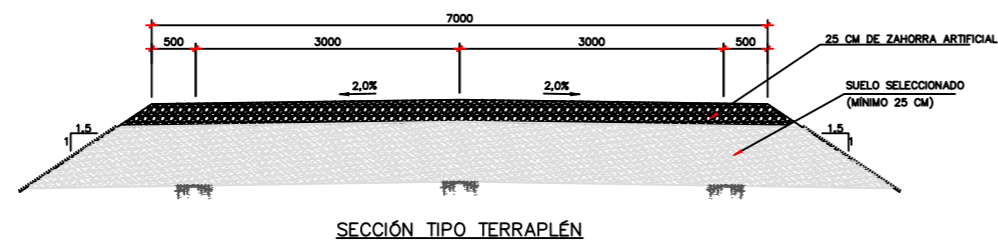
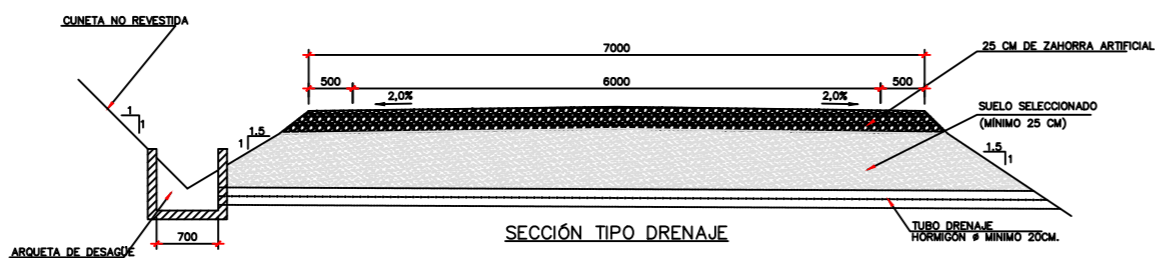
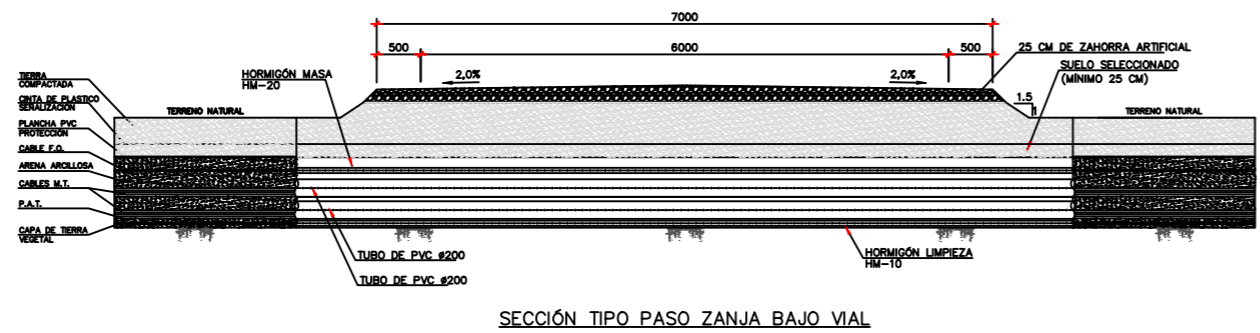
B

C

D

E

F



NOTAS:

- 1- EN TRAMOS CURVOS SE INCLUIRÁ UN SOBRECARGO EN CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL SUMINISTRADOR DE LAS MÁQUINAS
- 2- SE REALIZARÁN PRUEBAS DE PLACAS DE CARGA PARA VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL SUMINISTRADOR DE LAS MÁQUINAS EN VIALES Y PLATAFORMAS

Autor:		ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA:	07/02/2021	ESCALA:	1:40
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE			
NOMBRE DEL PLANO: VIALES TIPO			
I.C.A.I.		Nº DE PLANO:	6

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

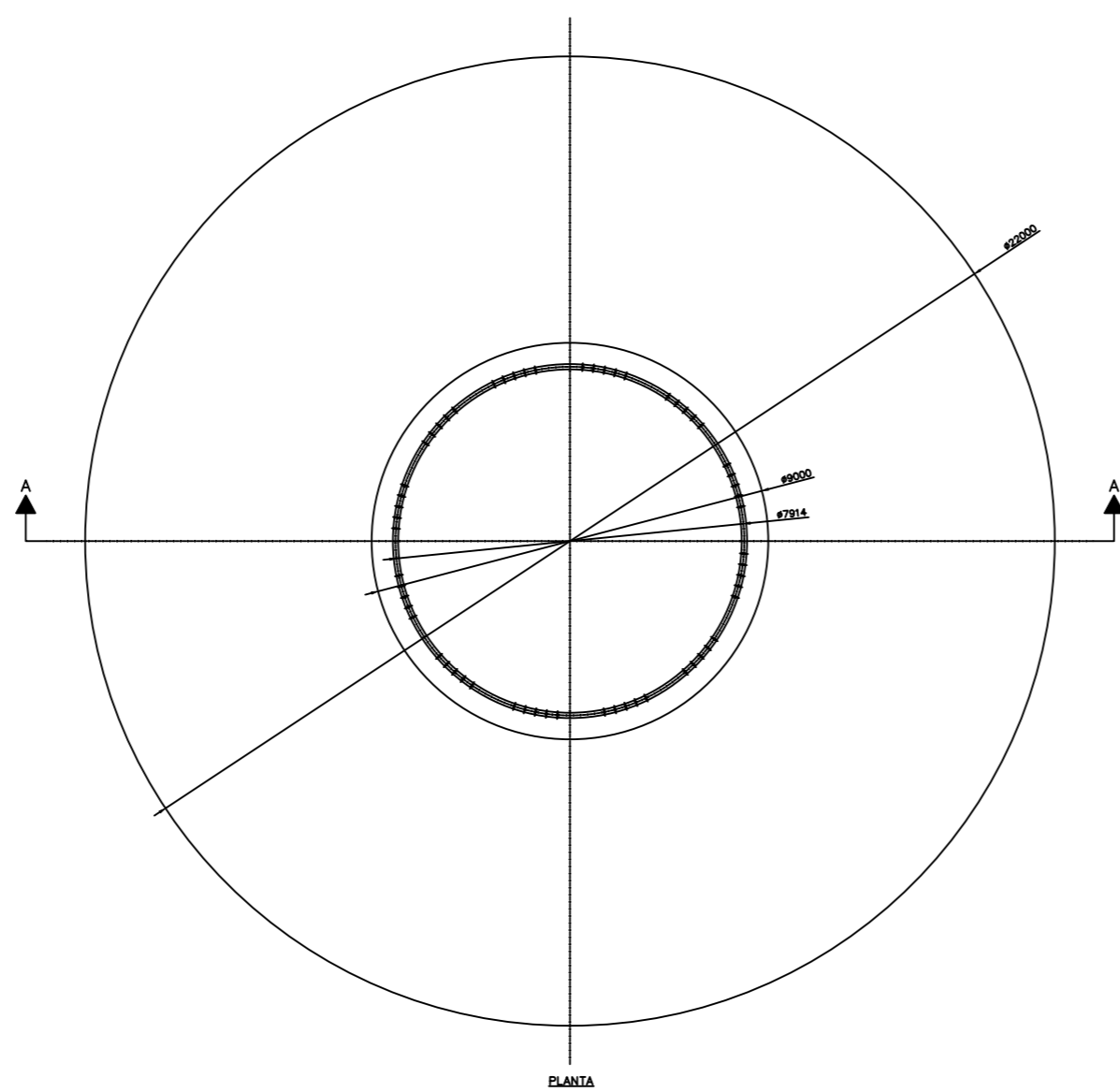
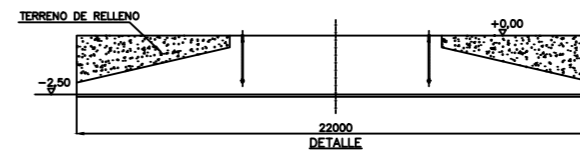
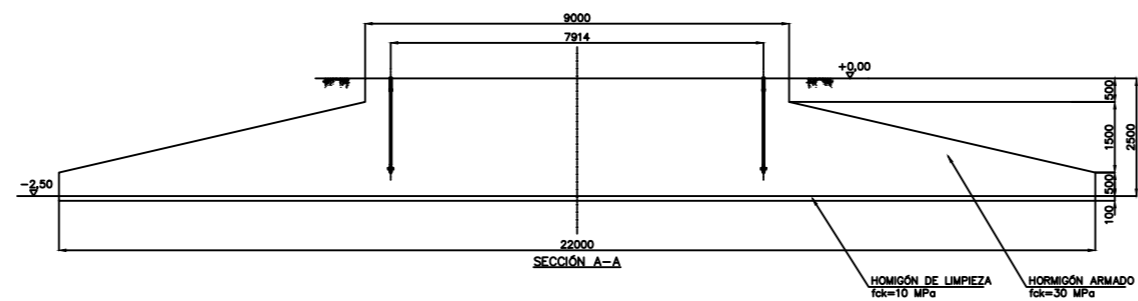
D

E

E

F

F



Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 06/02/2021	ESCALA: 1:60
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: CIMENTACIÓN DE LOS AEROGENERADORES GEOMETRÍA Y DIMENSIONAMIENTO	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 7

1

2

3

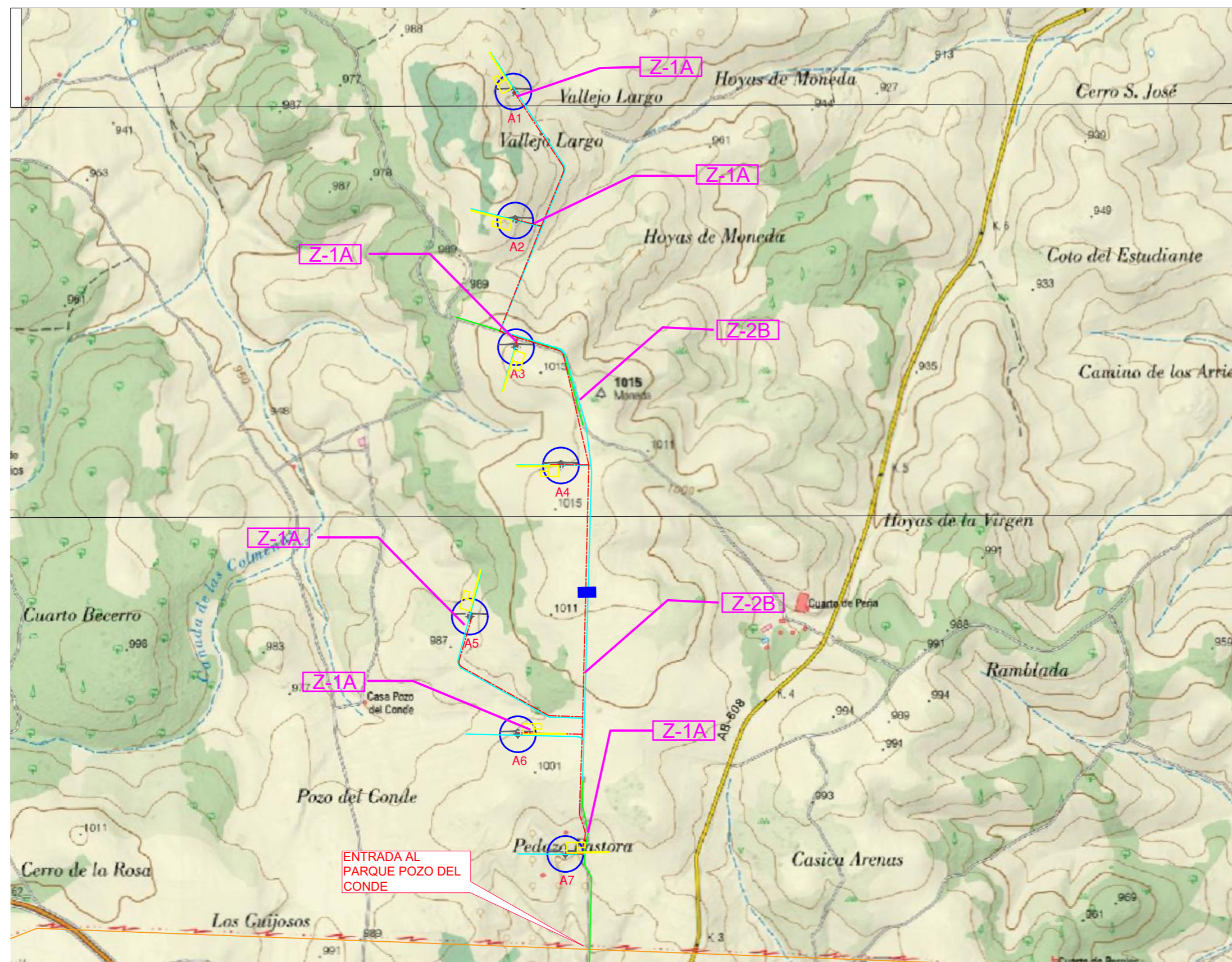
4

5

6

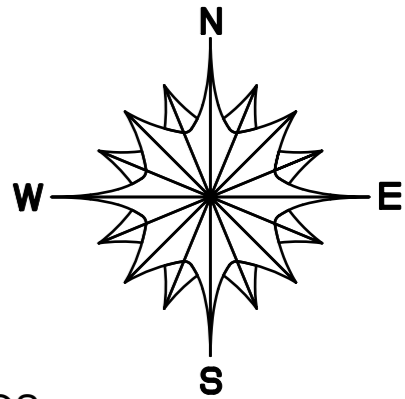
7

8

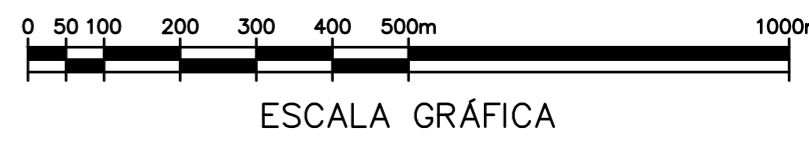
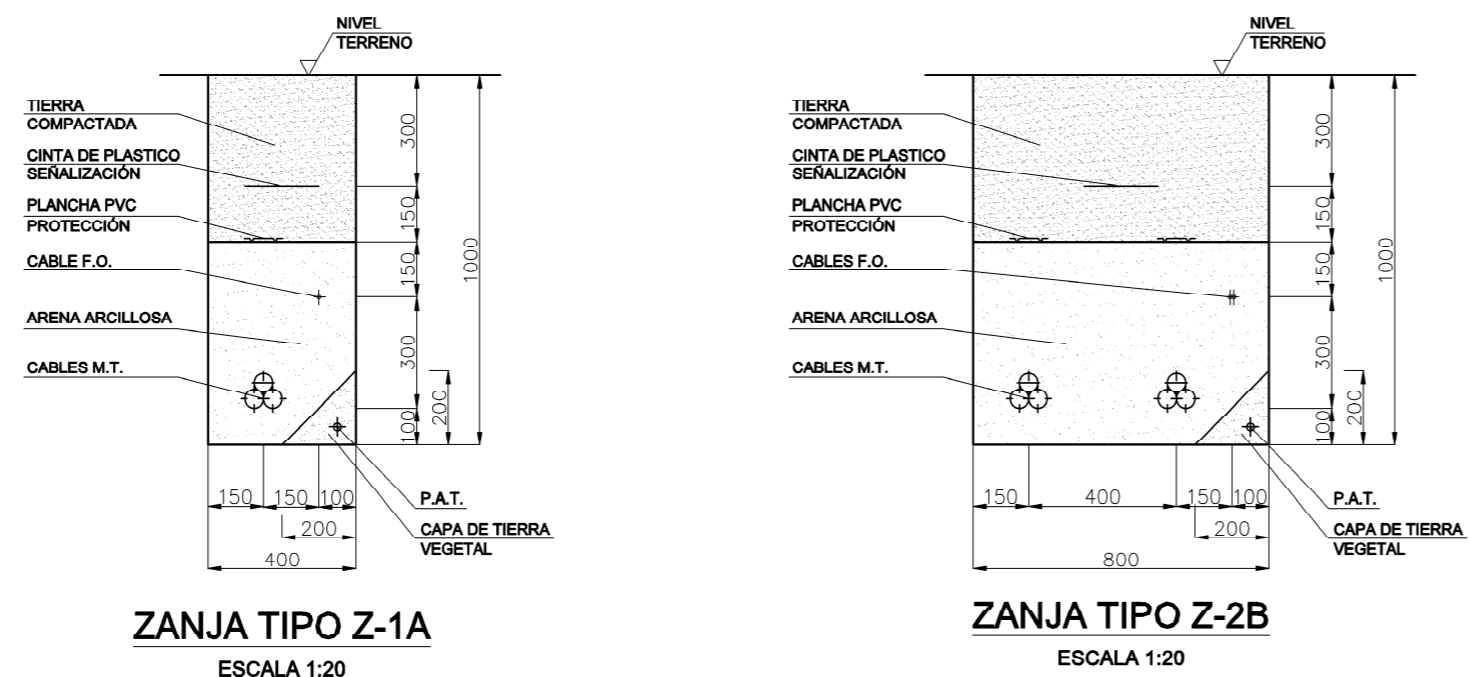


LEYENDA:

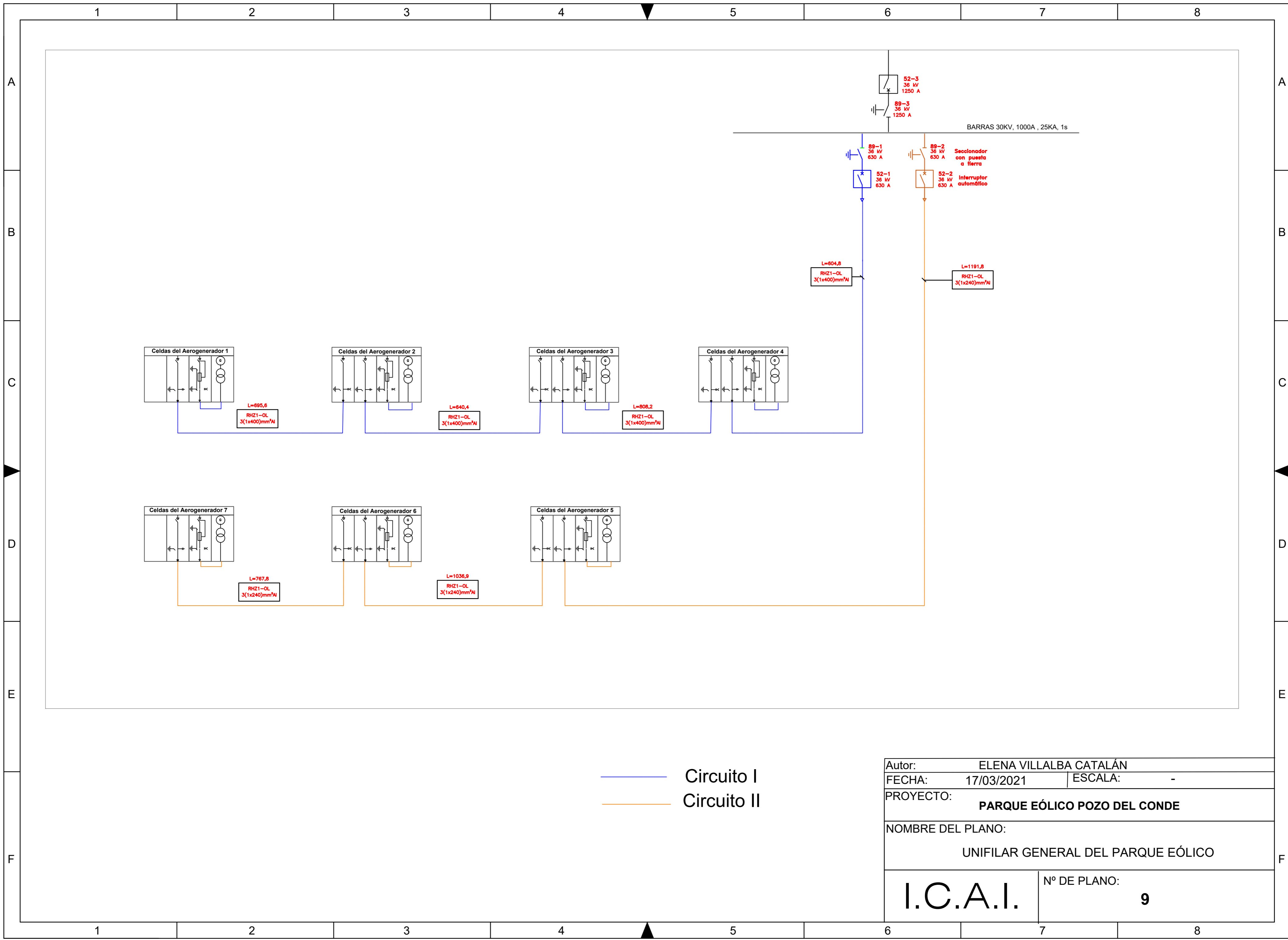
- VIAL EXISTENTE A REPARAR
- VIAL NUEVO
- - - ZANJA DE CABLES ELÉCTRICOS
- AEROGENERADOR
- EDIFICIO DE CONTROL
- PLATAFORMA DE MONTAJE



DETALLES ZANJAS (TIP.)

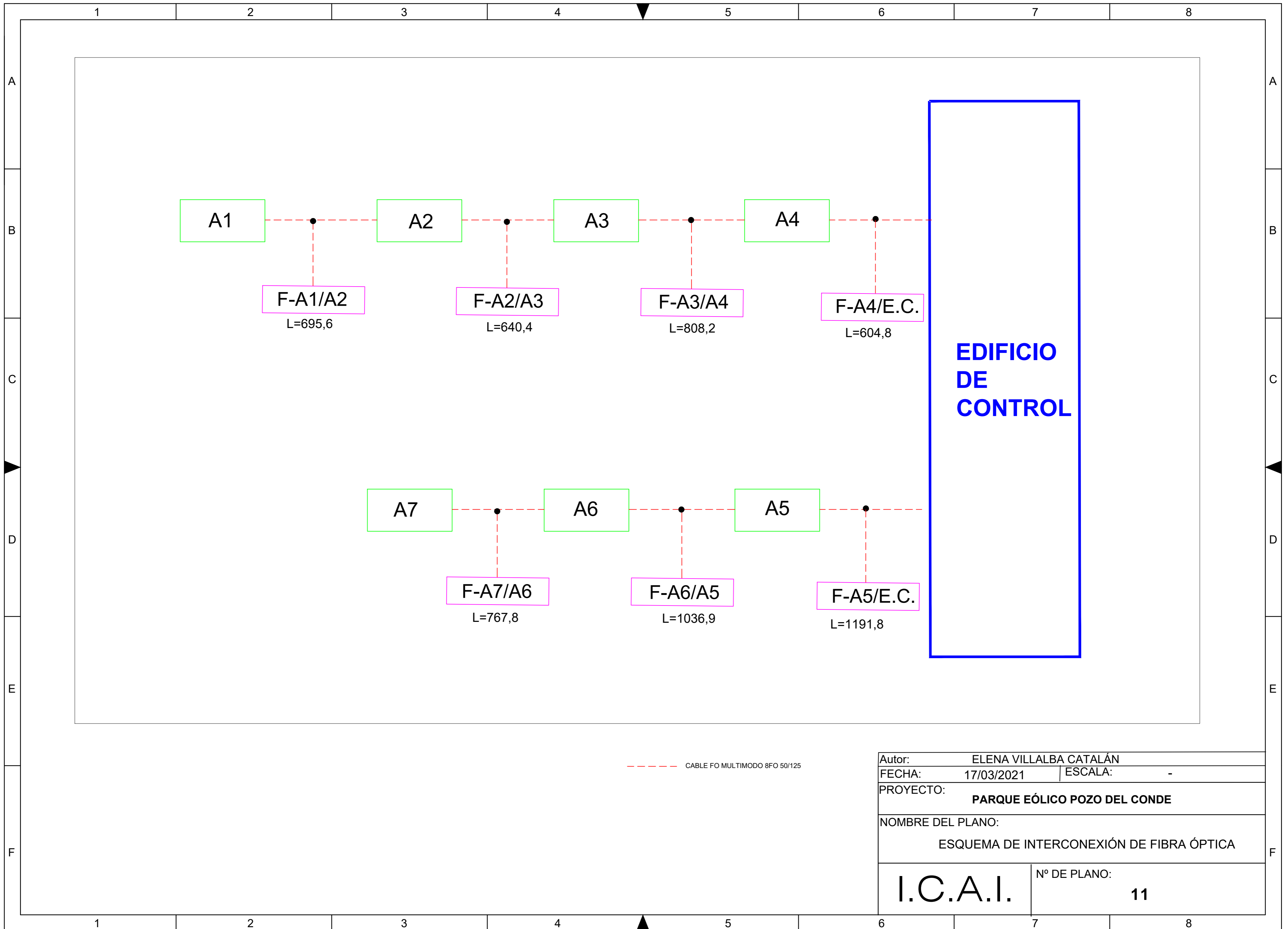


Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 29/01/2021	ESCALA: 1:18.000
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: ZANJAS ELÉCTRICAS	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 8

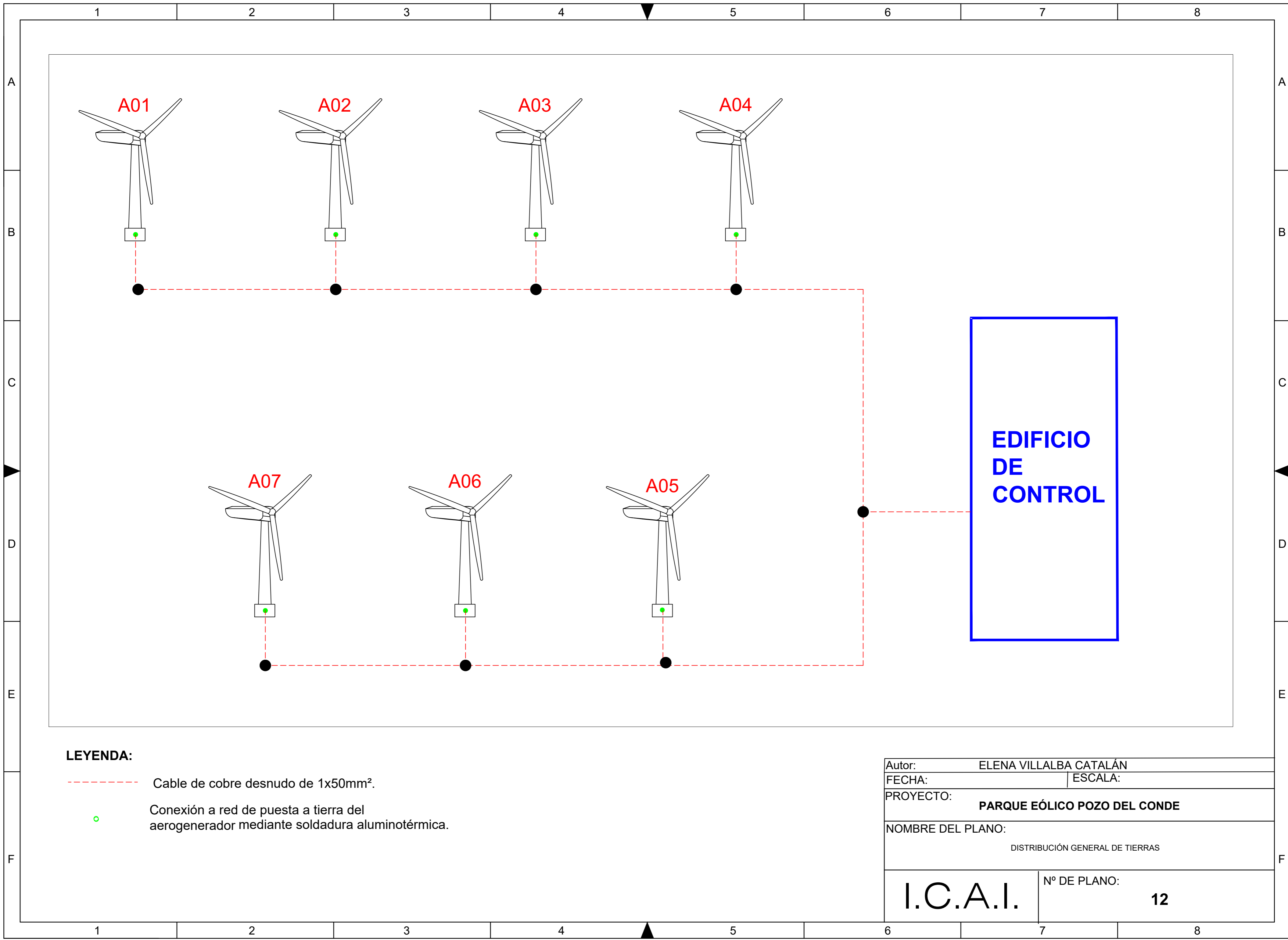


— Circuito I
— Circuito II

Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 17/03/2021	ESCALA: -
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: UNIFILAR GENERAL DEL PARQUE EÓLICO	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 9



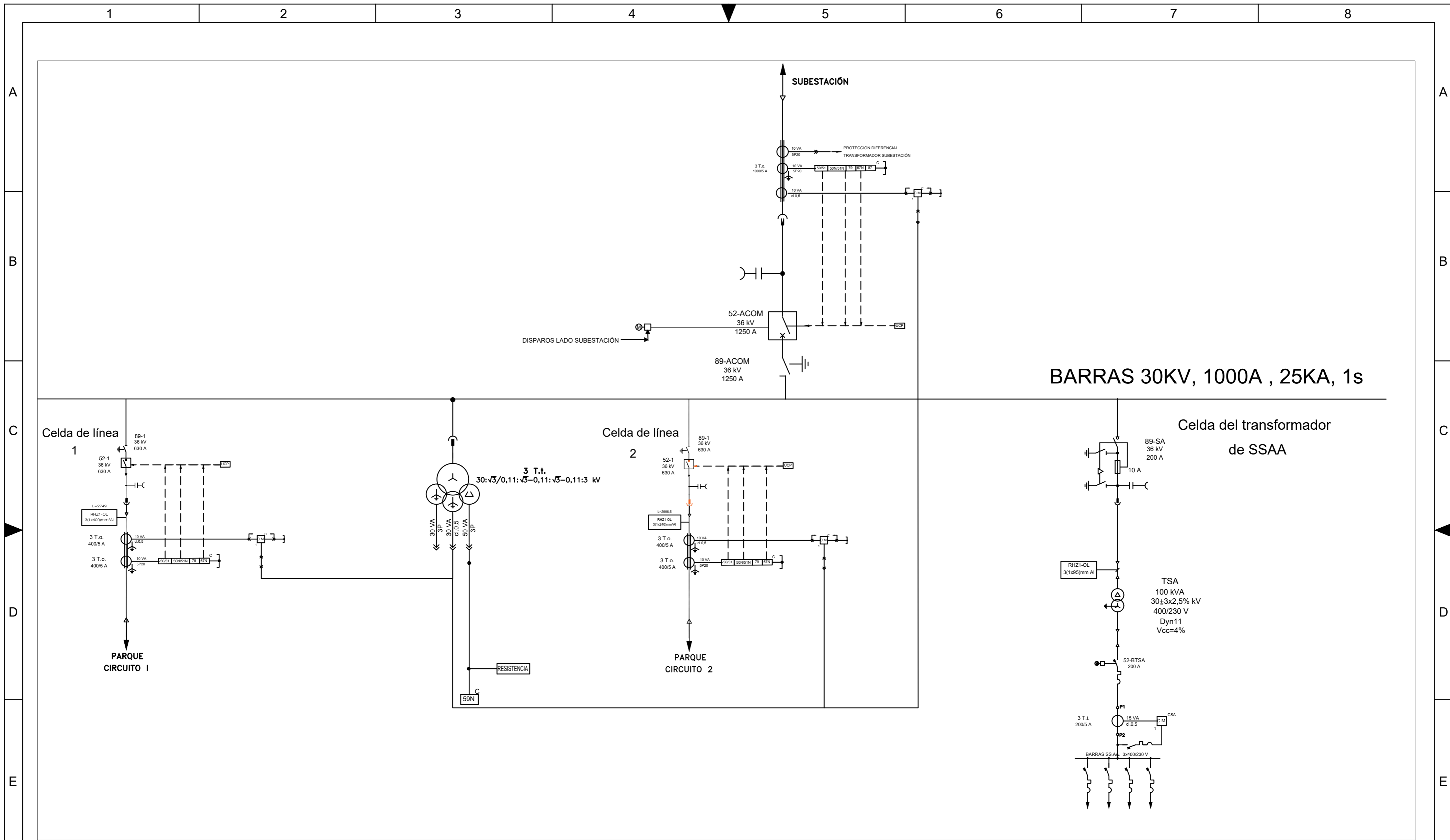
Autor:	ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA:	17/03/2021	ESCALA: -
PROYECTO:	PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO:	ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN DE FIBRA ÓPTICA	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO:	11



LEYENDA:

- - - - - Cable de cobre desnudo de 1x50mm².
- Conexión a red de puesta a tierra del aerogenerador mediante soldadura aluminotérmica.

Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA:	ESCALA:
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE TIERRAS	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 12



LEYENDA

- | | |
|--|---|
| T.t.: TRANSFORMADOR DE TENSION | 50-51: RELE DE SOBREINTENSIDAD |
| T.o.: TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD (TOROIDAL) | 59N: RELE DE PROTECCION A TIERRA |
| C: CABINA DE M.T. | 67Na: RELE DIRECCIONAL DE SOBREINTENSIDAD DE TIERRA |
| C.M.: ANALIZADOR DE REDES (RS-485) | 52: INTERRUPTOR |
| | 89: SECCIONADOR |

Autor: ELENA VILLALBA CATALÁN	
FECHA: 17/03/2021	ESCALA: -
PROYECTO: PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE	
NOMBRE DEL PLANO: UNIFILAR GENERAL DE LA SUBESTACIÓN 30KV	
I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 13

*Documento 3: Pliego de
Condiciones*

Índice del Pliego de Condiciones:

Pliego de Condiciones Generales

Pliego de Condiciones de la Infraestructura de la Obra Civil

Pliego de Condiciones de la Infraestructura de las Instalaciones Eléctricas

I Pliego de Condiciones Generales

Índice:

1. Objeto	3
2. Disposiciones generales	3
2.1 Partes involucradas en el proyecto	3
3. Códigos y normas aplicables en el proyecto.....	3
4. Seguridad	4
4.1 Seguridad Pública.....	4
5. Organización del trabajo	5
6. Datos de la obra	5
7. Replanteo de la obra	5
8. Mejoras y variaciones en el proyecto.....	5
9. Recepción del material.....	5
10. Organización.....	6
11. Ejecución de las obras.....	6
12. Plazo de ejecución.....	6
12.1 Penalización por demora	6
13. Recepción provisional	7
14. Periodo de garantía	7
15. Recepción definitiva	7

1. Objeto

El objeto del Pliego de Condiciones Generales es determinar las normas y requisitos necesarios para la correcta construcción del parque eólico. Las empresas que formen parte de la construcción deberán cumplir con las condiciones expuestas en este documento.

Para las tareas concretas de la construcción, se especificarán en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Infraestructura de la Obra Civil y Eléctrica.

2. Disposiciones generales

2.1 Partes involucradas en el proyecto

Promotor:

Persona/as física o jurídica, pública o privada por la que se realiza/impulsa/financia una obra con recursos propios o ajenos.

Dirección de Obra:

Persona o personas seleccionadas por el Promotor para dirigir y controlar, en las mejores condiciones posibles, la realización del proyecto.

Contratista:

Persona física o jurídica que disponga de capacidad legal para ello. Será quien se encargue de realizar las obras acordadas en el contrato y el responsable de éstas.

Previo al comienzo de la obra deberá de disponer de un seguro de responsabilidad sobre las obras disponiendo de los medios necesarios para su correcta realización.

El Contratista se encargará de contratar a los trabajadores necesarios para realizar el proyecto, por lo que deberá de disponer de un Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez y Seguro de Enfermedad por cada trabajador contratado. Concretamente cumplirá con lo detallado en la norma UNE24042: “Contratación de obras. Condiciones Generales” y los documentos del Pliego de Condiciones detallados en este proyecto.

Subcontratista:

Persona física o jurídica que, por medio de un contrato con el Contratista, realiza determinadas tareas durante la obra.

3. Códigos y normas aplicables en el proyecto

Las obras que se ejecutarán deberán cumplir también con:

- Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de junio, en el que se aprueba la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y Real Decreto 1098/2001 de 12 de

octubre, en el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

- Real Decreto 223/08 de 15 de febrero, en el que se aprueba el reglamento sobre condiciones técnicas de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT.
- Real Decreto 2413/1973 de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, del Ministerio de Industria y Energía (RBT)
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo:
 - Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, en las que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
 - Ley 31/1995 de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y Real Decreto sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Si durante las fases de construcción se modifican las normas expuestas parcial o totalmente, se deberán cumplir dichas modificaciones.

4. Seguridad

El Contratista estará obligado a cumplir todas las normas de seguridad dado que la seguridad es lo más importante en los trabajos de construcción.

El Contratista deberá realizar un estudio de seguridad y salud con la evaluación de riesgo de cada tarea a realizar. También deberá realizar planes y métodos de ejecución para tareas/trabajos peligrosos como trabajos en altura, con cargas en suspensión etc.

Los operarios que trabajen con tensión deberán de llevar una vestimenta sin accesorios metálicos y calzado aislante para evitar circulación de corriente, también llevarán los equipos de protección individual correspondientes para cada tarea.

La Dirección de Obra puede ordenar al Contratista a suspender a cualquier trabajador que considere que realiza acciones temerarias que le pudiesen poner en riesgo a el mismo o a sus propios compañeros. También, la Dirección de obra puede suspender un trabajo que considere que puede producir riesgos al personal.

La Dirección de Obra podrá ordenar en cualquier momento al Contratista que presente los documentos acreditativos de haber realizado los regímenes de Seguridad Social en la forma legalmente establecida.

4.1 Seguridad Pública

El Contratista tomará todas las medidas necesarias para proteger a las personas a las que tiene a su cargo de los peligros que pudiesen aparecer durante las tareas de construcción del parque. En caso de accidentes, toda la responsabilidad recaerá sobre el Contratista.

El Contratista deberá de disponer de una póliza de seguros que proteja a sus trabajadores frente a las responsabilidades por daños y responsabilidad civil por la ejecución de los trabajos.

5. Organización del trabajo

La organización del trabajo será responsabilidad del Contratista. El Contratista realizará una planificación para realizar los trabajos acordando los tiempos de las diferentes actividades. En caso de imprevistos o retrasos con los tiempos, se establecerá con la Dirección de Obra el momento más oportuno para retomar los trabajos.

6. Datos de la obra

Se pondrá a disposición del Contratista una copia del Pliego de Condiciones del Proyecto y de los Planos.

El Contratista podrá tomar las notas y copias necesarias de todos los documentos para poder realizar los trabajos de la mejor forma posible. El Contratista se hará responsable de la correcta conservación de todos los documentos presentados que posteriormente serán devueltos al Dirección de Obra.

Tras la finalización de los trabajos, y en un plazo máximo de dos meses, el Contratista actualizará los diversos planos y documentos originales de acuerdo con las características de la obra terminada. El Contratista le entregará al Dirección de Obra dos expedientes completos informando de los trabajos realmente realizados en el proyecto.

7. Replanteo de la obra

Previo a la obra y después de entregarle los documentos oficiales al Contratista, la Dirección de Obra deberá realizar un replanteo del proyecto.

Se hará un acta estableciendo los puntos más importantes de los procesos. El Acta se firmará por triplicado (Dirección de Obra, el Promotor y el Contratista).

8. Mejoras y variaciones en el proyecto

No se realizarán mejoras o variaciones durante el proyecto salvo que hayan sido ordenadas por escrito por la Dirección de Obra.

9. Recepción del material

El Contratista realizará un control de la recepción de materiales por medio de documentos que detallen la cantidad, tipo de inventario y ubicación.

La Dirección de Obra pondrá a disposición del Contratista un lugar para el almacenamiento de materiales.

La Dirección de Obra, de acuerdo con el Contratista, dará su aprobación de los materiales suministrados por escrito.

10. Organización

El Contratista será el responsable de sus empleados. Deberá hacerse cargo de los salarios y cualquier otra condición legal que se le atribuya.

También será el responsable de los elementos y materiales utilizados durante la obra, por lo que deberá cumplir con los pagos de alquiler y condiciones legales.

El Contratista deberá informar diariamente a la Dirección de Obra de la adquisición de material, alquiler de elementos auxiliares, gastos etc.

11. Ejecución de las obras

Las tareas a realizar se ejecutarán siguiendo las normas establecidas en los Pliegos. En caso de incongruencias se consultará a la Dirección de Obra.

El Contratista, a excepción de la aprobación por escrito de la Dirección de Obra, no podrá realizar modificaciones de cualquier tipo en los datos establecidos.

El Contratista deberá de contar con un técnico responsable y especializado en los trabajos que debe realizar, así como trabajadores competentes.

12. Plazo de ejecución

Las obras se realizarán durante el plazo de ejecución descrito en la memoria.

Los plazos de ejecución comenzarán en la fecha del replanteo de las obras, siendo estos improrrogables, principalmente con tareas que pudiesen retrasar otras dependientes. Así pues, el Contratista será el responsable de que los plazos se cumplan.

Las prórrogas se aceptarán cuando las causas sean ajenas al Contratista.

12.1 Penalización por demora

En caso de no cumplir con los tiempos de planificación de los trabajos a realizar, (a excepción de una causa mayor), el Contratista será penalizado con un 2% sobre el total del importe establecido por día de retraso.

13. Recepción provisional

Una vez finalizada la obra, el Contratista solicitará una recepción provisional durante los quince días posteriores.

Se creará un acta en presencia de la Dirección de Obra, el Promotor y el Contratista, la cual tratará sobre la conformidad de los trabajos realizados. El Acta se dará por concluida con la firma de las partes presentes, dando por recibida la obra.

Si la obra no se da por finalizada, se hará constar en el acta. La Dirección de Obra dará las instrucciones necesarias al Contratista para solucionar los defectos realizados estableciendo un nuevo plazo de tiempo.

Expirado dicho plazo, se realizará una nueva acta. Si en dicha acta el Contratista no ha terminado sus tareas, éste será rescindido de su contrato por incumplimiento de las garantías.

14. Periodo de garantía

El periodo de garantía será el establecido en el contrato y empezará a tener validez el día de la aprobación del Acta de recepción.

Hasta la recepción definitiva, la responsabilidad de la perfecta conservación de la obra recaerá sobre el Contratista.

15. Recepción definitiva

Una vez concluido el periodo de garantía acordado en el contrato, se realizará una reunión entre la Dirección de Obra, el Promotor y el Contratista. En ella se hará una declaración de conformidad con la firma de las partes implicadas y se dará por concluidas las obras.

En el momento en que se den por finalizadas las obras, la responsabilidad de la instalación recaerá sobre el Promotor, a excepción de mala praxis del Contratista que no se pudiese haber descubierto durante la ejecución.

II Pliego de Condiciones de la Infraestructura de la Obra Civil

Índice:

1. Especificación del movimiento de tierras	4
1.1 Objeto	4
1.2 Instrucciones y normas	4
1.3 Descripción de la obra	4
1.4 Prescripciones para la ejecución de excavaciones	5
1.4.1 Excavación para cimentaciones y foso	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 Rellenos de zanjas para cables eléctricos	7
1.8 Inspección y control	7
1.8.1 Tolerancias de acabado en excavaciones	8
1.8.2 Tolerancias de acabado en rellenos	8
1.8.3 Control de calidad	8
2. Especificación de obras de hormigón	9
2.1 Objeto	9
2.2 Instrucciones y normas	9
2.3 Descripción de la obra	9
2.4 Características de los materiales	9
2.4.1 Procedencia y recepción de los materiales	9
2.4.2 Almacenamiento de los materiales	10
2.4.3 Materiales para encofrados y cimbras	10
2.4.4 Armaduras	10
2.4.5 Elementos embebidos y pernos de anclaje	10
2.4.6 Cemento	11
2.4.7 Agua	11
2.4.8 Áridos	11
2.4.9 Aditivos	11
2.4.10 Morteros	12
2.4.11 Materiales para juntas de estanqueidad	12
2.5 Condiciones de ejecución	12
2.5.1 Ejecución y colocación de encofrados y cimbras	12
2.5.2 Preparación y colocación de armaduras	13

2.5.3	<i>Elementos embebidos y pernos de anclaje</i>	13
2.5.4	<i>Dosificación del hormigón</i>	13
2.5.5	<i>Fabricación del hormigón</i>	13
2.5.6	<i>Transporte del hormigón</i>	14
2.5.7	<i>Docilidad</i>	14
2.5.8	<i>Protección y curado</i>	14
2.5.9	<i>Juntas de hormigonado</i>	15
2.5.10	<i>Hormigonado bajo el agua</i>	15
2.5.11	<i>Hormigonado en tiempo frío</i>	15
2.5.12	<i>Hormigonado en tiempo caluroso</i>	15
2.5.13	<i>Rellenos de mortero bajo placas de asiento y en cajetines o manguitos</i>	16
2.5.14	<i>Descabezados de pilotes</i>	16
2.6	Control de calidad	16
2.6.1	<i>Control de armaduras</i>	16
2.6.2	<i>Control de componentes del hormigón</i>	17
2.6.3	<i>Petición y autorización de hormigonado</i>	17
2.6.4	<i>Control de la calidad, consistencia y resistencia del hormigón</i>	17
2.7	Aspectos de la obra acabada y tolerancias	18
2.7.1	<i>Tolerancias</i>	18

1. Especificación del movimiento de tierras

1.1 Objeto

El objeto de este pliego es especificar las cualidades técnicas necesarias para el suministro de materiales, ejecución, ensayos y pruebas de las obras de excavación y relleno.

Todas las partes a construir deberán de cumplir con las especificaciones a excepción de una contraindicación en los planos o instrucción por la Supervisión de Obra.

1.2 Instrucciones y normas

Las especificaciones harán referencia a:

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

1.3 Descripción de la obra

La obra civil se basa en los planos y en las especificaciones.

❖ Planos:

El Contratista deberá comprobar los planos de forma rigurosa ante posibles erratas. Si encontrase algún error deberá comunicarlo a la Supervisión de Obra. Si el Contratista no detecta ningún error, y luego hay fallos que se podrían haber evitado, éste será el responsable de los errores.

Si el Contratista creyese aconsejable hacer un cambio en los planos , deberá proponérselo por escrito a la Supervisión de Obra, quien lo aceptará o rechazará por escrito.

❖ Especificaciones

La Supervisión de Obra solicitará los ensayos que crea convenientes conforme a las especificaciones, normas y documentos mencionados en el punto 1.2

Las pruebas que estén en los documentos del proyecto y den resultados desfavorables, se deberán repetir y estarán a cargo del Contratista. En los demás casos serán a cargo del Propietario, aunque el Contratista deberá de disponer de los medios necesarios para la realización de las pruebas.

1.4 Prescripciones para la ejecución de excavaciones

Las excavaciones se ejecutarán a las cotas del proyecto, con las dimensiones indicadas.

El Contratista puede profundizar las excavaciones a una cota distinta después de haber sido aceptado por escrito por la Supervisión de Obra.

Los materiales resultantes de las excavaciones son propiedad del Propietario del parque. El Contratista puede usar estos materiales con el permiso del Propietario y de la Supervisión de Obra.

Los materiales no usados o residuos producto de las excavaciones se llevarán a un lugar de almacenamiento habilitado por la Supervisión de Obra, donde no produzca daño ni interferencias en otras actividades.

Por seguridad, en trabajos de voladuras, el Contratista examinará las paredes de las zonas excavadas y vecinas para sanearlas. Si existe peligro de escombros en carreteras o vías cercanas al parque, el Contratista avisará a la Administración.

1.4.1 Excavación para cimentaciones y foso

Las excavaciones deberán ser aprobadas por la Supervisión de Obra. La Supervisión revisará que el Contratista haya cumplido con:

- Indicaciones de los planos (altura, anchura, pendientes, curvas, profundidad y forma). Rellenando o aumentando cualquier excavación. La tolerancia será de 10, en caso de ser superior se penalizará al Contratista por el exceso de relleno.
- El material resultado de las excavaciones se usará como rellenos o se llevará al lugar de almacenamiento habilitado por la Supervisión de Obra. Los materiales que se califiquen como residuos serán transportados aun vertedero facilitado por el Contratista.
- El fondo de las excavaciones deberá estar nivelado, limpio y seco.
- El Contratista deberá de quitar cualquier elemento que interfiera con los trabajos especificados o excavaciones.
- El Contratista no podrá cortar o arrancar ningún servicio subterráneo sin autorización. Las averías o daños que pueda ocasionar deberán correr a costa del Contratista.
- Si hubiese encinas por el terreno de excavación, el Contratista no podrá talarlas. Las encinas se deberán de replantar en un a zona donde no dificulte las tareas de construcción.

1.4.2 Excavación en zanjas

Las zanjas se harán hasta 1m de profundidad, con una tolerancia de 5cm. Cualquier cambio sobre las cotas deberá ser aceptado por la Supervisión de la Obra.

Si no se especifican las dimensiones de las zanjas en los documentos y/o planos, se usará 1 metro y un ancho de 600mm que garantice la separación entre las ternas. Si la zanja atraviesa un vial y no se especifican las dimensiones, se escogerá una cota de 1,25m de profundidad.

Los cables de Media Tensión, Fibra Óptica y Puestas a Tierra irán por las zanjas.

Los residuos y materiales procedentes de las excavaciones para las zanjas se aprovecharán para rellenarlas. Los materiales se ubicarán al lado de estas.

Los criterios usados en Excavación para cimentaciones y foso son también aplicables en este apartado.

1.5 Estanqueidad de excavaciones

Las excavaciones se harán en seco salvo que se indique lo contrario.

El Contratista deberá proporcionar el personal, materiales, bombas y mantenimiento necesario para mantener las obras secas y libres de corrientes de agua para garantizar la seguridad y calidad de la obra.

En los lugares donde pueda haber filtraciones de agua, se tomarán las medidas necesarias para impedir la inundación.

La Supervisión de Obra establecerá fechas de los trabajos a realizar para reducir al mínimo el tiempo de exposición de las excavaciones a los elementos climáticos.

1.6 Entibios metálicos y de madera, apoyos y soportes

Los entibios y sujeciones para sostener las estructuras e instalaciones que sean necesarios para la realización correcta de los trabajos serán proporcionados por el Contratista.

La supervisión de Obra previamente deberá aprobar cualquier entibio utilizado durante la obra.

Al finalizar el llenado de las excavaciones, el Contratista se hará cargo de retirar los entibios utilizados.

1.7 Rellenos

La Supervisión de Obra será la encargada de aprobar los rellenos.

Los rellenos procederán de las excavaciones salvo que se indique lo contrario o los materiales extraídos de las excavaciones resulten inadecuados.

Los rellenos alcanzarán los niveles originales de suelo, salvo que la Supervisión de Obra indique otro nivel.

El relleno en cimentaciones y fosos será extendido en capas de un espesor no superior a 150mm, compactado hasta un 95-98%. Si se usan medios mecánicos para la compactación, el espesor podrá ser de 300mm.

1.7.1 Rellenos con material filtrante

Los materiales que se utilicen para el relleno deberán cumplir con:

- No tendrá elementos de tamaño superior a 10cm
- El tamaño máximo será inferior a 76mm (tamiz 3" ASTM).
- Más del 65% del peso tendrá una composición de grano superior a 0,075mm (tamiz 200ASTM).
- Se rellenará hasta el nivel inicial del suelo.
- Se utilizará, siempre que se pueda, el material procedente de las excavaciones.

1.7.2 Rellenos de zanjas para cables eléctricos

La ejecución del llenado de zanjas se realizará al mismo tiempo que la colocación de los cables. Se seguirá el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT).

El tendido de cables se resume a continuación:

- 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, de unos 100mm 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 200mm.
- A continuación, se rellenará otra capa de arena fina de unos 300mm de espesor. Sobre ésta se colocará los cables de fibra óptica.
- Encima de los cables de fibra óptica se colocará otra capa de arena fina de 150mm de espesor. Sobre esta capa se colocará una protección mecánica a base de placas de PVC.
- Después, se extenderá una capa de tierra compactada de 150mm de espesor.
- Seguidamente se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos de M.T.
- Finalmente, se colocará otra capa de unos 300mm de espesor, compactada y limpia de ramas y piedras hasta alcanzar la altura del terreno.

Cada capa realizada se compactará para la estabilidad del terreno.

1.8 Inspección y control

1.8.1 Tolerancias de acabado en excavaciones

Se deben de garantizar las tolerancias expuestas a continuación:

- +5cm en elevaciones
- ± 5 cm en de profundidad en zanjas
- Compactación de las bases de las cimentaciones a un 95% del Proctor Modificado.

1.8.2 Tolerancias de acabado en rellenos

Se pretenderá conseguir el mejor acabado posible. No podrá haber zonas idóneas de retención de aguas.

Si hubiese alguna irregularidad, el Contratista deberá corregirlas.

1.8.3 Control de calidad

El Contratista realizará pruebas y ensayos para asegurar un control adecuado. Instalará un laboratorio para el control de movimientos de tierras.

La Supervisión de Obra se encargará de supervisar los ensayos del Contratista además de realizar ensayos suplementarios. Para ello, el Contratista deberá dejar a disposición de la Supervisión de Obra el laboratorio y los instrumentos necesarios para la realización de los ensayos.

Tanto el control y registro de los materiales empleados, como el grado de compactación de las excavaciones y rellenos irán regidos por las normas NLT-108 y NLT-109 del CEDEX.

2. Especificación de obras de hormigón

2.1 Objeto

El objeto de este punto es especificar las condiciones técnicas para la realización de ensayos, construcción y acabado de las obras de hormigón.

Todos los elementos a construir deberán de cumplir con los requisitos especificados a excepción de que se indique lo contrario.

2.2 Instrucciones y normas

Las especificaciones del punto 2 harán referencia a las siguientes normas o instrucciones:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)
- Pliego de Preinscripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos (RC-08)
- Normas UNE
- Normas ASTM

2.3 Descripción de la obra

La obra de hormigón, al igual que la obra civil se basa en los planos y en las especificaciones. Por ello, lo especificado y mencionado en 1.3 Descripción de la obra se aplica en este apartado.

2.4 Características de los materiales

A continuación, se expondrán las cualidades principales de los materiales que se utilizarán en la obra.

2.4.1 Procedencia y recepción de los materiales

Será imprescindible que todos los materiales utilizados durante la obra estén identificados en una ficha técnica, donde se indique la procedencia de los mismos y sus características técnicas por medio de ensayos e informes pertenecientes a los fabricantes.

Previo a la ejecución de la obra, los materiales deberán ser calificados como aptos en los controles de calidad.

Tanto la recepción de los materiales como su posterior seguimiento (existencias en el almacén) deberá realizarse por el Contratista.

2.4.2 Almacenamiento de los materiales

El Contratista se hará responsable de mantener en perfecto estado el material. Deberá garantizar que los materiales mantengan sus características físicas sin ninguna alteración. Si hubiese deterioro en cualquier material, el Contratista será penalizado y deberá de reponer el material.

La Supervisión de Obra pondrá a disposición del Contratista un lugar para el almacenamiento de materiales.

El cemento se suministrará y almacenará con forme lo indica el artículo 26 de la EHE (Instrucción Española del Hormigón Estructural).

2.4.3 Materiales para encofrados y cimbras

Los materiales que se utilicen para encofrados deberán disponer de superficies capaces de permanecer uniformes y lisas cuando estén en contacto con el hormigón.

Los encofrados no podrán contener sustancias agresivas para el hormigón.

Las cimbras deberán garantizar una resistencia y rigidez capaz de soportar las deformaciones causadas por el hormigón.

2.4.4 Armaduras

Los materiales que se utilicen para armaduras deberán cumplir el artículo 32 de la EHE.

Los aceros empleados serán de la calidad especificada en los planos.

2.4.5 Elementos embebidos y pernos de anclaje

El montaje, suministro de embebidos y pernos de anclaje u otro material auxiliar requerido para la construcción, será responsabilidad del Contratista.

El material usado, excepto que se indique lo contrario en los planos, debe cumplir con:

- Los pernos de anclaje serán de acero de calidad S275JR
- Tuercas y arandelas serán de calidad S235JR
- Elementos embebidos serán de acero S275JR
- Los pernos de anclaje serán protegidos contra oxidaciones durante su almacenaje y montaje.
- Los elementos embebidos estarán revestidos con pintura antioxidante en las zonas que no tengan contacto con el hormigón.

2.4.6 Cemento

El cemento usado en la obra deberá cumplir con el artículo 26 de la EHE y con las preinscripciones del Pliego de Preinscripciones Técnicas Generales para la Recepción de cementos (RC-08)

El Contratista deberá garantizar que el cemento es apto para la obra por medio de garantías y ensayos del fabricante.

Cualquier modificación en la calidad o en los materiales deberá ser aprobado por la Supervisión de Obra.

2.4.7 Agua

El agua se podrá emplear para el amasado y para el curado del hormigón.

El agua debe cumplir con el artículo 27 de la EHE

2.4.8 Áridos

Los áridos cumplirán con el artículo 28 de la EHE.

No podrán proceder de la arena de playa, rocas blandas ni contener pirita o yeso.

2.4.9 Aditivos

Los aditivos son materiales que se introducen junto con el hormigón para mejorar sus cualidades. Los aditivos que se utilicen deberán cumplir con el artículo 29 de la EHE.

Los aditivos solo se podrán usar si son aprobados por la Supervisión de Obra.

Si fuese necesario añadir a la mezcla aceleradores de curación, no podrán superar el peso del cemento en un 2%. Solo se podrá llegar a un 3.5% si se mezcla a muy bajas temperaturas con hormigones en masa.

2.4.10 Morteros

Solo se emplearán morteros de cemento. Si se requiere mejorar sus propiedades, se pueden usar aditivos, siempre y cuando la Supervisión de Obra de su aprobación por escrito.

El mortero debe de tener la misma resistencia que el hormigón empleado.

Si fuese necesario el uso de morteros especiales para rellenos bajo placas de anclaje se deberán de definir en los planos.

2.4.11 Materiales para juntas de estanqueidad

El material para las juntas puede ser de caucho sintético, natura, neopreno o cualquier otro material definido en los planos del proyecto. Si el Contratista utiliza otros materiales distintos a los especificados en los planos, éste necesitará la aprobación de la Supervisión de Obra para poder utilizarlos.

Las juntas deben de tener las siguientes características:

- Alargamiento en rotura mayor o igual que 300%
- Impermeabilidad: 100% a la presión de trabajo
- Resistencia a tracción 125Kp/cm²

2.5 Condiciones de ejecución

Las condiciones de control tienen como objetivo la comprobación de los procesos realizados durante la obra se desarrollan correctamente.

El Contratista elaborará un plan de obra y un control que esté a la disposición de la Supervisión de Obra.

Los resultados de los controles estarán documentados en los registros por el Contratista. La Supervisión de Obra deberá comprobar los registros.

2.5.1 Ejecución y colocación de encofrados y cimbras

El Contratista será el responsable del dimensionamiento de los encofrados y cimbras.

Previo al vertido de hormigón, el Contratista deberá comprobar que la geometría de las secciones sea la indicada en los planos, deberá seguir las preinscripciones del artículo 65 de la EHE.

Tanto la cimbra como el encofrado deben de ser resistentes y rígidos para no producir deformaciones superiores a 5mm.

Para el descimbrado y desencofrado se seguirán los artículos 73 y 74 de EHE.

La ejecución de encofrado, desencofrado, cimbras y descimbrado debe de ser aprobada por la Supervisión de Obra.

2.5.2 Preparación y colocación de armaduras

Se regirán de acuerdo con el artículo 69 de la EHE.

Las armaduras se cortarán y doblarán para obtener las medidas y formas detalladas en los planos.

Si fuese preciso colocar solapes, será necesario que la Supervisión de Obra de su aprobación.

2.5.3 Elementos embebidos y pernos de anclaje

Todos los elementos embebidos como los pernos de anclaje se dispondrán exactamente igual que en los planos. Se usarán plantillas para la precisión de la colocación.

La corrección de cualquier error de la posición o daño sufrido del material deberá realizarse por el Contratista.

Después de la colocación de los pernos, el Contratista deberá cubrir la parte roscada de los pernos con grasa y bolsas de plástico para evitar oxidaciones hasta que se implante el equipo o estructura que vaya anclado a ellos.

2.5.4 Dosificación del hormigón

Se seguirá de acuerdo con el artículo 71 de la EHE. Además, se realizarán pruebas previas con forme a los artículos 83 y 91 de EHE.

La Supervisión de Obra deberá aprobar el método de fabricación de hormigón propuesto por el Contratista. El Contratista deberá especificar:

- La granulometría de los elementos.
- Los procesos de dosificación y cantidades del cemento, agua y aditivos.
- La consistencia según el cono de Abrams.

2.5.5 Fabricación del hormigón

Se seguirá el artículo 71 apartado 3 de la EHE.

El amasado se realizará con la hormigonera, con las proporciones adecuadas de cemento, agua y áridos.

El procedimiento de vertida de los materiales a la hormigonera se hará de la siguiente forma:

1. La mitad de la dosis de agua.
2. Arena y cemento a la vez.
3. La grava.
4. La otra mitad de agua de las proporciones calculadas.

Se medirá la humedad de los áridos por si se necesitase corregir la cantidad de agua vertida en la hormigonera.

2.5.6 Transporte del hormigón

Se seguirá el artículo 71 apartado 4 de la EHE.

El transporte debe de ser rápido para que no pase más de media hora desde su amasado hasta su colocación. Además, durante el transporte y descarga deberá funcionar el sistema de agitación constante.

2.5.7 Docilidad

Se seguirá el artículo 31 apartado 5 de la EHE.

Durante la construcción se usará hormigón uniforme de la misma calidad para toda la obra, no se usarán hormigones con cementos de diferentes procedencias en una misma estructura.

El vertido de hormigón se efectuará a una altura máxima de 1,7m.

Si el hormigonado debe realizarse sin interrupciones, las tongas se deben de compactar antes de que se inicie el fraguado de la capa inferior.

La compactación se realizará con un vibrador, el cual debe de ser aprobado previamente por la Supervisión de Obra.

2.5.8 Protección y curado

Se seguirá el artículo 71 apartado 6 de la EHE.

La Supervisión de Obra realizará una planificación para establecer los plazos de curación.

El Contratista debe de hacerse cargo de la protección de las estructuras con superficies hormigonadas hasta que el hormigón esté curado.

2.5.9 Juntas de hormigonado

Se seguirá el artículo 71 de la EHE.

Se harán exclusivamente el número de juntas de hormigonado descritas en los planos. Si se requiriesen un mayor número, la Supervisión de Obra deberá autorizarlo por escrito.

El tratamiento de las juntas se realizará por la selección de uno de los procedimientos de la EHE.

La Supervisión de Obra podrá exigir la utilización de resinas epoxi para la ejecución de las juntas de hormigonado.

2.5.10 Hormigonado bajo el agua

El hormigón no se verterá en presencia de agua siempre que se pueda evitar. Si no se pudiese evitar, la Supervisión de Obra deberá autorizarlo.

Si hubiese barro o lodo no se podrá verter el hormigón bajo agua ya que puede contaminar el hormigón.

2.5.11 Hormigonado en tiempo frío

Se seguirá el artículo 71 apartado 5 de la EHE.

Ninguno de los ingredientes utilizados deberá contener hielo o cualquier elemento que pueda deteriorar el hormigón.

Para garantizar la calidad del hormigón se podrá usar aceleradores de fraguado y una vez vertido se deberá mantener a una temperatura superior a los 5°C hasta que se endurezca.

Si la temperatura desciende de los 5°C el Contratista deberá elaborar un procedimiento de curación del hormigón. Este procedimiento debe ser autorizado por la Supervisión de Obra.

2.5.12 Hormigonado en tiempo caluroso

Se seguirá el artículo 71 apartado 5 de la EHE.

Se tomarán medidas para reducir la temperatura. Los elementos que formen el hormigón y los instrumentos que lo soporten, deberán estar protegidos de soleamiento.

Si la temperatura está por encima de los 40°C o existe un viento fuerte, se debe de parar el hormigonado y retomarlo cuando el clima mejore.

2.5.13 Rellenos de mortero bajo placas de asiento y en cajetines o manguitos

Se harán los siguientes pasos:

1. Limpiar las superficies que estén en contacto con el mortero
2. Picar la capa superior del hormigón y limpiar la materia sobrante.
3. Cuando la estructura esté nivelada, se realiza una nueva limpieza y se humedece la superficie.
4. Tres horas después, se vierte el mortero de relleno por un lado de la placa de asiento.
5. Cuando se endurezca el mortero, se quitarán los tornillos de nivelación y elementos de sustentación y se rellenarán los espacios vacíos producidos por su extracción.
6. Cuando la superficie esté endurecida se rematarán los bordes a 45°.

2.5.14 Descabezados de pilotes

Si los pilotes son “in situ” se deberá de demoler hasta la mitad del diámetro cuando la cabeza quede por encima del diámetro, si queda por debajo del nivel freático se demolerá el diámetro y medio.

Si los pilotes son prefabricados, se demolerá un metro, y se dejarán 50cm de armaduras.

2.6 Control de calidad

Se seguirán los capítulos II, XVI y XVII de la EHE.

El Contratista planificará los procesos y fechas para los ensayos y controles de calidad. Éste deberá entregárselo a la Supervisión de Obra para que pueda verificar los controles.

2.6.1 Control de armaduras

Para la calidad de los aceros se seguirá el artículo 88 de la EHE.

Si las armaduras están normalizadas con la insignia CE (establecida por la directiva CEE) se verificarán por la documentación del CE para que efectúe sus especificaciones.

Si las armaduras no están normalizadas se realizarán dos ensayos, uno de carga de despegue y otro para comprobar su geometría.

2.6.2 Control de componentes del hormigón

Se seguirá el artículo 85 de la EHE.

En el artículo especifica los criterios para comprobar que los materiales cumplan con sus funciones.

2.6.3 Petición y autorización de hormigonado

Previo a la tarea de hormigonado, el Contratista solicitará a la Supervisión de Obra la autorización para realizar el trabajo. En la solicitud deberá indicar la cantidad de hormigón, el lugar a hormigonar, fecha y hora de comienzo de las obras.

La Supervisión de Obra realizará una inspección previa para valorar la aceptación de la solicitud del Contratista. En la inspección, la Supervisión valorará la limpieza de las superficies de contacto, las cimbras, pernos de anclaje, armaduras...

Si la Supervisión considera que el Contratista ha cumplido con todas las condiciones técnicas mencionadas en este pliego, autorizará por escrito su aprobación.

Por el contrario, si no se han cumplido todas las especificaciones, el Contratista no podrá empezar con el hormigonado y su solicitud será denegada. El Contratista deberá solucionar los aspectos que no haya cumplido durante la inspección.

2.6.4 Control de la calidad, consistencia y resistencia del hormigón

Se seguirá el artículo 86 de la EHE.

El control de resistencia será tipo estadístico.

Por cada parte de obra se tomarán cuatro series con dos probetas de diferentes amasadas.

De los ensayos que se realizan con las probetas reservadas durante 28 días se estimará una resistencia media característica, que deberá de ser mayor o igual que las especificadas en los planos.

La resistencia obtenida deberá de superar un valor f (función del diseño o elegido por la Supervisión de Obra) para ser aceptada.

Si es inferior o igual que $0.85 \cdot f$, la obra se demolerá.

Si la resistencia está comprendida entre f y $f \cdot 0.85$ se realizarán ensayos descritos en la EHE.

2.7 Aspectos de la obra acabada y tolerancias

Si la Supervisión de obra valora que existen superficies de hormigón que están defectuosas, serán picadas hasta profundizar más allá de la armadura para sanear el hormigón y reemplazarlo.

El Contratista realizará los acabados con forme se indican en los planos. Si en los planos no se especifica el tipo de acabado, el Contratista realizará un acabado fratasado.

2.7.1 Tolerancias

- La ubicación no se excederá de la indicada en los planos en más de 5mm.
- Las elevaciones no variarán con respecto a los planos en más de 5mm.
- Las dimensiones estructurales de hormigón no diferirán en más de 2mm.
- La desviación respecto de la vertical no será mayor que la milésima de altura.

Si los valores son superiores a los descritos, la Supervisión de Obra decidirá si se debe reparar, demoler o aceptar.

Referencias

«EHE 08 versión en castellano,» [En línea]. Available:
<https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/mas-organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/instrucciones/ehe-08-version-en-castellano>.

**III Pliego de Condiciones de la
infraestructura de las Instalaciones
Eléctricas**

Índice:

1. Objeto	4
2. Infraestructura Eléctrica de Generación	4
2.1 Conductores	4
2.1.1 Circuitos de control	4
2.1.2 Circuitos de potencia de M.T.	5
2.1.3 Circuitos de B.T.	7
2.2 Centros de Transformación	8
2.2.1 Transformadores	8
2.2.2 Celdas de media tensión	9
2.3 Sistemas de Control	11
3. Infraestructura Eléctrica de la Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV.	11
3.1 Cabinas de 30KV	11
3.1.1 Cabina de acometida	12
3.1.2 Cabina de protección de línea	12
3.1.3 Cabina de servicios auxiliares	12
3.1.4 Medida de tensión en barras	13
3.2 Interruptores	13
3.3 Transformadores de intensidad	14
3.4 Seccionadores de puesta a tierra	14
3.5 Transformadores de tensión	15
4. Aparellaje y Equipos Auxiliares de B.T.	15
4.1 Armarios distribución y protección de B.T.	15
4.2 Interruptores automáticos	16
4.3 Interruptores-fusibles	16
4.4 Protecciones	16
4.5 Medida	17
4.6 Telemando y teleseñal	17
4.7 Sistemas de alimentación de corriente continua	17
4.8 Aparatos de medida analógica	18

Índice de tablas:

Tabla 1: Características técnicas fibra óptica	5
Tabla 2:Características técnicas conductores del transformador 0,72/30KV a celdas de 30KV	5
Tabla 3:Características técnicas conductores de celdas a barras de 30KV	6
Tabla 4:Características técnicas conductores de transformador de SS.AA a barras de 30KV	6
Tabla 5:Características técnicas circuitos de potencia 0,72/1KV.....	7
Tabla 6:Características técnicas del transformador trifásico de 7000KVA y relación de 30/0,72KV instalado en cada aerogenerador.....	9
Tabla 8: Características del embarrado	11
Tabla 9:Características técnicas del interruptor.....	13
Tabla 10:Características técnicas del transformador de intensidad en la posición del transformador.....	14
Tabla 11:Características técnicas del transformador de intensidad.....	14
Tabla 12:Características técnicas del transformador de tensión.....	15
Tabla 13: Características de los armarios de distribución	16
Tabla 14: Características de los interruptores automáticos	16
Tabla 15: Características de los interruptores-fusibles.....	16

1. Objeto

En el presente apartado se reflejan las especificaciones necesarias para la instalación eléctrica.

El contratista deberá proveer de los equipos necesarios, los cuales deben de cumplir con las normas y reglamentación correspondiente. Además, deben ir acompañados de los certificados oficiales, catálogos etc. que se crean necesarios.

Para comprobar que los materiales cumplen con los requisitos exigidos se harán pruebas y ensayos normalizados. En caso de no cumplirlos serán reemplazados por otros que si los cumplan.

2. Infraestructura Eléctrica de Generación

2.1 Conductores

Todos los circuitos que se mencionan a continuación deben de llevar grabada una placa identificatoria con el nombre del fabricante, año de fabricación y el tipo de conductor. Esta placa identificatoria deberá estar situada cada 30cm y en los extremos del cable, como se menciona en las normas UNE 21.123 y R.U. 3.305. Además de estar reflejada en los planos del cableado.

Para la realización de empalmes (líneas de interconexión entre aerogenerador y subestación) superiores a 1100m se harán empalmes retráctiles en frío. Estos estarán formados por manguitos metálicos que realizan la unión a presión de la parte conductora.

Los circuitos que se analizaran en este punto son:

2.1.1 Circuitos de control

Los cables de fibra óptica irán enterrados en las mismas zanjas que los conductores de fuerza. Estos deben de estar protegidos contra la acción de los roedores.

Los cables para el control del parque serán:

Tipo de fibra	Multimodo 50/125 μ m
Numero de fibras	8
Construcción	Recubrimiento ajustado
Cubierta interna	Polietileno
Armadura	Acero corrugado
Cubierta externa	Polietileno

Tabla 1: Características técnicas fibra óptica

2.1.2 Circuitos de potencia de M.T.

- **Del transformador 0,72/30KV a celdas de 30KV:**

Denominación	N2XSY
Tipo de conductor	Unipolar
Sección	3x(1x50) mm^2
Material del conductor	cobre
Nivel de aislamiento	18/30KV
Aislamiento	VPE
Pantalla	Malla de Cu
Cubierta	Poliolefina
Cubierta de armadura	Polietileno
Normativa	UNE 21123, IEC502

Tabla 2: Características técnicas conductores del transformador 0,72/30KV a celdas de 30KV

- **De celdas a barras de 30KV:**

Denominación	RHZ1-OL
Tipo de conductor	Unipolar
Sección	3x(1x240) y 3x(1x400) mm ²
Material del conductor	Aluminio
Nivel de aislamiento	18/30KV
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Malla de Cu
Cubierta	Polioléfina
Cubierta de armadura	Polietileno reticulado
Normativa	UNE 21123, IEC502

Tabla 3: Características técnicas conductores de celdas a barras de 30KV

- De transformador de SS.AA a barras de 30KV:

Denominación	RHZ1-OL
Tipo de conductor	Unipolar
Sección	3x(1x95) mm ²
Material del conductor	Aluminio
Nivel de aislamiento	18/30KV
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Malla de Cu
Cubierta	Polioléfina
Cubierta de armadura	Polietileno reticulado
Normativa	UNE 21123, IEC502

Tabla 4: Características técnicas conductores de transformador de SS.AA a barras de 30KV

En paralelo con los cables de media tensión estarán los cables de tierra, los cuales serán de cable desnudo de sección 95 mm^2 .

Los conductores de tierra unirán todo el parque con la malla de tierras de la subestación.

El cableado usado en media tensión debe de haber pasado los controles y ensayos (prueba de tensión a frecuencia industrial, medida de la resistencia eléctrica de los conductores, medida de la resistencia de aislamiento a temperatura ambiente, verificación de las características geométricas y ensayo de descargas parciales) del fabricante.

En la puesta en marcha, el contratista debe de realizar los ensayos (medida de resistencia de aislamiento en bobina y montado, prueba de continuidad y de rigidez dieléctrica) con forme lo estipula la norma UNE 21-123.

2.1.3 Circuitos de B.T.

- **Circuitos de potencia 0,72/1KV**

Denominación	RV
Tipo de conductor	Unipolar
Sección	Varias
Nivel de aislamiento	0,72/1KV
Aislamiento	XLPE
Cubierta	PVC

Tabla 5: Características técnicas circuitos de potencia 0,72/1KV

El cableado usado en baja tensión debe de haber pasado los controles y ensayos (prueba de tensión a frecuencia industrial, medida de la resistencia eléctrica de los conductores, medida de la resistencia de aislamiento y medida de espesores de aislamiento y cubiertas) del fabricante.

En la puesta en marcha, el contratista debe de realizar los ensayos (medida de resistencia de aislamiento en bobina y montado y prueba de continuidad).

2.2 Centros de Transformación

2.2.1 Transformadores

Cada uno de los siete aerogeneradores que compone el parque tendrá en su interior un transformador trifásico sumergido en aceite. Deben de estar diseñados y haber pasado los ensayos que estipulan las normas UNE 20110, UNE-EN 60076-1, IEC 726, CEI 76-1 A 76-5 e IEC 762 (1982).

Los transformadores deben de disponer de una placa de identificación, la cual debe de nombrar al fabricante, el tipo de transformador, número de serie, tensiones, potencia y frecuencias nominales.

Los transformadores aptos para el parque deberán de haber superado los ensayos estipulados por las normas UNE 20101 y 20178(1986) y CEI 76-1 a 76-5 y 726 (1982).

Tales ensayos como:

- Medición de la resistencia de los arrollamientos
- Determinación de la tensión de cortocircuito, de la relación de transformación y control de grupo de conexión, pérdida en carga, pérdidas y corriente en vacío.
- Ensayo de tensión aplicada, de tensión inducida y onda de choque
- Nivel de ruido
- Verificación de sistemas de protección.

Las características principales de los transformadores de los aerogeneradores de Vestas V162 son:

Descripción	Transformador sumergido de aceite
Disposición	3 fases
Método de refrigeración	KF/WF
Potencia nominal	7000KVA
Frecuencia	50HZ
Tipo de conexión	Dyn11
Tensión devanado de BT	0,720KV
Tensión devanado de MT	30KV
Cambiador de tomas en vacío	$\pm 2,5 \pm 5\%$
Nivel de aislamiento BT	1,1KV
Nivel de aislamiento MT	36KV

Corriente en vacío	0,50%
Pérdidas en vacío	3,5KW
Pérdidas en carga A 75°C	≤61,73KW
Protecciones	Descargadores de sobretensiones conectados en el pasatapas de alta tensión
Peso	≤11000kg

Tabla 6: Características técnicas del transformador trifásico de 7000KVA y relación de 30/0,72KV instalado en cada aerogenerador

2.2.2 Celdas de media tensión

Las celdas usadas en media tensión están compuestas por un módulo de dos o tres unidades con las funciones:

- Celda de llegada de línea(remonte)
- Celda salida de línea
- Celdas de protección

Las cabinas estarán en el interior de los aerogeneradores y serán prefabricadas y compactas, de tipo GIS y con aislamiento SF6. Además, deben de cumplir los estándares:

- Celdas MT: IEC 62271-200 ,UNE -EN 60298, CEI 298
- Interruptores: IEC 62271-103
- Seccionadores: IEC62271-102
- Interruptores automáticos: IEC 62271-100
- Fusibles : IEC 62271-105

Las celdas que formen una sección de maniobra y protección deberán estar separadas eléctrica y mecánicamente para evitar la propagación de efectos fuera de éstas. Las celdas deberán de soportar los efectos de un cortocircuito en su interior sin deformarse.

Se diseñará un circuito de puestas a tierra anclado en la estructura de las celdas conectándose a él las partes móviles y los herrajes por medio de trenzas flexibles de cobre.

Las características de las cabinas son las siguientes:

- Las cabinas de protección del transformador deberán de contener:
 - ❖ Juego de barras tripolar
 - ❖ Interruptor automático tripolar de corte SF6 de 630A
 - ❖ Interruptor seccionador tripolar de corte en carga de 630A
 - ❖ Bobina de apertura y cierre del interruptor
 - ❖ Barra de tierra
 - ❖ Relé de protección de3Fases (50-51/50N-51N)

- ❖ Salida de cables por pasatapas a bornes enchufables para cable seco unipolar
- Cabinas de remonte de línea:
 - ❖ Salida de cables con pasatapas a bornes enchufables para cable seco unipolar
 - ❖ Indicadores capacitivos de presencia de tensión
 - ❖ Juego de barras tripolar 630A
- Cabinas de línea
 - ❖ Interruptor-seccionador (corte en carga)
 - ❖ Seccionador de puesta a tierra
 - ❖ Salida de cables con pasatapas a bornes de enchufables para cable seco unipolar.
 - ❖ Juego de barras tripolar 630A.

Todas las celdas deben de pasar los ensayos de:

- Ensayo de onda de choque, de frecuencia industrial del circuito principal y de dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Operación mecánica sin tensión en el circuito principal y de los elementos móviles y enclavamientos.
- Verificación del grado de protección y del cableado conforme a los esquemas eléctricos.

Conexiones:

Las acometidas y las salidas de los transformadores o de salida de celdas se realiza mediante cables. Las uniones de estos cables con los pasatapas deben de realizarse con terminales enchufables atornillados y apantallados.

Embarrado general de celdas:

El embarrado está diseñado para soportar la corriente térmica, dinámica y nominal asignada:

Tensión máxima	36KV
Tensión nominal	30kV
Tensión soportada por onda de choque tipo rayo	170 KV cresta
Intensidad nominal	400A
Frecuencia	50Hz
Tensión soportada a frecuencia industrial	70KV ef
Duración nominal de cortocircuito	1s

Intensidad de cortocircuito	16KA
Valor de cresta	40KA

Tabla 7: Características del embarrado

2.3 Sistemas de Control

Se utilizará el sistema de SCADA y monitorización del aerogenerador para determinar en todo momento el estado de cada aerogenerador. El sistema de control deberá de incluir todos los mandos de los seccionadores e interruptores.

La turbina de cada aerogenerador es controlada y monitorizada por el sistema de control VMP8000. Algunas de las funciones de este sistema son:

- Seguimiento y supervisión de las operaciones globales.
- Control de reactiva y operaciones de velocidad variable.
- Monitorización de la red, de las condiciones ambientales.
- Sincronización del generador a la red durante la secuencia de conexión.

3. Infraestructura Eléctrica de la Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV.

El aparellaje de 30KV estará alojado en el interior del edificio de control.

A continuación, se detallarán los elementos que forman parte de la aparamenta:

3.1 Cabinas de 30KV

Serán de aislamiento de tipo SF6. Dispondrá de interruptor fijo de corte en vacío, compartimentos de control para relés de protecciones contra sobrecorrientes y sobretensiones y compartimentos para reenganches, medidía y telemando.

Cada cabina se conectará por cables subterráneos de aislamiento seco 18/30KV con terminales enchufables aislados.

Todos los elementos que puedan ser accesibles deberán de tener un elemento que indique, de forma visual al operario, la presencia de tensión.

3.1.1 Cabina de acometida

Recibirán la llegada de los cables RHZ1-OL 3x(1x240) y 3x(1x400) mm^2 de las cabinas de línea.

- 1 Interruptor automático trifásico de corte por SF6, 36KV, 1250A y 25KA de poder de corte, mando motorizado y bobinas de cierre, de disparo y mínima tensión.
- 3 Transformador de intensidad, aislamiento en seco, 36KV, relación de transformación 1300/5, intensidad térmica 25KA
- 1 Seccionador de puesta a tierra, cierre brusco, 36KV y poder de cierre de 62,5 KA cresta.
- Relé de protección 8IVD-DIN de ZIV (3x50/51, 50N/51N, 79 y 67N)
- 3 Aisladores testigo tipo resistivo.
- 3 Pilotos luminosos para indicar presencia de tensión.

El embarrado general debe soportar la intensidad térmica de cortocircuito de 25KA durante un segundo y conducir la intensidad nominal de 1000A.

Para puesta a tierra, debe de tener la pletina de cobre electrolítico de 40x5mm y sección de los cables de cobre de 95 mm^2 .

3.1.2 Cabina de protección de línea

- 1 Interruptor automático trifásico de corte en vacío 36KV, 630A y 25KA de poder de corte y bobinas de cierre, de disparo y mínima tensión.
- 3 Transformador de intensidad toroidal, aislamiento en seco, 36KV, relación de transformación 300/5 (circuito 2) y 400/5 (circuito 1)
- 3 Seccionador de puesta a tierra cierre brusco, 36KV y poder de cierre de 62,5 KA cresta
- 3 Aisladores testigo tipo resistivo
- 3 Pilotos luminosos para indicar presencia de tensión

El embarrado general debe soportar la intensidad térmica de cortocircuito de 25KA durante un segundo y conducir la intensidad nominal de 1000A.

Para puesta a tierra, debe de tener la pletina de cobre electrolítico de 40x5mm y sección de los cables de cobre de 95 mm^2 .

3.1.3 Cabina de servicios auxiliares

A la cabina de protección del transformador de SSAA. llegarán los cables de RHZ1-OL de 3(1x95) mm^2 .

Estará formada por:

- 1 Interruptor- seccionador trifásico en carga de 36KV, intensidad nominal de 200A, mando automático con fusibles.
- 3 Fusibles (uno por cada fase para protección contra cortocircuitos). Intensidad 10A
- 3 Portafusibles y cartuchos APR de 36KV y 10A según DIN 43625 y IEC 420.
- 2 Seccionadores trifásicos de puesta a tierra, accionamiento manual, con tensión de 36KV y poder de cierre 62,5KA cresta
- Aisladores testigo tipo resistivo y juego de 3 pilotos luminosos para indicar presencia de tensión por cada fase

El embarrado general debe soportar la intensidad térmica de cortocircuito de 25KA durante un segundo y conducir la intensidad nominal de 1000A.

Para puesta a tierra, debe de tener la pletina de cobre electrolítico de 40x5mm y sección de los cables de cobre de 95mm².

3.1.4 Medida de tensión en barras

- 3 Transformadores de tensión de 36KV, relación de transformación 30000:√3/110 :√3-110 :√3-110:3 V , factor de tensión 1,2 y aislamiento en seco.

Irán conectados al embarrado sin necesidad de ser conectados a una celda independiente.

3.2 Interruptores

Estos elementos se usarán para protección y desconexión en carga de línea y resto de posiciones. Los interruptores se accionarán por muelles con carga por motor.

Las características principales son:

Tensión nominal	36KV
Intensidad nominal de línea de la acometida	630A
Intensidad nominal lado de media tensión del transformador	1250A
Poder de corte	25KA
Aislamiento	SF6
Tensión a frecuencia industrial	70KV
Tipo	Fijo con corte en vacío

Tabla 8:Características técnicas del interruptor

3.3 Transformadores de intensidad

Será de servicio interior, tipo soporte y antiexplosivos.

Las características principales son:

Posiciones de transformador:

Relación de transformación		1000/5-5-5A
Potencia y clase	Primer núcleo (medida)	10VA CI. 0,5
	Segundo núcleo (protección)	10VA CI 5P20
	Tercer núcleo (protección)	10VA CI 5P20
Tensión nominal de aislamiento		36KV
Intensidad de térmica de cortocircuito		25KA

Tabla 9: Características técnicas del transformador de intensidad en la posición del transformador

Posiciones de línea:

Relación de transformación		300/5-5A 400/5-5A
Potencia y clase	Primer núcleo (medida)	10VA CI. 0,5
	Segundo núcleo (protección)	10VA CI 5P20
Tensión nominal de aislamiento		36KV
Intensidad de térmica de cortocircuito		25KA

Tabla 10: Características técnicas del transformador de intensidad

3.4 Seccionadores de puesta a tierra

Sirven para conectar a tierra los circuitos cuando el interruptor está abierto.

Tensión nominal de 36KV e intensidad nominal de 630A.

3.5 Transformadores de tensión

Será de servicio interior y tipo soporte.

A continuación, se exponen las características técnicas:

Relación de transformación		30000: $\sqrt{3}$ / 110 : $\sqrt{3}$ - 110 : $\sqrt{3}$ -110:3 V
Potencia y clase	Primer núcleo(protección)	30VA CI. 3P
	Segundo núcleo (medida)	30VA CI. 0,5
	Tercer núcleo(protección)	50VA CI 3P
Tensión máxima de servicio		36KV
Factor de tensión en permanencia		1,2

Tabla 11:Características técnicas del transformador de tensión

4. Aparellaje y Equipos Auxiliares de B.T.

El aparellaje de baja tensión debe de cumplir las Instrucciones Técnicas de Baja Tensión (ITC-BT). Si algún elemento no está cumpliendo lo establecido por el reglamento, el contratista deberá informar a la Dirección de obra antes de continuar con la construcción.

4.1 Armarios distribución y protección de B.T

Los armarios ubican a los elementos de la red de baja tensión. El aparellaje se agrupará en los cuadros de la forma más económica posible.

Los elementos que trabajen bajo tensión serán de material autoextinguible. Los armarios serán modulares y prefabricados en chapa electrozincada, con revestimiento de pintura epoxy y poliéster. Los cuadros deben de permitir ampliaciones por extensión de armaduras.

Las uniones entre barras serán plateadas y atornilladas de acuerdo con normas DIN. Todos los embarrados, cables y conexiones estarán diseñados para una capacidad de 1,5 veces la del interruptor principal.

Las características más importantes serán:

Tensión máxima	720V
Intensidad nominal	200A
Tensión de aislamiento	1KV

Tabla 12: Características de los armarios de distribución

4.2 Interruptores automáticos

Serán de instalación fija y accionamiento automático con cierre y apertura manual, de corte omnipolar.

Las características principales son:

Tensión nominal	720V
Tensión de servicio	400V
Tensión de aislamiento	1KV
Poder de corte	UNE-CEI

Tabla 13: Características de los interruptores automáticos

4.3 Interruptores-fusibles

Se usan para protección y seccionamiento de las líneas en barras de 400V. Se instalarán donde se indique en los planos.

Las características generales son:

Tensión nominal	720V
Intensidad nominal	400A
Tensión de aislamiento	1KV

Tabla 14: Características de los interruptores-fusibles

4.4 Protecciones

Para las protecciones de línea y generación se instalarán elementos de protección y control normalizados según UNE-21-136(CEI-255).

Para las líneas de generación se instalarán:

- Protección de sobreintensidad (50/51,50N/51N, 67N)
- Protección de reenganche en c.a. y enclavamiento de un interruptor (79)

Para el transformador de SS.AA.:

- Relé de detección de flujo de gases, presión y temperatura.

Posición del transformador de potencia de 30/132KV:

- Protección de sobreintensidad (50/51,50N/51N,67N)
- Protección diferencial del transformador (87T)
- Protección de reenganche en c.a. y enclavamiento de un interruptor (79)

4.5 Medida

En el parque se instalarán equipos convertidores multifunción (analizadores de red) para que almacenen datos de tensión, potencia activa y reactiva, factor de potencia, corrientes, frecuencia y medidor de armónicos. Los equipos serán trifásicos desequilibrados con medida a cuatro hilos. Estos elementos se localizarán en el transformador y en los circuitos de interés.

Los equipos de medida deben de cumplir el Reglamento de Puntos de Medida (RPM) para ser tramitados por Sistema Eléctrico Nacional.

Tanto los transformadores de tensión como de intensidad deben de ser de clase de precisión de 0,2 para la medida.

4.6 Telemando y teleseñal

Los elementos de teleseñal y telemando estarán alojados en el edificio de control

Se usarán elementos preferentemente del mismo proveedor. Estarán agrupados bajo una misma red de control. En esta red estarán todos los equipos de la red de 30KV.

El sistema SCADA del parque permitirá saber el estado de funcionamiento de cada aerogenerador del parque para poder ejercer un óptimo seguimiento y control del parque.

4.7 Sistemas de alimentación de corriente continua

Para la corriente continua se dispondrá de cuadros a una tensión de 125V mediante un cargador-rectificador de la batería para alimentar a equipos de control, protecciones y medida.

La batería sirve para dar energía en caso de emergencia y/o falta en la red. Funcionará ininterrumpidamente y durante el proceso de carga y flotación.

Será necesario una fuente de corriente continua de 48V para los elementos de control y comunicación. Éste también estará formado por una batería y un rectificador.

4.8 Aparatos de medida analógica

Estarán en el edificio de control del parque. Serán empotrables, de forma rectangular o cuadrada y provistos de amortiguadores. Podrán ser industriales o de precisión en función de la función a desempeñar y tendrán la posibilidad de recalibrar el equipo de forma sencilla.

Los aparatos de medida analógica deberán de pasar los ensayos de tensión, aislamiento, resistencia al calor y cortocircuitos de las normas VDE y recomendaciones de la AEE.

*Documento 4: Presupuesto del
parque eólico Pozo del Conde*

Índice:

1. Mediciones y precios unitario	3
1: Obra civil del parque eólico	4
2: Conductores y P.A.T. cabinas de media tensión, aerogeneradores	8
3: Aerogeneradores.....	9
4: Subestación 30/132 kV.....	10
5: Edificio de control.....	12
6: Ingeniería y dirección de obra.....	12
7: Varios	12
2. Presupuesto de ejecución, material y contrata.....	13

1. Mediciones y precios unitario

A continuación, se desglosan las tablas con las mediciones y precios de la obra civil, conductores y puestas a tierra, cabinas de media y baja tensión, los aerogeneradores, la subestación 30/132KV sistema de 30KV, edificio de control, ingeniería y dirección de obra y varios.

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	1: OBRA CIVIL PARQUE EÓLICO								
	Subapartado 1.01: Movimiento de tierras								
1.01.01	m ² Limpieza y desbroce a máquina.								
	Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, con un espesor de 25 a 35 cm, incluso carga y transporte de los productos del desbroce a vertedero o a acopios intermedios para su posterior utilización								
	Viales nuevos	1	4725,20	6,00		28351			
	Ampliación y mejora de viales ya existentes	1	2028,00	2,00		4056			
	Plataformas	7	40,00	40,00		11200			
	Aerogeneradores	7		450,00		3150			
	Ciment. Torre metereológica	1	2,50	2,50		6			
	Zanja línea 30 kV	1	5.745,50	0,70		4022			
							50.785,30	1,03	52.308,86
1.01.02	m ³ Excav. DESMONTE terreno compacto.								
	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								
	Viales principales	1				51.550			
	Plataformas	7	20,00	40,00	2,50	14.000			
							65.550,00	3,62	237.291,00
1.01.03	m ³ Excav. zanjas en terreno compacto.								
	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								
	Zanja línea media tensión	1	5.745,50	0,70	1,00	4.021,85			
							4.021,85	7,00	28.152,95
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. Aerogeneradores	7		1383,00		9.681,00			
	Ciment. Torres Meteo	1	2,20	2,20	1,00	4,84			
							9.685,84	8,60	83.298,22

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	7		861,00		6.027,00			
							6.027,00	13,90	83.775,30
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	1				13.540			
	Plataformas	7	20,00	40,00	2,50	14.000			
							27.540,00	2,00	55.080,00
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 25 cm, compactado y humectado, hasta el 98% del Proctor Modificado, medido sobre perfil.								
	Viales nuevos	1	4.725,20	7,00	0,25	8.269,10			
	Viales a reparar	1	2.028,00	2,00	0,25	1.014,00			
	Plataformas	7	40,00	40,00	0,10	1.120,00			
							10.403,10	10,48	109.024,49
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	5745,50	0,70	0,45	1.809,83			
							1.809,83	3,01	5.438,66
1.01.09	m ³ 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	5745,50	0,70	0,55	2.212,02			
							2.212,02	21,04	46.530,73

1.01.10	mL Formación de cuneta.								
	Formación de cuenta en tierra, taludes 1,5:1 y 1:1, con profundidad de 0,40 m								
	Viales principales	0,5	6.753,20			3.376,60			
							3.376,60	1,80	6.077,88
	TOTAL SUBAPATADO 1.01								706.978,08
	Subapartado 1.02: Hormigones								
1.02.01	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								
	Cimentaciones Aerogenerador	7			39,00	273,00			
	Cimentación Torres Meteorológicas	1			0,40	0,40			
							273,40	95,50	26.109,70
1.02.02	m³ Horm. HA-30 T. máx. 20 mm.								
	Cimentación, 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	7			522,00	3.654,00			
	Cimentación Torres Meteorológicas	1			13,20	13,20			
							3.667,20	87,77	321.870,14
1.02.03	m2 Encofrado curvo en alzados								
	Encofrado y desencofrado con madera suelta en zapatas de cimentación, considerando 8 posturas.								
	Cimentación Aerogeneradores	7	49,00			343,00			
							343,00	56,21	19.280,03
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								
	Cimentación Aerogeneradores	7	64,00			448,00			
							448,00	56,20	25.177,60
	TOTAL SUBAPARTADO 1.03								392.437,47
	Subapartado 1.03: Aceros								
1.03.01	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	7			57420,00	401.940,00			
							401.940,00	0,80	321.552,00
1.03.02	Ud Sistema de anclaje de la torre del aerogenerador a la cimentación								
	Sistema de anclaje compuesto por Juegos de Pernos y accesorios, según las indicaciones del suministrador, para los aerogeneradores.								
	Cimentaciones Aerogeneradores	7				7,00			
							7,00	500,00	3.500,00
	TOTAL SUBPARTADO 1.04								325.052,00
	Subpartado 1.04: Varios								
1.04.01	mL Cinta plástica señalizadora.								
	Cinta de plástico señalizadora normalizada, enterrada en zanja sobre cables eléctricos								
		1	5.745,50			5.745,50			
							5.745,50	0,50	2.872,75
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								
		3				3,00			
							3,00	900,00	2.700,00
1.04.03	ml Plancha PVC								
	Plancha de PVC enterrada para protección de cables eléctricos en zanja enterrada								
		1	5.745,50			5.745,50			
							5.745,50	2,00	11.491,00
1.04.04	Ud de mojonos de hormigón prefabricado								
	Suministro y colocación de mojonos 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				82,00			
							82,00	30,00	2.460,00
	TOTAL SUBPARTADO 1.04								19.523,75
	TOTAL PUNTO 1								1.443.991,31

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	2: CONDUCTORES Y P.A.T. CABINAS MEDIA TENSIÓN Y AEROGENERADORES								
	Subapartado 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	2.749				8.247	9,20	75.872,40
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	2.997				8.990	6,30	56.633,85
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	500				500	0,73	366,00
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								
		0	3.105				0	1,37	0,00
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	5.746				5.746	1,13	6.475,18
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	5				5	739,00	3.694,98
2.01.09	ML. Suministro de cable de tierra de 1x50 mm ²								
	Conductor de p.a.t. para enlace entre aerogeneradores, CT y subestación, a base conductor Cu desnudo 50 mm ²								
		1	5.820				5.820	2,92	16.971,12
TOTAL SUBAPARTADO 2.01									160.013,53
	Subapartado 2.02: Tendido y Montaje								
2.02.01	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					43.000,00	43.000,00
SUBTOTAL SUBAPARTADO 2.02									43.000,00
	Subapartado 2.03: Cabinas de Media Tensión								
2.03.01	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	5	1				15.800,00	79.000,00
		0L+2L+1V	0	1				19.800,00	0,00
SUBTOTAL SUBAPARTADO 2.03									102.578,00
TOTAL PUNTO 2									305.591,53

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	3: AEROGENERADORES								
3.01.01									
	Aerogenerador Vestas compuesto por rotor de 162 m de diámetro, góndola 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.								
		7,00						3.640.000	25.480.000,00
TOTAL PUNTO 3									25.480.000,00

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
	4: SUBESTACION 30/132 kV								
	Subapartado 4.01: Aparellaje y equipos Subestación 30 kV								
4.01.01	Ud. Suministro de celda de acometida 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 seccionador, interruptor automático de corte en SF6, relés de protección, etc.								
		1					1	23.981,77	23.981,77
4.01.02	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 seccionador, interruptor automático de corte en SF6, seccionador de puesta a tierra, relés de protección, etc.								
		2					2	23.981,77	47.963,54
4.01.03	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	11.050,20	11.050,20
4.01.04	Ud. Suministro de celda de medida de 30 kV.								
	Celda para alimentación a parques, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, conteniendo básicamente en su interior transformador de tensión y de intensidad								
		1					1	23.981,77	23.981,77
4.01.05	Ud. Suministro de equipo rectificador-batería								
	Unidad cargador rectificador baterías 125 Vcc, 100 Ah , montada sobre armario metálico de interior conteniendo en su interior cargador-rectificadores y las baterías de Ni-Cd.								
		1					1	11.060,80	11.060,80
4.01.06	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								
		1					1	7.286,10	7.286,10
4.01.07	Ud. Suministro de transformador de SS.AA.								
	Suministro de transformador de SS. AA de relación 30/0,4 kV. de 100 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn11, tipo seco, con refrigeración . Incluye envolvente metálica.								
		1					1	3.150,00	3.150,00
4.01.08	Ud. Autoválvula								

	Pararrayos autoválvula unipolar para 30 kV y max. Tensión de servicio 36 kV								
		3					3	350,00	1.050,00
4.01.09	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 el edificio de la Subestación.								
		1					1	9.050,24	9.050,24
4.01.10	Ud. Suministro de elementos de seguridad								
	Elementos de seguridad como guantes, banqueta, pértiga, etc..								
							1	4.500,00	4.500,00
4.01.11	Ud. Armario central del sistema de control y protección								
	Elementos de telemando y teleseñal								
		1					1	5.000,00	5.000,00
4.01.12	Ud Suministro S.A.I.								
	Suministro para alimentación sistema control parque								
		1					1	2.880,76	2.880,76
TOTAL SUBPARTADO 4.01									150.955,18
	Subapartado 4.02: Montaje+ puesta marcha								
4.02.01	Montaje Aparellaje Eléctrico de 30 kV								
		1	1					57.000,00	57.000,00
4.02.02	Supervisión, pruebas y puesta en marcha								
		1	1					22.000,00	22.000,00
TOTAL SUBPARTADO 4.02									79.000,00
TOTAL PUNTO 4									229.955,18

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
5: EDIFICIO DE CONTROL									
5.01.01	Ud. Obra Civil Edificio de Control Edificio de Control de subestación y parque, según plantas de distribución, a concretar con proyecto de ejecución, con acabados y características constructivas adecuadas a las normas vigentes, totalmente acabado.	1						140000	140000
TOTAL PUNTO 5									140.000

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
6: INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA									
Subapartado 6.01. Ingeniería del Parque Eólico									
6.01.01	Ud de Ingeniería del parque eólico incluyendo tanto la ingeniería de obra civil como de instalaciones eléctricas, BT, MT y subestación eléctrica.	1						60.000	94.091
TOTAL SUBPARTADO 6.01									94.091
Subapartado 6.02. Dirección facultativa de la obra									
6.02.01	Ud. Dirección Facultativa de la obra	1						54.217	54.217
TOTAL SUBPARTADO 6.02									50.000
TOTAL PUNTO 6									144.091

Mediciones y precios unitarios Pozo del Conde									
Cod.	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Importe (€)
7: VARIOS									
7.01.01	Control de calidad en obra realizado por empresa especializada	1						14.057	14.057,00
TOTAL PUNTO 7									14.057,00
TOTAL MEDICIONES Y PRECIOS UNITARIOS PARQUE EÓLICO POZO DEL CONDE									27.757.686,01

2. Presupuesto de ejecución, material y contrata

Este punto contiene el resumen del Documento 4:” Presupuesto de ejecución del parque Pozo del Conde”

El presupuesto para construir el parque asciende a un total de:

Treinta y tres millones, treinta y uno mil seiscientos cuarenta y seis con treinta y seis euros (33.031.646,36€)

Presupuesto Pozo del Conde	
• Obra Civil:	
Parque Eólico (Apartado 1)	1.443.991,31
Edificio de Control (Apartado 5)	140.000,00
• Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
Conductores y puesta a tierra (Subapartado 2,01)	160.013,53
Subestación 30 kV.(Subapartado 4,01)	150.955,18
Cabinas de MT 30 kV (Subapartado 2.03)	102.578,00
• Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
Tendido de cables (Subapartado 2.02)	43.000,00
Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV(Subapartado 4.02)	79.000,00
• Aerogeneradores:	
Aerogeneradores (Apartado 3)	25.480.000,00
• Ingeniería y Dirección de Obra	
Ingeniería del Parque Eólico (Subapartado 6.01)	94.091,00
Dirección facultativa de la obra (Subapartado 6.02)	50.000,00
• Varios(Apartado 7)	14.057,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	27.757.686,02
- 16 % Gastos Generales	4.441.229,76
- 3 % Beneficio Industrial	832.730,58
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	33.031.646,36
- GASTOS DE DESARROLLO	0,00

Anexo I: Selección del Emplazamiento

Índice:

1. Objeto	4
2. Criterios de selección de un emplazamiento	4
3. Emplazamiento nº1	4
3.1 Proximidad a espacios protegidos	5
3.2 Distancia a la red eléctrica.....	6
3.3 Accesibilidad.....	7
3.4 Terreno	7
3.5 Recurso eólico	7
4. Emplazamiento nº2	9
4.1 Proximidad a espacios protegidos	10
4.2 Distancia a la red eléctrica.....	10
4.3 Accesibilidad.....	10
4.4 Terreno	11
4.5 Recurso eólico	11
5. Selección del emplazamiento	12

Índice de figuras:

Figura 1: Ubicación del emplazamiento nº1.-Fuente Google Earth Pro	5
Figura 2: Localización de la zona de espacio natural protegido respecto al emplazamiento nº1. -Fuente Sigpac	6
Figura 3: Distancia del emplazamiento nº1 a la línea eléctrica	7
Figura 4:Densidad de potencia-Área	8
Figura 5:Velocidad media-Área	8
Figura 6:Rosa de los vientos de frecuencias del emplazamiento nº1	8
Figura 7: Rosa de energías del emplazamiento nº1	8
Figura 8:Ubicación del emplazamiento nº2.-Fuente Google Earth Pro	9
Figura 9: Distancia del emplazamiento nº2 a la red eléctrica. -Fuente Sigpac.....	10
Figura 10: Imagen del terreno del emplazamiento nº2.-Fuente Earth Google	11
Figura 11:Variación de viento anual	12
Figura 12:Rosa de vientos de frecuencias del emplazamiento nº2 Figura 13:Rosa de energías del emplazamiento nº2	12

Índice de tablas:

Tabla 1: Coordenadas UTM del emplazamiento nº1.....	5
Tabla 2:Coordenadas UTM del emplazamiento nº2.....	9

1. Objeto

El objeto de este anexo es la selección del emplazamiento para construir un parque eólico.

Se estudiarán dos ubicaciones diferentes y posteriormente se seleccionará la óptima para el diseño del proyecto.

2. Criterios de selección de un emplazamiento

Para realizar el estudio de la ubicación de este proyecto se ha perseguido que el área seleccionada sea:

- Libre de afecciones a espacios naturales.
- Distancia a la red eléctrica: que no esté a más de 20-30 km a un punto de interconexión (subestación o línea eléctrica) de 132 o 66 kV de tensión.
- Superficie disponible suficiente.
- Accesibilidad factible.
- Recurso eólico suficiente: valor de velocidad media a 80 m de altura superior a 7 m/s.
- Orografía no muy abrupta.
- Tipo de terreno no muy rocoso.

3. Emplazamiento nº1

La primera alternativa se encuentra en tierras pertenecientes al municipio de El Bonillo, en la provincia de Albacete.



Figura 1: Ubicación del emplazamiento n°1.-Fuente Google Earth Pro

La zona seleccionada se encuentra a 1047m de altura sobre el nivel del mar.

Las coordenadas UTM del entorno poligonal seleccionado son:

Vértice del polígono	Coordenada X_{UTM}	Coordenada Y_{UTM}
V1	542.658	4.313.640
V2	543.039	4.313.100
V3	543.384	4.312.593
V4	543.590	4.312.830
V5	543.480	4.312.972
V6	543.678	4.313.276
V7	543.946	4.313.413
V8	543.477	4.314.081

Tabla 1: Coordenadas UTM del emplazamiento n°1

El área del Bonillo seleccionada está situada cerca de otro parque eólico. Por lo tanto, se obtendrán datos del viento más precisos y resultados de producción garantizados.

3.1 Proximidad a espacios protegidos

El espacio natural más cercano al emplazamiento son Las Lagunas de Ruidera, las cuales están muy alejadas de éste.



Figura 2: Localización de la zona de espacio natural protegido respecto al emplazamiento n.º1. -Fuente Sigpac

En rojo se muestra la ubicación del emplazamiento y en verde el espacio natural.

3.2 Distancia a la red eléctrica

Uno de los factores fundamentales a la hora de elegir una ubicación es la posibilidad de conexión a la línea eléctrica. Si la distancia de la línea es muy lejana el proyecto no es viable.

La distancia más cercana hasta una línea de alta tensión es aproximadamente de 2.5km. La longitud que dista desde el área seleccionada y la línea es buena, ya que permite realizar la conexión con un coste de obra civil menor.

Por el contrario, conectarse a una línea eléctrica sin el uso de una subestación es complicado y caro. Habría que adaptar la línea para poder conectar el parque.



Figura 3: Distancia del emplazamiento nº1 a la línea eléctrica.-Fuente Google Earth Pro

3.3 Accesibilidad

El parque no afecta al núcleo urbano del Bonillo, ya que está alejado a más de 2.5Km.

El acceso al parque se realiza por la carretera CM-3152 y por caminos rurales durante aproximadamente 2km hasta llegar al emplazamiento.

Los caminos rurales deberán ser reparados y acondicionados para que puedan circular los vehículos y maquinaria pesada por él.

3.4 Terreno

El terreno seleccionado es un terreno amplio y rústico, es un suelo destinado a fines agrícolas. Por este motivo es un terreno libre de obstáculos, ya que apenas hay arboleda que pueda ocasionar grandes turbulencias.

Para poder realizar la construcción del parque, el suelo debe estar caracterizado como “suelo industrial”, por lo que se deben de hacer los trámites correspondientes con el ayuntamiento del Bonillo.

3.5 Recurso eólico

Para hacer una estimación del recurso eólico se ha utilizado Global Wind Atlas. Este programa realiza un cálculo aproximado del recurso eólico en cualquier ubicación del mundo.

Usando las coordenadas del polígono descrito anteriormente, se obtiene una velocidad media de 7.5m/s. a una altura de buje de 100 metros. A esta altura produce alrededor de 469W/ m².

La velocidad media a 80 metros de altura es de 7.13m/s.

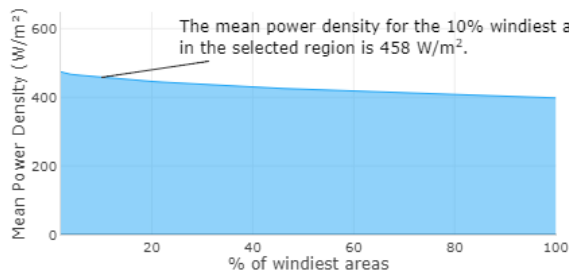


Figura 4: Densidad de potencia-Área

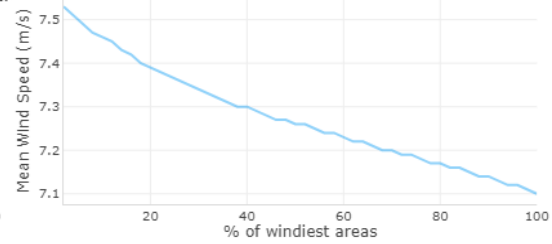


Figura 5: Velocidad media-Área

Como se comprueba en las gráficas, la densidad de energía muestra para un 10% del viento una gráfica similar a una constante. Esto quiere decir que se obtendrá una energía prácticamente constante en el área seleccionada.

La velocidad del viento decrece a medida que nos alejamos del área seleccionada.

La rosa de los vientos de esta ubicación muestra como el viento procede la mayor parte del tiempo del suroeste.

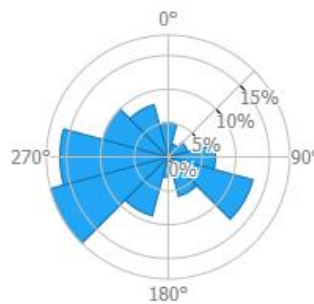


Figura 6: Rosa de los vientos de frecuencias del emplazamiento nº1

La Rosa de energías señala la forma óptima de la alineación de los aerogeneradores, que es la perpendicular a la dirección principal del viento(alrededor de los 330° Norte)

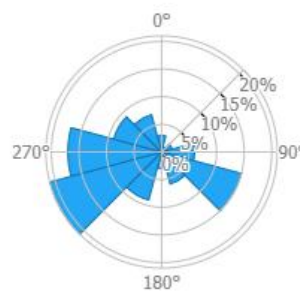


Figura 7: Rosa de energías del emplazamiento nº1

4. Emplazamiento n°2

La segunda alternativa se encuentra en tierras pertenecientes al municipio de Lezuza, en la provincia de Albacete.



Figura 8: Ubicación del emplazamiento n°2. -Fuente Google Earth Pro

El emplazamiento se encuentra en una zona con una elevación entre 968-1010 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas UTM del entorno poligonal seleccionado son:

Vértice del polígono	Coordenada X_{UTM}	Coordenada Y_{UTM}
V1	555.660	4.317.298
V2	556.288	4.317.398
V3	556.978	4.314.769
V4	556.807	4.314.368
V5	556.783	4.313.950
V6	555.620	4.314.011
V7	555.342	4.315.369
V8	555.965	4.315.791

Tabla 2: Coordenadas UTM del emplazamiento n°2

4.1 Proximidad a espacios protegidos

El emplazamiento no está situado cerca de ningún espacio natural. Por lo que es un lugar favorable para realizar en él un proyecto de amplias dimensiones.

La zona en la que se encuentra el emplazamiento puede contener encinas. Aunque las encinas son plantas protegidas, se puede construir cerca de ellas. Si hubiese alguna encina que dificultase los trabajos de construcción, podría quitarse y replantar una superficie equivalente donde no dificulte las tareas a realizar.

4.2 Distancia a la red eléctrica

La conexión a la red eléctrica se realizaría por medio de la Subestación Eléctrica de Lezuza, donde se conectaría a la red de 132KV.

La distancia a la subestación es de alrededor de 2.4Km, por lo que se garantiza una buena transmisión de la energía con unas pérdidas reducidas.

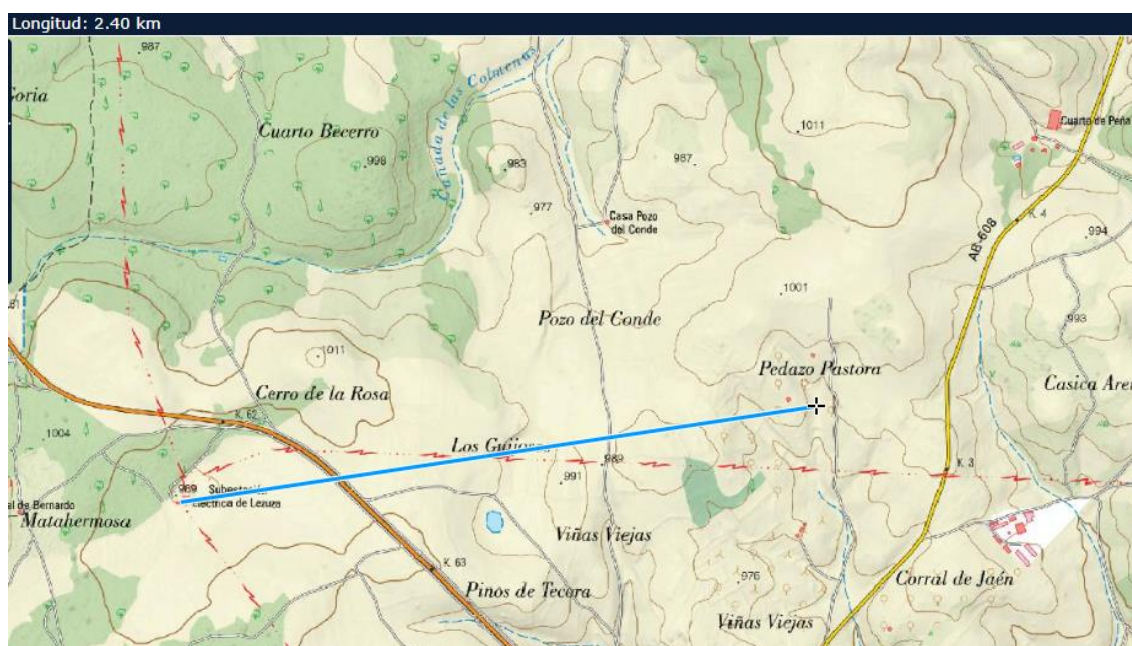


Figura 9: Distancia del emplazamiento n°2 a la red eléctrica. -Fuente Sigpac

4.3 Accesibilidad

El parque no afectaría al núcleo urbano de Lezuza ya que se encuentra a más de 3Km.

El acceso al parque se realizaría por un vial existente. Entre el km 2-3 de la carretera AB-608 existe un vial que da acceso a las distintas parcelas del monte. Estos caminos existentes facilitarían el acceso de vehículos pesados necesarios para la construcción.

4.4 Terreno

El terreno seleccionado, es un terreno rústico, destinado a fines agrícolas de secano.

La mayoría de la vegetación son árboles de poca altitud, por lo que no se esperan turbulencias por obstáculos elevados.

Estos terrenos corresponden a una rugosidad baja con campo agrícola de secano con escasos matorrales.

El precio del terreno no es elevado, ya que son tierras destinadas al cultivo agrícola con escaso valor económico.

Para poder realizar la construcción del parque, el suelo debe estar caracterizado como “suelo industrial”, por lo que se deben de hacer los trámites correspondientes con el ayuntamiento de Lezuza.



Figura 10: Imagen del terreno del emplazamiento nº2.-Fuente Earth Google

4.5 Recurso eólico

Usando las coordenadas del polígono descrito anteriormente, se obtiene una velocidad media de 7.38m/s. a una altura de buje de 100 metros. A esta altura produce alrededor de 497W/ m².

La velocidad media a 80 metros de altura es de 7.05m/s.

Como se muestra en la siguiente imagen, la velocidad del viento se mantiene constante a lo largo del tiempo.

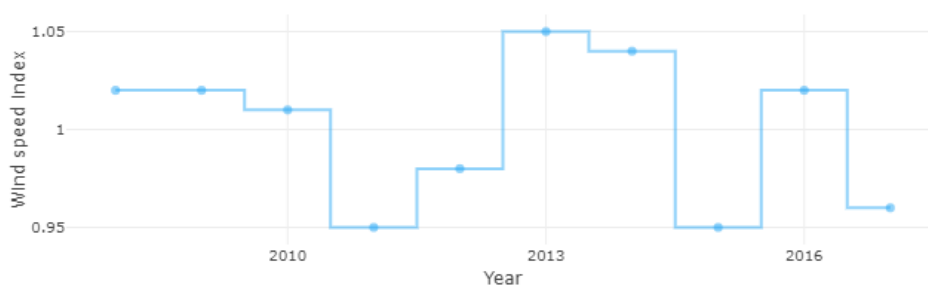


Figura 11: Variación de viento anual

Las gráficas de la Rosa de los vientos de frecuencia y energía ofrecen una dirección más pronunciada que el resto. El viento indica que va del oeste al este, y la dirección óptima del aerogenerador sería a 0° Norte.



Figura 12: Rosa de vientos de frecuencias del emplazamiento n°2 Figura 13: Rosa de energías del emplazamiento n°2

5. Selección del emplazamiento

En vista de los resultados, se ha decidido realizar el proyecto en el término municipal de Lezuza (Albacete). A pesar de que la velocidad media del viento de Lezuza es inferior al área del Bonillo, las representaciones de las rosas de los vientos están más alineadas en el terreno de Lezuza que en el Bonillo. Se aprovecharía más el viento en Lezuza, ya que éste posee una dirección más predominante.

Este proyecto es creado con el objetivo de obtener y aprovechar la velocidad del viento para conseguir la mayor energía posible. Si el aerogenerador se sitúa en una dirección en la que recibe unos vientos más fuertes la mayor parte de las horas del día, se logrará obtener mayor producción de energía.

En cuanto al terreno, los dos son poco rocosos, alejados de espacios naturales y con poca vegetación, además, en ninguno de ellos hay núcleos de población urbana.

El terreno elegido en el Bonillo está cerca de un parque eólico, lo cual podría ocasionar problemas en los aerogeneradores, ya que podrían sufrir un aumento de turbulencias y pérdida de potencia. Por lo tanto, a parte de considerar la distancia de separación de los aerogeneradores de este proyecto, también se tendrá que tener en cuenta la separación que debe de distar entre los aerogeneradores de un parque respecto al otro. Consecuencias

de esto el terreno deberá ser de mayor superficie, las velocidades del viento podrían ser menores a las mostradas anteriormente.

Además de lo mencionado anteriormente, es más viable conectarse a la subestación de Lezuza que a una línea eléctrica.

Nota: los datos del viento de este estudio han sido obtenidos de la página de Global Wind Atlas.

Las velocidades medias del viento a una altura de 80m han sido obtenidas con la fórmula de:

$$\frac{U(z)}{U(z_0)} = \left(\frac{z}{z_0}\right)^\alpha$$

Donde:

U(z) es la velocidad media a una altura de 100m

U(z₀) es es la velocidad media a una altura de 80m

Z es la altura a 100m

Z₀ es la altura a 80m

α es 0.2

Anexo II: Estudio de Recurso Eólico y de Producción de Energía Eléctrica

ÍNDICE:

1. OBJETO	5
2. ALCANCE	5
3. EMPLAZAMIENTO	6
4. DATOS DE PARTIDA	7
4.1 Datos de series temporales de viento en el emplazamiento	8
4.2 Orografía del emplazamiento	8
4.3 Rugosidad superficial de los distintos tipos de suelo	9
4.4 Densidad del aire.....	10
4.5 Curvas de potencia y coeficiente de empuje	11
5. LOCALIZACIÓN DE LOS AEROGENERADORES	13
6. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UBICACIÓN DE LOS AEROGENERADORES	14
7. RESULTADO DE LA CAMPAÑA DE MEDICIÓN	14
7.1 Función /distribución de probabilidad (Weibull)	15
7.2 Rosa de vientos de frecuencia, velocidad y energía	15
7.3 Distribución direccional de frecuencia y velocidad a 120 metros.....	17
7.4 Tabla de frecuencia de velocidad y energía a 120 metros.....	17
18	
7.5 Variación horaria de la velocidad del viento a 120 metros	18
8. CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE MEDICIÓN	20
9. SIMULACIÓN DEL CAMPO DE VIENTOS (CURVAS ISOVENTAS)	21
10. ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIA ANUAL VERTIDA A LA RED	23
10.1 Energía eléctrica producida.....	24
10.2 Elección de la tecnología del aerogenerador más adecuada.....	27
10.3 Pérdidas eléctricas	30
10.4 Energía vertida a la red.....	30
10.5 Disposición de los aerogeneradores óptima	31
11. CONCLUSIONES	32

Índice de Figuras:

Figura 1: Situación geográfica del Parque Eólico "Pozo del Conde". Fuente Google Earth Pro	6
Figura 2: Detalle de ubicación del emplazamiento señalando el emplazamiento a mano alzada. Fuente Google Earth Pro	6
Figura 3: Localización de los aerogeneradores junto con el perímetro del emplazamiento. Fuente Google Earth Pro	7
Figura 4: Localización de los aerogeneradores junto con el perímetro del emplazamiento. Fuente Google Earth Pro	7
Figura 5: Topografía digitalizada con el programa WAsP.....	9
Figura 6: Terreno presente en el emplazamiento.....	9
Figura 7: El mapa de topografía y rugosidad del terreno	10
Figura 8: Curva de potencia y coeficiente de empuje de General Electric G.E. 5,3MW-158	12
Figura 9: Curva de potencia y coeficiente de empuje de Vestas V162-5,6MW	12
Figura 10: Curva de potencia y coeficiente de empuje de Siemens SG 6,0-155.....	13
Figura 11: Coordenadas UTM de los aerogeneradores referidas al Huso 30.....	13
Figura 12: Función de distribución de probabilidad de Weibull, siendo $K=1,98$ y $c=8,07$ m/s	15
Figura 13: Rosa de los Vientos de Frecuencia	16
Figura 14: Rosa de los Vientos de Velocidades	16
Figura 15: Rosa de los Vientos de Energías	17
Figura 16: Distribución direccional de Frecuencia.....	17
Figura 17: Distribución direccional de velocidades	18
Figura 18: Variación horaria de velocidad	19
Figura 19: Variación mensual de velocidad	19
Figura 20: Perfil de velocidad con la altura.....	20
Figura 21: Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento	22
Figura 22: Mapa de Isoventas de densidad de potencia del emplazamiento	22
Figura 23: Mapa de Isoventas de elevaciones del emplazamiento	23
Figura 24: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de General Electric G.E. 25	
Figura 25: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de Vestas V162-5,6MW 26	
Figura 26: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de Siemens S.G 6,0-155 27	
Figura 27: Comparativa Producción Libre en MWh/año	28
Figura 28: Comparativa Producción Bruta en MWh/año	28
Figura 29: Comparativa de Producción Bruta Total MWh/año	29
Figura 30: Disposición 1º de los aerogeneradores.....	31
Figura 31: Disposición 2º de los aerogeneradores.....	32

Índice de Tablas:

Tabla 1: Límites territoriales de la simulación topográfica del terreno.....	8
Tabla 2: Tecnologías de los aerogeneradores	11
Tabla 3: Tabla resumen de la campaña de medición.....	14
Tabla 4: Tabla de frecuencias y velocidades en función de la dirección del viento.....	18
Tabla 5: Velocidad en función de la altura	20
Tabla 6: Límites del Mapa de Isoventas	21
Tabla 7: Tabla de producción energética media anual de General Electric G.E. 5,3MW-158	24

Tabla 8: Tabla de producción energética media anual de Vestas V162-5,6MW	25
Tabla 9: Tabla de producción energética media anual de Siemens S.G 6,0-155	26
Tabla 10: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW a la altura de buje de 119m	29
Tabla 11: Pérdidas totales.....	30
Tabla 12: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"	30
Tabla 13: Energía producida en función de la posición	32
Tabla 14: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"	33

Índice de Ecuaciones:

Ecuación 1: Densidad del aire	10
Ecuación 2: Temperatura en función de la altitud.....	10
Ecuación 3: Expresión para el cálculo de la Producción media anual vertida a la red ..	30

1. Objeto

El estudio del potencial eólico se efectúa con el objetivo de:

-Caracterizar el potencial eólico del emplazamiento de “Pozo del Conde”, ubicado en el municipio de Lezuza, Albacete.

-Estimar la producción de energía media anual que se verterá a la red con un parque eólico de 39,2MW de potencia eléctrica instalada.

El estudio se ha ejecutado en base a los datos de viento en el emplazamiento seleccionado en un periodo de 10 años comprendidos entre 2011 y 2021. Los datos han sido proporcionados por la empresa VORTEX.

2. Alcance

Para conseguir realizar los objetivos descritos anteriormente se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Obtención de los datos de viento del emplazamiento mediante una estación de medición virtual. Estos datos son proporcionados por la empresa VORTEX. Esta empresa usa supercomputadoras para simular estimaciones del recurso eólico donde no se dispone de mediciones, realizando así estaciones de medida virtuales.
- Los parámetros medidos son: la velocidad a la altura de buje (120 metros) y dirección del viento a esa altura. Los datos están recogidos en un periodo de 10 años, en intervalos de una hora.
- Evaluación y tratamiento de los datos eólicos para obtener parámetros estadísticos representativos del potencial energético del recurso eólico y su distribución espacio-temporal. Este análisis se realiza con el programa Windographer.
- Determinación de la distribución espacial del campo de vientos de la zona usando el programa WasP. Este programa ha sido desarrollado por Riso National Laboratory de Dinamarca y ejecutado como aplicación para la realización del Atlas Eólico Europeo. El modelo de WASP es un modelo tridimensional del flujo de vientos que considera la topografía, obstáculos y rugosidad superficial.
- Análisis energético del emplazamiento para evaluar la instalación del parque eólico formado por 7 aerogeneradores. Se ha estudiado tres tecnologías de los aerogeneradores diferentes que se mostrarán posteriormente.
- Estudio de la disposición de los aerogeneradores.
- Tras haber realizado las acciones anteriores, se realiza una estimación de la energía media anual que produce el parque eólico “Pozo del Conde”. Esta tarea se lleva a cabo con el modelo PARK, el cual está incorporado en el programa WASP. El objeto de utilizar el modelo PARK es para tener en cuenta las pérdidas energéticas introducidas por las estelas de los aerogeneradores.

3. Emplazamiento

El parque eólico “Pozo del Conde” se sitúa en el municipio de Lezuza, en la provincia de Albacete. El emplazamiento se encuentra en una zona con una elevación entre 968-1010 metros sobre el nivel del mar.

A continuación, se muestran imágenes sobre la ubicación del emplazamiento así como la localización de los aerogeneradores.



Figura 1: Situación geográfica del Parque Eólico "Pozo del Conde". Fuente Google Earth Pro



Figura 2: Detalle de ubicación del emplazamiento señalando el emplazamiento a mano alzada. Fuente Google Earth Pro

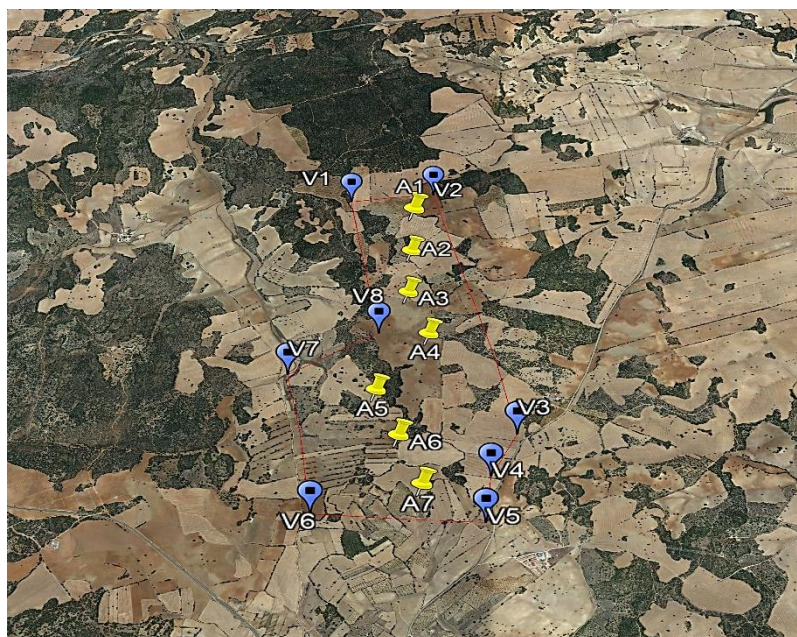


Figura 3: Localización de los aerogeneradores junto con el perímetro del emplazamiento. Fuente Google Earth Pro



Figura 4: Localización de los aerogeneradores junto con el perímetro del emplazamiento. Fuente Google Earth Pro

4. Datos de partida

La información requerida para dar comienzo al estudio ha sido:

- Datos de series temporales de viento en el emplazamiento proporcionados por la empresa VORTEX S.L.
- Orografía de la superficie donde se ubica el Parque Eólico.
- Rugosidad superficial de los distintos tipos de suelo.
- Densidad del aire
- Curva de potencia y coeficientes de empuje del modelo de los aerogeneradores seleccionados proporcionados por los fabricantes de los aerogeneradores.

4.1 Datos de series temporales de viento en el emplazamiento

Como se ha mencionado anteriormente, los datos han sido proporcionados por la empresa VORTEX S.L. mediante la simulación de una estación anemométrica virtual.

La estación anemométrica está situada en el punto de coordenadas UTM: X= 556182.00, Y= 4314713.00N, en Lezuza, Albacete.

La simulación de la estación esta compuesta por:

- Un anemómetro
- Un barómetro
- Una veleta

Todos los equipos están situados a la altura de medición de la torre virtual de 120 metros.

Esta simulación comprende datos desde 01/01/2011 al 06/01/2021 en intervalos de una hora. Los datos abarcan un periodo de tiempo de 10 años. Se simula con un periodo largo de tiempo para dar más fiabilidad al estudio y así se poder despreciar cualquier contingencia.

4.2 Orografía del emplazamiento

Para la determinación de la distribución espacial del viento de la zona donde está ubicado el Parque Eólico, previamente se ha digitalizado el área del emplazamiento, ya que sin este parámetro no se puede ejecutar el modelo de cálculo WAsP.

La topografía que se ha digitalizado corresponde a un mapa de 1:50.000, superficie de 28,99x18,69 km², es decir, 542,127 km² con una distancia entre líneas de nivel de 2 metros.

La topografía comprende la extensión territorial en coordenadas UTM siguientes:

X_{min} : 543.124	X_{max} : 569.024
Y_{min} : 4.307.976	Y_{max} : 4.325.976

Tabla 1: Límites territoriales de la simulación topográfica del terreno

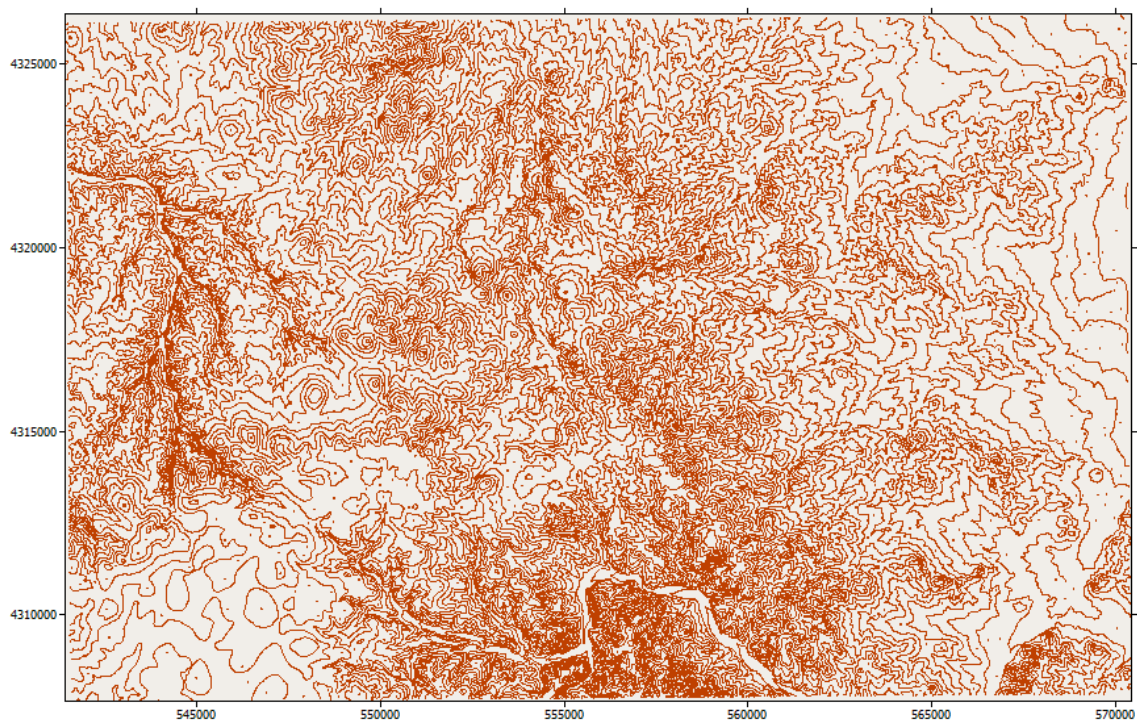


Figura 5: Topografía digitalizada con el programa WAsP

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 relación con lo establecido en el manual del modelo WAsP y del Atlas Eólico Europeo. Para ello, se ha supuesto unos valores de rugosidad de 1, 0,2 y 0,03. Estos valores corresponden a pueblos, presencia de muchos árboles y/o arbustos, y a campo agrícola de secano con escasos matorrales.

En la Figura 6 se muestra el tipo de terreno y vegetación presente en el Parque Eólico. En la Figura 7 se presenta el mapa de topografía y rugosidad del terreno.



Figura 6: Terreno presente en el emplazamiento

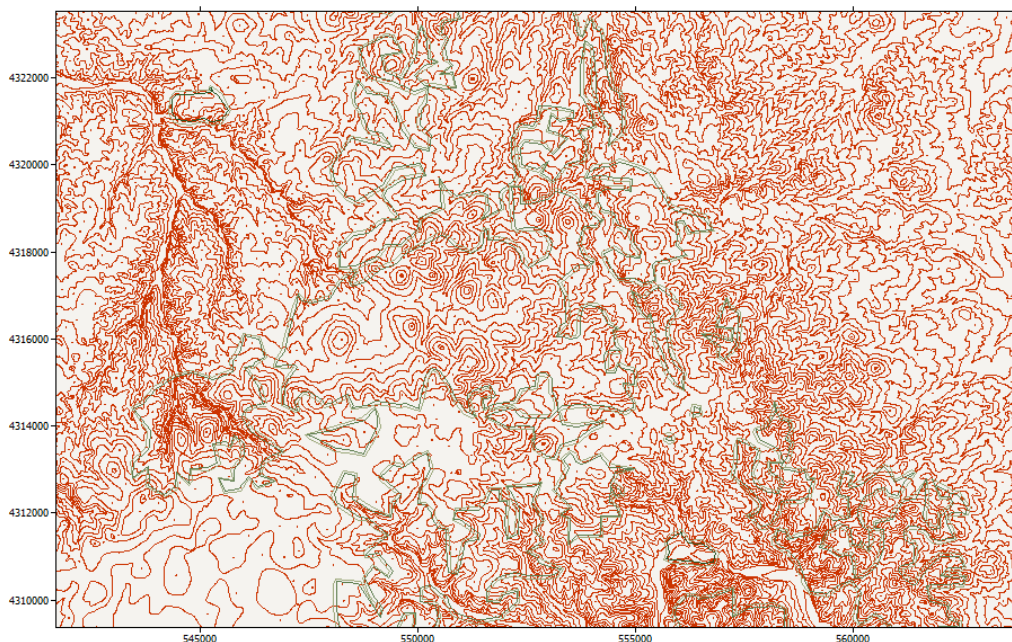


Figura 7: El mapa de topografía y rugosidad del terreno

4.4 Densidad del aire

La fórmula de la densidad del aire es:

$$\rho = \left(\frac{P_o}{R * T} \right) \exp \left(\frac{-g * Z}{R * T} \right) \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

Ecuación 1: Densidad del aire

Siendo:

- P=101.325 [Pa], presión atmosférica a nivel del mar,)
- g=9,81 [m/s^2] aceleración de la gravedad
- z= altitud del emplazamiento sobre el nivel del mar [m]
- R= 286,9 [$J/Kg * K$] constante de los gases
- T=Temperatura de la estación anemométrica [K]

Como se observa en la ecuación, la densidad del aire depende de dos variables: la temperatura y la altitud.

La temperatura se obtiene de la siguiente ecuación:

$$T(z_2) - T(z_1) = \left(\frac{1^\circ\text{C}}{154\text{m}} \right) * (z_2 - z_1) \quad [^\circ\text{C}]$$

Ecuación 2: Temperatura en función de la altitud

Siendo:

- $Z_2=988$ metros
- $Z_1 = 912$ m *altitud de Lezuza*
- $T(z_1) = 20^\circ\text{C}$

La temperatura media obtenida en la torre de medición del emplazamiento es de $19,50^\circ\text{C}$ a una altitud de 1109 metros sobre el nivel del mar, (989 metros de elevación sobre el nivel del mar y 120 metros de altura de la torre de medición).

Sustituyendo los valores de temperatura $19,50^\circ\text{C}$ y altitud 1109m en la ecuación de la densidad del aire se obtiene un resultado de: $1,061 \text{ Kg}/\text{m}^3$

4.5 Curvas de potencia y coeficiente de empuje

Se ha realizado un estudio de tres tipos de tecnología diferente:

Tecnología del aerogenerador	Potencia unitaria (MW)	Altura de buje (m)
General Electric G.E. 5,3MW-158	5,3	120
Vestas V162-5,6MW	5,6	119
Siemens SG 6,0-155	6	122,5

Tabla 2: Tecnologías de los aerogeneradores

Seguidamente se exponen las curvas de potencia y coeficientes de empuje de cada fabricante para la densidad de $1,061 \text{ Kg}/\text{m}^3$.

Con estas curvas se ha estimado la producción energética neta anual del parque.

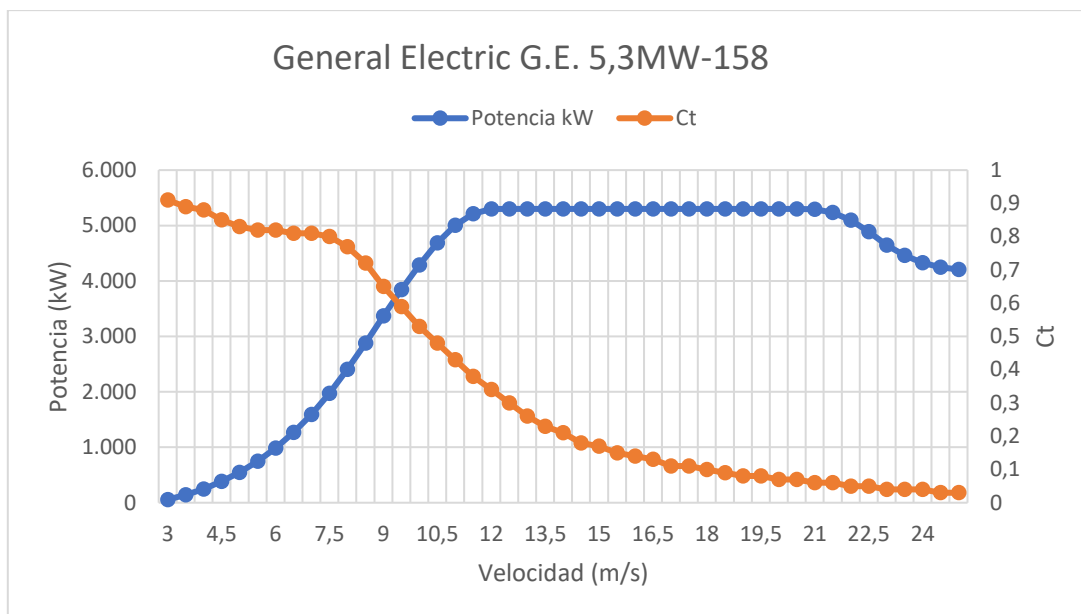


Figura 8: Curva de potencia y coeficiente de empuje de General Electric G.E. 5,3MW-158

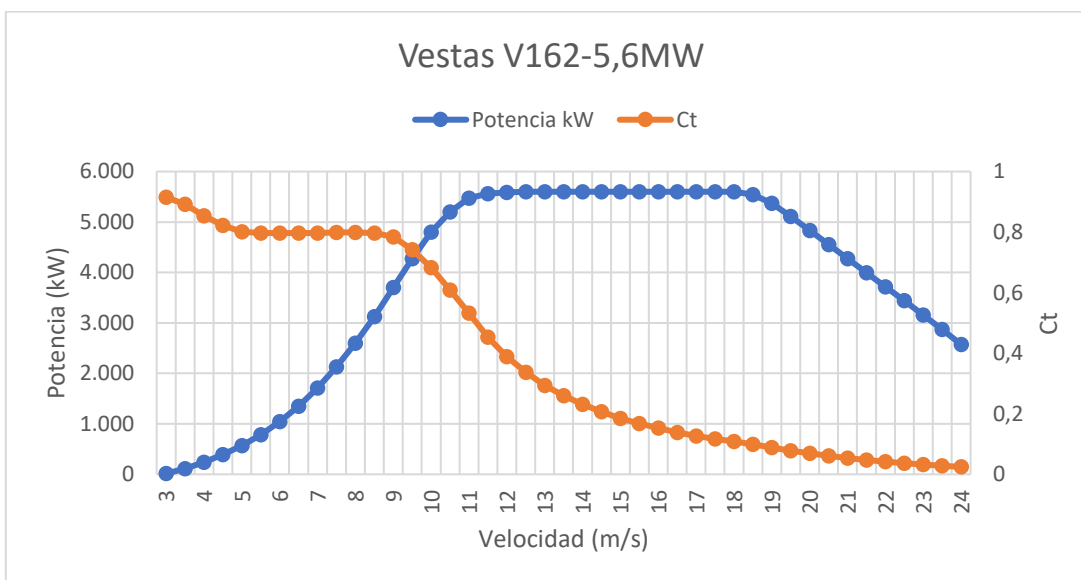


Figura 9: Curva de potencia y coeficiente de empuje de Vestas V162-5,6MW

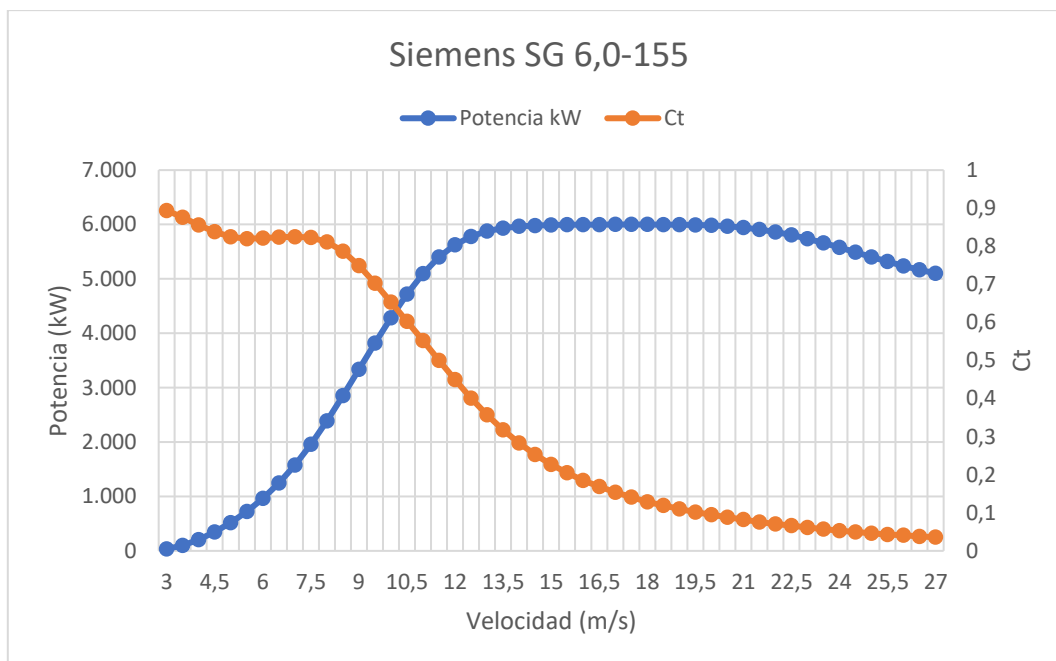


Figura 10: Curva de potencia y coeficiente de empuje de Siemens SG 6,0-155

5. Localización de los aerogeneradores

“Pozo del Conde” está formado por 7 aerogeneradores de potencia nominal de 5,6MW.

A continuación, se muestra la ubicación de cada uno de los aerogeneradores que forman el parque en coordenadas ETRS89-UTM-Huso 30:

Aerogenerador	Coordenada X_{UTM}	Coordenada Y_{UTM}
1	556.119	4.317.070
2	556.126	4.316.581
3	556.129	4.316.101
4	556.299	4.315.652
5	555.954	4.315.079
6	556.136	4.314.633
7	556.316	4.314.179

Figura 11: Coordenadas UTM de los aerogeneradores referidas al Huso 30

*Nota: La disposición de los aerogeneradores se debate en: 9.5 Disposición de los aerogeneradores, aunque ésta es la disposición final que se concluye en el estudio.

6. Criterios generales de diseño de ubicación de los aerogeneradores

Los criterios que se han usado para ubicar los aerogeneradores se detallan a continuación:

- Distancia de un aerogenerador a un núcleo urbano habitado: superior a 1 Km
- Distancia de un aerogenerador a una carretera asfaltada (nacional o comarcal): superior a 300m
- Situación de las máquinas en alineación perpendicular a las direcciones de mayor potencial energético y dentro de estas direcciones, se ha seleccionado las zonas con mayor elevación del terreno.
 - Distancia entre aerogeneradores: 480m

7. Resultado de la campaña de medición

Seguidamente, se exponen los resultados que se obtienen en la campaña de medición (del 01/01/2011 al 06/01/2021) después de haber realizado un tratamiento estadístico de los mismos para determinar los parámetros que califican el potencial eólico en el emplazamiento.

Los resultados se han conseguido con la ayuda del programa Windographer. En él se ha determinado:

Variable	Resumen de datos recogidos del Parque Eólico "Pozo del Conde"
Altura en metros (m)	120
Velocidad media del viento (m/s)	7,151
Velocidad máxima del viento (m/s)	25,9
Weibull k	1,985
Weibull c (m/s)	8,066
Densidad de Potencia Media (W/m²)	441
Registros Posibles	87792
Registros Válidos	87792
Registros Perdidos	0
Tasa de datos recogidos (%)	100

Tabla 3: Tabla resumen de la campaña de medición

Además de lo anterior se han obtenido:

- Función de distribución de probabilidad
- Rosa de Frecuencia, Velocidad y Energía
- Distribución direccional de frecuencia y velocidad a 120 metros
- Tabla de frecuencia de velocidad a 120 metros
- Perfil diario de velocidad a 120 metros
- Perfil estacional de velocidad a 120 metros
- Variación de la velocidad del viento con la altura

7.1 Función /distribución de probabilidad (Weibull)

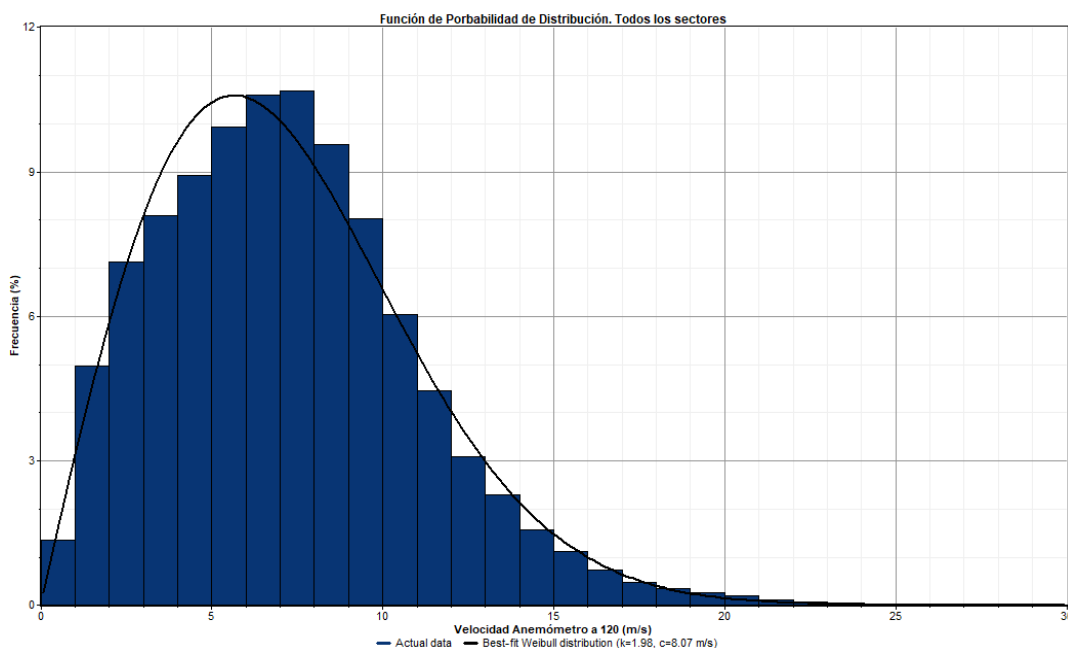


Figura 12: Función de distribución de probabilidad de Weibull, siendo $K=1,98$ y $c=8,07$ m/s

7.2 Rosa de vientos de frecuencia, velocidad y energía

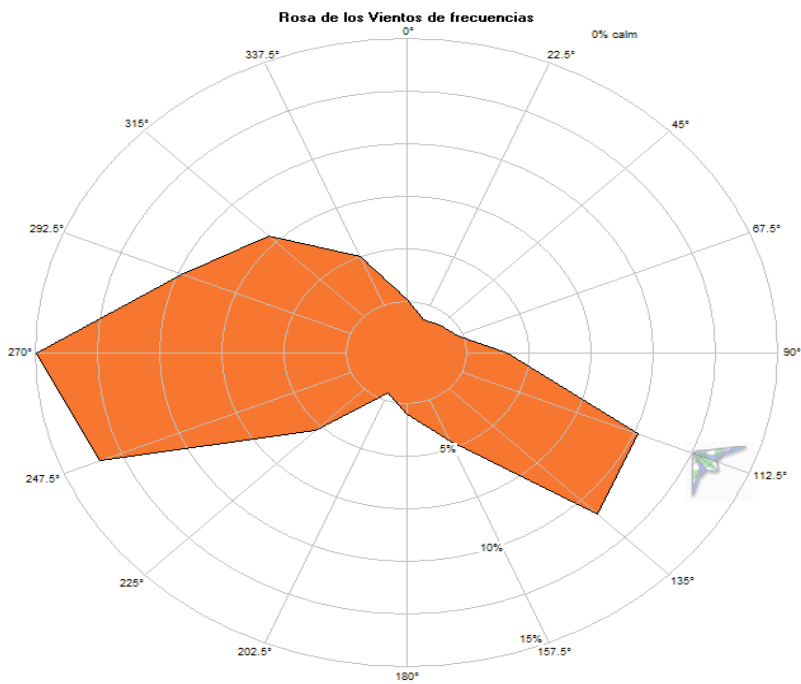


Figura 13: Rosa de los Vientos de Frecuencia

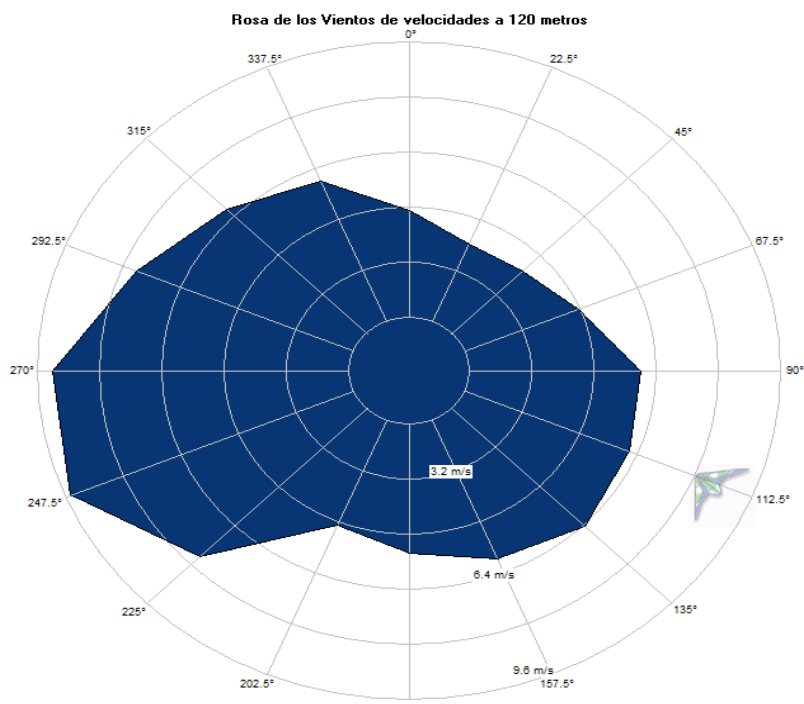


Figura 14: Rosa de los Vientos de Velocidades

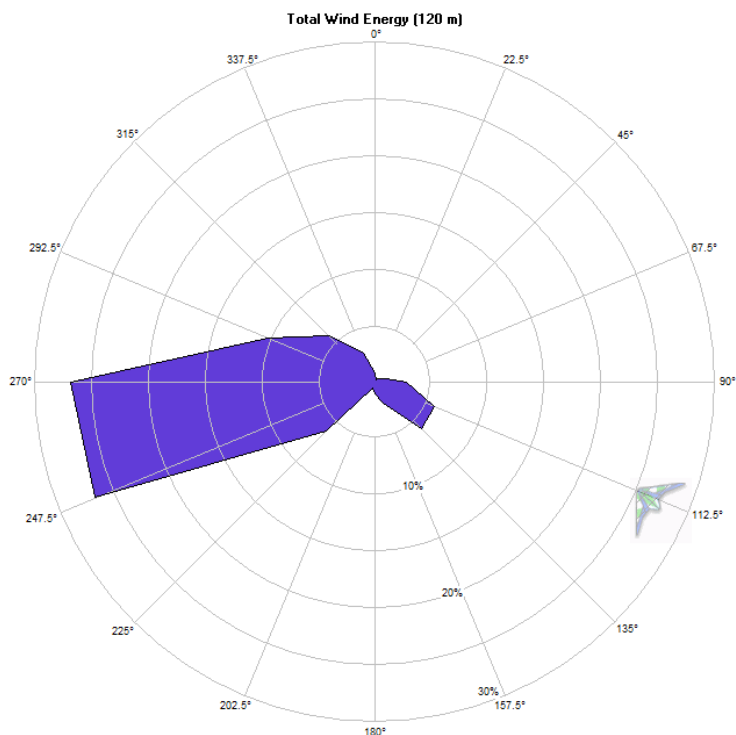


Figura 15: Rosa de los Vientos de Energías

7.3 Distribución direccional de frecuencia y velocidad a 120 metros

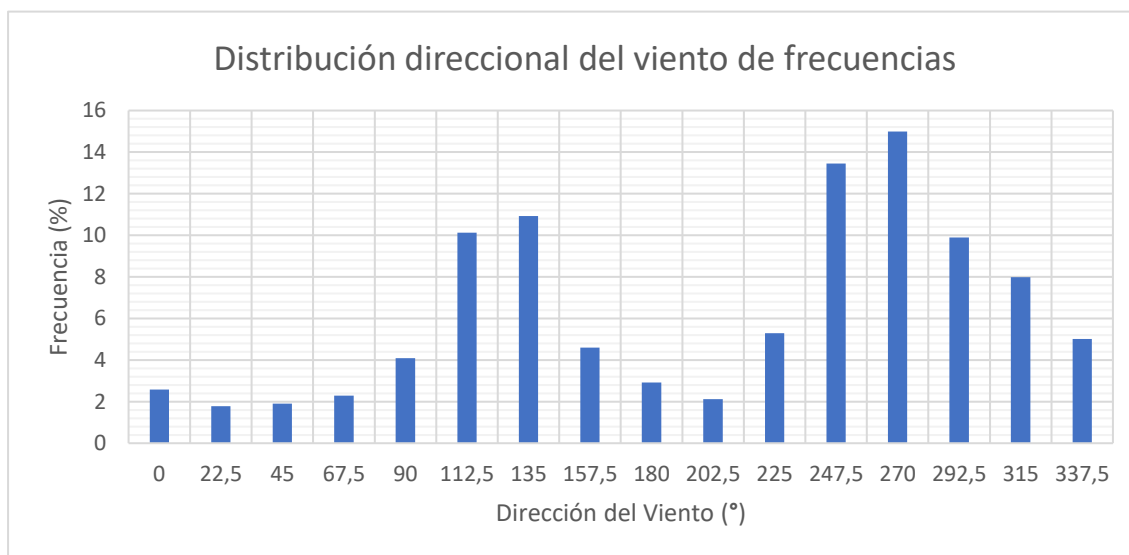


Figura 16: Distribución direccional de Frecuencia

7.4 Tabla de frecuencia de velocidad y energía a 120 metros

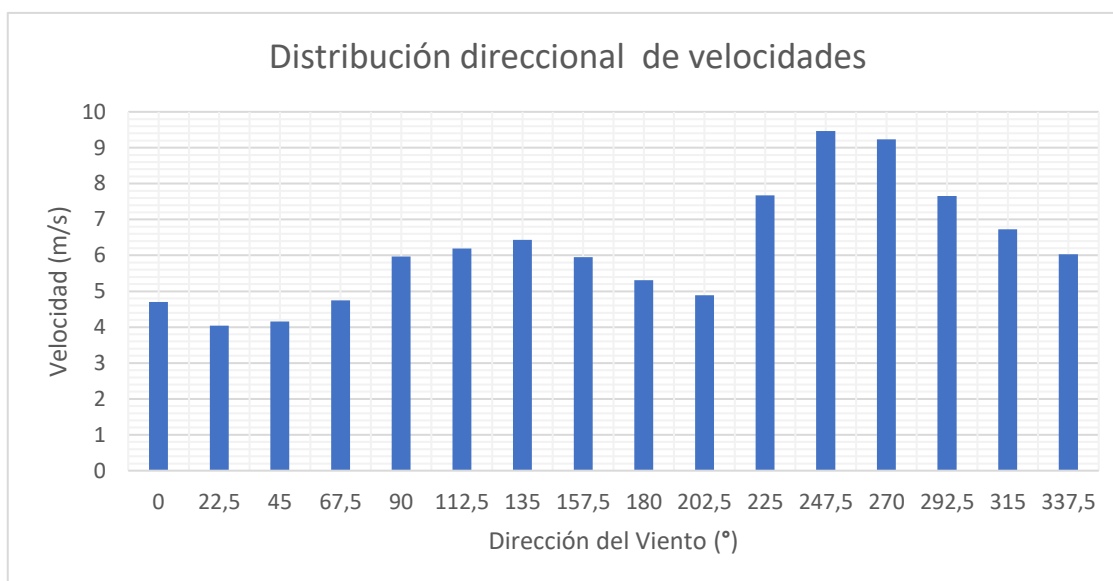


Figura 17: Distribución direccional de velocidades

Dirección del Viento (°)	Frecuencia (%)	Velocidad media (m/s)	Distribución energética (%)
0	2,586	4,704	0,824
22,5	1,779	4,042	0,396
45	1,909	4,155	0,531
67,5	2,288	4,75	1,029
90	4,084	5,971	2,823
112,5	10,130	6,187	5,803
135	10,927	6,435	5,906
157,5	4,595	5,951	2,059
180	2,927	5,308	1,025
202,5	2,118	4,892	0,637
225	5,295	7,674	6,220
247,5	13,457	9,469	26,739
270	14,997	9,234	26,888
292,5	9,900	7,650	10,294
315	7,979	6,727	5,905
337,5	5,019	6,034	2,916

Tabla 4: Tabla de frecuencias y velocidades en función de la dirección del viento

7.5 Variación horaria de la velocidad del viento a 120 metros

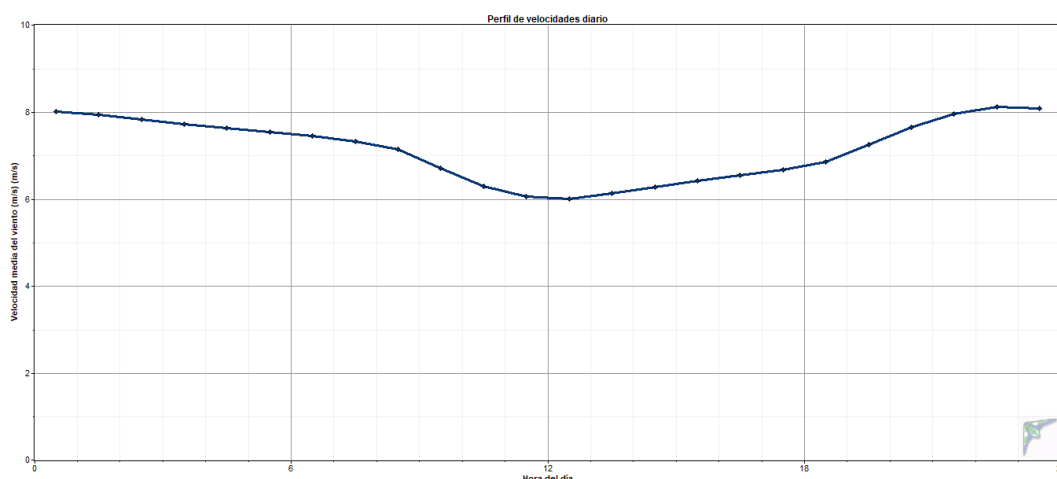


Figura 18: Variación horaria de velocidad

7.6 Variación mensual de la velocidad del viento a 120 metros

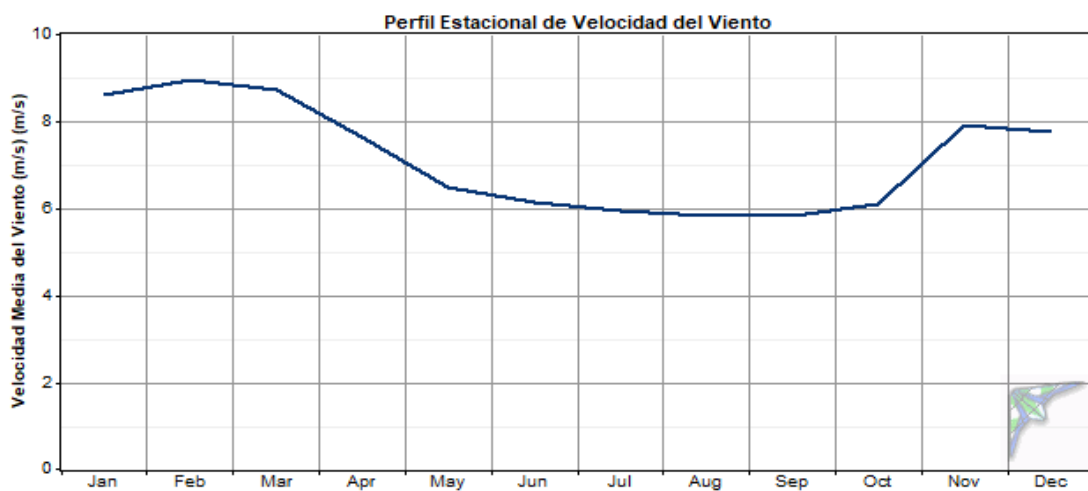


Figura 19: Variación mensual de velocidad

7.7 Variación de la velocidad del viento con la altura

Se ha realizado una variación del viento para tres alturas diferentes de la estación. La finalidad de este apartado es conseguir la altura óptima para obtener mejores velocidades del viento.

La altura que se ha elegido y a la que se refieren todos los cálculos es 120 metros, ya que con esta altura se obtiene la mejor velocidad.

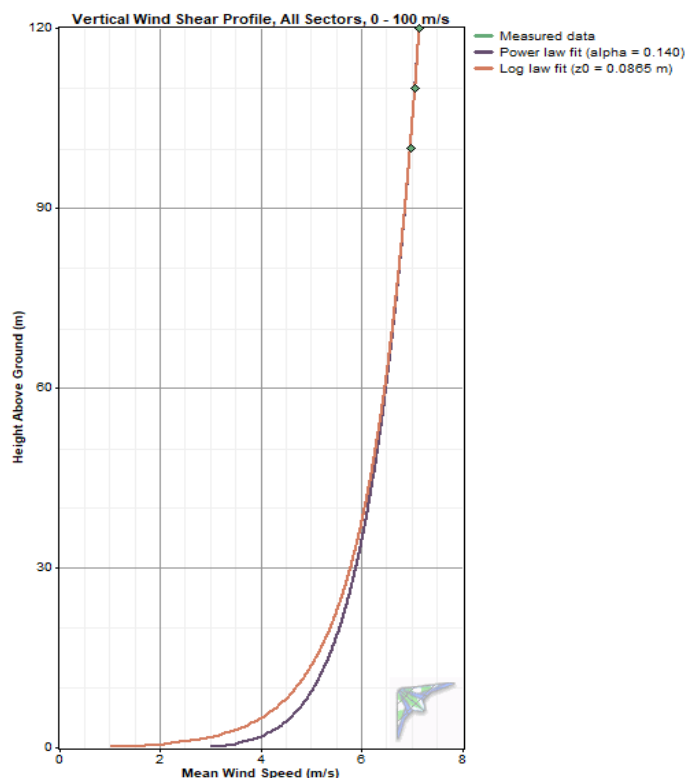


Figura 20: Perfil de velocidad con la altura

Altura (m)	Velocidad(m/s)
100	6,971
110	7,065
120	7,151

Tabla 5: Velocidad en función de la altura

8. Conclusiones de la campaña de medición

A la vista de los gráficos y resultados obtenidos de la campaña de medición se concluye:

- La velocidad media del viento a 120 metros de altura es de 7,151 m/s. Esta velocidad es óptima para conseguir una potencia energética favorable.
- El gráfico de la Rosa de Vientos de Velocidades y Frecuencias orienta sobre la dirección en la que sopla el viento. La dirección dominante del viento es dirección Oeste y Suroeste entre 247,5 y 270°.
- El gráfico de la Rosa de Vientos de Energía proporciona información sobre la orientación óptima de los aerogeneradores, es decir, dirección perpendicular

al mayor sector (entre 330° y 0°). También se concluye que la dirección de 270° es la de mayor contenido energético 26,8610%.

- La densidad de potencia media a 120 metros es de 441(W/m²)
- La tendencia de la variación horaria de la velocidad media tiene un mínimo en torno a las 12:00 am y un máximo alrededor de las 23:00 pm.

9. Simulación del campo de vientos (Curvas Isoventas)

Para analizar el efecto de la orografía y la rugosidad superficial local sobre el comportamiento del viento en la zona del parque eólico, se ha efectuado una simulación del campo de viento con el programa WAsP

WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) calcula a partir de una serie de datos de entrada (serie temporal de viento, topología, rugosidad y posibles obstáculos) la velocidad geostrófica, (velocidad del viento sin perturbar en la atmósfera libre) para cuantificar la velocidad del viento en una coordenada determinada asumiendo la igualdad de velocidades geostróficas.

A continuación se muestran los parámetros que se han tomado como datos de entrada para la simulación:

- Serie temporal de viento: detallada en el apartado [4.1 Datos de series temporales de viento en el emplazamiento](#)
- Topología: ejecutada como se indica en [4.2 Orografía del emplazamiento](#)
- Rugosidad: realizada como se indica en [4.3 Rugosidad superficial de los distintos tipos de suelo](#)

Seguidamente se adjuntan el mapa de velocidades, de densidad de potencia y elevación obtenidos al realizar la simulación a la altura de buje de 119 metros con los aerogeneradores de la marca Vestas como representativo (se escoge esta elección en: [10.2 Elección de la tecnología del aerogenerador más adecuada](#))

Los mapas tienen una resolución horizontal de 100 m. con la extensión territorial siguiente:

X_{min} : 5.43.124	X_{max} : 569.024
Y_{min} : 4.307.976	Y_{max} : 4.325.976

Tabla 6: Límites del Mapa de Isoventas

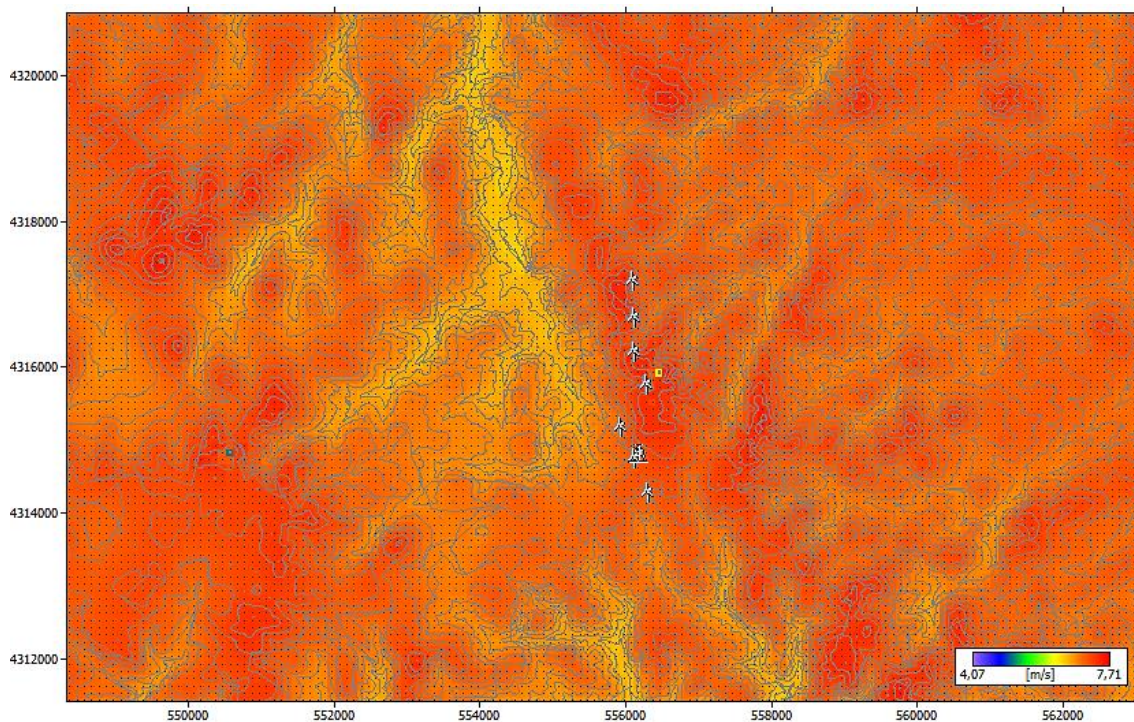


Figura 21: Mapa de Isoventas de velocidad media del emplazamiento

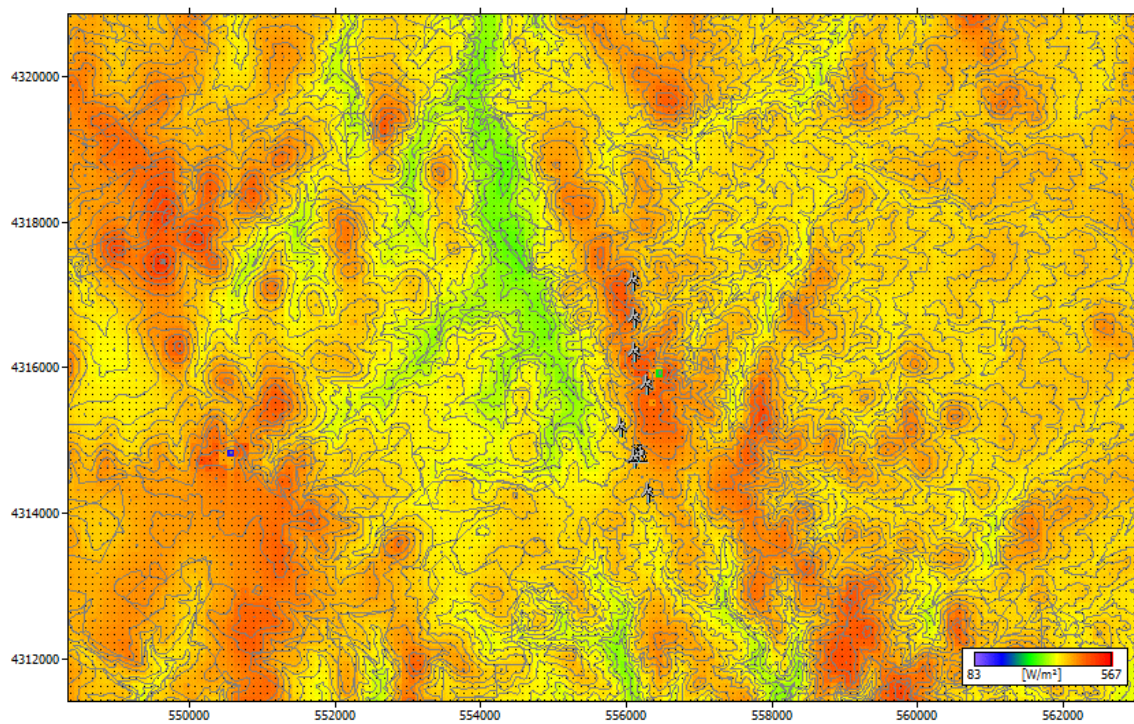


Figura 22: Mapa de Isoventas de densidad de potencia del emplazamiento

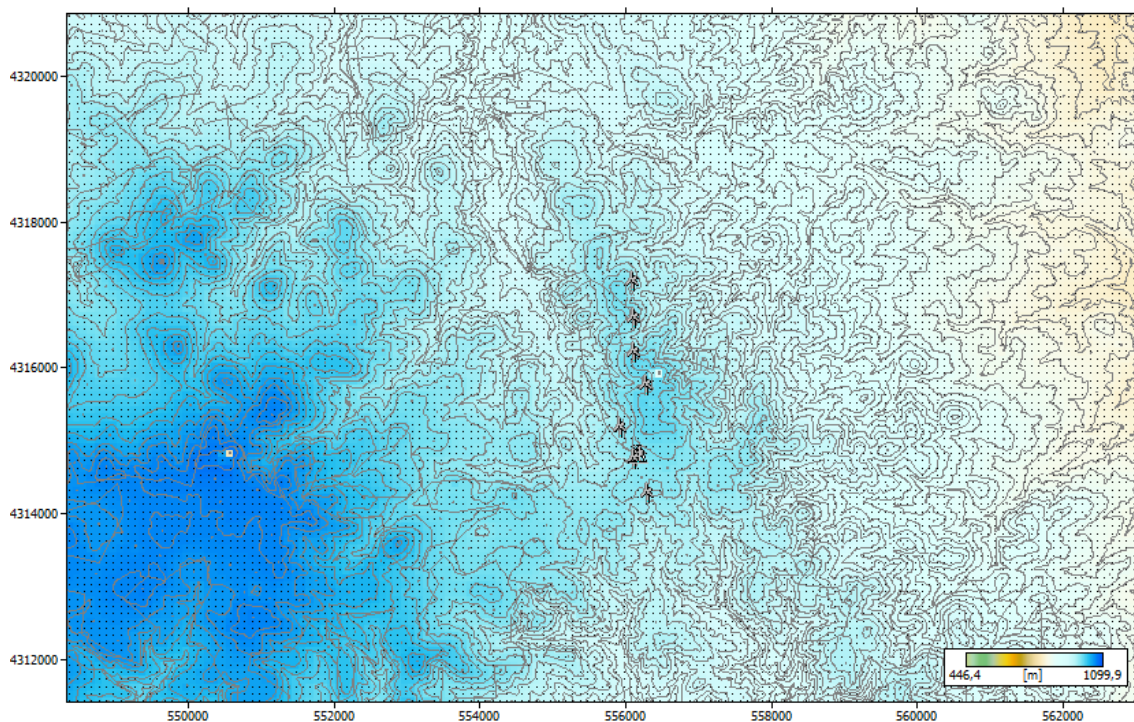


Figura 23: Mapa de Isoventas de elevaciones del emplazamiento

Como deducción a la vista de los mapas, las zonas de mayor potencial eólico corresponden con las de mayor altitud.

10. Estimación de la energía eléctrica media anual vertida a la red

El presente apartado y posteriores se han realizado con el programa WASP, a partir de las hipótesis indicadas anteriormente sobre las estaciones de referencia:

- Productividad de los aerogeneradores es del 100%
- Campo de viento en el emplazamiento de cada aerogenerador: parámetros de Weibull (A y C) más la frecuencia.
- Pérdidas de producción por efecto estela (modelo PARK del programa WASP 10.0)
- Curva de potencia de los aerogeneradores para la densidad de 1,061:
 - General Electric G.E. 5,3MW-158
 - Vestas V162-5,6MW
 - Siemens SG 6,0-155
- Altura de buje de los aerogeneradores: 120m.
Se ha seleccionado la altura de 120m común a los tres tipos de aerogeneradores, aunque las curvas de potencia están realizadas para alturas de 120m, 119m y 122,5m corresponden al orden citado de las curvas de potencia. Se escoge una altura común para poder evaluarlos y escoger la mejor tecnología para el parque.

10.1 Energía eléctrica producida

Se evaluará la energía eléctrica producida anualmente de los tres tipos de tecnologías diferentes en el siguiente orden:

1. General Electric G.E. 5,3MW-158
2. Vestas V162-5,6MW
3. Siemens S.G 6,0-155

Haciendo referencia a los conceptos que se indicarán a continuación:

- **Producción Libre:** producción bruta de cada aerogenerador considerándolo aislado
- **Producción Bruta:** producción bruta por aerogenerador considerando la interacción del resto de ellos por el efecto estela
- **Horas equivalentes:** tiempo equivalente anual de funcionamiento a potencia nominal con un 100% de productividad, y por tanto, sin considerar pérdidas de producción por mantenimiento y operación, pérdidas eléctricas etc.

1. **Modelo de General Electric G.E. 5,3MW-158, potencia nominal 5,3MW y potencia instalada total 37,1 MW**

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
Producción de Energética Media Anual de General Electric G.E. 5,3MW-158							
Aero.	X_{UTM} [m]	Y_{UTM} [m]	Velocidad media a la altura de buje de 120m [m/s]	Producción Libre[MWh/año]	Producción Bruta [MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes
1	556.119	4.317.070	7,21	18.221	17.924	1,63	3382
2	556.126	4.316.581	7,25	18.283	17.852	2,36	3368
3	556.129	4.316.101	7,51	19.437	18.765	3,46	3541
4	556.299	4.315.652	7,41	19.000	18.401	3,15	3472
5	555.954	4.315.079	7,04	17.599	16.897	3,99	3188
6	556.136	4.314.633	7,14	17.952	17.110	4,69	3228
7	556.316	4.314.179	7,04	17.525	17.021	2,87	3212
Total			7,22	128.017	123.970	3,16	3342

Tabla 7:Tabla de producción energética media anual de General Electric G.E. 5,3MW-158

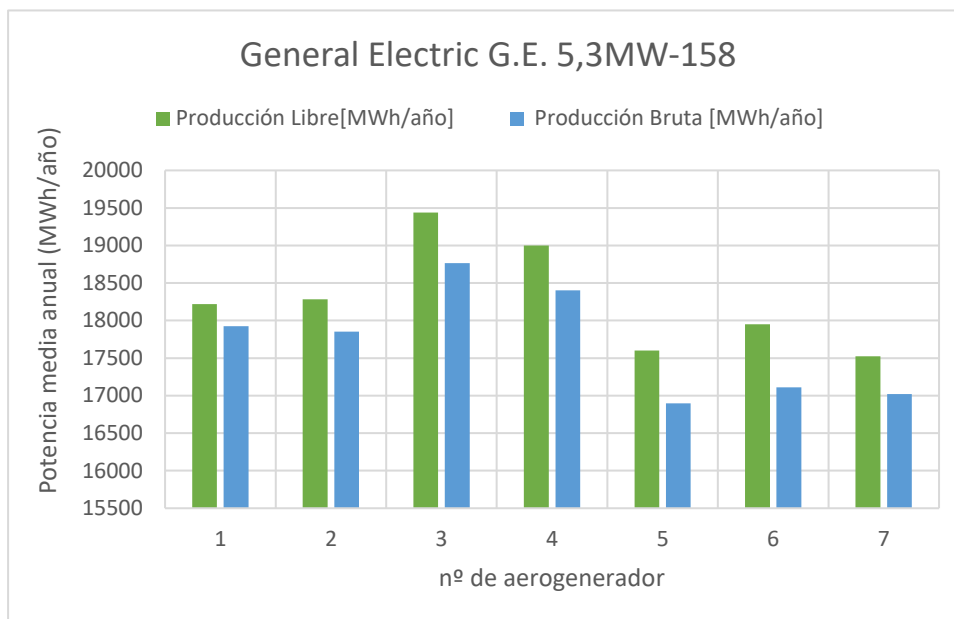


Figura 24: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de General Electric G.E.

2. Modelo de Vestas V162-5,6MW, potencia nominal 5,6MW y potencia instalada total 39,2 MW

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW							
Aero.	X_{UTM} [m]	Y_{UTM} [m]	Velocidad media a la altura de buje de 120m [m/s]	Producción Libre [MWh/año]	Producción Bruta [MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes
1	556.119	4.317.070	7,21	19.565	19.219	1,77	3432
2	556.126	4.316.581	7,25	19.602	19.082	2,65	3408
3	556.129	4.316.101	7,51	20.830	20.010	3,94	3573
4	556.299	4.315.652	7,41	20.375	19.634	3,64	3506
5	555.954	4.315.079	7,04	18.922	18.086	4,42	3230
6	556.136	4.314.633	7,14	19.286	18.249	5,38	3259
7	556.316	4.314.179	7,04	18.833	18.225	3,23	3254
Total			7,22	137.413	132.505	3,57	3380

Tabla 8: Tabla de producción energética media anual de Vestas V162-5,6MW

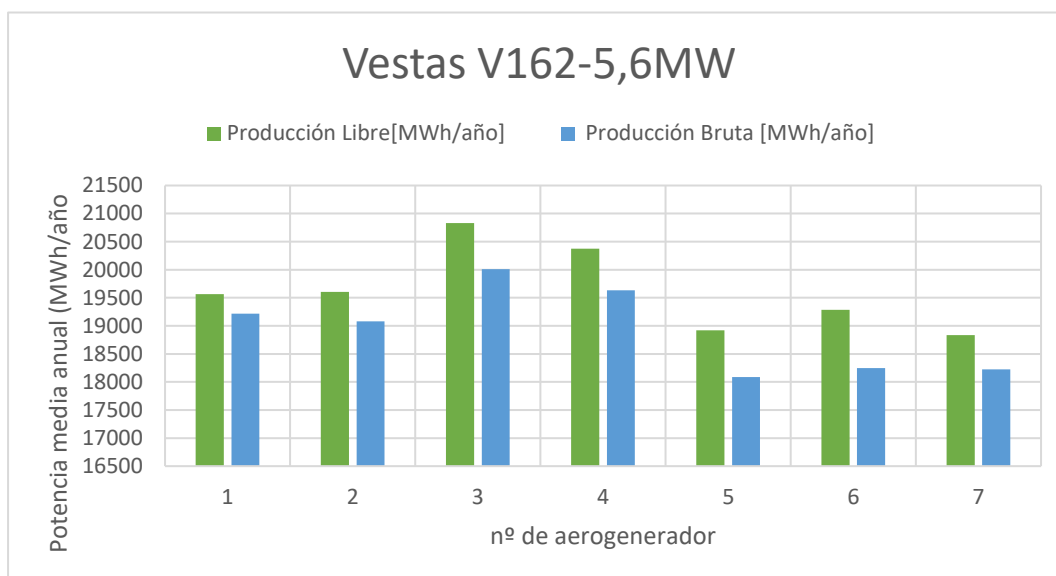


Figura 25: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de Vestas V162-5,6MW

3. Modelo de Siemens S.G 6,0-155 potencia nominal 6 MW y potencia instalada total 42 MW

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
Producción de Energética Media Anual de Siemens S.G 6,0-155							
Aero.	X_{UTM} [m]	Y_{UTM} [m]	Velocidad media a la altura de buje de 120m [m/s]	Producción Libre [MWh/año]	Producción Bruta [MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes
1	556.119	4.317.070	7,21	18.754	18.450	1,62	3075
2	556.126	4.316.581	7,25	18.860	18.402	2,43	3067
3	556.129	4.316.101	7,51	20.113	19.387	3,61	3231
4	556.299	4.315.652	7,41	19.624	18.963	3,37	3161
5	555.954	4.315.079	7,04	18.053	17.311	4,11	2885
6	556.136	4.314.633	7,14	18.453	17.529	5,01	2922
7	556.316	4.314.179	7,04	17.986	17.435	3,06	2906
Total			7,22	131.843	127.477	3,31	3035

Tabla 9: Tabla de producción energética media anual de Siemens S.G 6,0-155

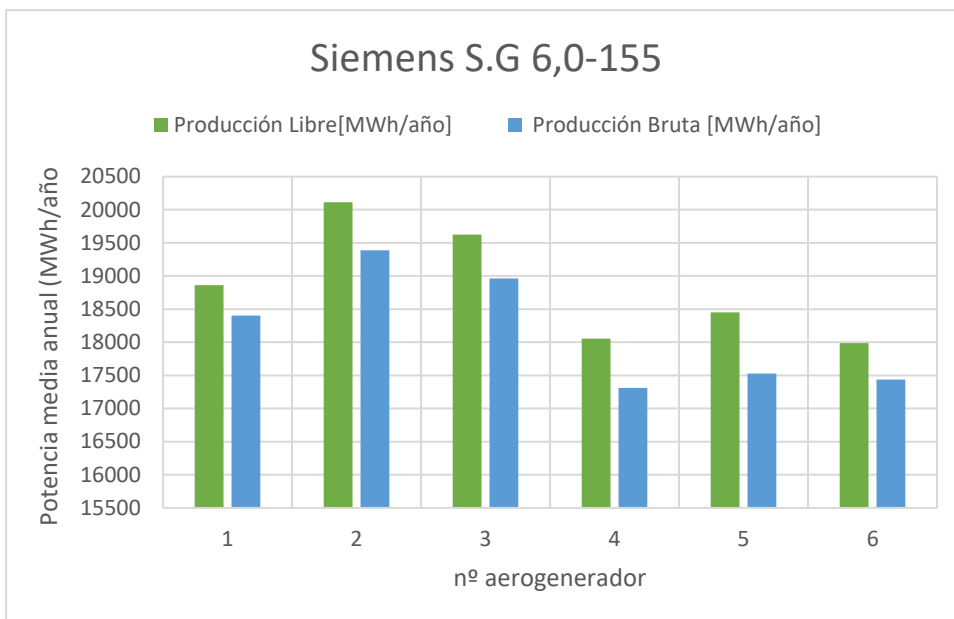


Figura 26: Gráfico de Producción Libre y Bruta (MWh/año) de Siemens S.G 6,0-155

10.2 Elección de la tecnología del aerogenerador más adecuada

Los siguientes gráficos muestran una comparativa de la Producción Libre y Neta de cada aerogenerador por individual de las diferentes marcas de aerogeneradores estudiadas. Finalmente se expone la Producción Neta total del Parque con los distintos tipos de tecnologías.

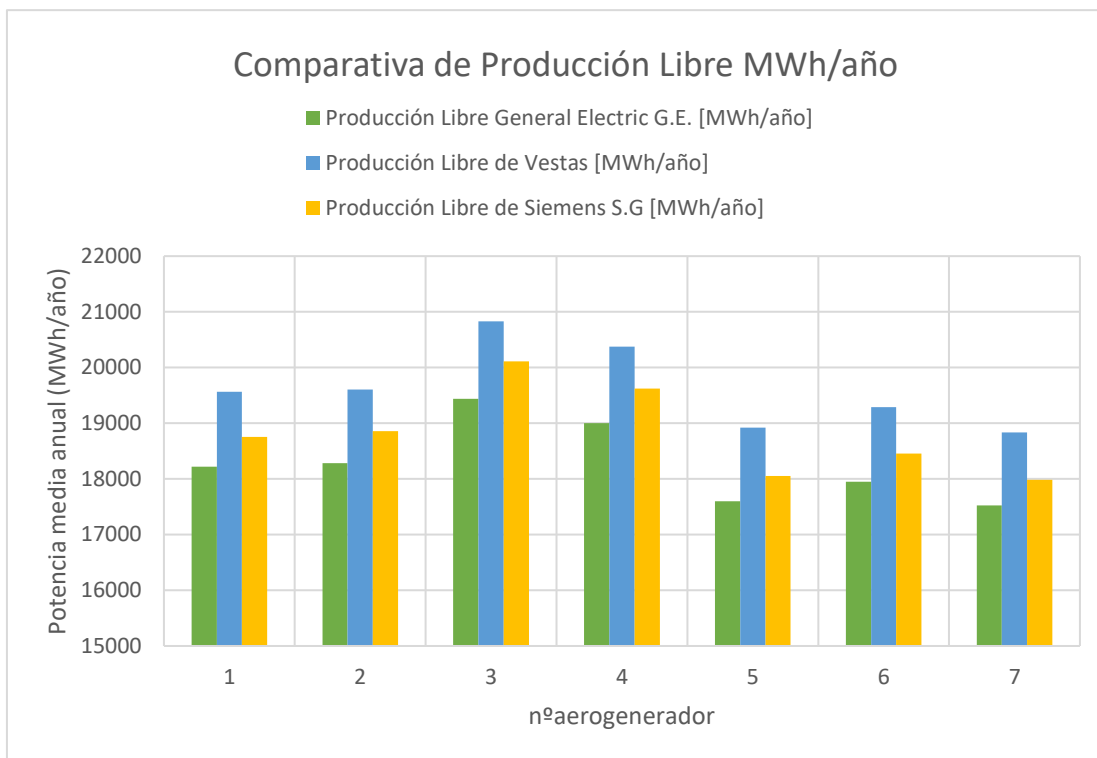


Figura 27: Comparativa Producción Libre en MWh/año

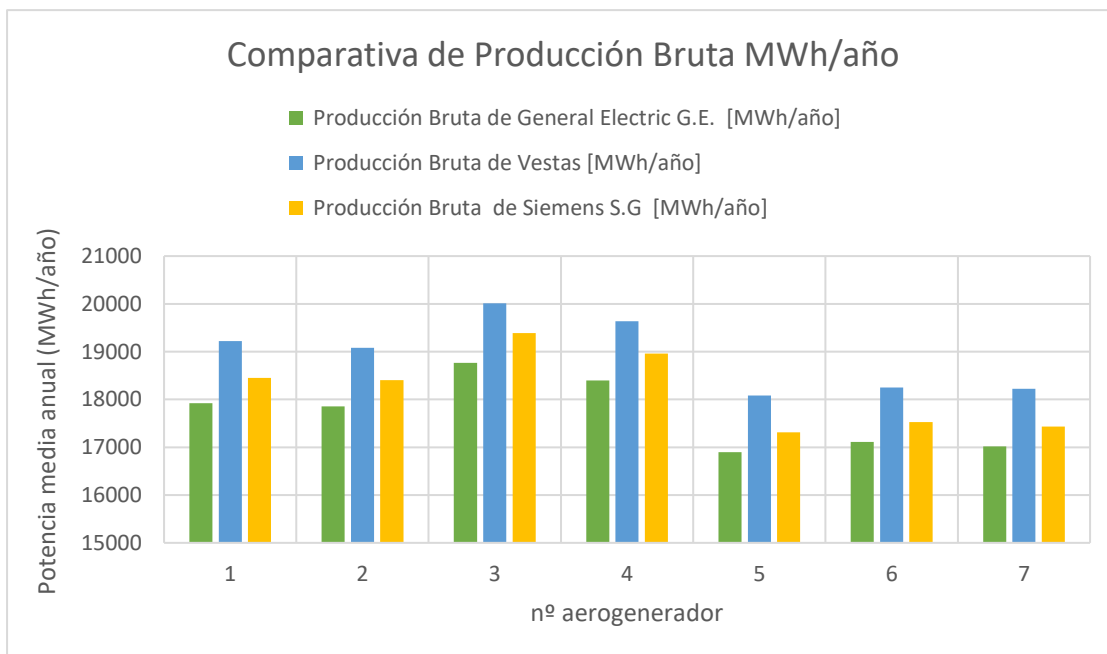


Figura 28: Comparativa Producción Bruta en MWh/año

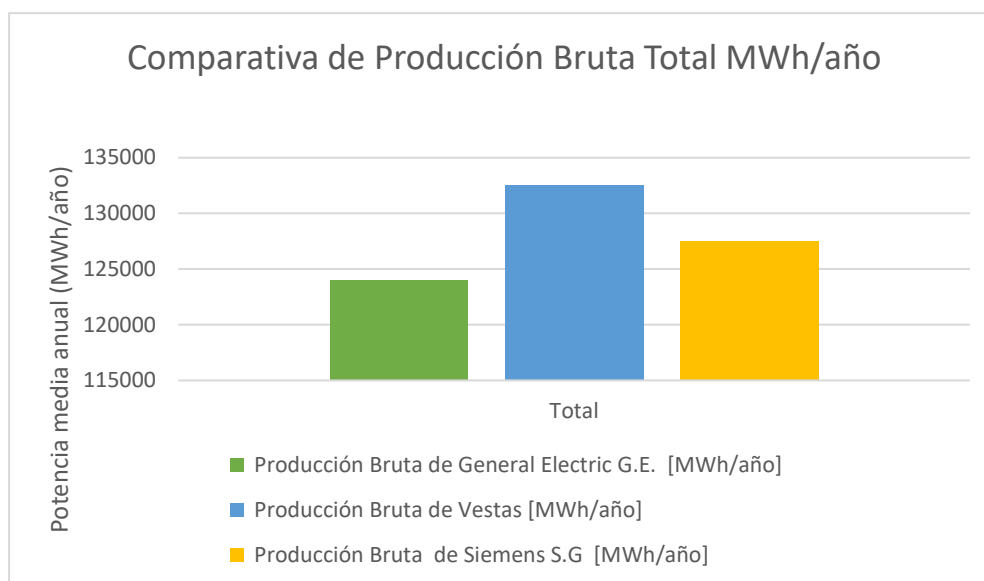


Figura 29: Comparativa de Producción Bruta Total MWh/año

La mejor tecnología para el Parque Eólico es la tecnología que más Producción Bruta Energética aporta para la misma altura de 120m. Por lo tanto, para “Pozo del Conde” se escoge el fabricante Vestas, con aerogeneradores de 5,6 MW de potencia nominal y 162m de diámetro.

Después de la selección del aerogenerador, se realiza el cálculo de producción energética a la altura de buje de 119m, ya que la curva de potencia de Vestas estaba referida a la altura de 119m.

Parque Eólico "Pozo del Conde"							
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW							
Aero.	X_{UTM} [m]	Y_{UTM} [m]	Velocidad media a la altura de buje de 120m [m/s]	Producción Libre[MWh/año]	Producción Bruta [MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes
1	556.119	4.317.070	7,21	19.565	19.219	1,77	3432
2	556.126	4.316.581	7,25	19.602	19.082	2,65	3408
3	556.129	4.316.101	7,51	20.830	20.010	3,94	3573
4	556.299	4.315.652	7,41	20.375	19.634	3,64	3506
5	555.954	4.315.079	7,04	18.922	18.086	4,42	3230
6	556.136	4.314.633	7,14	19.286	18.249	5,38	3259
7	556.316	4.314.179	7,04	18.833	18.225	3,23	3254
Total			7,22	137.413	132.505	3,57	3380

Tabla 10: Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW a la altura de buje de 119m

10.3 Pérdidas eléctricas

La obtención de energía media anual expuesta en los apartados 10.1 y 10.2 se han calculado suponiendo una productividad del parque del 100%. Para el cálculo de la energía media anual vertida a la red se han de tener en cuenta las pérdidas causadas por:

- Pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas (97%)
- Indisponibilidad de los aerogeneradores y de las instalaciones eléctricas (97%)
- Otras pérdidas como: contaminación ambiental, garantía de la curva de potencia, ajustes del modelo (incertidumbres del cálculo) (90%)

Pérdidas	
Eléctricas	3%
Aerogeneradores	3%
Otras	10%
Total	15,4%

Tabla 11: Pérdidas totales

10.4 Energía vertida a la red

Con el cálculo de las pérdidas totales, la Producción Neta del parque será:

$$\text{Producción Vertida a la red} = 0,846 \times \text{Producción Bruta}$$

Ecuación 3: Expresión para el cálculo de la Producción media anual vertida a la red

Después de determinar la Producción Neta media anual vertida a la red, se calcula las horas equivalentes netas (tiempo medio de funcionamiento) teniendo en cuenta las posibles pérdidas mencionadas anteriormente. También se determina el factor de capacidad.

Parque Eólico "Pozo del Conde"								
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW								
nº aeros	Potencia nominal [MW]	Potencia total instalada[MW]	Energía Libre[MWh/año]	Energía Bruta[MWh/año]	Energía Neta[MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes	Factor de capacidad [%]
7	5,6	39,2	136.859	131.969	111.646	3,57	2848	32,51

Tabla 12: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"

10.5 Disposición de los aerogeneradores óptima

Después del estudio sobre la elección de la tecnología, se da pie al estudio de la disposición de los aerogeneradores.

Este análisis se ha realizado con los aerogeneradores de Vestas, ya que como se ha explicado en el apartado anterior, es el mejor para este Parque Eólico.

En las siguientes figuras se muestran las dos disposiciones que se estudiarán:

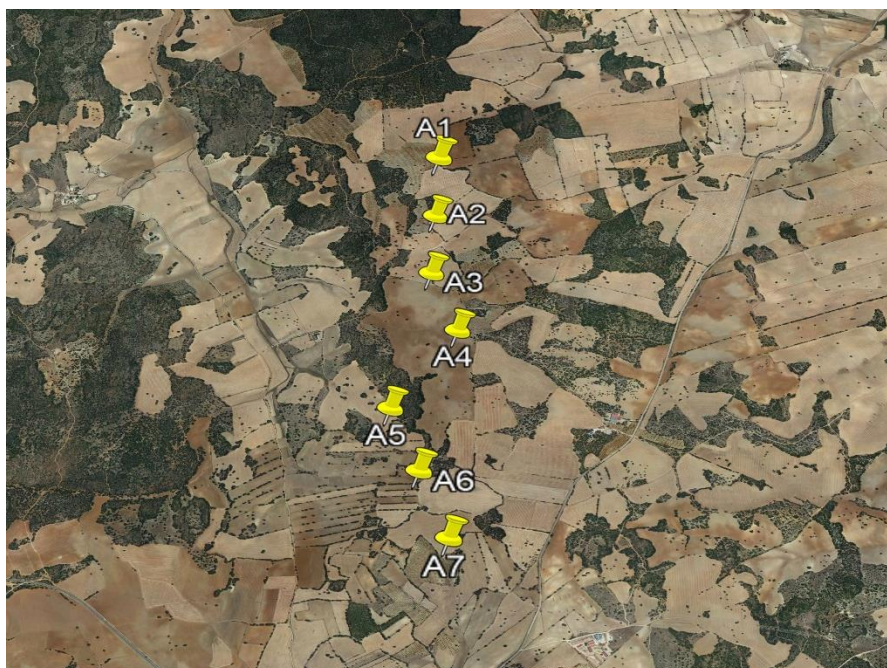


Figura 30: Disposición 1º de los aerogeneradores

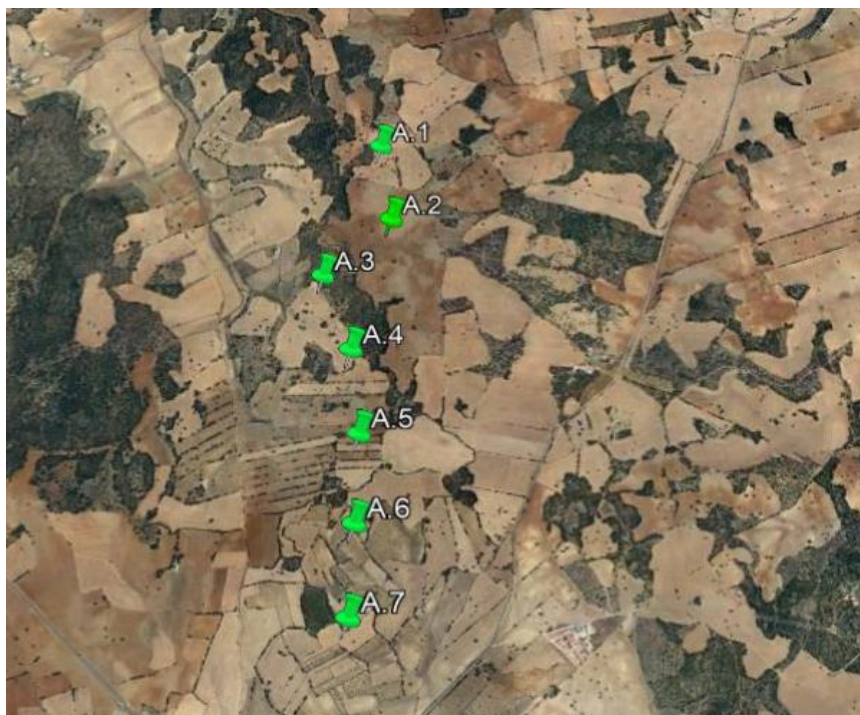


Figura 31: Disposición 2º de los aerogeneradores

Para decidir que posición es la más adecuada para el parque, se estudia la producción de energía que producen las dos disposiciones. Finalmente, se elige la posición que más energía bruta produzca.

Posición	Altura de Buje [m]	Energía Libre Total [MWh/año]	Energía Bruta Total [MWh/año]	Energía Neta Total [MWh/año]
1	119	136.859	131.969	111.646
2	119	132.873	128.061	108.340

Tabla 13: Energía producida en función de la posición

Por lo tanto, la posición óptima es la número 1.

11. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio se resumen a continuación:

- Conclusiones referidas al anemómetro situado a 120m con el programa Windographer:
 - La velocidad media del viento a 120 metros de altura es de 7,151 m/s. Esta velocidad es aceptable para su aprovechamiento eólico.

- El gráfico de la Rosa de Vientos de Velocidades y Frecuencias orienta sobre la dirección en la que sopla el viento. La dirección dominante del viento es dirección Oeste y Suroeste entre 247,5 y 270°.
 - El gráfico de la Rosa de Vientos de Energía proporciona información sobre la orientación óptima de los aerogeneradores, es decir, dirección perpendicular al mayor sector (entre 330° y 0°). También se concluye que la dirección de 270° es la de mayor contenido energético 26,8610%.
 - La densidad de potencia media a 120 metros es de 441(W/ m²)
 - La tendencia de la variación horaria de la velocidad media tiene un mínimo en torno a las 12:00 am y un máximo alrededor de las 23:00 pm.
- La simulación de campos de viento con el modelo WAsP, con la inclusión de modelos de orografía y rugosidad del suelo, dio como resultado el mapa de isoventas a la altura de buje de 119m. En él se diferencia claramente como las zonas de mayor altitud son las de mayor potencial eólico. Por este motivo, la ubicación de los aerogeneradores se encuentra en las áreas de mayor altitud.
 - Para la selección de la tecnología de los aerogeneradores, se ha realizado una comparación de tres tipos de fabricantes a la misma altura de buje (120m), eligiendo como óptima la que más potencia bruta genera. Finalmente se ha elegido el aerogenerador Vestas V162-5,6MW.
 - Los siete aerogeneradores son de clase III.
 - Se ha optado por la disposición número uno de los aerogeneradores, ya que genera más energía bruta.
 - A efectos de la producción media vertida a la red, se ha tenido en cuenta las pérdidas por efecto estela, pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas, indisponibilidad de los aerogeneradores y de las instalaciones eléctricas, contaminación ambiental etc. Todas ellas se han englobado en una pérdida de valor 15,4%.
 - La energía producida por el parque “Pozo del Conde” a la altura de buje de 119m. (altura a la que está referida la curva de potencia del aerogenerador de Vestas) se resume a continuación:

Parque Eólico "Pozo del Conde"								
Producción de Energética Media Anual de Vestas V162-5,6MW								
nº aeros	Potencia nominal [MW]	Potencia total instalada[MW]	Energía Libre[MWh/año]	Energía Bruta[MWh/año]	Energía Neta[MWh/año]	Pérdidas por efecto estela [%]	Horas equivalentes	Factor de capacidad [%]
7	5,6	39,2	136.859	131.969	111.646	3,57	2848	32,51

Tabla 14: Resumen de Producción de Energía por "Pozo del Conde"

Anexo III: Cálculos

ÍNDICE:

1. Dimensionamiento de cables	4
1.1. Objeto	4
1.2. Documentos de referencia	4
1.3. Dimensionado de los cables de Media Tensión	4
1.4. Hipótesis utilizadas para el dimensionamiento de los cables de M.T.	5
1.4.1 Criterio nº1: Intensidad máxima admisible en régimen permanente	5
1.4.2 Criterio nº2: Caída de tensión en el cable	8
1.5. Niveles de aislamiento	9
1.6. Distancias Mínimas	10
1.7. Conclusiones	10
2. Cortocircuito.....	11
2.1 Objeto	11
2.2 Documentos de referencia	11
2.3 Hipótesis.....	11
2.3.1 Cálculo de la corriente de cortocircuito de alta tensión.....	11
2.3.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito de media tensión	12
2.3.3 Cálculo de la corriente de cortocircuito de baja tensión.....	13
2.4 Resumen.....	14

Índice de ecuaciones:

Ecuación 1: Factor total de corrección	7
Ecuación 2: Intensidad por aerogenerador	7
Ecuación 3: Número de aerogeneradores por circuito.....	7
Ecuación 4: Intensidad del cable máxima en régimen permanente.....	7
Ecuación 5: Caída de tensión	8
Ecuación 6: Intensidad de cortocircuito	11
Ecuación 7: Intensidad de cortocircuito	12
Ecuación 8: Cálculo de la impedancia de la red.....	12
Ecuación 9: Cálculo de la impedancia del transformador.....	12
Ecuación 10: Impedancia equivalente en el lado de baja tensión.....	13
Ecuación 11: Impedancia del transformador de SSAA	13

Índice de tablas:

Tabla 1:Características de los cables	5
Tabla 2: Factor de corrección para temperatura del terreno.....	6
Tabla 3: Factor de corrección para resistividad térmica del terreno.....	6
Tabla 4:Factores de corrección para profundidades de la instalación.....	6
Tabla 5: Datos con la selección de los factores de corrección	7
Tabla 6: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y corriente alterna para cables unipolares asilados de hasta 18/30KV directamente enterrados.....	8
Tabla 7:Resultados de las secciones de los conductores	8
Tabla 8: Caídas de tensión de cada circuito	9
Tabla 9:Tensiones soportadas por el material	9
Tabla 10: Distancias según el nivel de tensión.....	10
Tabla 11: Diseño de los cables de media tensión	10
Tabla 12: Resultados del cálculo de las intensidades de cortocircuito.....	14

1. Dimensionamiento de cables

1.1. Objeto

El objeto de este anexo es la realización de los cálculos justificativos para del diseño y dimensionamiento de los cables de media tensión.

Los cables deben de cumplir los criterios del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, sobre todo la ITC-LAT-06 “Líneas subterráneas con cables aislados”*.

Los criterios para el dimensionamiento de cables que se estudiarán serán:

- Intensidad máxima admisible en régimen permanente teniendo en consideración los factores reductores dependientes de cada tipo de instalación.
- Caída de tensión en el cable (por intensidad nominal en régimen permanente).

1.2. Documentos de referencia

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus ITC-LAT 01 a 09 (Real Decreto 223/2008)
- Normas UNE 211435:2007, UNE-EN 60228:2005, UNE-21192, IEC-60949, IEC-60228.
- Catálogo de cables de MT de Prysmian de 2009.

1.3. Dimensionado de los cables de Media Tensión

En este punto se selecciona las secciones de los conductores que transportan la energía generada en cada aerogenerador.

El parque eólico está formado por dos circuitos en M.T.:

Circuito	Nº de aerogenerador
Circuito I	1,2,3,4
Circuito II	5,6,7

El cable usado para los circuitos subterráneos será:

Denominación	RHZ1
Tipo de conductor	Unipolar
Material del conductor	aluminio
Nivel de aislamiento	18/30KV
Cubierta	Polioléfina
Pantalla	Malla de Cu

Tabla 1: Características de los cables

1.4. Hipótesis utilizadas para el dimensionamiento de los cables de M.T.

- ❖ Temperatura máxima de servicio en régimen permanente del conductor será de 90°C
- ❖ Temperatura máxima en cortocircuito será de 250°C
- ❖ En instalaciones subterráneas, los valores de carga máxima admisible contemplan cables enterrados en toda su longitud a 1m de profundidad, en terreno de resistividad térmica media de 1,5Km/W con una temperatura del terreno a dicha profundidad de 25°C.
- ❖ En la documentación del fabricante del aerogenerador se obtiene la curva de capacidad de la máquina, donde se puede extraer el cosφ mínimo de funcionamiento, el cual se usará para obtener las condiciones máximas de funcionamiento de la corriente.

1.4.1 Criterio nº1: Intensidad máxima admisible en régimen permanente

Para calcular la intensidad máxima, previamente se calculan los factores de corrección de acuerdo con el Reglamento de línea de alta tensión, en concreto, la ITC-LAT-06.

A continuación, se muestran las tablas a usar del Reglamento de Alta Tensión para seleccionar los factores de corrección:

Temperatura °C Servicio Permanente es	Temperatura del terreno, θ_a , 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 2: Factor de corrección para temperatura 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 3: Factor de corrección para resistividad térmica del terreno

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤185 mm ²	>185 mm ²	≤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 4: Factores de corrección para profundidades de la instalación

Datos de partida	Valores	Factor de corrección
Temperatura del terreno	20	1,04
Profundidad de enterramiento	1	1
Resistividad térmica del terreno	1	1,18-1,19

Tabla 5: Datos con la selección de los factores de corrección

- ❖ El factor total para la instalación total es:

$$\text{Factor: } 1,04 * 1 * 1,19 = 1,2376$$

Ecuación 1: Factor total de corrección

- ❖ La intensidad que aporta cada generador:

$$I_{\text{generador}} = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{700KVA}{\sqrt{3} * 30KV} = 134,71A$$

Ecuación 2: Intensidad por aerogenerador

- ❖ El número de aerogeneradores por línea es:

Intensidad de interruptor: 630A

$$n^{\circ} = \frac{630}{134,71} = 4,67 \approx 4 \text{ aerogeneradores como máximo por circuito}$$

Ecuación 3: Número de aerogeneradores por circuito

- ❖ La intensidad modificada que podrá transportar el cable será la carga máxima admisible en régimen permanente dividida por el factor de corrección total:

$$I = \frac{I_{\text{generador}} * n^{\circ} \text{ de aeros}}{\text{factor total de corrección}}$$

Ecuación 4: Intensidad del cable máxima en régimen permanente

A partir del valor de intensidad se escoge una sección que soporte una intensidad igual o superior a la calculada y con el material de aluminio, ya que es más económico que el cobre.

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 6: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y corriente alterna para cables unipolares aislados de hasta 18/30KV directamente enterrados

Los resultados se expondrán en una tabla:

Circuito	Intensidad nominal	Factor para secciones >300 mm ²	Factor para secciones <300 mm ²	Intensidad	Sección	Tipo de aislamiento: Opciones válidas	Material
I	538,86	1,24	-	435,41	400 mm ²	HEPR,XLPE	Aluminio
II	404,15	1,24	1,23	329,32	240 mm ²	HEPR EPR,XLPE	Aluminio

Tabla 7: Resultados de las secciones de los conductores

1.4.2 Criterio n°2: Caída de tensión en el cable

La caída de tensión en un cable se calcula aproximadamente como:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos\varphi}{S * U_{\gamma}}$$

Ecuación 5: Caída de tensión

Siendo:

- ΔV : caída de tensión máxima (%)
- L : longitud de la línea (m)
- I : intensidad nominal (A)
- $\cos\varphi$: factor de potencia
- S : sección del conductor (mm²)
- γ : conductividad del aluminio a 90°C (m/Ω* mm²)

A efectos de dimensionamiento los valores para el cálculo son:

- ❖ $\cos\varphi$: 0,8
- ❖ L : obtenido del plano en planta del emplazamiento en AutoCaD
- ❖ I : intensidad por cada circuito
- ❖ S : sección calculada anteriormente
- ❖ U : 30KV
- ❖ γ : 27,8 m/ Ω * mm²

Para el cálculo de dimensionamiento se establecen los siguientes criterios:

- Caída de tensión máxima para las cargas en la línea 3%
- Caída de tensión máxima desde bornas del transformador hasta bornas de consumos 5%

A continuación, se exponen las caídas de tensión:

LÍNEA	Un (KV)	FdP	I (A)	Smin (mm2)	L (m)	ΔU (V)	ΔU (%)	Disposición
Circuito I	30	0,8	538,86	400	2.749	184,59	0,62	3(1x400) mm2 Al
Circuito II	30	0,8	404,15	240	2.996,5	251,50	0,84	3(1x240) mm2 Al

Tabla 8: Caídas de tensión de cada circuito

1.5. Niveles de aislamiento

Los niveles de aislamiento que se han adoptado para los materiales de 30KV, de acuerdo con MIE-RAT 12, corresponden a materiales del grupo A para pleno aislamiento.

Los materiales soportan:

Tensión eficaz más elevada	36KV
Tensión cresta a impulsos tipo rayo	170KV
Tensión eficaz nominal de corta duración	70KV

Tabla 9: Tensiones soportadas por el material

1.6. Distancias Mínimas

De acuerdo con las especificaciones de las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 12 en 132 KV y 30KV, las distancias mínimas entre fases y entre fase y tierra son:

Nivel de tensión	Tensión soportada a impulsos tipo rayo	Distancia mínima entre fases	Distancia mínima entre fase -tierra
132KV	650KV	130cm	130cm
30KV	150KV	32cm	32cm

Tabla 10: Distancias según el nivel de tensión

Los elementos en tensión no protegidos localizados sobre los pasillos, según la instrucción MIE-RAT 15, estarán a una altura mínima H sobre el suelo de:

$$H=250+d \text{ centímetros}$$

Donde d es la distancia en centímetros descrita en la Tabla 10.

Los elementos en tensión ubicados en zonas accesibles deben de estar a una altura superior a 230cm sobre el suelo.

1.7. Conclusiones

El resumen del diseño de los conductores de media tensión se expone a continuación:

Circuito	Intensidad nominal	Factor	Intensidad	Sección	Tipo de aislamiento: Opciones válidas	Material	ΔU (V)	ΔU (%)
I	538,86	1,24	435,41	400 mm ²	XLPE	Aluminio	184,59	0,62
II	404,15	1,23	329,32	240mm ²	XLPE	Aluminio	251,50	0,84

Tabla 11: Diseño de los cables de media tensión

2. Cortocircuito

2.1 Objeto

El objeto de este punto es el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito que tendrán los diferentes niveles de tensión del parque eólico.

Con el cálculo de la máxima corriente de cortocircuito se determinará el interruptor necesario en la instalación eléctrica.

2.2 Documentos de referencia

- IEC 60909, UNE-EN 60067-5-2008, IEEE 141-1993, UNE 21239-3.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2.3 Hipótesis

Se ha considerado:

- ❖ Se desprecia las impedancias que puedan tener los embarrados , interruptores y fusibles de media y baja tensión.
- ❖ El cambiador de tomas está en su toma principal.
- ❖ Las cargas de tipo no motor funcionan al 100%
- ❖ Los equipos redundantes están fuera de servicio.
- ❖ La corriente de cortocircuito se estimará de la forma más conservadora, conforme a las indicaciones de la norma UNE-EN 60076-5.

2.3.1 Cálculo de la corriente de cortocircuito de alta tensión

La corriente de cortocircuito alta tensión se calcula como:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * V}$$

Ecuación 6: Intensidad de cortocircuito

Siendo:

- I_{cc} : corriente de cortocircuito (kA)
- V : tensión de servicio (132 kV)
- S_{cc} : potencia de cortocircuito de la red (se ha estimado un valor de 7200 MVA)

Sustituyendo los valores se obtiene una corriente de cortocircuito de:

$$I_{CC} = \frac{7200}{\sqrt{3} \cdot 132} = 31,5 \text{ kA}$$

2.3.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito de media tensión

La corriente de cortocircuito en media tensión se calcula como:

$$I_{CC} = \frac{V}{\sqrt{3} * Z}$$

Ecuación 7: Intensidad de cortocircuito

Siendo:

- I_{cc} : corriente de cortocircuito (KA)
- V : tensión de servicio (30 kV)
- Z : impedancia de la línea (Ω)

La Z es la suma de la impedancia de la red y la impedancia del transformador:

$$Z = Z_{red} + Z_{trafo}$$

- La Z_{red} se obtiene como:

$$Z_{red} = \frac{V^2}{S_{cc}} = \frac{(30 \cdot 10^3)^2}{7200 \cdot 10^6} = 1,25 \angle 90^\circ \Omega$$

Ecuación 8: Cálculo de la impedancia de la red

Siendo:

- V : tensión de servicio (30kV)
- S_{cc} : potencia de cortocircuito de la red (7200MVA)
- Z_{red} = Impedancia de la red (Ω)

- La Z_{trafo} se calcula como:

$$Z_{trafo} = U_{cc} * \frac{V^2}{S_{trafo}} = 10\% * \frac{(30 \cdot 10^3)^2}{56 \cdot 10^6} = 1,60 \angle 90^\circ \Omega$$

Ecuación 9: Cálculo de la impedancia del transformador

Siendo:

- V: tensión de servicio (30kV)
- U_{cc} : tensión de cortocircuito (10%)
- S_{trafo} : potencia aparente del transformador de potencia (se ha supuesto 56 MVA)
- Z_{trafo} =Impedancia del transformador (Ω)

Por lo tanto, la Z será $2,85 \angle 90^\circ \Omega$.

Sustituyendo los valores en la Ecuación 7 obtenemos una intensidad de cortocircuito de:

$$I_{CC} = 6,1 \angle -90^\circ \text{ kA}$$

2.3.3 Cálculo de la corriente de cortocircuito de baja tensión

Para calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión, se traslada la impedancia equivalente del lado de media tensión al lado de baja tensión multiplicándolo por la relación de transformación del transformador de servicios auxiliares:

$$Z_{equivalente \text{ en baja}} = \left(\frac{0,4}{30}\right)^2 * 2,85^{90^\circ} = 5,1 * 10^{-4} \angle 90^\circ \Omega$$

Ecuación 10: Impedancia equivalente en el lado de baja tensión

La impedancia del transformador de servicios auxiliares se calcula como:

$$Z_{trafo \text{ SSAA}} = U_{cc} * \frac{V^2}{S_{trafo \text{ SSAA}}} = 4\% * \frac{400^2}{100 * 10^3} = 0,064 \angle 90^\circ \Omega$$

Ecuación 11: Impedancia del transformador de SSAA

Siendo:

- V: tensión de servicio (400V)
- U_{cc} : tensión de cortocircuito (4%)
- $S_{trafo \text{ SSAA}}$: potencia aparente del transformador de Servicios Auxiliares (100 kVA)
- $Z_{trafo \text{ SSAA}}$ =Impedancia del transformador de servicios auxiliares (Ω)

La impedancia equivalente en baja tensión se calcula como:

$$Z = Z_{equivalente \text{ en baja}} + Z_{trafo \text{ SSAA}} = 0,064 \angle 90^\circ \Omega$$

Una vez realizado el cálculo de la impedancia equivalente, se puede calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión con la Ecuación 7:

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} * Z} = \frac{400}{\sqrt{3} * 0,064^{90^\circ}} = 3,59 \angle -90^\circ \text{ kA}$$

2.4 Resumen

Se exponen los resultados del cálculo de cortocircuito

Tensión	Intensidad de cortocircuito
132KV	31,5 kA
30KV	6,1 kA
400V	3,59 kA

Tabla 12: Resultados del cálculo de las intensidades de cortocircuito

Con los resultados obtenidos se seleccionarán los instrumentos de protección más adecuados para las intensidades expuestas.

Anexo IV: Estudio de Viabilidad Económica

Índice:

1. Análisis económico y financiero	4
1.1 Objeto.....	4
1.2 Datos de partida	4
1.2.1 Producción:.....	4
1.2.2 Vida útil.....	4
1.2.3 Precio de venta.....	4
1.2.4 Gastos de explotación	5
1.2.5 Hipótesis económicas.....	6
1.2.6 Hipótesis financieras y reparto de dividendos	6
2 Volumen de inversión total a acometer	7
3 Ingresos esperados del parque	9
4 Gastos operativos estimados.....	10
5 Detalle de las fuentes de financiación a utilizar	11
6 Análisis de la rentabilidad	11
7 Análisis de sensibilidad	12
8 Conclusión.....	15
9 Referencias	15

Índice de tablas

Tabla 1: Precios [€/MWh] y Energías [GWh] por año del Mercado en el OMIE.....	5
Tabla 2: Gastos de explotación.....	5
Tabla 3: Hipótesis económicas	6
Tabla 4: Hipótesis financieras	6
Tabla 5: Inversión total del proyecto	8
Tabla 6: Ingresos esperados del parque.....	9
Tabla 7: Gastos estimados del parque	10
Tabla 8: Fuentes de financiación	11
Tabla 9: Análisis de rentabilidad	12
Tabla 10: Análisis de sensibilidad	12

Índice de figuras

Figura 1: TIR vs Inversión inicial	13
Figura 2: TIR vs Horas de funcionamiento	14
Figura 3: TIR vs Precio de venta	14

1. Análisis económico y financiero

1.1 Objeto

El objeto de este anexo es la realización del estudio económico de viabilidad del parque eólico Pozo del Conde.

En este anexo se calcula la rentabilidad del proyecto (VAN, TIR y PR) partiendo del coste fijo (inversión total del proyecto) y costes variables (gastos de explotación) y los ingresos obtenidos por la producción de energía eléctrica.

Además, se realiza un estudio de sensibilidad de la rentabilidad del parque frente a la inversión, horas de funcionamiento y precio de venta de la electricidad.

1.2 Datos de partida

Los datos adoptados para la resolución de los flujos de caja anuales generados y para la rentabilidad del proyecto se exponen a continuación:

1.2.1 Producción:

Análogo a las simulaciones efectuadas, se estima una producción neta total del parque de 111.645 MWh/año con un funcionamiento aproximado de 2848 horas/año a potencia nominal.

1.2.2 Vida útil

Se estima que la vida útil es de 20 años, funcionando todos los años a 2848 horas a potencia nominal (39MW).

1.2.3 Precio de venta

El precio de venta se fija según la normativa, esta fijación se fija diariamente en un mercado competitivo (POOL) regulado por el OMIE.

Para este proyecto, se ha fijado un precio de 43,5€/MWh, el cual es un valor inferior al valor medio anual del precio de la electricidad de los últimos 11 años (48.97€/MWh.). De este modo se realiza la hipótesis para un caso desfavorable.

El precio seleccionado (43,5€/MWh) irá variando según el mercado diario de casación.

En la siguiente imagen se puede ver la evolución del precio de venta de la electricidad en el mercado español desde 1998 hasta 2020.

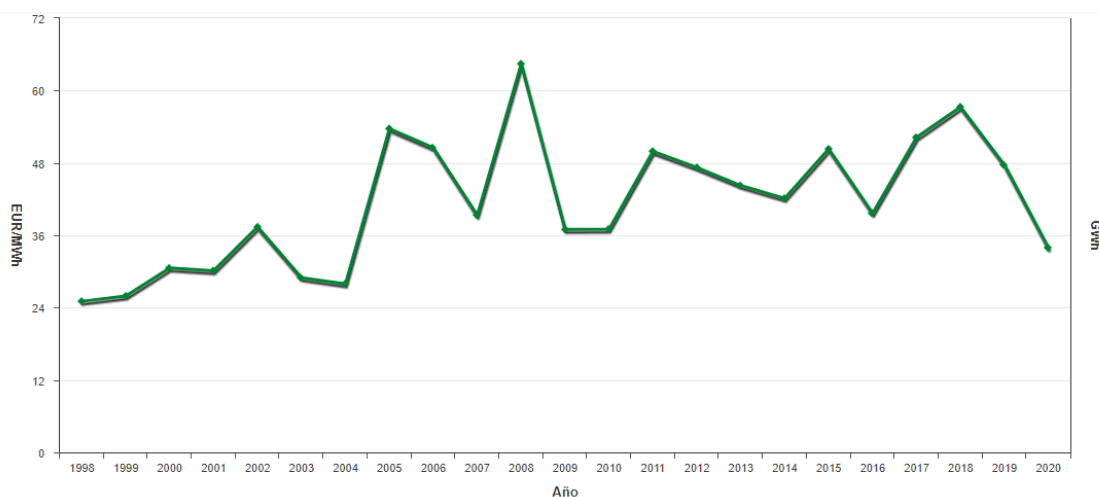


Tabla 1: Precios [€/MWh] y Energías [GWh] por año del Mercado en el OMIE

1.2.4 Gastos de explotación

Los gastos de explotación se consideran:

	c€/kWh	k€/año
OP. & Mant. aerogeneradores	0,65	
Op. & Mant. Resto de parques	-	37,80
Aceites + repuestos	-	-
Terrenos	-	-
Administración	-	10,5
Personal	-	24,96
Seguros	-	38,73
Impuestos	-	49,46
Otros gastos de explotación	-	12,60

Tabla 2: Gastos de explotación

Se estima la actualización anual del análisis siguiendo una evolución del IPC anual del 1,25%

Los gastos de explotación derivan de las tareas de mantenimiento, consumos de energía y tareas auxiliares necesarias para el desarrollo de la actividad.

1.2.5 Hipótesis económicas

Se han considerado las siguientes hipótesis económicas:

Tasa de inflación general (%)	1,25
Tipo impositivo (%)	25
Tipo de iva (%)	21
Amortización de inmovilizado (AÑOS)	19
Tipo de colocación de tesorería (%)	1,5
Tasa de descuento (%)	5
Demora en los cobros de E. Eléctrica a la red (meses)	1
Demora en los pagos de gastos de variables (meses)	1

Tabla 3: Hipótesis económicas

1.2.6 Hipótesis financieras y reparto de dividendos

Para este proyecto se ha considerado una relación entre recursos propios y ajenos (apalancamiento) de 30/70. Las condiciones de financiación ajena han sido:

Tipo de base(%) / margen (%) = total (%)	3,5%	0,50%	4,00%
Comisión de apertura (%) / de agencia (k€)		0,50%	5
Período de devolución (años)			19
Ratio de cobertura de la deuda			1,2

Tabla 4: Hipótesis financieras

Para la política de dividendos se ha escogido un reparto de dividendos variable en función del periodo.

2 Volumen de inversión total a acometer

En este apartado se desglosan los gastos de la inversión.

El presupuesto de ejecución del parque eólico Pozo del Conde asciende a un total aproximado de 33.031.646,36€.

Se desglosa a continuación:

Presupuesto Pozo del Conde	
• Obra Civil:	
Parque Eólico	1.443.991,31
Edificio de Control	140.000,00
• Suministros eléctricos del Parque Eólico:	
Conductores y puesta a tierra	160.013,53
Subestación 30 kV	150.955,18
Cabinas de MT 30 kV	102.578,00
• Montaje Eléctrico del Parque Eólico	
Tendido de cables	43.000,00
Subestación 30/132KV. Sistema de 30KV	79.000,00
• Aerogeneradores:	
Aerogeneradores	25.480.000,00
• Ingeniería y Dirección de Obra	
Ingeniería del Parque Eólico	94.091,00
Dirección facultativa de la obra	50.000,00
• Varios	
	14.057,00
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	27.757.686,02
- 16 % Gastos Generales	4.441.229,76
- 3 % Beneficio Industrial	832.730,58
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	33.031.646,36

Para calcular la inversión total del proyecto, también se han considerado los gastos de desarrollo y los costes de interconexión.

Valor €	
Inversión de material	33.031.646
Gastos de desarrollo	600.000
costes de interconexión	500.000
Total	34.131.646

Tabla 5: Inversión total del proyecto

Por lo tanto, la inversión total del parque es de 34.131.646 € (treinta y cuatro millones, ciento treinta y uno mil seiscientos cuarenta y seis euros).

3 Ingresos esperados del parque

En este apartado se muestran los ingresos aproximados del parque para 20 años:

		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	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	0
Precio de la electricidad	c€/kWh	4,35	4,38	4,42	4,45	4,48	4,52	4,55	4,58	4,62	4,65	4,69	4,72	4,76	4,79	4,83	4,87	4,90	4,94	4,98	5,01	5,05
Ingresos por venta de la electricidad	k€/año	4.857	4.893	4.930	4.967	5.004	5.041	5.079	5.117	5.156	5.194	5.233	5.273	5.312	5.352	5.392	5.433	5.473	5.514	5.556	5.597	0
Ingresos financieros	k€/año	0	13	22	29	35	42	47	53	58	63	67	71	114	158	203	248	293	338	383	429	0
Ingresos extraordinarios	k€/año																					
Ingresos Totales	k€/año	4.857	4.906	4.951	4.995	5.039	5.083	5.127	5.170	5.214	5.257	5.300	5.344	5.426	5.510	5.595	5.681	5.766	5.852	5.939	6.026	0

Tabla 6: Ingresos esperados del parque

4 Gastos operativos estimados

A continuación, se exponen los gastos aproximados por año y categoría:

		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	753	763	772	782	792	802	812	822	832	842	853	864	874	885	896	908	919	930	942	954	0
Op. & Mant. Resto De Parque	k€/año	39	40	40	41	41	42	42	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48	48	49	50	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	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	0
Personal	k€/año	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
Seguros	k€/año	40	41	41	42	42	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48	48	49	50	50	51	0
Impuestos	k€/año	51	52	53	53	54	55	55	56	57	57	58	59	60	60	61	62	63	63	64	65	0
Otros Gastos De Explotación	k€/año	13	13	13	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	17	0
Gastos de explotación totales	k€/año	934	946	957	969	981	994	1.006	1.019	1.031	1.044	1.057	1.071	1.084	1.098	1.111	1.125	1.139	1.154	1.168	1.183	33

Tabla 7: Gastos estimados del parque

5 Detalle de las fuentes de financiación a utilizar

En la siguiente tabla se muestran las fuentes de financiación:

	€
• Total Fondos:	34.711.524
• Fondos propios:	10.413.457
- Acciones ordinarias	10.413.457
- Acciones preferentes	0
• Subvenciones:	0
• Fondos ajenos	24.298.067
- Deuda principal	24.298.067
- Deuda subordinada	0

Tabla 8: Fuentes de financiación

6 Análisis de la rentabilidad

Para analizar si la construcción de Pozo del Conde tendrá beneficios económicos se realiza un análisis de rentabilidad.

El análisis de rentabilidad consiste en calcular el VAN (Valor Neto Actual), el TIR (Tasa Interna de Retorno) y PR (el periodo de retorno).

El VAN es la rentabilidad absoluta del proyecto. El proyecto es rentable si el $VAN \geq 0$, es decir si supera el coste de la deuda y los costes de los fondos propios, se consigue remunerar a los accionistas y obtener un incremento de valor para la empresa.

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^n} - I_0$$

Ecuación 1: Fórmula del VAN

Donde:

- C_t : es el flujo de cajas (diferencia entre los ingresos y los pagos más impuestos) en cada periodo n
- i : tasa de descuento (coste de oportunidad del capital empleado)
- N : número de periodos considerados
- I_0 : valor inicial de la inversión

El TIR es la máxima rentabilidad que puede conseguir el proyecto, ya que es la tasa de descuento que iguala el VAN a 0.

$$\sum_{n=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^n} = I_o$$

El PR (Periodo de Retorno) es el valor de N que hace nulo el VAN, es decir, el tiempo necesario para recuperar la inversión partiendo de la diferencia entre Ingresos y Gastos (Margen Bruto).

El proyecto será rentable si el PR es inferior a la vida útil del proyecto (20 años).

La rentabilidad de Pozo del Conde se muestra en la siguiente tabla:

	TIR (%)	VAN (k€) (5,00%)	PRS(Años)
· Proyecto Antes de Impuestos:	9,92	15.595	8,72
· Proyecto Después de Impuestos:	6,92	5.736	10,79
· Accionista:	8,67	7.604	17,47

Tabla 9: Análisis de rentabilidad

7 Análisis de sensibilidad

En este apartado se muestra un estudio de sensibilidad de la rentabilidad del parque frente a la inversión, horas de funcionamiento y precio de venta de la electricidad.

La inversión y el precio de venta se han variado entorno a $\pm 5\%$ y $\pm 10\%$. Las horas de funcionamiento oscilan entre $\pm 100h$ y $\pm 200h$.

A continuación, se enseñan las siguientes tablas:

Inversión (miles euros)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
37545	5,99	7,45
35838	6,44	8,04
34132	6,92	8,67
32425	7,45	9,32
30718	8,02	10,02

Horas de Funcionamiento (h)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
3048,10648	7,66	9,57
2948,10648	7,29	9,12
2848,10648	6,92	8,67
2748,10648	6,54	8,19
2648,10648	6,16	7,70
Precio de Venta a Red (c€/kW)	TIR proyecto (%)	TIR accionista (%)
4,79	8,16	10,17
4,57	7,55	9,44
4,35	6,92	8,67
4,13	6,28	7,85
3,92	5,61	6,97

Tabla 10: Análisis de sensibilidad

A continuación, se muestran los resultados expuestos en la [Tabla 10](#) en forma de gráficas:

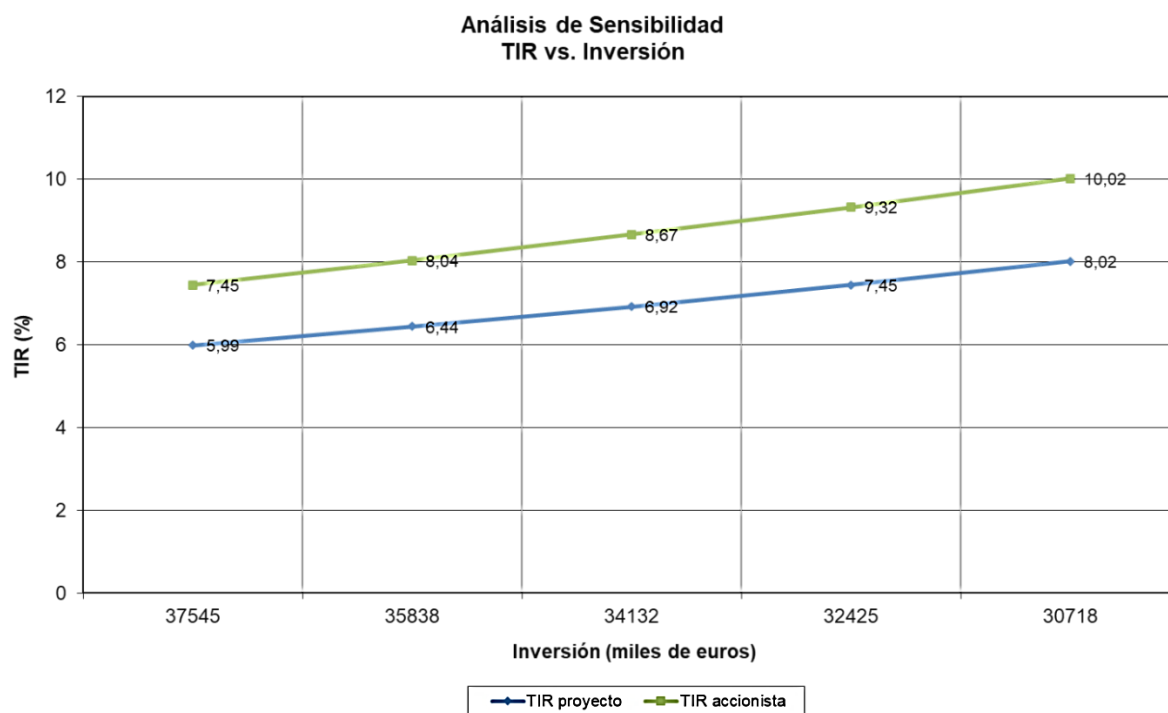


Figura 1: TIR vs Inversión inicial

Análisis de Sensibilidad TIR vs. Horas de Funcionamiento

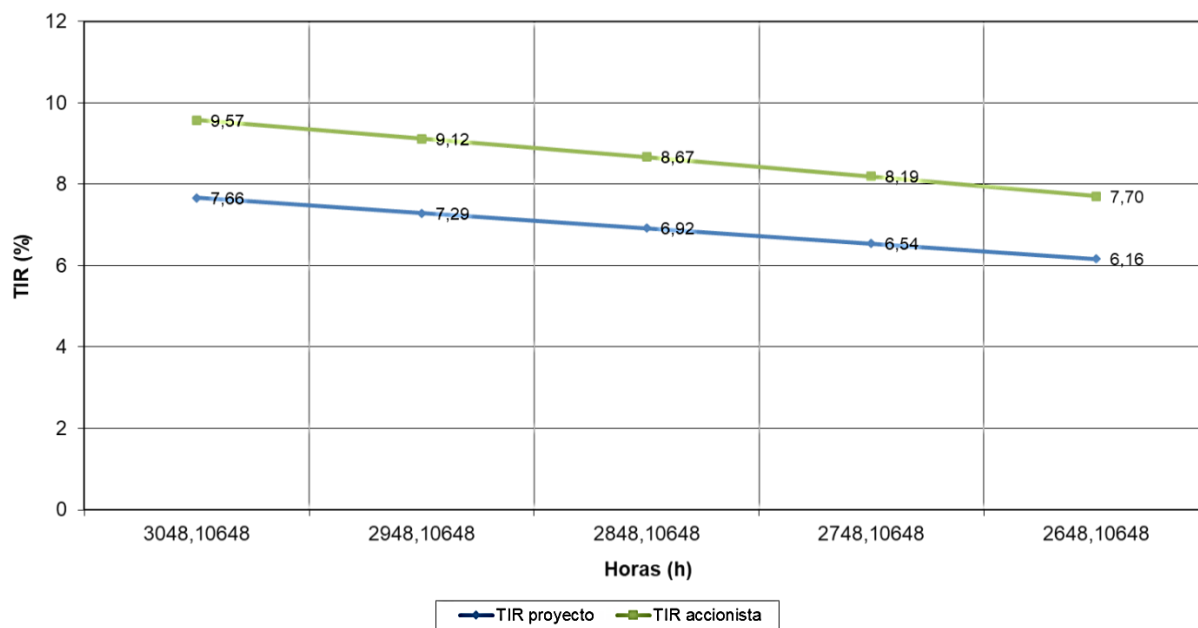


Figura 2: TIR vs Horas de funcionamiento

Análisis de Sensibilidad TIR vs. Precio de Venta

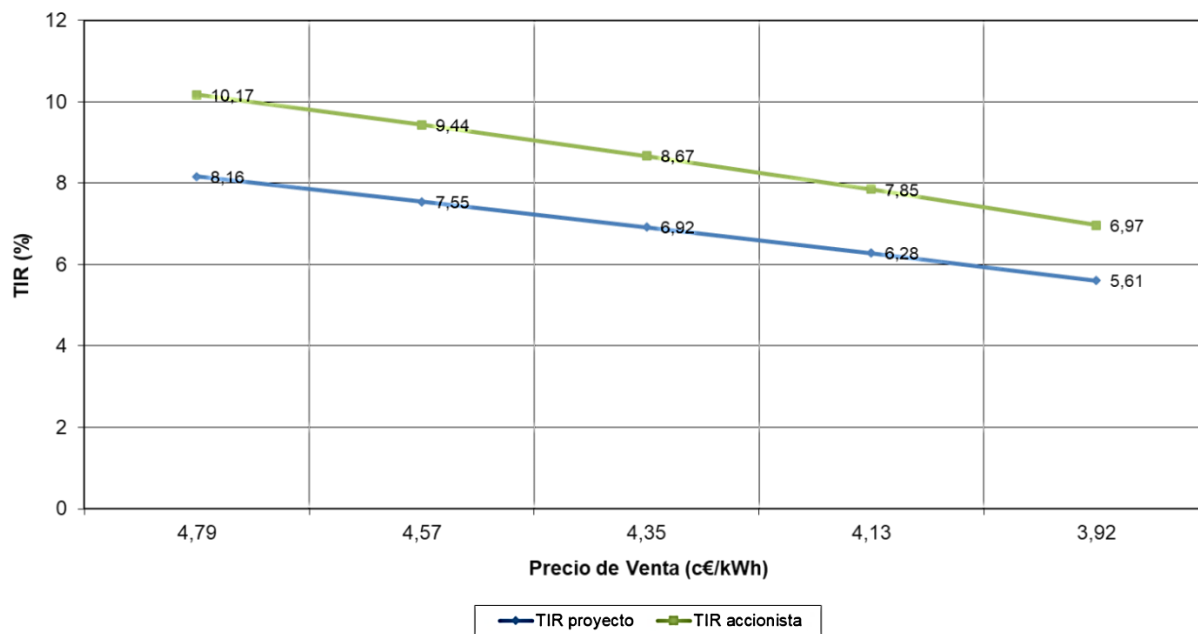


Figura 3: TIR vs Precio de venta

8 Conclusión

Analizando los resultados expuestos en el presente anexo, se concluye que el parque eólico en Lezuza es viable desde el punto de vista económico.

El precio de venta con el que se ha realizado el estudio es bajo, (el peor de los casos). El precio podría incrementarse a medio plazo gracias a las variaciones del mercado o a nuevas legislaciones.

Aún realizando el peor de los casos para construir y mantener el parque, el proyecto es rentable por lo que sería beneficioso realizar la inversión.

9 Referencias

«OMIE,» [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/interannual/daily-market/daily-prices?scope=interannual&system=1>. [Último acceso: 27 05 2021].

Anexo V: Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Índice:

1.Objeto	3
2.Objetivos de desarrollo sostenible del proyecto	3
2.1Energía asequible y no contaminante.....	4
2.2Trabajo decente y crecimiento económico.....	4
2.3Industria innovación e infraestructura.....	4
2.4Ciudades y comunidades sostenibles.....	4
2.5Acción por el cambio climático.....	5

1. Objeto

El objeto de este anexo es distinguir qué objetivos del Desarrollo Sostenible cumple el proyecto. Analizando el mismo desde su ejecución hasta su posterior mantenimiento.

2. Objetivos de Desarrollo Sostenible del proyecto

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible se crearon en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en 2012, para elaborar planes mundiales para resolver o solucionar problemas ambientales, políticos y económicos. Así se conseguirá acabar con la pobreza, curar el planeta y proteger a las personas para que gocen de paz [1].

Hay diecisiete objetivos en el programa para cambiar el planeta:



Figura 1:Objetivos del Desarrollo Sostenible

Este proyecto contribuye con la energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, industria innovación e infraestructura, ciudades y comunidades sostenibles y acción por el cambio climático.

2.1 Energía asequible y no contaminante

Hoy en día nos movemos hacia un mundo menos contaminante. Las energías no contaminantes como las renovables están en continua mejora y cada vez son más accesibles al público. Actualmente podemos conseguir el autoconsumo de los hogares gracias a placas fotovoltaicas y mini aerogeneradores. Así se dispone en los hogares de energía limpia y segura.

Este proyecto fomenta el uso de un recurso ilimitado para convertir energía mecánica (movimiento del aire) en eléctrica. De este modo se evita usar otros recursos de la naturaleza como el carbón (elemento contaminante) para la obtención de energía eléctrica.

2.2 Trabajo decente y crecimiento económico

La Covid-19 ha supuesto una bajada en la economía mundial. Miles de personas se han quedado desamparadas, sin empleo y sin recursos con los que mantenerse.

La creación de un parque eólico creará nuevos puestos de trabajo, tanto en su instalación como en su posterior mantenimiento en una zona con baja empleabilidad. Además, al estar en una zona poco poblada, se intenta mitigar la despoblación rural.

2.3 Industria innovación e infraestructura

Este proyecto no es solo una empresa de generación de electricidad más. Un parque eólico es una inversión en investigación, en intentar mejorar el rendimiento de los aerogeneradores, alargar más la vida útil del parque, investigar en nuevos materiales más económicos...

La industrialización, innovación e infraestructura son claves para mejorar o dar solución con los problemas ambientales, mejorar la economía y ayudar al comercio.

2.4 Ciudades y comunidades sostenibles

Con la creación del parque eólico en la localidad de Lezuza se conseguirá reducir el impacto ambiental negativo del pueblo. Se promoverá el uso eficiente de los recursos, además de mejorar la seguridad vial, en particular se mejorarán las carreteras cercanas al parque y sus accesos.

El pueblo de Lezuza mejorará económicamente, ya que el parque genera empleo, tanto de forma directa como indirecta. Algunos de los empleados del parque necesitarán una vivienda en el pueblo además de aumentar la clientela en bares y restaurantes.

2.5 Acción por el cambio climático

El cambio climático afecta a todos por igual, es un problema mundial. Si se quiere mejorar el planeta se debe de reducir las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero.

Gracias a las restricciones de movimiento causadas por el Covid-19 se han reducido las emisiones de efecto invernadero. Esta reducción es temporal, ya que cuando se vuelva a la normalidad estas emisiones volverán aumentar. Por eso se debe de buscar soluciones y crear nuevas medidas para frenar este efecto.

La producción de energía contribuye principalmente al cambio climático y reproduce el 60% de las emisiones de CO₂ y otros gases perjudiciales del efecto invernadero.

Fomentar la energía eólica como medio de obtención de energía renovable es una solución para combatir estos efectos y mejorar el planeta.

Referencias

- [1] «Objetivos y metas de desarrollo sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 01 2021].