Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente

Curso 2021/2022

Proyecto Fin de Máster

Proyecto de implantación y comparación técnica, ambiental y económica de cuatro parques eólicos (Onshore) de 30 MW en la Comunidad Foral de Navarra.

Fecha: Octubre, 2022

Tutor: Roberto Veguillas
Emilio Migoya

Autor: Camila Molina Figliozzi

RESUME EJECUTIVO

El objetivo del presente trabajo es el de obtener resultados de la comparativa en cuanto a los aspectos ambientales, sociales, económicos y de producción de cuatro alternativas de parques eólicos.

Estas cuatro alternativas han sido diseñadas en dos emplazamientos diferentes, el primero en una zona llana y el segundo en una sierra. Además, para cada emplazamiento, se han diseñado dos parques diferentes con modelos de aerogeneradores diferentes, el primero el Vestas V90 con una altura de buje a 80m y diámetro de rotor de 90m y el segundo el Vestas V150 con altura de buje a 105m y diámetro de rotor de 150m.

Se han diseñado los parques utilizando el programa WindPro y se ha utilizado el programa QGIS para la evaluación ambiental.

Para la comparación del diseño de los parques eólicos se ha comparado la producción para cada variante y la relación que tiene el emplazamiento, el recurso eólico y la curva de potencia de ambos modelos.

Con los resultados de producción se ha calculado la rentabilidad de cada parque, analizando los indicadores de rentabilidad, un TIR superior a 6%, un VAN positivo, el LCOE en torno a 0,025€/kWh y el periodo de retorno.

Para los aspectos sociales y ambientales se ha partido del análisis de diferentes elementos del medio en función a la distancia a la que se encontrarían los parques eólicos. Estos elementos son los núcleos poblacionales, áreas protegidas, Hábitats de Interés Comunitario, yacimientos arqueológicos y Bienes de interés cultural.

Además, para evaluar el impacto sobre la fauna, se ha consultado el Inventario de Especies Terrestres de España y se ha obtenido el listado de avifauna presente en la zona de estudio. A partir de este listado se ha analizado el comportamiento de las especies y la altura de vuelo que, poniendo en relación con las dimensiones de los modelos de aerogeneradores se ha clasificado si las especies vuelan a una altura de riesgo o no.

De igual manera para el impacto a la avifauna, se ha analizado el efecto barrera para cada uno de los modelos de aerogeneradores.

Por último, se ha hecho un análisis en conjunto de todo lo mencionado anteriormente, para evaluar cuál de las configuraciones presenta mejores resultados globalmente.

Finalmente se concluye que la variante que presenta mejores condiciones es la B.2 por ser la que tiene una mayor producción y rentabilidad. En cuestión de impactos ambientales los resultados han sido similares a las otras variantes, con excepción del impacto al paisaje, que por encontrarse en la sierra y con una altura de buje superior la visibilidad es mayor. En cuanto al impacto en la avifauna tendría que realizarse un estudio de ciclo anual insitu para concretar qué especies podrían verse afectadas en realidad, ya que teóricamente por estar ubicada en la sierra presentaría un impacto un tanto mayor que las variantes ubicadas en la llanura.

ÍNDICE

Resume ejecutivo I

ÍNDICE TABLAS V

ÍNDICE FIGURAS VI

Abreviaturas VIII

1. Objetivo general y Justificación 1

1.1. Descripción breve del proyecto 1

1.2. Justificación 1

1.3. Metodología 2

1.3.1. Comparación técnica 3

1.3.2. Comparación Ambiental y Social 4

1.3.3. Comparación económica 4

2. Introducción 5

2.1. Normas y leyes 6

2.2. Antecedentes 8

3. Estado del arte 13

3.1. Situación actual 13

3.2. Tecnología eólica onshore 13

3.3. Aerogeneradores 15

3.3.1. Elementos de un aerogenerador 15

3.4. Torre de medición meteorológica 18

3.5. Situación Ambiental. 19

3.5.1. Principales impactos negativos 19

3.5.2. Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de proyectos de parques eólicos. 21

4. Análisis previo, datos de partida. 24

4.1. Emplazamiento 24

4.1.1. Espacios naturales 25

4.1.2. Estudios de monumentos naturales y elemento de patrimonio 26

4.2. Recurso eólico 26

4.2.1. Campaña de medida de viento 26

4.2.2. Periodo de referencia 27

4.3. Análisis del periodo de referencia 27
5. Desarrollo del Estudio 29
5.1. Recurso renovable 29
5.2. Dimensionamiento con el WindPro 30
5.2.1. Mallado del recurso eólico. 33
5.2.2. Posicionamiento de los parques. 34
5.3. Entorno ambiental 37
5.3.1. Espacios naturales 38
5.3.2. Flora y fauna 39
5.3.3. Patrimonio y bienes de interés cultural 46
5.4. Entorno social 49
5.4.1. Efecto sombra 50
5.4.2. Reflexión solar 50
5.4.3. Ruido 50
5.4.4. Visibilidad, afección al paisaje 51
5.5. Interfaz con otros elementos 52
6. Resultados 54
6.1. Desarrollo de los parques eólicos 54
6.2. Evaluación impacto Ambiental 57
6.2.1. Análisis Inventario Español de Especies Terrestres. 58
6.3. Evaluación impacto Social 62
6.3.1. Análisis afección a la población 62
6.3.2. Análisis de afección al turismo y al paisaje 63
6.4. Análisis económico 68
6.4.1. Flujo de Caja Variante A.1 70
6.4.2. Flujo de Caja Variante A.2 71
6.4.3. Flujo de Caja Variante B.1 72
6.4.4. Flujo de Caja Variante B.2 73
7. Conclusiones y análisis de resultados 75
7.1. Conclusiones Técnicas 75
7.2. Conclusiones Ambientales 76

7.3. Conclusiones Sociales 78
7.4. Conclusiones Económicas 79
7.5. Conclusión global 80
8. Bibliografía 82
9. Anexos 86
ANEXO 1. Procedimiento con el WindPro. 87
ANEXO 2. Park_A.1 88
ANEXO 3. Park_A.2 89
ANEXO 4. Park_B.1 90
ANEXO 5. Park_B.2 91
ANEXO 6. Resource_Resgen – 80m 92
ANEXO 7. Resource_Resgen – 150m 93
ANEXO 8. STATGEN_Estadísticas de viento – 80m 94
ANEXO 9. STATGEN_Estadísticas de viento – 150m 95
ANEXO 10. Mapa de ubicación del proyecto, elementos naturales y arqueológicos. 96
ANEXO 11. Listado de aves 97
ANEXO 12. Planos de visibilidad 98
ANEXO 13. Excel con cálculos económicos. 99

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Denominación de las variantes del proyecto. 3
Tabla 2. Potencia acumulada por CCAA. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la AEE. 9
Tabla 3. Parques Eólicos en Navarra y su potencia instalada. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la AEE. 11
Tabla 4. Datos del punto de estimación de datos meteorológicos. 27
Tabla 5 Datos de los aerogeneradores seleccionados. 31
Tabla 6. Consideraciones y restricciones ambientales y sociales. Fuente: Elaboración propia en base al Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de proyectos de parques eólicos terréstres 37
Tabla 7. Áreas de Especial Protección Silvestre en Navarra. Fuente: Elaboración propia. 40
Tabla 8. Zonas de Conservación de Aves Esteparias. Fuente: Elaboración propia. IDENA. 41
Tabla 9. Estado de conservación y número de especies. Fuente: Elaboración propia. 43
Tabla 10 Relación distancia del rotor con el núcleo poblacional más cercano 51
Tabla 11. Datos Weibull para los 4 parques. Fuente: Elaboración propia, datos WindPro. 54
Tabla 12 Energía anual calculada para los 4 parques. Fuente: Elaboración propia, datos WindPro. 55
Tabla 13 Resumen resultados de producción. 56
Tabla 14. Evaluación de posibles factores ambientales afectados. 57
Tabla 15 Clasificación del riesgo de las alturas de vuelto. 60
Tabla 16 Especies riesgo alto de colisión. 61
Tabla 17 Cálculo del efecto barrera para los modelos de aerogenerador V90 y V150. 62
Tabla 18 Evaluación de posibles impactos a la población 63
Tabla 19 Evaluación de posibles impactos sobre el patrimonio. 64
Tabla 20 Resumen del análisis de las cuencas visuales y el paisaje. 68
Tabla 21 Valores de CAPEX para cada variante. Fuente Elaboración propia con datos sugeridos por el tutor. 68
Tabla 22 Resultados de los indicadores de rentabilidad para cada parque eólico. 70
Tabla 23 Ponderación de los resultados para la producción de los parques. 75
Tabla 24 Ponderación de los resultados para el impacto ambiental. 76
Tabla 25 Ponderación de los resultados para los aspectos sociales del proyecto. 78
Tabla 26 Ponderación de los resultados para la rentabilidad económica de los parques. 79

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un aerogenerador. Fuente: A. Ecológica. 15
Figura 2. Zona A y B para posible emplazamiento de los parques eólicos. Fuente: Elaboración propia. QGIS.....24
Figura 3 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Altura 80m. WindPro.....28
Figura 4 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Altura 105m. WindPro.....28
Figura 5. Recurso eólico de la Zona A de implantación. Fuente: Global Wind Atlas. 30
Figura 6. Recurso eólico de la Zona B de implantación. Fuente: Global Wind Atlas. 30
Figura 7 Curvas de potencia para los modelos Vestas V90 y Vestas V150. 31
Figura 8 Mallado del recurso eólico y leyenda. 33
Figura 9. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante A.1. Fuente: Elaboración propia. QGIS.....34
Figura 10. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante A.2. Fuente: Elaboración propia. QGIS.....35
Figura 11. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante B.1. Fuente: Elaboración propia. QGIS.....35
Figura 12. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante B.2. Fuente: Elaboración propia. QGIS.....36
Figura 13. Cuadrícula 30TXN03 y emplazamientos. Fuente: Elaboración propia.....42
Figura 14 Corredores ecológicos y emplazamientos del proyecto. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la WWF.....44
Figura 15. HICs presentes en las zonas de estudio para l el emplazamiento de los proyectos. Fuente: Elaboración propia. 45
Figura 16. Bienes de Interés Cultural en cercanos a las zonas de emplazamiento. Fuente: Elaboración propia. 47
Figura 17. Patrimonio cultural, yacimientos arqueológicos. Fuente: Elaboración propia. 48
Figura 18 Entidades poblacionales en la zona y posición de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la BTN. 49
Figura 19. Carreteras y caminos en la zona. Fuente. Elaboración propia. 53
Figura 20 Líneas Eléctricas y torres de Alta Tensión. Fuente: Elaboración propia 53
Figura 21 Curvas de potencia. Potencia generada respecto a la nominal (%). 55
Figura 22. Relación alturas de vuelo con aerogenerador. Modelo V90 3000, Fuente: Elaboración propia. 59
Figura 23. Relación alturas de vuelo con aerogenerador. Modelo V150 – 6.0, Fuente: Elaboración propia. 60
Figura 24 Efecto barrera horizontal. 61
Figura 25 Cuenca visual Variante A.1. Fuente: Elaboración propia. 65
Figura 26 Cuenca visual Variante A.2. Fuente: Elaboración propia. 65

Figura 27 Cuenca visual Variante B.1. Fuente: Elaboración propia. 67
Figura 28 Cuenca visual Variante B.2. Fuente: Elaboración propia. 67
Figura 29 PPA. Fuente LevelTen Energy.....69
Figura 30 Flujo de caja acumulado variante A.1. 71
Figura 31 Flujo de caja acumulado variante A.2. 72
Figura 32 Flujo de caja acumulado variante B.1. 73
Figura 33 Flujo de caja acumulado variante B.2. 73

ABREVIATURAS

AEE	Asociación Empresarial Eólica
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
APFS	Áreas de Protección de la fauna silvestre
BIC	Bienes de Interés Cultural
BTN	Base Topográfico Nacional
CAPEX	Gastos de Capital
CEEA	Categorías en el Catálogo Español de Especies Amenazadas
ECMWF	Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos a Medio Plazo.
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ENP	Espacios Naturales Protegidos
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GW	Gigawatt
HIC	Hábitat de interés comunitario
IBAs	Important Bird Areas
IDENA	Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra
IGN	Instituto Geográfico Nacional
kW	Kilovatios
kWh	Kilovatio hora
LCOE	Levelized Cost of Energy (Costo de la energía)
LESRPE	Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial
LIC	Lugares de Importancia Comunitaria
m	Metro
MDT	Modelo Digital del Terreno
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica
MW	Megavatios
MWh	Megavatios-hora
OPEX	Gasto operativo
PNA	Aeropuerto Noain Pamplona
PNIEC	Plan Nacional Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
PPA	Power Purchase Agreement
RENA	Red de Espacios Naturales Protegidos de Navarra
RN2000	Red Natura 2000
s	Segundo
SHP	Shapefile
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIG - GIS	Sistema de Información Geográfica - Geographical Information System
SIGA	Sistema de Información Geográfica de datos Agrarios

TFM	Trabajo Fin de Máster
TIR	Tasa Interna de Retorno
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
v	Velocidad
W	Vatios
WAsP	Wind Atlas Analisys and Aplication Program
WWF	World Wildlife Fund (Fondo Mundial para la Naturaleza)
ZEC	Zonas Especiales de Conservación
ZEPA	Zonas de Especial Protección para Aves

1. OBJETIVO GENERAL Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo del presente trabajo es el de obtener resultados de la comparativa en cuanto a los aspectos ambientales, sociales, económicos y de producción de cuatro alternativas de parques eólicos.

1.1. Descripción breve del proyecto

Se diseñarán cuatro parques eólicos en dos ubicaciones diferentes, ambas ubicaciones se encuentran en la comunidad Foral de Navarra, la primera será en una zona llana y la segunda en una zona con mayor elevación.

En ambos emplazamientos se presentarán dos alternativas diferentes en cuanto a los aerogeneradores, estos serán de diferente tamaño y, por lo tanto, el número de aerogeneradores, superficie, altura de buje, etc. Serán diferentes, lo que dará lugar a la comparación técnica, ambiental, social y económica de los cuatro parques eólicos.

Se han elegido estas dos zonas con diferentes altitudes, aunque cercanas en emplazamiento, para poder comparar el impacto que tendría dos diseños similares en emplazamientos completamente diferentes.

Se han elegido dos tipos de aerogeneradores que se diferencian en tamaño, por lo tanto, lo interesante de este análisis es ver el impacto que puede tener un parque eólico en una sierra y si los posibles impactos son mayores por tener un mayor número de aerogeneradores (más pequeños en tamaño) o si el impacto real lo tiene el tamaño de los aerogeneradores (más grandes pero menor número de aerogeneradores).

Con el mismo criterio se evaluará la situación en la zona llana, analizando principalmente el impacto paisajístico que podrían generarse en ambos emplazamientos y el impacto que podría generarse frente a la fauna presente, siendo dos emplazamientos con características diferentes la fauna afectada también será diferente.

La zona llana donde se pretende ubicar los parques eólicos se encuentra en una zona con relieve que va desde los 645 hasta los 705 m.s.n.m. y la zona de sierra se encuentra entre los 750 y 850 m.s.n.m. lo que daría como resultado una diferencia entre 100 y hasta 200 metros de altitud

1.2. Justificación

A lo largo de la historia del desarrollo de proyectos de energías renovables, si bien el objetivo principal es el de obtener energías limpias que reduzcan el impacto negativo sobre el medio ambiente, se han presentado diferentes conflictos que en algunos casos ponen en duda si la realización de estos proyectos es la solución.

En primer lugar, la necesidad de ocupación de superficies muy extensas ha provocado que algunas zonas se vean despobladas a causa de la presencia de los proyectos de energías renovables, las molestias que pueden ser causadas por el ruido, la modificación del paisaje,

afección a la fauna y el uso del suelo pueden ser motivos por el cual los pobladores de estas zonas estén en desacuerdo con la implementación de nuevos proyectos.

Por un lado, la aceptación social depende en gran medida en que no afecte el turismo de la zona por la alteración del paisaje, o que sus fuentes de trabajo se vean afectadas ya que por lo general el emplazamiento de estos proyectos se encuentra en zonas alejadas de los núcleos poblacionales donde la actividad principal es la agricultura y la ganadería.

Por otro lado, la afección en sí sobre los ecosistemas, la ocupación de grandes extensiones de superficie puede ver comprometida la vegetación, los hábitats naturales de la zona y sus paisajes singulares, así como la fauna presente que podría verse alterada por la presencia de los proyectos y sus líneas de evacuación que afectan directamente a las especies voladoras.

La ocupación de espacios de reproducción, alimentación y tránsito para especies invernantes puede verse comprometida en especies altamente sensibles, lo que alteraría el sistema ecológico del lugar y daría lugar al desplazamiento de especies endémicas.

Por todo lo mencionado se ha considerado la realización de este proyecto, con el fin de identificar afecciones ambientales y sociales en emplazamientos con características diferentes y poder realizar la comparación de diferentes tamaños de proyectos en cuanto a superficie ocupada y tamaño de aerogeneradores.

1.3. Metodología

1. En primer lugar, se ha elegido la ubicación en la que se encontrarán los parques eólicos partiendo de la necesidad de encontrar una zona que presente llanura y sierra, ya que se propondrán 2 parques eólicos con dos variantes cada uno.

   El primer emplazamiento será en una llanura, denominada Zona A, para este emplazamiento se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, la primera variante denominada A.1 estará compuesta por 10 aerogeneradores del modelo VESTAS V90 3.000, con una potencia nominal de 3.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

   La segunda variante denominada A.2 estará compuesta por 5 aerogeneradores del modelo VESTAS V150-6.0, con una potencia nominal de 6.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

   El segundo emplazamiento se encontrará en una sierra, denominada Zona B, para este emplazamiento al igual que para la Zona A, se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, con las mismas características mencionadas anteriormente, por lo tanto, las variantes serán denominadas B.1 y B.2.

2. En segundo lugar, luego de consultar el Global Wind Atlas, buscando una velocidad de viento superior a 6 m/s a una altura de 100 metros, se ha definido las zonas de emplazamiento

como la Sierra del Perdón (Cizur) y las llanuras que se presentan de manera colindante, ambas zonas se encuentran en la Comunidad Foral de Navarra.

Con estos datos se realizará el diseño de los parques utilizando el programa WindPro.

3. Luego de tener ubicados ambos emplazamientos y el diseño de los 4 parques, se procederá al análisis bibliográfico de los elementos presentes en la zona, es decir, las zonas de importancia ambiental, arqueológica, caminos, núcleos poblacionales, etc. Cualquier elemento que pudiera verse afectado con la presencia de los parques eólicos, sobre todo la presencia de fauna en la zona. Para este punto se utilizará el programa QGIS.
4. Teniendo el diseño de los 4 parques y la información cartográfica, se procederá con las comparaciones técnicas, ambientales, sociales y económicas.

1.3.1. Comparación técnica

Partiendo de que cada parque estará diseñado con una potencia nominal instalada de 30MW, al contarse con 2 modelos de aerogeneradores diferentes y dos emplazamientos con diferente recurso eólico, se podrá realizar una comparativa técnica, ambiental, social y económica.

En cuanto a la comparación técnica se evaluarán los resultados de producción anual, las posibles pérdidas por estela para cada emplazamiento y el comportamiento de las curvas de potencia para cada aerogenerador.

Como se menciona en el punto anterior, se tienen dos emplazamientos diferentes, con dos variantes cada uno, esto quedaría representado en la Tabla 1:

	Llanura	**Sierra**
	Zona A	**Zona B**
VESTAS V90 3000	A.1	B.1
VESTAS V150-6.0	A.2	B.2

Tabla 1 Denominación de las variantes del proyecto.

Por lo tanto, cada parque estará diseñado de la siguiente manera:

- **A.1 (Llanura):** Parque conformado por 10 aerogeneradores con una potencia nominal de 3 MW, modelo VESTAS V90 3.000.
- **A.2 (Llanura):** Parque conformado por 5 aerogeneradores con una potencia nominal de 6 MW, modelo VESTAS V150-6.0.
- **B.1 (Sierra):** Parque conformado por 10 aerogeneradores con una potencia nominal de 3 MW, modelo VESTAS V90 3.000.
- **B.2 (Sierra):** Parque conformado por 5 aerogeneradores con una potencia nominal de 6 MW, modelo VESTAS V150-6.0.

1.3.2. Comparación Ambiental y Social

Existen diferentes factores ambientales a tomar en cuenta para la implementación de parques eólicos, los más importantes son la avifauna, los quirópteros y paisaje, por lo que el número y el tamaño de los aerogeneradores tendrá un valor importante a la hora de analizar estos factores ambientales.

Se intentará concluir si afecta negativamente al medio ambiente tener un mayor número de aerogeneradores, o si lo que es realmente importante en cuanto a afecciones es el tamaño de los aerogeneradores.

También existen otros factores que serán analizados según la cercanía a núcleos poblacionales.

El análisis de la línea eléctrica, a pesar de ser muy importantes a la hora del desarrollo de un proyecto en cuanto a afecciones, no será tomada en cuenta, ya que la intención de este trabajo es poder comparar los impactos producidos por los aerogeneradores.

En cuanto al factor social, se realizará una investigación sobre la aceptación de los parques eólicos en cada zona, los conflictos que se han presentado anteriormente y lo que podría significar la diferencia de tamaño y superficie de cada parque eólico por la afección al paisaje y al turismo de la zona.

1.3.3. Comparación económica

Para los cuatro parques diseñados, se evaluará la producción anual (MWh/año) resultado que se obtendrá del programa WindPro que servirá de base para esta comparación, ya que se calculará el flujo de caja para cada variante y los indicadores de rentabilidad económicos.

Como indicadores de rentabilidad a comparar para cada diseño se tomarán en cuenta la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN), el periodo de retorno y el costo de la energía (LCOE).

Para esto se considerará una vida útil de los parques de 25 años y los valores medios establecidos para la tarifa PPA, el gasto de capital (CAPEX) y el gasto operativo (OPEX).

2. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el Trabajo de Fin de Máster (TFM) denominado “Proyecto de implantación y comparación técnica, ambiental y económica de cuatro parques eólicos (Onshore) de 30 MW en la Comunidad Foral de Navarra”, localizado en el término municipal de Cizur.

En primer lugar, se describen las características del proyecto, ya que consta de cuatro parques eólicos en dos emplazamientos diferentes y dos variantes en cuanto al tamaño de los aerogeneradores en cada emplazamiento.

En segundo lugar, se caracteriza el emplazamiento y el recurso eólico del mismo. Se realizará la optimización de las posiciones de los aerogeneradores para obtener así la máxima producción energética en cada uno de los parques. Para ello se utilizarán los siguientes programas:

- **WindPro**: Para el diseño y la optimización del parque eólico y selección del aerogenerador a partir del recurso eólico de la zona.
- **QGIS**: Además, se realizará una breve descripción y análisis ambiental de ambos emplazamientos para poder identificar posibles impactos ambientales, para esto se utilizará el sistema de información geográfico (SIG).

Por último, una vez diseñados los parques eólicos y la descripción ambiental, se realizará un análisis comparativo de los cuatro parques eólicos en cuanto a producción energética, impactos ambientales y sociales y finalmente la comparación económica.

Uno de los principales puntos a evaluar en este trabajo son los impactos negativos que se pueden generar en el medio ambiente ya que la presencia de proyectos de esta magnitud afecta el paisaje de la zona en la que se encuentran y afectan directamente a la fauna, sobre todo a las de tipo volador que podrían verse en riesgo de colisión o electrocución.

Si bien para el tema faunístico se han tomado en cuenta a lo largo del tiempo medidas que mitiguen los impactos negativos, para el paisaje la situación es un tanto más problemática, ya que el tamaño imponente de los aerogeneradores hace que estos sean visibles en cualquier emplazamiento.

Además, la necesidad de superficies extensas puede afectar directamente a la población, ya sea por las molestias de ruido y sombra o por la ocupación de terreno y modificación de zonas turísticas.

Por lo tanto, el realizar un proyecto que presente dos tamaños de aerogeneradores diferentes con una potencia instalada similar permitirá analizar si el impacto negativo es mayor al tener un mayor número de aerogeneradores o si lo que genera mayor impacto negativos es el tamaño de las palas, como se ha presentado anteriormente, es una comparativa de parques eólicos que están formados por 10 aerogeneradores vs. 5 aerogeneradores, lo que en primera instancia podría significar que los impactos se reduzcan a la mitad, sin embargo el tamaño de los aerogeneradores varía de igual manera, lo que significa que la superficie ocupada no es directamente proporcional al número de aerogeneradores, es decir, que la superficie para el

parque con 10 aerogeneradores, no será el doble de superficie que para el parque con 5 aerogeneradores.

2.1. Normas y leyes

Ambientales:

- ***Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.***

  La cual determina que es examen de alternativas del proyecto que resulten ambientalmente más adecuadas de entre aquellas que sean técnicamente viables, y justificación de la solución adoptada

- ***Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.***

  La cual establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad española, como parte del deber de conservar y del objetivo de garantizar los derechos de las personas a un medio ambiente adecuado para su bienestar, salud y desarrollo

- ***Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.***

  La presente Directiva se refiere a la conservación de todas las especies de aves que viven normalmente en estado salvaje en el territorio europeo de los Estados miembros en los que es aplicable el Tratado. Tendrá como objetivo la protección, la administración y la regulación de dichas especies y de su explotación.

- ***Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres***.

  La presente Directiva tiene por objeto contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en el territorio europeo de los Estados miembros al que se aplica el Tratado.

- ***Directiva 79/409 del Consejo de 2 de abril de 1979 relativa a la conservación de las aves silvestres.***

  Las especies mencionadas en el Anexo I serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución.

- ***Decreto Foral 56/2019, de 8 de mayo, por el que se regula la autorización de parques eólicos en Navarra.***

  El objeto de este decreto foral:

a) Impulsar la actividad de producción de energía eléctrica a partir de la energía eólica en Navarra.

b) Regular los procedimientos de autorización de los parques eólicos y sus instalaciones de evacuación asociadas, ubicados en Navarra.

c) Coordinar los procedimientos de evaluación ambiental establecidos en la legislación vigente en dicha materia y de autorización de actividades autorizables en suelo no urbanizable regulados en la legislación vigente en materia de ordenación del territorio y urbanismo, con los procedimientos de autorización administrativa de las instalaciones señaladas en la letra b).

- ***Decreto Foral 93/2006, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de Intervención para la Protección Ambiental.***

  Tras la fase de consultas previas, el promotor deberá realizar un Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto con el contenido señalado en el artículo 49 de este decreto.

- ***Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.***

  El presente real decreto regula el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, desarrollando su contenido, estructura y funcionamiento, de acuerdo a lo establecido en el Capítulo I del Título I de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad

- ***Decreto Foral 87/2009***

  Declara los monumentos naturales de Navarra.

- ***Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. (BOE nº 46, 23 de febrero de 2011)***

- ***Decreto foral 86/1995, de 3 de abril, de declaración de las áreas de protección de la fauna silvestre incluidas en las zonas de especial protección de aves (ZEPAS).***

S crea la Red de Áreas de Protección de la Fauna Silvestre, con la finalidad de asegurar la conservación de las especies de la fauna silvestre y sus hábitats naturales, por razones biológicas, científicas o educativas.

- ***Ley Foral 14/2005, de 22 de noviembre, del Patrimonio Cultural de Navarra.***

Esta Ley Foral tiene por objeto la protección, conservación, recuperación, acrecentamiento, investigación, divulgación y transmisión a las generaciones futuras del Patrimonio Cultural de Navarra

2.2. Antecedentes

EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA

En apenas una década, la eólica aumentó su producción anual en Europa en 34,8% hasta alcanzar su máxima capacidad instalada en 2021, con un total de 17,4 GW nuevas instalaciones.

Los países que más aumentaron su poder eólico han sido, en este orden, el Reino Unido, Suecia, Alemania, Turquía y Países Bajos, según datos de la Asociación Europea de Energía Eólica (WindEurope). Durante ese año, la eólica generó 437 TWh, suficiente para cubrir el 15% de la demanda de electricidad de la Unión Europea (U.E.), de los cuales, el 12,2% provienen de la eólica marina y 2,8% de la terrestre. [1]

PARQUES EÓLICOS EN EUROPA

En 2021 la capacidad instalada total alcanzó la cifra de 235 GW, un 7,7% más que en 2020. Se consiguió así total de 207 GW procedente de parques eólicos en tierra y 28 GW de parques eólicos en el mar. Con 64 GW, Alemania sigue a la cabeza de la producción a partir de la fuerza del viento en Europa, seguida por España (28 GW), Reino Unido (27 GW), Francia (19 GW) y Suecia (12 GW).

Además, Dinamarca e Irlanda se han mantenido como los países con el mayor porcentaje de energía eólica en su mix energético, hasta llegar al 44% y al 31%, respectivamente, en sus producciones de energía anual.

En este campo la tecnología también batió un nuevo récord: el 6 de marzo de 2021 Dinamarca cubrió casi el 100% de toda su demanda eléctrica con energía eólica. Los molinos del país nórdico generaron ese día 98 GWh, el 99% de consumo energético. En 2017 se probó un aerogenerador de 9 MW de potencia capaz de producir 216.000 KWh en un solo día, suficiente para cubrir la demanda energética de 22.000 hogares durante un año.[1]

PRODUCCIÓN EÓLICA EN ESPAÑA

Con 28.139 MW de potencia acumulada, la energía eólica ha sido la primera fuente de generación eléctrica en España en 2021, superando el 23% de cobertura de la demanda. Todo apunta a que los resultados de 2022 serán similares, consolidándose como la tecnología que más electricidad genera en nuestro país. Los más de 21.500 aerogeneradores instalados en España generaron 60.485 GWh eólicos en 2021, un 10% más que en 2020.

Durante 2021 se han instalado 842.61 MW eólicos, cifra relevante, pero muy por debajo de los 2,2 GW anuales que sería necesario instalar hasta 2030 para lograr los objetivos marcados en el Plan Nacional Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), el cual persigue una reducción de un 23% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990, lo que implica un incremento de renovables y, en particular, duplicar la potencia eólica.

España es el quinto país del mundo por potencia eólica instalada, tras China, Estados Unidos, Alemania e India, y el segundo en Europa por detrás de Alemania. [2]

Comunidad Autónoma	Potencia acumulada a cierre del 2021 (MW)
Castilla y León	6.404,43
Aragón	4.435,44
Castilla la Mancha	3.954,84
Galicia	3.866,64
Andalucía	3.521,95
Navarra	1302,8
Cataluña	1271,2
C. Valenciana	1238,78
Asturias	645,45
Canarias	557,82
La Rioja	446,62
Murcia	261,96
País Vasco	153,25
Extremadura	39,38
Cantabria	35,3
Baleares	3,68

Tabla 2. Potencia acumulada por CCAA. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la AEE.

La producción eólica fue la principal fuente de generación eléctrica en España en 2021: los aerogeneradores generaron 60.600 GWh, según datos estimados de Red Eléctrica de España. La fuerza del viento en 2021 supuso el 23,3% del mix energético peninsular, lo que convierte a la eólica en la fuente de generación líder en el país por primera vez desde 2013. En comparación con el pasado ejercicio, la producción eólica se ha incrementado en un 10,5%.[1]

DESARROLLO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN NAVARRA

Navarra se caracterizó en la segunda mitad del siglo XX por una dependencia energética del exterior, con una tasa de autoabastecimiento muy baja. La región no dispone de fuentes de energía primaria, como los hidrocarburos o el carbón, y los únicos recursos energéticos autóctonos son la electricidad generada en centrales hidroeléctricas, muchas de ellas de pequeña dimensión, y la biomasa.

Por lo tanto, ante esta tendencia las autoridades regionales plantearon una serie de objetivos de política energética que permitieron fundamentalmente reducir la dependencia y vulnerabilidad del exterior, creando en el año 1985 el primer plan energético regional. En el año 1989, se instala en Navarra una Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas por medio de la cual se miden una serie de parámetros de sol y viento para cuantificar el potencial de las distintas zonas de la región y que a partir del año 1991 se pone en manifiesto el potencial eólico de la región.

En el año 1995, las autoridades regionales deciden dar un impulso decisivo a las energías renovables, mediante la puesta en marcha del Plan de Fomento de las Energías Renovables 1995-2000, en el marco del Plan Energético de Navarra 1995-2000. Dentro de las energías

renovables, se decide apostar claramente por la energía eólica, dado el potencial detectado y el hecho de que la tecnología necesaria estaba madura y era de fácil importación.

Por ello, se pone en marcha una activa campaña informativa para estimular el debate social, se realiza una investigación de mercados para conocer la opinión de los ciudadanos acerca de los parques eólicos y se consulta al Consejo Asesor del Medio Ambiente, donde estaban representados los grupos ecologistas, y a las autoridades locales.

De esta manera, Navarra se convierte en una de las primeras regiones de España en la elaboración de un plan de fomento de las energías renovables. [3]

A día de hoy, Navarra ha incrementado su generación renovable durante 2021 en un 21,9% frente a 2020, cuenta con una potencia acumulada (a cierre del 2021) de 1.302,8 MW que es la suma de 58 parques eólicos que se encuentran instalados actualmente y que se representan a continuación:

	Nombre del PE	Término Municipal	Potencia MW
1	Ablitas	Ablitas	40,00
2	Aibar	Aibar	36,84
3	Aizkibel	Galar	12,52
4	Alaiz y ampliación	Olóriz y Unzué	33,09
5	Área Experimental de Barásoain	Barásoain	15,00
6	Área Experimental de Vedadillo	Falces	9,00
7	Barasoain	Barasoain	36,30
8	Cabanillas II	Cabanillas	50,00
9	Caluengo	Peralta y Funes	49,50
10	Caparroso	Caparroso	32,25
11	Caparroso	Caparroso	1,60
12	Cavar 1	Cadreita y Valtierra	27,72
13	Cavar 2	Cadreita y Valtierra	27,72
14	Cavar 3A	Valtierra	27,72
15	Cavar 3B	Valtierra	27,72
16	Echagüe	Olóriz, Unzué y Monreal	23,95
17	El Perdón	Zariquiegui y Asträin	20,30
18	Ibargoiti	Ibargoiti, Leoz y Ezprogui	28,08
19	Izco	Lumbier, Aibar y Ezprogui	33,00
20	La Bandera	Fustiñana, Cabanillas y Bardenas Reales	30,10
21	La Bandera Ampliación	Fustiñana, Cabanillas y Bardenas Reales	1,25
22	La Calera Experimental	Enériz	4,95
23	La Campaña Experimental	Pueyo	4,95
24	La Caya (Experimental)	Olite	4,95
25	La Fraila	Olite	4,50
26	La Sorda	Tafalla y Artajona	6,60
27	Las Llanas de Codés (Aras)	Aguilar de Codés, Viana y Azuelo	33,00
28	Las Llanas de Codés I (Aguilar)	Aguilar de Codés, Viana y Azuelo	50,00

	Nombre del PE	Término Municipal	Potencia MW
29	Las Llanas de Codés II (Azuelo)	Aguilar de Codés, Azuelo, Marañón, Lapoblación y Bargota	43,20
30	Leitza/Beruete	Beruete y Leitza	19,20
31	Leoz	Leoz y San Martin de Unx	24,66
32	Lerga	Lerga	25,08
33	Lomba Experimental	Lodosa	4,95
34	Los Cerros (Unzué)	Unzué	4,50
35	Moncayuelo	Falces	48,00
36	Montes de Cierzo I	Tudela	28,70
37	Montes de Cierzo II	Tudela	30,80
38	Parque Eólico Experimental Las Balsas-Sierra de Alaiz	Monreal y Noain	11,50
39	Peña Blanca Area Experimental	Puello, Tafalla y Leoz	3,00
40	Peña Blanca I	Leoz	14,52
41	Peña Blanca II	Leoz y Tafalla	36,47
42	Salajones	Aibar y Lumbier	19,14
43	San Esteban I A	Añorbe y Tirapu	24,42
44	San Esteban I B - Egastiaga	Artajona	6,00
45	San Esteban II A - Añorbe	Biurrun-Olcoz y Unzué	11,05
46	San Esteban II B - Olcoz	Biurrun-Olcoz y Unzué	16,00
47	San Esteban II C - Caraquidoya	Biurrun-Olcoz y Unzué	15,00
48	San Gregorio	Cabanillas	15,00
49	San Martín de Unx	San Martín de Unx	24,60
50	Serralta	Cabanillas	15,00
51	Serralta Ampliación	Cabanillas	1,50
52	Sierra Selva I	Petilla de Aragón	14,85
53	Tirapu	Añorbe y Artajona	13,20
54	TRANSPORTE	Falces	49,50
55	Txutxu	Ujue	17,40
56	Uzkita	Leoz	24,65
57	Valle	Cortes	48,50
58	Villanueva	Puente la Reina y Arraiza	19,80
		TOTAL	1302,80

Tabla 3. Parques Eólicos en Navarra y su potencia instalada. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la AEE.

IMPACTO AMBIENTAL

Con anterioridad el Gobierno de Navarra por medio del director general de Medio Ambiente han formulado una declaración de impacto ambiental negativa para tres parques eólicos cuyos aerogeneradores se ubicarían en los términos municipales de Juslapeña, Odieta, Ezcabarte, Olaibar, Esteribar, Valle de Egüés, Lizoain y Erro. Una de las líneas de evacuación afectaría a los términos municipales de Olaibar, Ezcabarte, Juslapeña, Berrioplano y Orkoien, y la otra a los municipios de Esteribar, Valle de Egüés, Aranguren y Galar [4], lo que ha dado como resultado que estos parques no se llevaron a cabo.

Presentados a finales del año pasado (2021), los parques han sido analizados por el Departamento de Medio Ambiente. Y en el análisis técnico el Servicio de Biodiversidad concluye que los parques son ambientalmente inviables, incluso tras la aplicación de las medidas preventivas y correctoras contempladas en el Estudio de Impacto Ambiental presentado. El informe destaca "la alta sensibilidad ambiental del entorno", así como la presencia de fauna voladora amenazada, el alto riesgo de colisión sobre ella, el efecto barrera, la afección sobre una de las rutas migratorias atlánticas más importantes de las aves del paleártico occidental y sobre el corredor de comunicación cántabro-pirenáico, así como la posible afección sobre algunos elementos clave en los que se basa la conservación de varias Zonas de Especial Conservación del entorno. [4]

Por otra parte, la ejecución de las obras necesarias para el montaje y funcionamiento de los aerogeneradores y su infraestructura de evacuación supondría la afección a una gran superficie de vegetación natural bien conservada y de alta calidad. [4]

Es por ello por lo que realizar un correcto estudio de Evaluación de Impacto Ambiental es tan importante, ya que, a pesar de contar con medidas preventivas y correctoras, si la zona de emplazamiento cuenta con fauna sensible y amenazada o vegetación natural bien conservada, los proyectos no podrán ser realizados.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. Situación actual

3.2. Tecnología eólica onshore

La energía eólica es la energía que procede del viento. La radiación solar calienta de forma diferencial la atmósfera y provoca que la temperatura del aire sea diferente en unas zonas u otras. El aire caliente sube, lo que reduce la presión atmosférica en la superficie terrestre, y el aire frío baja para reemplazarlo. El resultado es el viento.

El aire tiene masa y, cuando está en movimiento, provoca energía cinética por efecto de las corrientes de aire que puede ser transformada en electricidad. Se trata de una fuente de energía limpia e inagotable, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero y preserva el medioambiente. [5]

La energía eólica onshore es la energía obtenida del viento por aerogeneradores ubicados en tierra y es a día de hoy la energía más madura y eficiente de todas las energías renovables. La energía eólica onshore consiste en convertir la energía que produce el movimiento de las palas de un aerogenerador impulsadas por el viento en energía eléctrica.

La energía eólica onshore es una fuente de energía renovable, no contamina, es inagotable y reduce el uso de combustibles fósiles, origen de las emisiones de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Además, la energía eólica onshore es una energía autóctona, disponible en la práctica totalidad del planeta, lo que contribuye a reducir las importaciones energéticas y a crear riqueza y empleo de forma local. [6]

FUNCIONAMIENTO

La energía eléctrica se produce en el aerogenerador. Se trata de una estructura que se sustenta sobre una cimentación de hormigón armado para garantizar su estabilidad y funcionalidad. Cuenta con un controlador que inicia y detiene la turbina según las condiciones climáticas, así como con un mecanismo que determina la dirección del viento y le permite orientarse correctamente. La torre —cuya altura depende de la orografía— va dotada de un sistema de balizamiento, con luces y colores específicos que hacen que resulte muy visible al tráfico aéreo para conseguir la máxima seguridad.

La fuerza del viento hace girar las palas del aerogenerador, que están diseñadas para captar al máximo esa energía cinética: pueden moverse incluso con vientos muy suaves, desde 3 metros sobre segundo. Las palas están unidas a la turbina a través del buje, que a su vez está conectado al eje lento, que gira a la misma velocidad de las aspas (entre 7 y 12 revoluciones por minuto). Una multiplicadora eleva esa velocidad más de 100 veces y la transfiere al eje rápido, que se mueve a más de 1.500 revoluciones por minuto. Dicha fuerza se transmite al generador (algunas tecnologías utilizan generadores de baja velocidad acoplados directamente al eje lento), donde

la energía cinética se transforma en energía eléctrica. Y de ahí pasa al convertidor, que la transforma en corriente alterna.

La energía eléctrica producida es de baja tensión, por lo que se conduce hasta un transformador que la eleva a media tensión (entre 20 y 66 kV) para que pueda ser transportada por el parque. Desde allí se traslada hasta la subestación, que convierte la energía en corriente de alto voltaje (más de 132 kV). Esta electricidad, ya apta para el consumo, se transfiere a través de la línea de evacuación (generalmente aérea) hasta las instalaciones conectadas a la red de distribución, que la lleva finalmente a los hogares. [7]

EMPLAZAMIENTO

Los parques eólicos se instalan normalmente en áreas rurales despobladas, aisladas de los núcleos de población, para evitar que el ruido moleste a los habitantes.

A la hora de elegir la ubicación de un parque eólico terrestre, hay que considerar varias cuestiones, en primer lugar que el recurso eólico sea óptimo para un parque de alta eficiencia, tiene que tomarse en cuenta variables como el potencial eléctrico, la variación espacial, temporal y vertical del viento a lo largo de los años para que el recurso eólico de la zona pueda generar una producción que justifique el emplazamiento del proyecto, además de la las condiciones geológicas y geotécnicas del emplazamiento, la viabilidad legal y territorial y la accesibilidad al lugar.

Existen herramientas y modelos meteorológicos que permiten determinar qué sitios son los más idóneos para instalar los aerogeneradores y estimar, antes de la construcción de un parque eólico, cuál será la capacidad de producción durante toda su vida útil. [7]

Una de estas herramientas es el Global Wind Atlas que es una aplicación gratuita basada en la web desarrollada para ayudar a los legisladores, planificadores e inversores a identificar áreas de vientos fuertes para la generación de energía eólica prácticamente en cualquier parte del mundo y luego realizar cálculos preliminares. [8]

En segundo lugar, hay que analizar los posibles impactos que se podrían generar en cuanto a las poblaciones cercanas y el impacto ambiental ya que uno de los objetivos de las energías renovables es el de preservar el medio ambiente a la hora de generar energía para la población y es por ello que los proyectos de energía renovable tienen que ser compatibles con el medio donde se pretenden emplazar, esto engloba la viabilidad ambiental del proyecto.

Por último, se si cuenta con emplazamiento que cuanta con los dos primeros puntos, es necesario evaluar la rentabilidad del parque, si la producción justifica la inversión y la realización del proyecto.

3.3. Aerogeneradores

Los aerogeneradores son los encargados de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Pueden verse grandes aerogeneradores agrupados en parques eólicos o generadores de pequeña potencia en zonas residenciales. [9]

En las últimas dos décadas, los avances tecnológicos han permitido incrementar el rendimiento de los aerogeneradores. En la actualidad, existe una gran variedad de modelos que permite adaptarse a las condiciones específicas de cada emplazamiento y aprovechar al máximo el viento. Los nuevos diseños proporcionan potencias cada vez mayores y presentan diámetros de rotor más amplios. Además, se han introducido mejoras en la estructura y en el control de los aerogeneradores.

3.3.1. Elementos de un aerogenerador

Un aerogenerador es una máquina conformada por diferentes elementos que hacen posible la transformación de energía cinética a energía eléctrica, para que esto suceda es necesario elevar a una gran altura todos los mecanismos, para poder aprovechar el recurso eólico sin obstáculos y que se encuentre a una altura en la que la velocidad de viento sea mayor.

Una turbina eólica consta de cinco partes principales y muchas partes menores. Los componentes principales son los cimientos, la torre, el rotor y el buje (que incluye tres palas), la góndola y el generador. [10]

En la Figura 1 se muestra un esquema de las partes de un aerogenerador y luego la descripción de las partes más importantes:

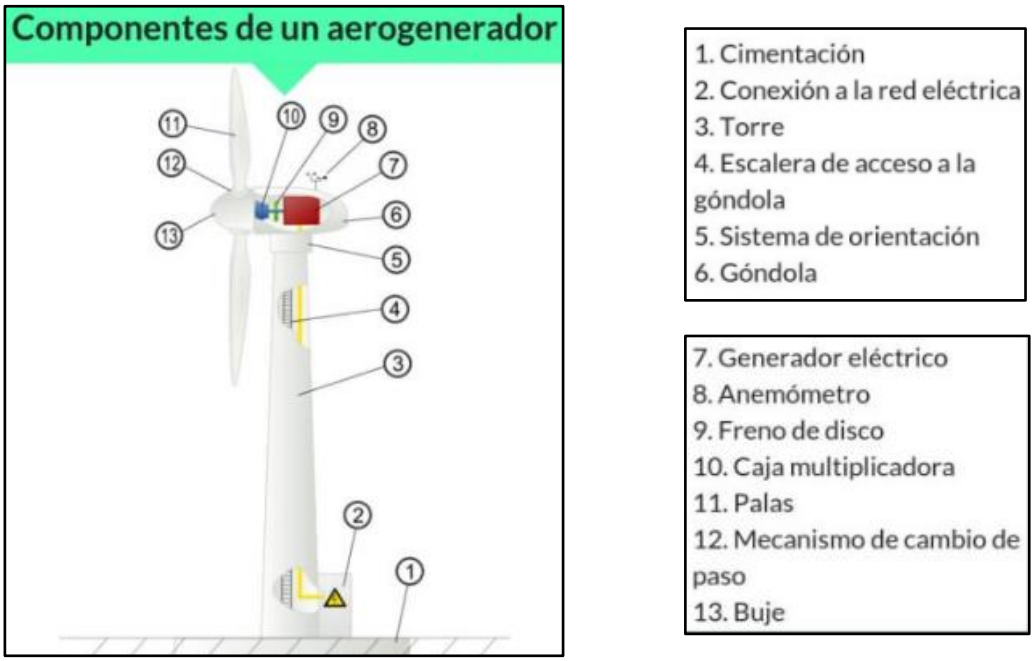


Figura 1. Componentes de un aerogenerador. Fuente: A. Ecológica.

- **CIMENTACIÓN**

La cimentación queda oculta a la vista, pero es esencial para garantizar la integridad del molino. La fuerza que experimenta la base cimentada es muy alta, ya que el viento ejerce un empuje muy intenso a alturas elevadas.

Es el primer paso para instalar el aerogenerador y se utilizan más de 200 toneladas de hormigón para garantizar su estabilidad. [9]

- **TORRE DE ENERGÍA EÓLICA**

Las torres de la mayoría de las turbinas modernas están hechas de tubos de acero redondos. Una regla general para una torre de turbina es que tenga la misma altura que el diámetro del círculo que hacen sus palas al girar. En general, cuanto más alta es la turbina, más susceptible es a los vientos de alta velocidad. Porque cuanto más lejos estamos del suelo, más fuerte es el viento (el viento no tiene la misma velocidad a diferentes alturas). [10].

Cada vez son de mayor tamaño y su función es elevar la góndola y las palas hasta la altura necesaria en función del viento y de la potencia.

– Sistema de orientación

En la base de la góndola se sitúa el sistema de orientación. Son un conjunto de motores que se encargan de orientar toda la góndola en el sentido opuesto al viento. Gracias a la veleta que está junto al anemómetro puede determinar con exactitud en ángulo de orientación.

– Escalera de acceso a góndola

Para poder garantizar las labores de mantenimiento es necesaria una escalera para acceder a la góndola. Algunos aerogeneradores modernos incorporan ya ascensor, pero lo normal es que se tenga que subir por la escalera que hay en el interior de la torre.

– Transformador

El transformador se encarga de cambiar el voltaje de salida del generador eléctrico a un voltaje adecuado para poder transportar la electricidad hasta la red eléctrica. [9]

- **GÓNDOLA DEL AÉROGENERADOR**

La góndola alberga todos los componentes que deben estar en lo alto de la turbina.

La góndola de un aerogenerador es un complejo sistema electromecánico con bastantes componentes que funcionan con precisión. Las partes más importantes de la turbina son el generador y el eje de la turbina que transfiere la energía cosechada del viento al generador a través de una caja de engranajes. La caja de engranajes es una parte esencial de la turbina eólica; está en el teleférico.

Como la turbina debe seguir el viento y ajustar su dirección según la dirección del viento, su rotor debe girar con respecto a la torre. Este giro se denomina movimiento de guiñada, en el que la góndola y el rotor giran alrededor del eje de la torre. [10]

– Caja multiplicadora

El generador eléctrico necesita un régimen de giro superior al que proporciona el giro de las palas. Pero eso se establece una caja multiplicadora que aumentará las revoluciones por minuto a un valor óptimo para la generación eléctrica por parte del generador.

Lo habitual es que buscar 1500 rpm para obtener una frecuencia de 50 Hz. Si se optase por velocidades menores habría que aumentar el número de pares de polos del generador, pero esto es más costoso.

– Freno de disco

Es el encargado de frenar la rotación de las palas en caso de que sea necesario. Por ejemplo, cuando se experimentan fuertes rachas de viento, es recomendable detener el aerogenerador para garantizar su seguridad.

– Generador eléctrico

Es el encargado de transformar la energía mecánica rotacional del eje en electricidad. Los motores eléctricos de los ascensores o coches eléctricos utilizan la electricidad para hacer girar un eje, mientras que un generador hace el trabajo inverso.

- Veleta

Mide la dirección del viento. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para girar al aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

– Anemómetro

Se encuentra encima de la góndola y mide la velocidad. Para un funcionamiento óptimo el aerogenerador tiene que situarse contra el viento. Si incidiese se forma ligeramente inclinada tendría un peor rendimiento y generaría peligrosas cargas para el molino.[9]

Otros anemómetros como el Lidar pueden medir las tres componentes de velocidad (velocidad del viento, turbulencia y densidad del aire) y por lo tanto medir indirectamente la dirección y sentido del viento.

- **ROTOR Y BUJE DEL AEROGENERADOR**

El rotor es la parte giratoria de la turbina; consta de tres palas y una parte central que conecta las palas, el buje.

Aunque es lo más común, una turbina no tiene necesariamente tres palas. Pero el rotor de tres palas tiene ventajas, como una eficiencia óptima. Las palas no son fuertes; son huecas y están hechas de un material compuesto que es a la vez ligero y fuerte. La tendencia es hacerlas más grandes (para obtener más potencia), más ligeras y robustas. Para la aerodinámica, las palas tienen forma de perfil (como las alas de un avión). Además, no son planas y tienen un giro entre la raíz y la punta. La pala puede girar hasta 90° alrededor de su eje. Este movimiento se denomina cabeceo. [10]

El buje es la pieza encargada de unir las palas al aerogenerador y está a su vez unido al eje que transite el giro a la caja multiplicadora. Gracias a él y a las palas se pasa de la energía cinética del viento a energía mecánica por rotación del eje. Su peso puede superar las 30 toneladas.

Dentro del buje está el mecanismo de cambio de paso. Es el encargado de girar la orientación de cada una de las palas para que ofrezcan mayor o menor resistencia al viento. [9]

- **PALAS**

Son una especie de aspas como las de los molinos, que capturan el viento y transmiten su potencia hasta donde se encuentra el buje. En la actualidad, estas palas pueden alcanzar hasta 60 metros de largo y tienen un diseño parecido al que tienen las alas de un avión.[11]

La mayoría de las palas se fabrican con poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio. También se utiliza fibra de carbono o aramidas (Kevlar) como material de refuerzo. Hoy en día se investiga la posibilidad de usar compuestos de madera, como madera-epoxy o madera-fibra-epoxy. [12]

3.4. Torre de medición meteorológica

Se entiende como torre de medición a una estructura metaliza vertical con varios sensores de variables meteorológicas cuyos valores son procesados y almacenados de manera autónoma por un sistema de adquisición de datos. La finalidad de la instalación es obtener a la salida un fichero de datos, en función de la configuración de la torre, el cual permite conocer la energía eólica disponible en una zona, cuando este sea analizado con un software especifico como WindPro, WAsP, entre otros.

Estructura: su función es la de permitir instalar todos los componentes de la torre en la disposición deseada de manera estable, segura y que interfiera lo mínimo posible en instalaciones y los soportes para los sensores de velocidad y dirección de viento.

Instrumentación: es el bloque más importante del sistema, su función es la de medir variables meteorológicas, procesarlas, almacenarlas y transmitirlas a distancia. Está formado por varios sensores de velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad y presión atmosférica, conectados mediante cableado a un sistema de adquisición de datos programable el cual a la vez está conectado a un módulo de telemetría.

Alimentación: este bloque es el encargado de suministrar energía al sistema de instrumentación para que este sea completamente autónomo. Está formado por un generador, una batería y un regulador de carga.

Protecciones: su función es la de impedir daños hacia la torre o desde la toree, este bloque está formado por un pararrayos para evitar daños a la instalación, protecciones contra sobretensiones para evitar daños al sistema de balizamiento nocturno para evitar colisiones con la estructura.[13]

3.5. Situación Ambiental.

3.5.1. Principales impactos negativos

A la hora de evaluar los impactos de un proyecto, es necesario clasificarlos por fases, ya que las actividades en cada fase varían mucho. En este sentido, los impactos para proyectos de este tipo se dividen en fase de construcción o ejecución, fase de explotación y fase de clausura o desmantelamiento.

Se presenta a continuación las principales actividades en cada fase y los posibles impactos negativos que podrían generarse:

A. Fase de construcción

En la fase de construcción el primer elemento a considerar es el movimiento de maquinarias para la adecuación del terreo, transporte de material de construcción, etc. Y la realización de obras civiles, lo que da como resultado:

- **Emisiones atmosféricas**: debido a las emisiones de partículas de polvo o de humo, son impactos temporales y reducidas, se presentan en la zona de construcción y viales de acceso, tomando medidas preventivas, no tendría que significar una molesta para poblaciones cercanas.
- **Impacto al medio hídrico:** las emisiones de partículas y polvo podrían verse arrastradas hasta cuerpos de agua superficiales y en el caso de vertidos de sustancias peligrosas y dependiendo de la zona, el curso natural de estos cuerpos de agua podría verse interrumpido. Estos son impactos que, tomando medidas preventivas, podrían evitarse.
- **Erosión del suelo:** Principalmente, la preparación del suelo para accesos, zanjas y zonas de acopio, pueden generar compactación del suelo y en algunos casos eliminación de la cobertura vegetal (por despeje y desbroce de la zona), al igual que con los otros impactos, existen medidas preventivas y en este caso, medidas correctoras, como la revegetación una vez terminada esta fase. Además, una de las principales medidas preventivas, es el análisis previo del suelo, que el proyecto no se encuentre localizado en zonas inestables o con pendientes muy altas.
- **Ocupación del hábitat:** Al igual que para la erosión del suelo, los impactos son similares y causados por las mismas actividades y elementos (zanjas, caminos de acceso, zonas de acopio, etc), en este caso hay que tomar en cuenta que al finalizar las obras de construcción, los elementos del parque que quedan presentes, representan menos del 1% del parque en general (base de los aerogeneradores, caminos, superficie de cimentación), lo que significa que el 99% restante del suelo puede ser recuperado con medidas preventivas y correctoras.
- **Impacto sobre la vegetación:** Intrínsecamente relacionado con la ocupación de suelo, el impacto sobre la vegetación tendrá mayor gravedad dependiendo de la presencia de especies endémicas y protegidas, para las cuales, si se hace un estudio previo y se

consideran zonas de restricción, el impacto sobre la vegetación podría disminuir, además de la revegetación como medida correctora.

- **Impacto sobre la fauna**: Las actividades de construcción ocasionan el desplazamiento e incluso la eliminación de la fauna previamente existente, concretamente la zona de nidificación de la avifauna que para especies como las rapaces que son altamente sensibles, se produce el abandono de nidos.
- **Afección a la salud ambiental y calidad de vida:** El tráfico excesivo de vehículos y maquinaria puede ocasionar molestias en las poblaciones más cercanas, sin embargo, es una afección que tendrá un tiempo determinado y que, finalizada la fase de obra, no tendrá la misma magnitud.
- **Afección al patrimonio:** para evitar esta afección, se realiza un estudio previo de arqueología, por lo que un impacto al patrimonio sería resultado de una inadecuada ubicación de las instalaciones y una mala gestión en las obras de ejecución del proyecto.

B. Fase de explotación.

En esta fase, el principal elemento de afección es la presencia del parque como tal, es decir la presencia de los aerogeneradores, y lo que estos puedan ocasionar una vez se encuentren en funcionamiento:

- **Impacto paisajístico:** El ojo humano puede distinguir figuras claramente (hasta) a unos 5 km de distancia, por lo que la incidencia visual a 5 km se considera alta, a 10 km corresponde con una incidencia media y a 15 kilómetros una incidencia baja. En el caso del impacto visual que generan los aerogeneradores, la precepción paisajística se estima como una variable subjetiva (lo que, desde el punto de vista estético, es molesto para unos puede ser agradable para otros). Tomando en cuenta el gran tamaño de los aerogeneradores, es claro que estos serán visibles a pesar de los obstáculos visuales como la vegetación, la orografía del terreno e infraestructura presente en la zona es por ello que es necesario evaluar tres aspectos, en primer lugar la **presencia del parque**, que a mayor número de aerogeneradores, mayor será la superficie ocupada por el parque, en segundo lugar, la **ubicación del parque,** la orografía de la zona y los obstáculos naturales podrían significar una disminución del impacto visual si los parques se encuentran en zonas llanas, sin embargo, en zonas montañosas los parque se encuentran al descubierto por lo que son matizados con mayor dificultad.

  Otro punto importante, es el **número de aerogeneradores,** ya que la agudeza visual de un observador disminuye conforme aumenta la distancia; pero, por otro lado, también se hace obvio que la perspectiva se incrementa conforme nos alejamos del punto observado, esto es, el número de aerogeneradores teóricamente visibles aumenta con la distancia. [14]
- **Efecto sombra:** La sombra que proyectan las elevadas estructuras de una central eólico-eléctrica es motivo de afección para las poblaciones cercanas, ya que las palas del rotor cortan la luz solar de manera intermitente cuando éste se encuentra en movimiento, generando un parpadeo molesto conocido como "shadow flicker°, o sombra titilante. Este

impacto visual puede ocasionar ataques en personas epilépticas, aunque son poco probables.

Además, dicho efecto se ve atenuado manteniendo las tasas de rotación a un nivel menor a 50 r.p.m. en aerogeneradores de tres aspas. Y más allá de 1.000 metros de distancia desde el rotor del aerogenerador no habrá sombra, es decir, no parecerá que esté interceptando la luz, sino que la turbina se verá como un objeto con el sol tras de sí, siendo innecesario considerar este impacto a tales distancias. [14]

- **Ruido**: El nivel de ruido disminuye de forma exponencial con la distancia a la fuente sonora. Así, puede generalizarse que, a una distancia de 200 metros de un aerogenerador, el nivel de sonido será un cuarto del que es a 100 metros. Por ello, a distancias superiores a 300 metros, el nivel de ruido teórico máximo de los aerogeneradores de alta calidad estará generalmente por debajo de los 45 dB(A) al aire libre. [14]
- **Impacto sobre la fauna:** La existencia y funcionamiento de los aerogeneradores y los tendidos eléctricos son los principales problemas para la avifauna, elementos que no afectan directamente a los mamíferos, reptiles y roedores que habiten en la zona.

  La presencia de los aerogeneradores puede generar situaciones de estrés y desorientación en las aves, es por ello por lo que algunas especies de aves migratorias desvían su trayecto cuando existe un parque presente, por otro lado, las zonas de nidificación se ven abandonadas por especies altamente sensibles, y especialmente para las especies rapaces y planeadoras existe un mayor índice de colisión con las aspas de los aerogeneradores.

C. Fase de desmantelamiento.

En esta fase, la actividad es similar a la fase de construcción, por lo tanto, los posibles impactos se consideran los mismos.

3.5.2. Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de proyectos de parques eólicos.

Partiendo de la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de **evaluación ambiental,** la cual determina que es necesaria la realización de un examen de alternativas del proyecto que resulten ambientalmente más adecuadas de entre aquellas que sean técnicamente viables, y justificación de la solución adoptada, existen diferentes criterios que tienen que ser tomados en cuenta para descartar las alternativas que no sean viables. [15]

A continuación, se redactan los puntos y contenido que debería tener un EsIA (Estudio de Impacto Ambiental):

- **Objeto y descripción del proyecto:** En primer lugar, se tiene que presentar una descripción del proyecto, ubicación, relación con otros proyectos y con la planificación sectorial, para

evaluar si existen posibles impactos acumulativos o sinérgicos, además del desarrollo de las actividades por fases (construcción, explotación y desmantelamiento).

- **Consideración y análisis de alternativas. Justificación de la alternativa seleccionada:** En este apartado tienen que presentarse al menos 3 alternativas de implantación, para las cuales se hace un estudio de inventario ambiental y posibles impactos negativos para cada emplazamiento, luego de este análisis y con los resultados obtenidos se justifica la selección de la alternativa que será puesta en marcha.
- **Inventario ambiental:** Se realiza el análisis y evaluación de las tres alternativas, en cuanto a los elementos presentes en cada emplazamiento. Se analizan factores como el suelo, agua, climatología de la zona, vegetación hábitats de interés comunitario, flora, fauna, ENP y áreas protegidas, población, usos de suelo, bienes materiales y patrimonio cultural, y paisaje. Las alternativas, al encontrarse en diferentes emplazamientos, tendrán presencia similar de los elementos mencionados, sin embargo, tendrán diferencia que serán importante a la hora de seleccionar una alternativa. La alternativa seleccionada deberá ser aquella que presente menor impacto a los elementos y que cumpla con las restricciones necesarias, por ejemplo, no encontrarse dentro de Red Natura 2000 o la ausencia de elementos arqueológicos en la zona.
- **Identificación y valoración de impactos ambientales significativos:** en este apartado se realiza la evaluación del punto anterior, una vez ubicados los emplazamientos para las tres alternativas, se procede con el análisis de la repercusión que podría tener la presencia del proyecto en los tres emplazamientos, de esta manera, utilizando la matriz de evaluación, se obtiene una puntuación por cada alternativa y se define cual ocasionaría un menor impacto.
- **Medidas preventivas, correctoras y compensatorias:** luego de la identificación de impactos, en este apartado se proponen las medidas necesarias para evitar, reducir y compensar los impactos que pudieran ocasionarse, por lo tanto, las medidas van direccionadas a todos los elementos mencionados anteriormente en el inventario ambiental y en cada una de las fases del proyecto.
- **Programa de vigilancia y seguimiento ambiental:** Con las medidas preventivas, correctoras y compensatorias definidas, se realiza un programa de vigilancia ambiental, en el cual se describe el personal que lo realizará, la metodología del seguimiento y su duración. De igual manera, este programa de vigilancia y seguimiento va dirigido a todos los elementos ambientales mencionados anteriormente.
- **Tratamiento de los impactos ambientales derivados de la vulnerabilidad del proyecto frente a accidentes graves o catástrofes:** para un correcto desarrollo de este apartado, en primer lugar, es necesario conocer todos los elementos que constituyen el proyecto, aquellos que puedan contener sustancias peligrosas o inflamables o que, en caso de una catástrofe, pudieran incrementar el peligro. Es necesario comentar que, para las sustancias peligrosas o inflamables, se necesita tener medidas preventivas para evitar los derrames y

contaminación de suelos, aguas, etc. En segundo lugar, es necesario conocer la climatología y el terreno, para identificar la posibilidad de catástrofes naturales como tormentas, terremotos, incendios de origen natural, fuertes vientos, entre otros.

La combinación de una posible catástrofe o un accidente grave con los elementos del proyecto, podrían magnificar los impactos negativos, es por ellos que se realiza la evaluación y la toma de medidas necesarias para evitar la ocurrencia de accidentes o en caso de catástrofes, evitar aumentar la magnitud de los daños.

- **Evaluación de repercusiones sobre espacios Red Natura 2000:** Previamente, en el inventario ambiental se evalúa la cercanía a estos espacios, si fuera el caso y el proyecto se encuentra dentro o muy cercano de un espacio RN2000, se procede al análisis del espacio en concreto, la caracterización de la flora y la fauna presente y los elementos claves que son objeto de protección y las posibles afecciones que pudieran ocurrir con la presencia del proyecto. Se plantearán medidas preventivas, correctoras y compensatorias, pero como principal medida preventiva, será la de ubicar el proyecto lo más alejado posible de un espacio Red Natura 2000.
- **Resumen no técnico**: Se realiza el resumen con las conclusiones de los puntos anteriores para facilitar la comprensión durante el proceso de participación pública.
- **Referencias bibliográficas y normativa ambiental:** Listado con normativa comunitaria, nacional y autonómica utilizada en la elaboración del estudio, además del listado de la bibliografía y fuentes de información utilizadas.
- **Anexos:** principalmente la cartografía del proyecto, que incluya cada alternativa, otros proyectos existentes, elementos del medio ambiente (inventario ambiental), medidas preventivas, correctoras y compensatorias reflejadas en el territorio. Además, otros estudios que sean necesarios, como el Análisis de impacto paisajístico, Vulnerabilidad, estudios arqueológicos, estudios de campo para fauna y flora, y si fuera necesario un estudio específico de las repercusiones sobre Red Natura 2000.

4. ANÁLISIS PREVIO, DATOS DE PARTIDA.

4.1. Emplazamiento

Como se ha mencionado anteriormente, en este proyecto se presentan dos emplazamientos diferentes para los cuales se han establecido dos áreas de estudio, en la Figura 2 se muestra estas áreas de estudio y los elementos importantes de la zona; carreteras, caminos, núcleos poblacionales y el punto de estimación del recurso eólico:

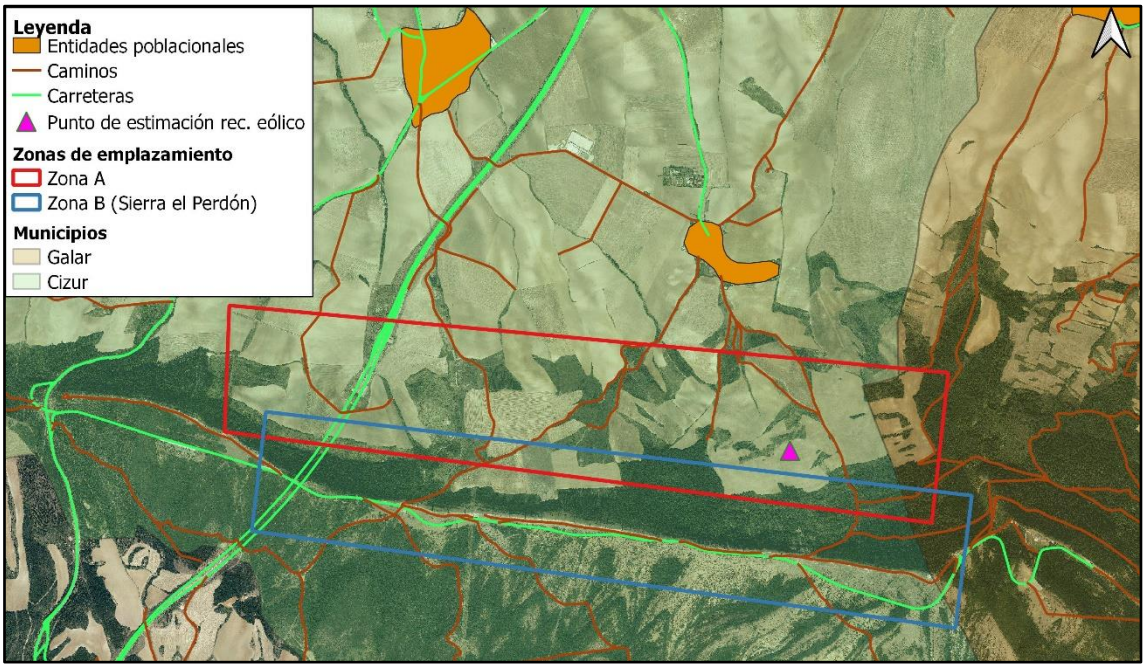


Figura 2. Zona A y B para posible emplazamiento de los parques eólicos. Fuente: Elaboración propia. QGIS.

A. ZONA A (Llanura)

El emplazamiento de la Zona A se encuentra en Cizur, Comunidad Foral de Navarra, al norte de la Sierra del Perdón (zona roja en la Figura 2) y presenta altitudes que van desde los 550 hasta los 800 m.s.n.m. aproximadamente. El núcleo poblacional más cercano es Zariquiegui y se encuentra a poco más de 380 metros del límite norte de la zona roja, también está presente el núcleo poblacional Astráin, a poco más de 1km de distancia hacia el norte.

Además, en la Zona A se presentan diferentes carreteras y caminos, los cuales servirán como vías de acceso al parque eólico.

B. ZONA B (Sierra)

El emplazamiento de la Zona B se representa en color azul y está ubicado en la Sierra del Perdón, donde las altitudes de la sierra varían entre 750 y 1.020 m.s.n.m.

Al igual que la Zona A, los núcleos poblacionales más cercanos son Zariquiegui y Astráin, a 970 y 1.600 metros respectivamente.

Igualmente, esta zona presenta diferentes carreteras y caminos que servirán como vías de acceso al parque eólico.

Esta sierra corresponde geológicamente a la frontera norte de la depresión del Ebro, aunque frecuentemente se incluye entre las sierras exteriores de la montaña o Prepirineo. Está constituida por sedimentos continentales detríticos oligo-miocénicos, a diferencia de las del Prepirineo que están constituidas por sedimentos marinos del cretácico superior o del eoceno. Están presentes los conglomerados. [16]

Partiendo de la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de **evaluación ambiental,** la cual determina que es necesaria la realización de un examen de alternativas del proyecto que resulten ambientalmente más adecuadas de entre aquellas que sean técnicamente viables, y justificación de la solución adoptada, existen diferentes criterios que tienen que ser tomados en cuenta para descartar las alternativas que no sean viables. [15]

Como el objeto de este documento es analizar la relación del tamaño de los parques eólicos y sus aerogeneradores en función de las características de los emplazamientos, no se realizará un análisis de alternativas para descartarlas y plantear un único parque eólico, si no, presentar las conclusiones de las comparaciones de los cuatro proyectos.

Sin embargo, se han tomado en cuenta los elementos comparativos para la realización de la valoración de las restricciones y aspectos que se explican a grandes rasgos a continuación y que luego serán descritos con mayor precisión en el apartado **Evaluación impacto**

4.1.1. Espacios naturales

El objetivo del diseño de proyectos de este tipo, como la eólica, partiendo de la base de que la potenciación de energías renovables debe abordarse consecuentemente con las premisas ambientales por las cuales se está impulsando su desarrollo, la preservación del medio ambiente con generación de energía limpia, es necesario considerar estrictamente los valores ambientales que pueden estar presentes en el lugar de un posible emplazamiento, donde se garantice la compatibilidad entre la producción energética, la conservación de los valores naturales y paisajísticos del entorno y las necesidades sociales y económicas de la zona.

- **Parques Naturales**: El parque natural más cercano al área de estudio es el parque “Sierras de Urbasa y Andía” que se encuentra al noroeste más de 17,5 km de distancia. No se verá afectado por el proyecto.
- **Reserva Natural:** De igual manera, la reserva natural más cercana al área de estudio es el “Sierras de Urbasa y Andía”, al noroeste a más de 17,5 km de distancia. No se verá afectado por el proyecto.

- **Red Natura 2000:** a más de 17 km y al noroeste del área de estudio se encuentra la ZEC "Urbasa y Andia", por la distancia al área de estudio, tampoco se vería afectado por ninguno de los proyectos, también se encuentra la ZEPA "Peña de Etxauri" que se encuentra a menos de 8 km al noroeste del área de estudio, no se vería afectado por el proyecto.

4.1.2. Estudios de monumentos naturales y elemento de patrimonio

- **Monumentos naturales:** Los monumentos naturales son elementos de singular valor paisajístico, geológico y/o histórico, desde un árbol centenario hasta un bosque o una cueva, cuya conservación aconseja un tipo de protección especial. Hay 47 monumentos naturales en Navarra, de los cuales ninguno se encuentra en el área de estudio.
- **Patrimonio cultural:** Desde la Zona A hacia el noreste se encuentra a 2,7 km el Despoblado de Guenduláin considerado tipo Recinto medieval, lo que significa una distancia de 3,3 km para la Zona B, por otro lado, desde ambas zonas hacia el noreste y a 6 km se encuentra la Necrópolis medieval San Esteban considerado tipo Necrópolis (cementerio), además, dentro de ambas zonas, se encuentra el famoso Camino de Santiago en el cual se encuentra el Monumento al Peregrino.
- **Bienes de Interés Cultural (BIC):** En cuanto a los bienes de interés cultural, estos se encuentran alejados de las zonas de ambos emplazamientos, los más cercanos son el Palacio Cabo de Armería de Guenduláin que se encuentra a 2 km al noreste de la Zona A y el Acueducto que se encuentra al noreste de ambas zonas, a 6,7 km aproximadamente.

4.2. Recurso eólico

4.2.1. Campaña de medida de viento

Con la ubicación de ambas zonas establecida, se han consultado las estaciones meteorológicas de la zona, siendo la más cercana la del aeropuerto de Pamplona y se han solicitado los datos del recurso eólico a la AEMET, sin embargo, esta estación se encuentra a más de 8km de distancia del área de estudio y los datos proporcionados tienen una altura de medición a 10 m. de altura, por lo que esta estación meteorológica y sus datos de recurso eólico han sido descartados.

Al no contar con estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio se ha ubicado el proyecto en el programa WindPro y se han consultado las estaciones de mediciones y estimaciones del recurso eólico cercanas a la zona (datos en línea con licencia del programa) y según el emplazamiento de este proyecto el punto más cercano de estimaciones meteorológicas corresponde al punto denominad "EMD-WRF Europe (ERA5)" (WindPro).

Según la información del WindPro: “El modelo a escala meso se ejecuta internamente a una resolución espacial de 3x3 km con una resolución temporal horaria. Los datos de ERA5 de ECMWF se han utilizado como el conjunto de datos de límites globales. El conjunto de datos cubre la mayor parte de Europa.”

El ECMWF es el Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos a Medio Plazo, un instituto de investigación y servicios operativos las 24 horas del día, los 7 días de la semana, que produce predicciones meteorológicas globales y otros datos para los Estados miembros y Estados cooperantes de la comunidad en general. El Centro tiene una de las instalaciones de supercomputadoras y archivos de datos meteorológicos más grandes del mundo.[17]

En la Tabla 4 se presenta la ubicación del punto de estimación y los datos utilizados para las medidas en el emplazamiento. Las estimaciones han sido realizadas a diferentes alturas siendo las más relevantes a una altura de 75 y 100 metros, por ser similares a las alturas de buje seleccionadas, dato que se explicará en el punto **5.2 Dimensionamiento con el WindPro.**

Nombre	Ubicación	Coord. X	Coord. Y	Periodo de medida utilizado		Altura de medición (m)	Velocidad media (m/)
EMD-WRF Europe (ERA5)”	Cizur, Navarra	604960	4732520	1/1/2021	1/1/2022	75,0 100,0	7,20 7,57

Tabla 4. Datos del punto de estimación de datos meteorológicos.

En la Figura 2 se muestra la ubicación del punto de medición en relación con las zonas del proyecto.

4.2.2. Periodo de referencia

Para la elección del periodo de referencia, se ha considerado un año completo de estimaciones que comprenden desde el 01-01-2021 hasta el 01-01-2022.

Si se hubieran utilizado los datos proporcionados por la AEMET, habría sido necesario revisar los datos y filtrar aquellos considerados anómalos, aquellos que presentaran una misma dirección por periodos elevados posiblemente debido a un enclavamiento de veleta por hielo o suciedad, también la ausencia de datos de velocidad y dirección por alguna falla en la medición de la veleta y el anemómetro.

Ya que se han utilizado datos de estimaciones, este filtrado no ha sido necesario por lo que la disponibilidad de datos es del 100% y la velocidad media es de 7,20 m/s a una altura de 75 m, y 7,57 m/s a una altura de 100 metros.

4.3. Análisis del periodo de referencia

Tras verificar la calidad de los datos estimados, se ha realizado un análisis de dicho periodo y se ha realizado mediante la utilización del programa WindPro la extrapolación de los datos a alturas de 80m para el modelo Vestas V90 y 105m para el modelo Vestas V150, de esta manera los

datos estarán ajustarlos a la altura de buje de los aerogeneradores (descripción de los aerogeneradores en el punto **5.2 Dimensionamiento con el WindPro**).

A continuación, se presentan los datos para ambas alturas:

Torre Meteo - Filtrado; Altura: 80,0

Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,49	8,58	3,849	48,0
1 NNE	4,06	3,63	1,705	4,1
2 ENE	3,09	2,73	2,079	1,6
3 E	2,59	2,31	1,643	1,3
4 ESE	3,31	3,01	1,416	1,8
5 SSE	9,41	8,34	2,049	11,6
6 S	7,25	6,43	1,977	11,9
7 SSO	4,97	4,43	1,780	3,8
8 OSO	7,92	7,02	2,389	3,7
9 O	8,52	7,56	2,422	2,9
10 ONO	5,62	5,06	1,531	2,0
11 NNO	8,60	7,67	2,957	7,3
Todo	8,39	7,44	2,328	100,0

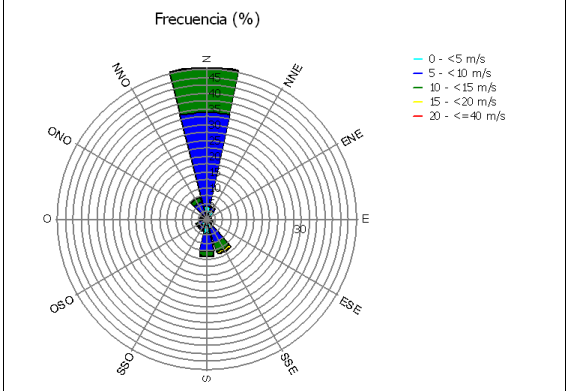


Figura 3 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Altura 80m. WindPro.

Torre Meteo - Filtrado; Altura: 105,0

Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,82	8,88	3,857	48,0
1 NNE	4,19	3,74	1,706	4,1
2 ENE	3,16	2,80	2,041	1,6
3 E	2,80	2,49	1,711	1,3
4 ESE	3,43	3,12	1,410	1,8
5 SSE	10,15	8,99	2,062	11,6
6 S	7,57	6,71	1,961	11,9
7 SSO	5,18	4,61	1,752	3,8
8 OSO	8,27	7,33	2,367	3,7
9 O	8,97	7,94	2,332	2,9
10 ONO	6,01	5,41	1,546	2,0
11 NNO	8,93	7,96	2,902	7,3
Todo	8,76	7,76	2,312	100,0

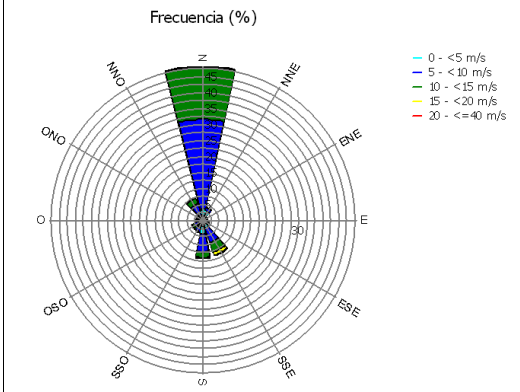


Figura 4 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Altura 105m. WindPro.

Con estos datos ajustados a la altura de buje, se tiene que, para una altura de 80 metros, la velocidad media es de 7,44 m/s y para una altura de 105 metros la velocidad media es de 7,76 m/s.

En cuanto a la rosa de vientos, se ve una clara predominancia de la dirección del viento hacia el norte, dato importante a la hora de ubicar los aerogeneradores para evitar pérdidas por estelas.

5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

En los siguientes puntos se cuenta el desarrollo que se ha seguido para la selección del emplazamiento y la posición de los aerogeneradores para cada parque.

Es necesario comentar, que las configuraciones presentadas han sido el resultado de prueba y error de otros modelos y emplazamientos.

En un principio se consideró que la potencia nominal instalada sea de 28 MW y que se contaría con un diseño de 14 aerogeneradores (2MW de potencia cada uno) para las variantes A.1 y B.1 y para las variantes A.2 y B.2 el diseño estaría compuesto por 5 aerogeneradores de 5,6MW. Debido al gran número de aerogeneradores necesarios para el modelo de 2MW, ubicar los 14 aerogeneradores sobre la sierra implicaba una cercanía poco conveniente al corredor ecológico presente en la zona (dato que se explicará en el punto **6.3. Entorno ambiental**), eso implicaría una mayor posibilidad de impacto a la fauna terrestre, por lo tanto, se ha considerado cambiar de modelo a uno con mayor potencia y de esta manera disminuir el número de aerogeneradores.

Por otro lado, se consideró que el emplazamiento para la Zona A, estuviera ubicado al este de la Sierra del Perdón ya que aparentemente en esta zona se contaba con un mayor recurso eólico, sin embargo, al posicionar los aerogeneradores contando con los tres diámetros de separación las perdidas por estela no disminuían de un 18% y a pesar de haber intentado diferentes configuraciones de posición de aerogeneradores este dato no disminuía, por lo tanto, este emplazamiento ha sido descartado y posteriormente se ha definido que la Zona A se encuentre al norte de la Sierra del Perdón.

5.1. Recurso renovable

El Atlas eólico Mundial es una aplicación gratuita basada en la web desarrollada para ayudar a los legisladores, planificadores e inversores a identificar áreas de vientos fuertes para la generación de energía eólica prácticamente en cualquier parte del mundo y luego realizar cálculos preliminares. [8]

Para analizar los emplazamientos donde se pretende implantar los parques eólicos, se ha consultado el Global Wind Atlas, del cual se ha obtenido la información de la velocidad de viento media a una altura de 100 metros para ambos emplazamientos:

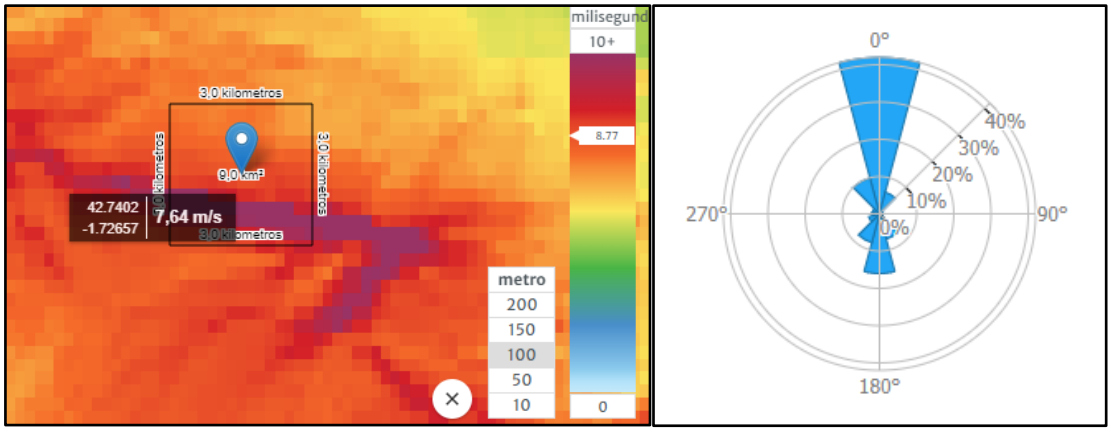


Figura 5. Recurso eólico de la Zona A de implantación. Fuente: Global Wind Atlas.

Para la Zona A, la velocidad media del viento según el Global Wind Atlas a una altura de 100 metros, es de 7,64 m/s aproximadamente, y una predominancia en la dirección del viento hacia el norte.

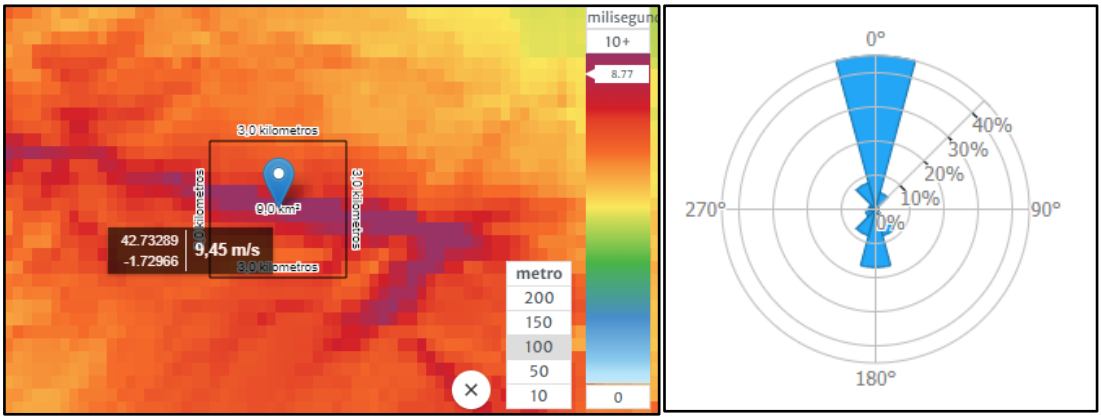


Figura 6. Recurso eólico de la Zona B de implantación. Fuente: Global Wind Atlas.

Para la Zona B, la velocidad media del viento es de 9,45 m/s aproximadamente, y la dirección de viento predominante es hacia el norte.

5.2. Dimensionamiento con el WindPro

Como **ANEXO 1** a este documento, se adjunta el procedimiento detallado del análisis y diseño del layout para las variantes de este proyecto, utilizando el WindPro, y se describe a continuación, el procedimiento a grandes rasgos:

En primer lugar, se ha elegido la zona en la que se encontrarán los parques eólicos partiendo de la necesidad de encontrar una zona que presente llanura y sierra, ya que se propondrán dos emplazamientos con dos variantes cada uno.

El primer emplazamiento será en una llanura, denominada Zona A. Para este emplazamiento se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, la primera variante denominada A.1 estará compuesta por 10 aerogeneradores del modelo VESTAS V90

3.000, con una potencia nominal de 3.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

La segunda variante denominada A.2 estará compuesta por 5 aerogeneradores del modelo VESTAS V150-6.0, con una potencia nominal de 6.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

El segundo emplazamiento se encontrará en una sierra, denominada Zona B, para este emplazamiento al igual que para la Zona A, se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, con las mismas características mencionadas anteriormente, por lo tanto, las variantes serán denominadas B.1 y B.2.

En segundo lugar, luego de consultar el Global Wind Atlas, buscando una velocidad de viento superior a 6 m/s a una altura de 100 metros, se ha definido las zonas de emplazamiento como la Sierra del Perdón (Cizur) y las llanuras que se presentan al norte de manera colindante, ambas zonas se encuentran en la Comunidad Foral de Navarra.

Datos de los aerogeneradores seleccionados:

Nombre	Potencia nominal (kW)	Velocidad de viento (m/s)	Velocidad del viento de corte (m/s)	Diámetro (m)	Área de barrido (m²)	W/m²	Altura de buje predef. (m)
VESTAS V150-6.0 6000 150.0	6.000	3.0	25.0	150	17.671,45	339,5	105,0
VESTAS V90 3000 90.0	3.000	4.0	25.0	90	6.361,72	471,6	80,0

Tabla 5 Datos de los aerogeneradores seleccionados.

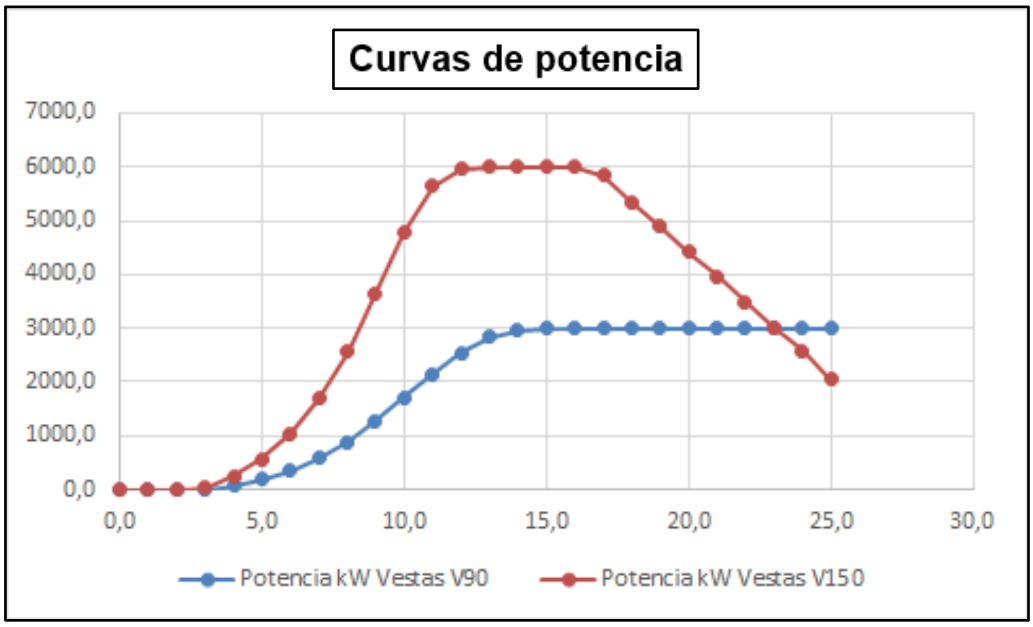


Figura 7 Curvas de potencia para los modelos Vestas V90 y Vestas V150.

Al ver las curvas de potencia para cada máquina, se puede apreciar como el modelo V150 llega a una potencia nominal a 12m/s y que esta subida comienza a partir de los 3m/s y de manera

pronunciada. La potencia nominal se consigue en los rangos de velocidad 12-16m/s y a partir de los 17m/s la potencia comienza a descender, a diferencia del modelo V90 que arranca a los 4m/s con una subida más lenta y que llega a su potencia nominal a los 15m/s manteniéndose hasta los 25m/s, la velocidad de viento de corte.

Sin conocer el resultado de la generación de los parques, estos datos ya nos indican que el modelo V150 se adapta mejor a velocidades más bajas, ya que, hasta 12m/s, la producción de la V150 está más cerca de su potencia nominal que la V90 de la suya. Por otra parte, a partir de los 17m/s la potencia del V150 comienza a disminuir hasta los 25m/s que es la velocidad de viento de corte.

La denominación de los parques eólicos y sus variantes se muestran en la **Tabla 1 Denominación de las variantes del proyecto.**

Teniendo las coordenadas de ambos emplazamientos, se ha procedido a la utilización del programa WindPro, y en primer lugar se ha realizado el desarrollo del parque eólico A.1, luego la variante A.2 y finalmente las dos variantes de la Zona B, siguiendo los siguientes pasos:

- **Generar estructura de capas** para mantener un orden de la información generada, para esta estructura de capas se han considerado las siguientes:
  - **Capa 1:** Para el centro del emplazamiento
  - **Curvas de nivel:** Mapa de las curvas de nivel
  - **Rugosidad:** Mapa de rugosidad.
  - **Torre Meteo**.
  - **Torre Meteo** - Filtrado: Meteo con datos anómalos filtrados.
  - **Site Data:** Capa donde se posicionan los demás elementos (Statgen, Resgen, WAsp)
  - Layout 30MW
  - **Layout A.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque A.1 (Llanura, AG 3.0 MW).
  - **Layout A.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW:** Parque A.2 (Llanura AG 6.0 MW).
  - **Layout B.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque B.1 (Sierra AG 3.0 MW).
  - **Layout B.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW:** Parque B.2 (Sierra AG 6.0 MW).

- **"Añadir mapa",** para las imágenes de fondo y mapas de Elevación, Rugosidad, RedNatura2000, etc.

- **"Insertar objeto de línea",** Para las curvas de nivel (Height contour lines) que se encontraran guardadas en la estructura de capas "Curvas de nivel" y para la rugosidad (Roughness lines) que se encontraran guardadas en la estructura de capas "rugosidad".

- **"Meteo Object":** para seleccionar el emplazamiento de la torre de medición que dará los datos del recurso eólico, este objeto estará guardado en la capa "torre Meteo", que luego de realizar el filtrado, quitando los datos anómalos, estará guardado dentro de la capa "Torre

Meteo filtrado" y luego la extrapolación de los datos a las diferentes alturas de buje (80m y 105m).

- **"Site data", Generar Site Data para la generación de estadísticas de viento:** Dentro de esta carpeta se guardarán los cálculos realizados para la generación de estadísticas de viento STATGEN, WAsP y RESGEN, que dará como resultado el mallado del recurso eólico para una mejor visualización del recurso eólico y posteriormente la optimización de las posiciones de los aerogeneradores.
- **Insertar AG nuevo:** dentro de esta carpeta estarán ubicados los layouts de las 4 variantes de los parques eólicos, cada uno en sus carpetas respectivas:
    - **Layout A.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque A.1 (Llanura, AG 3.0 MW).
    - **Layout A.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW:** Parque A.2 (Llanura AG 6.0 MW).
    - **Layout B.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque B.1 (Sierra AG 3.0 MW).
    - **Layout B.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW:** Parque B.2 (Sierra AG 6.0 MW).

Para cada uno de los parques, se han generado informes que se adjuntan como **anexos del 2 al 5**, al igual que para el Resource resgen y el Statgen estadísticas de viento a alturas de 80m y 150 m que corresponden con los **anexos del 6 al 9**.

5.2.1. Mallado del recurso eólico.

Como resultado de los cálculos realizados, se presenta a continuación el mallado del recurso eólico, el cual representa las zonas con mayor y menor recurso permitiendo visualizar los lugares donde será optimo el posicionamiento de los parques:

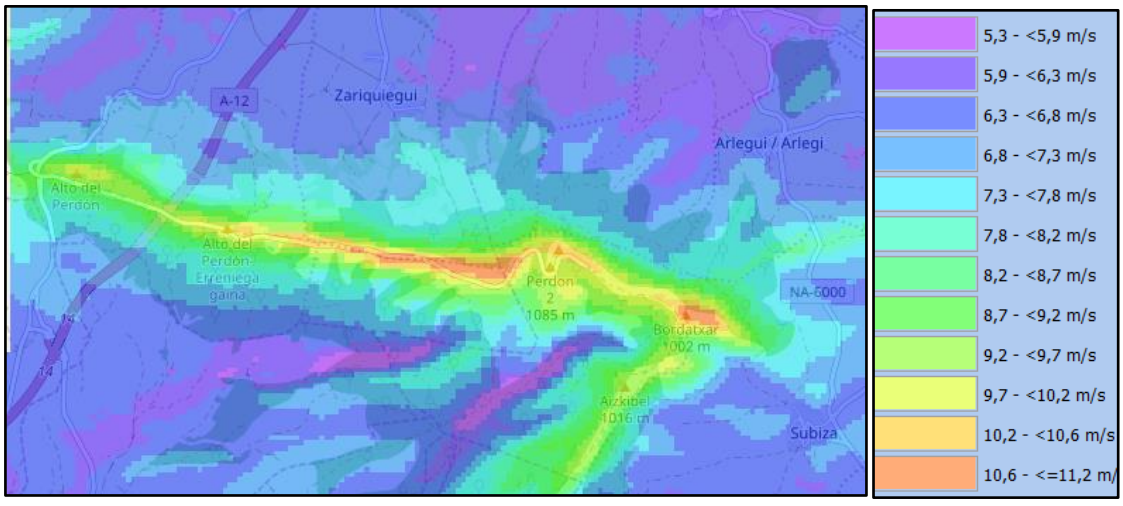


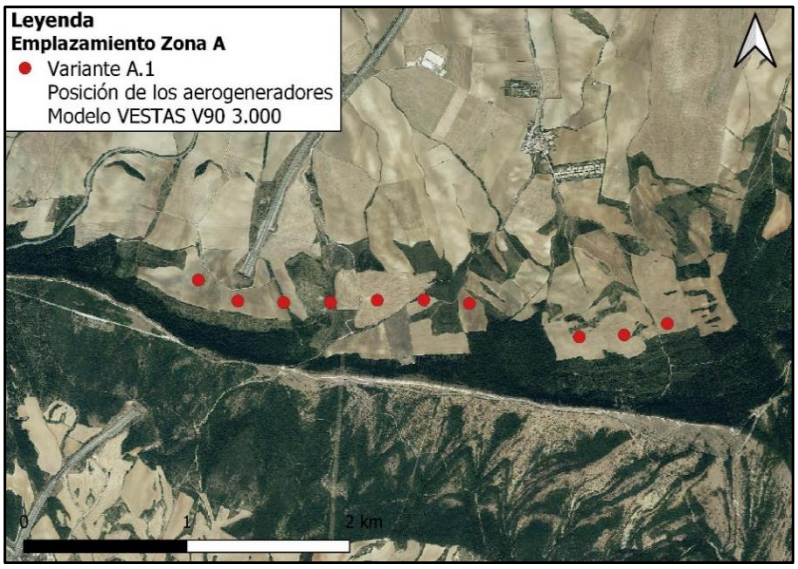
Figura 8 Mallado del recurso eólico y leyenda.

5.2.2. Posicionamiento de los parques.

Tomando en cuenta el mallado del recurso eólico, los modelos de aerogeneradores seleccionados para cada variante y el diámetro de cada uno de ellos, se ha diseñado el layout de cada parque, de la siguiente manera:

- **Variante A.1:**

Los aerogeneradores representados en la Figura 9 están ordenados de manera que el AG1 es el primer aerogenerador ubicado al oeste y de manera consecutiva hasta el último aerogenerador al este que corresponde con el AG10.



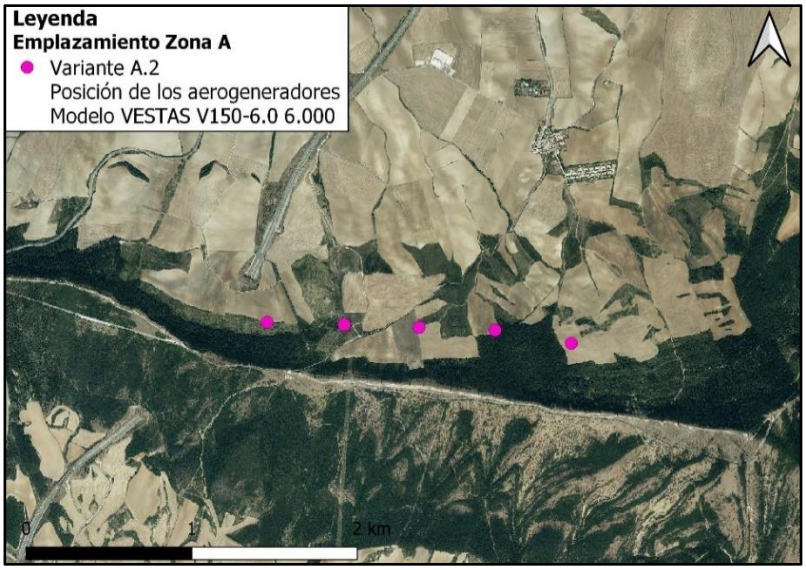
AGs	X	Y
1	602416	4732779
2	602659	4732650
3	602940	4732641
4	603228	4732642
5	603514	4732655
6	603800	4732658
7	604080	4732635
8	604754	4732430
9	605030	4732442
10	605295	4732512

Figura 9. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante A.1. Fuente: Elaboración propia. QGIS.

Los 10 aerogeneradores han sido ubicados en la zona baja al norte de la sierra con una distancia de separación de 3 diámetros para evitar pérdidas por estelas, las cuales no superan 1,8%. Se han considerado los caminos y carreteras presentes, además de los núcleos poblacionales más cercanos a la zona de implantación, este análisis se presentará en los siguientes apartados.

- **Variante A.2:**

Los aerogeneradores representados en la Figura 10 están ordenados de manera que el AG1 es el primer aerogenerador ubicado al oeste y de manera consecutiva hasta el último aerogenerador al este que corresponde con el AG5.



AGs	X	Y
1	602801	4732541
2	603267	4732525
3	603719	4732509
4	604178	4732493
5	604638	4732414

Figura 10. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante A.2. Fuente: Elaboración propia. QGIS

Al igual que la variante A.1, los aerogeneradores han sido ubicados en la zona baja de la sierra a una distancia de 3 diámetros, en este caso las perdidas por estela no superan el 1,2%.

- **Variante B.1:**

Los aerogeneradores representados en la Figura 11 están ordenados de manera que el AG1 es el primer aerogenerador ubicado al oeste y de manera consecutiva hasta el último aerogenerador al este que corresponde con el AG10.



AGs	X	Y
1	602692	4732291
2	602960	4732243
3	603226	4732178
4	603499	4732165
5	603769	4732142
6	604042	4732110
7	604312	4732075
8	604577	4732019
9	604849	4731998
10	605119	4731947

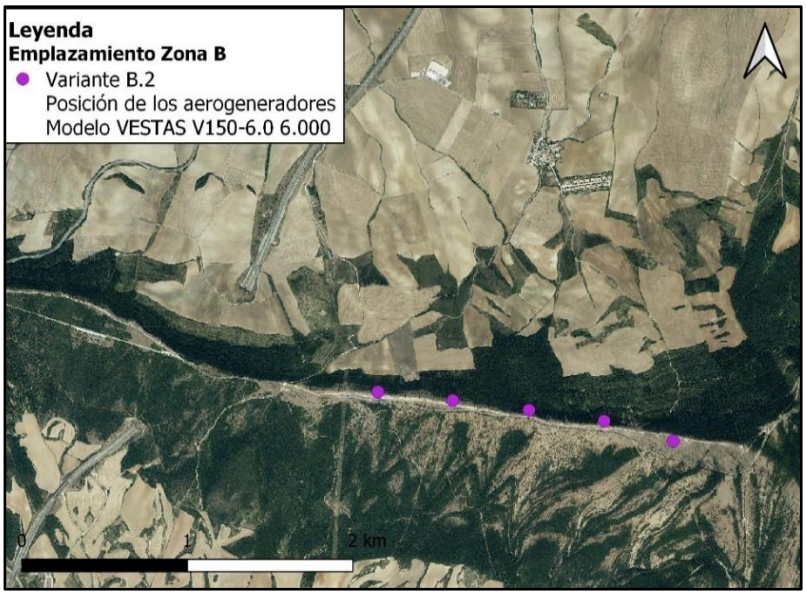
Figura 11. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante B.1. Fuente: Elaboración propia. QGIS.

Los aerogeneradores han sido ubicados sobre la sierra del Perdón, a 3 diámetros de distancia y con unas pérdidas por estelas menores a 1%, para este emplazamiento se ha tenido en cuenta

un corredor ecológico que se encuentra al lado oeste del emplazamiento, esto se describirá de igual manera en el siguiente apartado.

- **Variante B.2:**

Los aerogeneradores representados en la Figura 12 están ordenados de manera que el AG1 es el primer aerogenerador ubicado al oeste y de manera consecutiva hasta el último aerogenerador al este que corresponde con el AG5.



AGs	X	Y
1	603497	4732192
2	603949	4732141
3	604409	4732083
4	604862	4732018
5	605280	4731896

Figura 12. Posición y coordenadas de los aerogeneradores variante B.2. Fuente: Elaboración propia. QGIS.

Las perdidas por estela en esta variante tampoco superan el 1%, y la ubicación ha sido definida tratando de alejarse del corredor de fauna existente en la zona oeste de la sierra.

5.3. Entorno ambiental

Del Alcance de Estudio de Impacto ambiental de proyectos de parques eólicos terrestres [18] se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones en cuanto a elementos naturales, arqueológicos y de población:

Elemento afectado	Procurar evitar alternativas:	Restricción a:
Ambiental Esp. Naturales.	de parques eólicos en espacios pertenecientes a la Red Natura 2000 y en su inmediato entorno (1-5 km para ZECs/LICs con quirópteros y 2-10 km para ZEPAs), y en espacios naturales protegidos de cualquier tipo y áreas protegidas por instrumentos internacionales y sus respectivas zonas periféricas de protección.	< 10km
	Espacios naturales protegidos y áreas protegidas por instrumentos internacionales, según la Ley 42/2007 y la normativa autonómica concordante, que tengan coincidencia espacial con el proyecto o se encuentren próximos (a menos de 10 km) y puedan resultar afectados.	< 10 km
Corredores ecológicos (fauna)	de parques y de tendidos aéreos sobre elementos de infraestructura verde formalmente reconocidos por su valor para la migración o el movimiento de las aves o quirópteros (corredores ecológicos entre espacios Natura 2000, zonas de concentración de flujos migratorios o zonas vitales para la movilidad de especies clave), así como sobre otros elementos del paisaje que siempre tienen función de conectividad para aves o quirópteros	0 < inmediato entorno
BIC y Patrimonio	en Bienes de Interés Cultural, espacios de la Lista del Patrimonio Mundial o figuras de importancia equivalente, así como en sus respectivos perímetros de protección.	perímetro de protección :200m
Social	que provoquen un gran rechazo de la población local y sus instituciones.	
	se encuentren a menos de 2 km de núcleos habitados, áreas con usos sensibles (residencial, sanitario, docente o cultural) o viviendas.	< 2km
	realización del ruido en situación de explotación en el parque, subestación y sus respectivos entornos (2 km y 500 m respectivamente). Considerar los diferentes regímenes habituales y excepcionales de viento / explotación mediante software de simulación para obtener las correspondientes curvas isófonas.	0,5 - 2 km
	En viviendas, zonas habitadas o granjas próximas a las vías de transporte y zonas de operación de la maquinaria (500 m): predicción del nivel sonoro y de la concentración de contaminantes (en especial partículas PM10 y PM2). Inmisión generada. Temporalidad del impacto.	500 m
Paisaje	de parques, tendidos o subestación dentro o en el entorno de paisajes naturales o culturales protegidos, de áreas con objetivos de calidad paisajística incompatibles con la presencia de los parques, o de áreas englobadas en catálogos de paisajes singulares o sobresalientes	Dentro del entorno
	Estudio del paisaje en todo el ámbito del proyecto, extendido 10 km.	< 10 km

Tabla 6. Consideraciones y restricciones ambientales y sociales. Fuente: Elaboración propia en base al Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de proyectos de parques eólicos terréstres

Por lo tanto, para el reconocimiento de los elementos ambientales de la zona, se ha utilizado el programa QGIS (Sistema de Información Geográfica) y como fuentes de información la Base Topográfica Nacional (BTN) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) [19] y los Shapefiles (SHP)

de la plataforma web IDENA (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra) [20], además se ha consultado también la información del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). [21]

Además, considerando las distancias de máximas y mínimas en las que se supone existiría afección por parte del proyecto, se ha realizado este análisis dentro de un buffer de 10km que consiste en realizar una envolvente alrededor de los 4 parques eólicos con ese diámetro, se adjunta como **ANEXO 10** el mapa con los elementos presentes en un radio de 10km y las descripciones gráficas de las distancias mencionadas en la **Tabla 6.**

Estas consideraciones serán tomadas en cuenta también para el punto **6.4 Entorno social.**

Como elementos ambientales para ser estudiados, se han tomado en cuenta los siguientes:

5.3.1. Espacios naturales

- **Red Natura 2000 (RN2000):**

La Natura 2000 es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitat y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) designadas en virtud de la Directiva Aves.

Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea.

Esta red de espacios naturales está integrada por dos tipos de espacios: las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y los lugares de Importancia Comunitaria (LIC). Una vez que se aprueban las medidas de gestión de los LIC, pasan a declararse Zonas Especiales de Conservación (ZEC). [22]

Actualmente la RN2000 en Navarra constituye un 27% del territorio, lo que significa 281.000 hectáreas con más de 40 espacios naturales de importante valor ecológico, dentro de esta superficie, se encuentran 17 ZEPAs y 42 ZECs.

Por lo tanto, el primer paso en la búsqueda de emplazamientos es encontrar zonas en las que sean compatibles la producción energética, la conservación de los valores naturales y paisajísticos del entorno y las necesidades socioeconómicas de la zona, por lo que se realizó un estudio previo de la zona de ambos emplazamientos del cual se obtuvo la siguiente información:

A más de 17 km y al noroeste del área de estudio se encuentra la ZEC “Urbasa y Andia” y la ZEPA “Peña de Etxauri” que se encuentra a menos de 8 km al noroeste del área de estudio, por lo tanto, debido a la distancia a la que se encuentran ambas ZEC y ZEPA, sus elementos no se verían afectados por la presencia de ninguno de los proyectos objeto de este estudio.

Si bien la ZEPA se encuentra a una distancia menor a los 10km mencionados en la Tabla 6, la vegetación en esta zona no se vería afectada ya que no se realizaría ninguna actividad en las

cercanías de la ZEPA, por lo tanto, las zonas de reproducción y hábitats para la fauna tampoco se verían afectadas.

- **Red de Espacios Naturales Protegidos de Navarra (RENA)**:

En Navarra existen principalmente dos redes de espacios naturales que se superponen y complementan: La Red de Espacios Naturales Protegidos de Navarra (RENA) y Natura 2000, red creada por la Unión Europea para la conservación de la diversidad biológica. La primera ocupa aproximadamente el 8% del territorio de la Comunidad Foral, y la segunda el 25%.

La RENA está formada por Reservas Integrales, Reservas Naturales, Enclaves Naturales, Áreas Naturales Recreativas, Monumentos Naturales, Paisajes Protegidos y Parques Naturales.

Se han declarado dentro de Navarra, 3 Parques Naturales Protegidos, el Parque Natural Señorío de Bertiz tiene una superficie de 2.040 ha y está situado en el término municipal de Bertizarana, en el norte de Navarra, las Sierras de Urbasa y Andia (20.950 ha de Parque Natural) se configuran como un espacio natural dotado de un amplio conjunto de valores geológicos, biológicos, ecológicos, estéticos, paisajísticos, arqueológicos y socioculturales. Están situadas al oeste de Navarra, en una posición intermedia entre la llamada Navarra Húmeda del Noroeste y la Navarra Media Occidental o Tierra Estella y el parque Bardenas Reales (40.000 ha de Parque Natural) constituyen un extenso territorio del sudeste de Navarra. [23]

Al conocer la ubicación de estos 3 parques naturales protegidos, y como parte del análisis preliminar para la selección de emplazamientos, se ha identificado que el parque más cercano al área de estudio es el parque “Sierras de Urbasa y Andía” que se encuentra al noroeste a más de 17 km de distancia, por lo tanto, no se vería afectado por ninguno de los proyectos.

5.3.2. Flora y fauna

- **Áreas de Protección de la fauna silvestre (APFS):**

Son espacios que tienen por finalidad asegurar la conservación de las especies de la fauna silvestre y sus hábitats naturales, por razones biológicas, científicas o educativas. Se han establecido según el Decreto Foral 86/1995, de 3 de abril, de declaración de las áreas de protección de la fauna silvestre incluidas en las zonas de especial protección de aves (ZEPAS) [24].

Además de considerar las ZEPAs como parte del estudio de Red Natura, en este apartado se hace hincapié en la necesidad del cuidado y protección de las especies silvestres y de sus territorios y se han identificado dentro de Navarra 14 Áreas de Protección de la fauna silvestre:

Código APFS	APFS	Superficie (ha.)
APFS-1	Iparla	267,58
APFS-10	Ateas de Izal	58,13
APFS-2	Arrolandieta	232,47
APFS-3	**Peña de Izaga**	**313,16**
APFS-4	Mendibeltza	157,79
APFS-5	Rala	314,45
APFS-6	Baigura	621,34
APFS-7	Illarga	154,52
APFS-8	Larraun	80,84
APFS-9	Peña Bezea	171,71
APFS-10	Ateas de Izal	58,13
APFS-11	Arrigorria	54,16
APFS-12	Bazabala	172,17
APFS-13	Arabarko	121,65
APFS-14	Peña de Etxauri	69,92

Tabla 7. Áreas de Especial Protección Silvestre en Navarra. Fuente: Elaboración propia.

Siendo el APFS más cercano a los emplazamientos es el “Peña de Etxauri”.

El roquedo de Etxauri se sitúa al oeste de Pamplona en los términos municipales de Etxauri y Ciriza. Se trata de una pequeña sierra caliza orientada al sur y situada entre las regiones biogeográficas mediterránea y eurosiberiana.

La zona está incluida en el ámbito de aplicación del Plan de Recuperación del Águila Perdicera. Avifauna rupícola, destacando la colonia de buitres leonados y la presencia en cría de águila de Bonelii, catalogada en Navarra como especie "en peligro de extinción". También presentes otras especies como el alimoche común, el halcón peregrino. Otras especies del Anexo I de la Directiva 2009/147/CE chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax),* roquero solitario (*Monticola solitarius),* curruca rabilarga (*Sylvia undata*). [25]

A pesar de ser la APFS más cercana al área de estudio, esta se encuentra a una distancia de 7,3 de la Zona A y a 7,9 km de la Zona B, por lo tanto, no se vería afectada por ninguno de los proyectos y las especies habitantes tampoco se verían afectadas ya que no se realizará ninguna actividad dentro ni en el entorno inmediato.

- **Zonas de protección de aves esteparias:**

Dentro de las APFS también están presente las zonas de protección de aves esteparias, de estas zonas se han identificado 22 espacios que se han categorizado según su importancia, por la

superficie que pudiera tener cada zona, se han dividido por categoría, es por ello por lo que algunas presentan hasta 3 tipos diferentes de categoría, se presentan en el siguiente cuadro:

	ÁREA	CATEGORIA
1	Aeródromo	Muy alta
2	Agua Salada - Montes del Cierzo - Plana Santa Ana	Alta - Media
3	Altarrasa	Alta
4	Baigorrana - Usón	Muy alta
5	Bardenas Reales (El Plano, La Blanca, La Negra)	Bardenas Reales
6	Caluengo - La Castellana	Media
7	Cascajo	Media
8	Corralizas particulares de Tudela	Media
9	Eguaras - Peñarroya	Alta
10	El Saso (Carcastillo)	Alta
11	**Entorno de Baigorri Norte**	**Alta**
12	Entorno de Baigorri Sur	Alta
13	Entorno de Riomayor	Media
14	Entorno del Pulguer	Alta - Media
15	Estepas cerealistas de la Merindad de Olite	Muy alta - Alta - Media
16	Monte Alto	Alta
17	Monte de Cabanillas	Alta
18	Monte de Fustiñana	Alta
19	Ombatillo (Morterete)	Alta
20	Peñadil - Montecillo - Monterrey	Muy alta
21	Santa Cruz - Lampara	Muy alta
22	Zabaleta - La Mesa	Media

Tabla 8. Zonas de Conservación de Aves Esteparias. Fuente: Elaboración propia. IDENA.

Sin embargo, todas ellas se encuentran ubicadas muy al sur del área de estudio, la zona más cercana a los emplazamientos es el “Entorno de Baigorri Norte”, que se encuentra a más de 19 km de distancia (al suroeste), por lo que no se realizará ningún análisis de afección debido a la gran distancia a la que se encuentra.

- **Important Bird Areas (IBAS):**

Las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBA) son aquellas zonas en las que se encuentran presentes regularmente una parte significativa de la población de una o varias especies de aves consideradas prioritarias por la BirdLife. [26]

En España, SEO/BirdLife ha identificado 469 IBA desde 1985. El inventario de IBA, además de haber sido la base de la mayor red de espacios protegidos de España, tiene una gran difusión entre las administraciones ya que está reconocido como instrumento de trabajo de la Comisión

Europea y de la mayoría de las administraciones y empresas consultoras lo utilizan en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. [27]

La IBA más cercana al área de estudio es la 423 “Sierras De Lokiz, Urbasa Y Andía”, que se encuentra a más de 7 km de distancia al oeste y cuyas especies de mayor conservación son el alimoche común y el buitre leonado, dos especies que no se encuentran dentro de la cuadrícula 10x10 del ministerio del Inventario Español de Especies Terrestres (la cual se explica en el siguiente punto) y que por lo tanto no se verían afectadas por los emplazamientos de este proyecto.

- **Inventario Español de Especies Terrestres:**

Si bien es necesario estudiar toda la fauna que pudiera verse afectada con un proyecto de este tipo, para los proyectos de parques eólicos es necesario hacer un mayor esfuerzo en cuanto al análisis de las especies de aves y quirópteros, debido al impacto que los aerogeneradores puedan tener sobre estas especies.

Se han consultado las Cuadriculas 10x10, de biodiversidad del Inventario Español de Especies Terrestres que recoge la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y flora terrestre española. [28]

La cuadrícula que corresponde al área de estudio es la 30TXN03, por lo que se ha procedido a la consulta del inventario y de la cual se ha obtenido un resultado de 97 aves y 6 quirópteros.

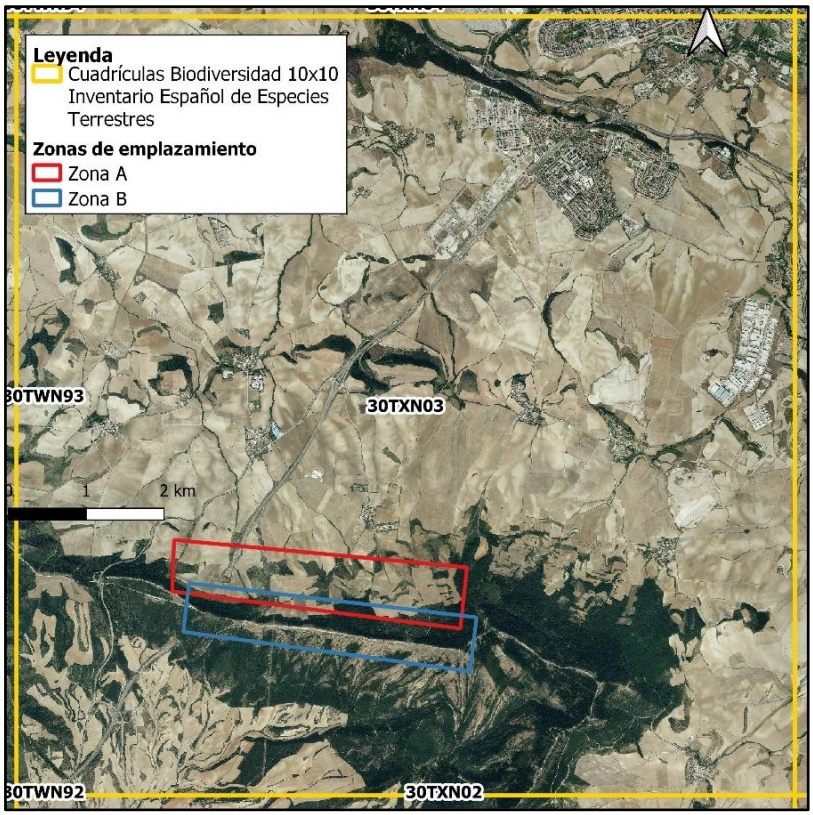


Figura 13. Cuadrícula 30TXN03 y emplazamientos. Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de estas 103 especies, se ha evaluado el estado de conservación de cada una de ellas, con el fin de identificar las especies más vulnerables, además se estudiará la altura de vuelo de cada una de ellas para ver la relación con los aerogeneradores y que será desarrollado con mayor detalle en el apartado **Evaluación impacto** .

El listado completo estará adjunto como **Anexo 11** y en este apartado se presentarán los resultados sobre el estado de conservación de las especies presentes.

Para obtener esta información, se ha consultado el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE), el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEA), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la página oficial de la Sociedad Española de Ornitología (SEO), que es la ONG de conservación de la naturaleza más antigua de España. [29]

De las 103 especies, según su estado de conservación se tiene la siguiente información:

Estado de conservación	Número de especies
En peligro de extinción	1
Vulnerable	5
Casi amenazado	1
LESRPE (Protección Especial)	40
Preocupación menor	26

Tabla 9. Estado de conservación y número de especies. Fuente: Elaboración propia.

- **Corredores ecológicos.**

Los corredores ecológicos o también llamados autopistas salvajes son las vías de comunicación que tiene la naturaleza.

En las últimas décadas, en España han proliferado las infraestructuras lineales construidas por los sucesivos gobiernos sobre un mapa en blanco y sin tener en cuenta su impacto en nuestra biodiversidad: autovías, autopistas y trenes de alta velocidad que han partido y fragmentado la naturaleza aislando a las especies y alterando, en muchos casos de forma grave, los procesos naturales. Según estimaciones científicas, la construcción de infraestructuras ha provocado un descenso del 50% en el número de mamíferos salvajes en España. Por otro lado, la expansión de la agricultura intensiva ha creado desiertos de fauna y vegetación natural, en los que los animales no tienen refugios. El 27% de nuestro territorio está protegido, pero no existe una adecuada conectividad entre estos espacios.

En España, se tienen buenas condiciones para tener un territorio conectado: los espacios naturales protegidos ocupan casi la tercera parte del territorio (espacios Red Natura 2000 ocupan el 27% del territorio), pero gran parte de ellos están aislados entre sí por la proliferación de infraestructuras como carreteras, o por factores como la deforestación o la agricultura intensiva. criar o resguardarse. [30]

Es a esta unión entre espacios protegidos y trayectos que tiene la fauna para desplazarse de manera natural y que con el tiempo se han visto entorpecidas por la infraestructura antrópica.

Es por ello por lo que se ha consultado la cartografía disponible por la WWF [31] en cuanto a corredores ecológicos y que a continuación se presenta la relación con los emplazamientos de este proyecto:

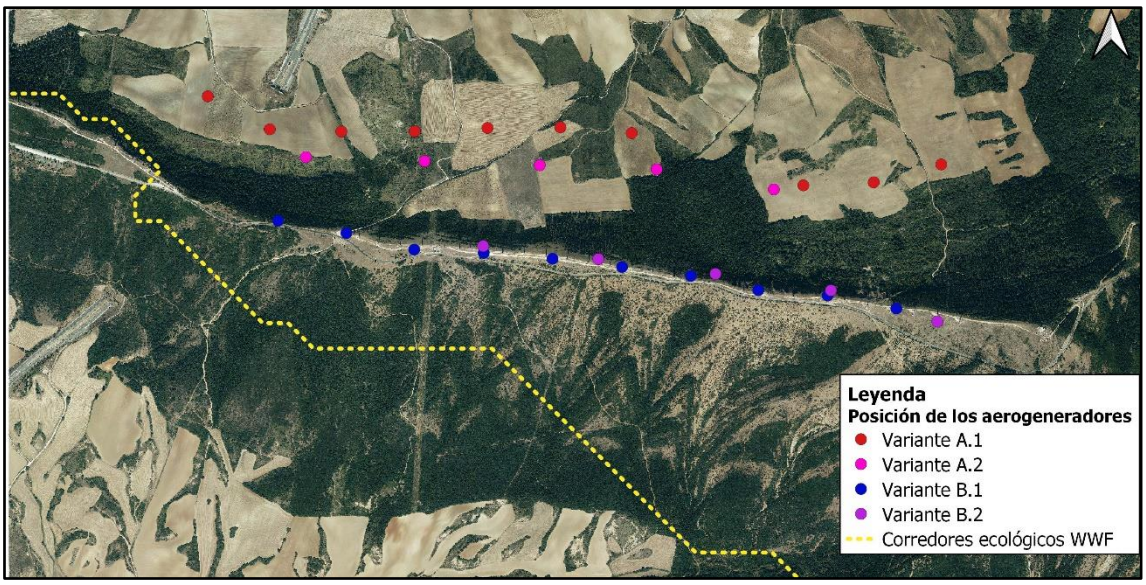


Figura 14 Corredores ecológicos y emplazamientos del proyecto. Fuente: Elaboración propia en base a la información de la WWF.

Como se puede ver en la Figura 14, muy cercano al emplazamiento de la variante B.1, se encuentra un corredor ecológico, por lo que será necesario analizar a la hora de elegir la ubicación de los aerogeneradores, que estos se encuentren al este y lo más alejado posible de este corredor, para poder evitar afección el flujo natural de especies tanto de mamíferos como de aves.

Las variantes con un menor número de aerogeneradores han sido fácilmente emplazadas con una distancia mayor a este corredor, las variantes con mayor número de aerogeneradores se encuentran más cercanas al corredor debido a la superficie que estos parques necesitan en cuando a la separación entre aerogeneradores.

Sin embargo, los aerogeneradores más cercanos a este corredor se encuentran a más de 300 metros de distancia, lo cual supone una distancia aceptable de lejanía y el flujo de especies no se vería afectado ya que se considera que podría presentarse un impacto negativo si los aerogeneradores se encontraran en el entorno inmediato del corredor o si el corredor quedara entre dos aerogeneradores.

- **Hábitats de interés comunitario (HICs):**

La Directiva Hábitats del MITECO define como tipos de hábitat naturales de interés comunitario a aquellas áreas naturales y seminaturales, terrestres o acuáticas, que, en el territorio europeo de los Estados miembros de la UE:

- se encuentran amenazados de desaparición en su área de distribución natural, o bien
- presentan un área de distribución natural reducida a causa de su regresión o debido a que es intrínsecamente restringida, o bien
- constituyen ejemplos representativos de una o de varias de las regiones biogeográficas de la Unión Europea.

De entre ellos, la Directiva considera tipos de hábitat naturales prioritarios a aquéllos que están amenazados de desaparición en el territorio de la Unión Europea y cuya conservación supone una responsabilidad especial para la UE.

En total, el anexo I de la Directiva identifica 231 tipos de hábitat de interés comunitario. Su descripción y su caracterización ecológica están recogidas en el Manual de Interpretación de los Hábitats de la Unión Europea. [32]

Según el tipo de hábitat se pueden clasificar en prioritarios y no prioritarios, de los cuales, los prioritarios significan un mayor nivel de cuidado en cuanto a la conservación y que podrían limitar la realización de los proyectos.

Se ha consultado la cartografía de la Directiva 92/43/CEE [33] y a continuación se muestra gráficamente los HICs presentes en las zonas de implantación y se describe si alguno de ellos es prioritario o no:

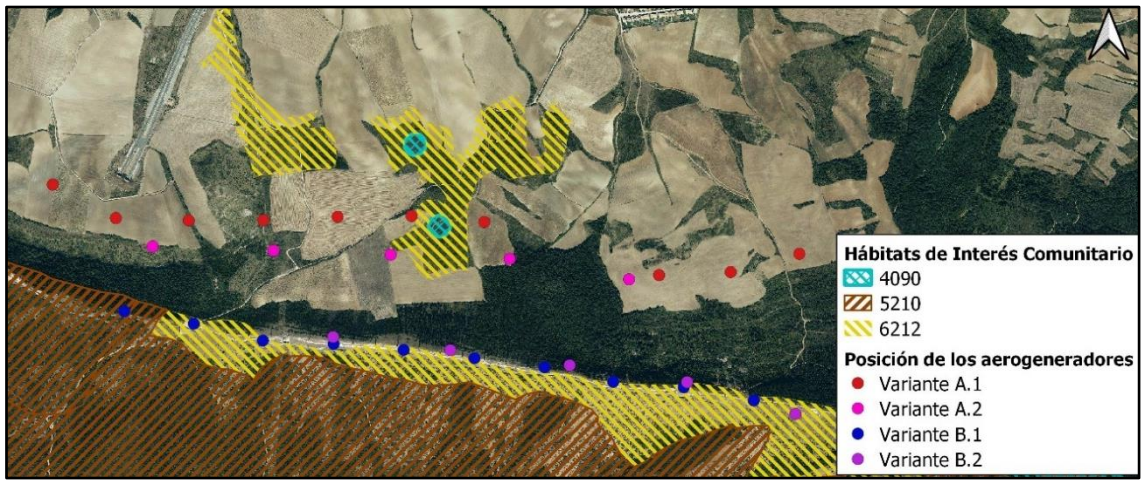


Figura 15. HICs presentes en las zonas de estudio para l el emplazamiento de los proyectos. Fuente: Elaboración propia.

Los emplazamientos de los aerogeneradores de las variantes A.1 y A.2 no se encuentra sobre ningún HIC, aunque si existe cercanía en el AG6 de la variante A.1 y el AG3 de la variante A.2.

En cuanto a los emplazamientos de los aerogeneradores de las Variantes B.1 y B.2, algunos de ellos se encuentran sobre el HIC 6212, sin embargo, no es considerado un hábitat de interés prioritario.

- ***6212***, este HIC en particular junto con otros, según la "Guía Metodológica de evaluación de impacto ambiental en Red Natura 2000" han sido eliminados de la clasificación española por errores de identificación y/o interpretación. [34]. Esto puede ser debido a que el hábitat se encuentra muy deteriorado y ya no recibe la calificación de HIC, como se puede ver en la figura, en la zona donde se encuentran los aerogeneradores existe una carretera que divide la zona norte y sur de la sierra, los aerogeneradores se encontrarán en la zona norte, donde la presencia de este hábitat es casi nula, y considerando el posible deterioro del hábitat debido a la presencia de la carretera, se espera que no exista flora protegida en la zona.

5.3.3. Patrimonio y bienes de interés cultural

Para evitar tener impactos negativos sobre los monumentos naturales, Bienes de interés Cultural y yacimientos arqueológicos se ha establecido un área de restricción de 200 metros en los cuales no debería realizarse ninguna actividad del proyecto, es decir que cualquier actividad que se realice con más de 200 metros de distancia a alguno de estos elementos, no supondría ninguna afección.

- **Monumentos Naturales:**

Los monumentos naturales son elementos de singular valor paisajístico, geológico y/o histórico, desde un árbol centenario hasta un bosque o una cueva, cuya conservación aconseja un tipo de protección especial. Hay 47 monumentos naturales en Navarra, de los cuales ninguno se encuentra en el área de estudio. [35]

Estos patrimonios naturales han sido declarados por el Decreto Foral 87/2009, el cual determina que, según dicha normativa, los Monumentos Naturales son espacios o elementos de la naturaleza, constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza, que merecen ser objeto de una protección especial. [36]

- **Bienes de interés cultural (BIC), Monumentos protegidos:**

El Patrimonio Cultural de Navarra está integrado por todos aquellos bienes inmuebles y muebles de valor artístico, histórico, arquitectónico, arqueológico, etnológico, documental, bibliográfico, industrial, científico y técnico o de cualquier otra naturaleza cultural, existentes en Navarra o que, estando fuera de su territorio, tengan especial relevancia cultural para la Comunidad Foral de Navarra.

Asimismo, integran el Patrimonio Cultural de Navarra los bienes inmateriales relativos a la cultura de Navarra, en los términos previstos en esta Ley Foral. Forman parte del patrimonio inmaterial los bienes integrantes de la cultura popular y tradicional navarra y sus respectivas peculiaridades lingüísticas.

La Administración de la Comunidad Foral de Navarra promoverá la conservación y, en su caso, el retorno de aquellos bienes del Patrimonio Cultural de Navarra que se encuentren fuera del territorio de la Comunidad Foral. [37]

Se ha consultado la información digital disponible del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital y se ha obtenido las capas de SHP [38] con la información de los BICs presentes en la zona, y se han encontrado los siguientes bienes de interés cultural:

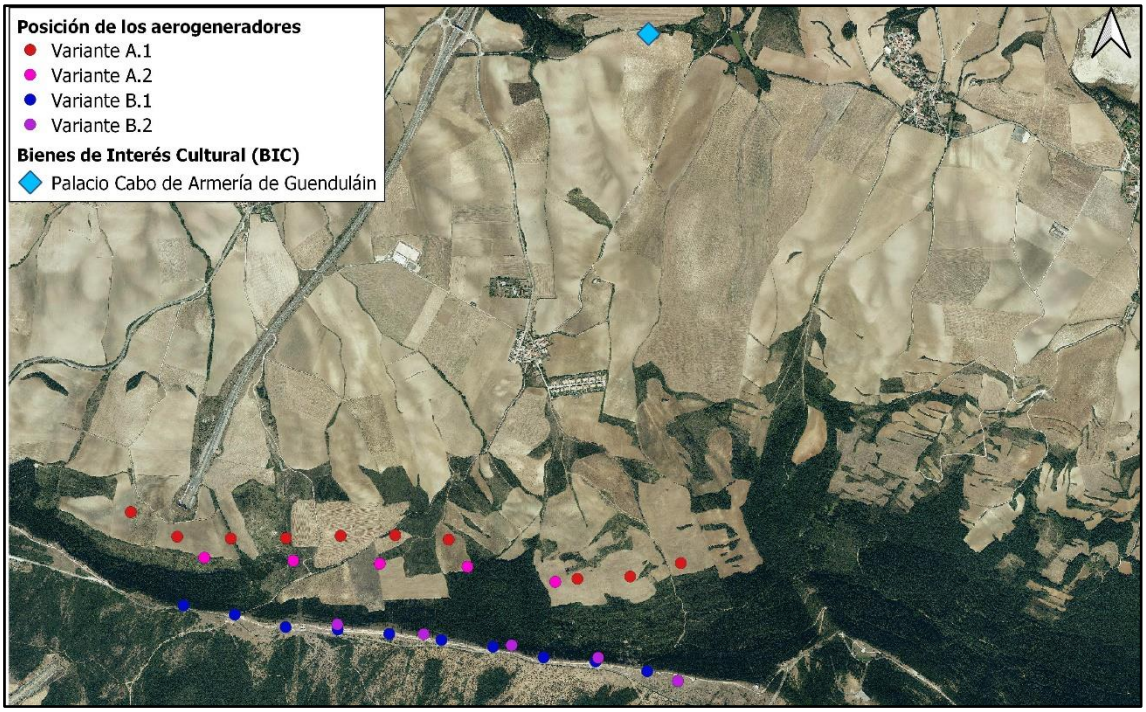


Figura 16. Bienes de Interés Cultural en cercanos a las zonas de emplazamiento. Fuente: Elaboración propia.

En general, todos los BICs catalogados se encuentran alejados de las zonas de ambos emplazamientos, el más cercano es el **Palacio Cabo de Armería de Guenduláin** que se encuentra a 2,8 km al noreste del aerogenerador más cercano de la Zona A. Existen otros BICs en la zona, pero estos se encuentran a más de 7 km de distancia, por lo que la presencia de los parques es irrelevante para estos elementos, no se verán afectados.

Un Bien de Interés Cultural, a lo largo del año, atraen a una gran cantidad de turistas, es decir un gran flujo de personas que, a la hora de hacer un estudio de impacto paisajístico es necesario analizar las distancias de estos elementos para evaluar el posible **impacto visual** que un proyecto de esta magnitud podría significar para los observadores

- **Patrimonio cultural, yacimientos arqueológicos**

También se ha consultado la información asociada al patrimonio en cuanto a yacimientos arqueológicos y se han encontrado los siguientes elementos:

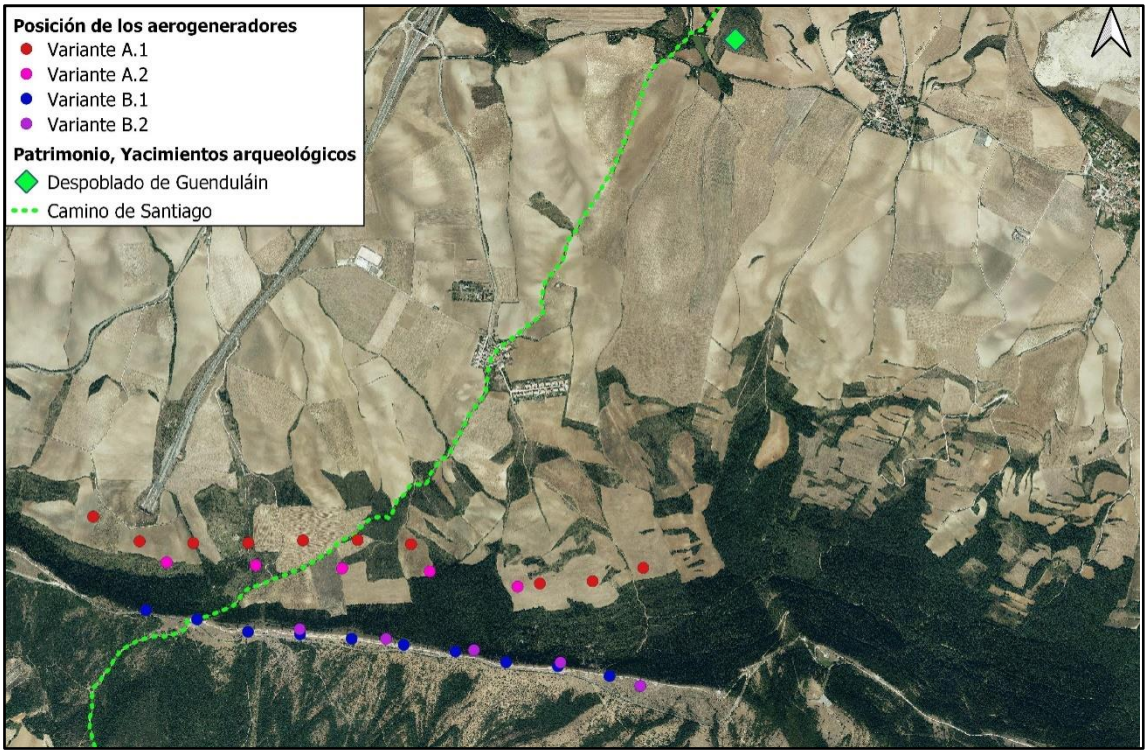


Figura 17. Patrimonio cultural, yacimientos arqueológicos. Fuente: Elaboración propia.

El Despoblado de Guenduláin considerado tipo Recinto medieval, se encuentra a 2,7 km de distancia de la zona de emplazamiento de los aerogeneradores, a casi 6 km se encuentra la Necrópolis medieval San Esteban considerado tipo Necrópolis (cementerio), además, en esta zona se encuentra presente el Camino de Santiago, que atraviesa las zonas de implantación para todas las variantes a excepción de la B.2.

Al igual que con los BICs, estas ubicaciones geográficas serán tomadas en cuenta para el análisis del impacto visual de la zona.

- **Despoblado de Guenduláin:**

De tipo “Recinto Medieval”, se encuentra muy cerca de Pamplona, en las proximidades de la Sierra del perdón y de la localidad de Galar, es uno de los monumentos más desconocidos de Navarra a pesar de estar a un centenar de metros del Camino de Santiago. Se encuentra en mal estado a pesar de ser uno de los monumentos declarados en Navarra Bien de Interés Comunitario, una de las mayores figuras de protección del patrimonio. El Palacio de Guenduláin fue el edificio principal de lo que en su día fue un pueblo. [39]

- **Necrópolis medieval San Esteban:**

A 10 km al sur de Pamplona se encuentra Beriáin, uno de los pueblos de la Cuenca de Pamplona. Allí, en dos campañas arqueológicas realizadas entre el 2001 y el 2005, los arqueólogos sacaron a la luz una de las necrópolis medievales cristianas más importantes del norte de la Península Ibérica. En ella se encontraron 330 tumbas. El lugar donde apareció la necrópolis era conocido

como el paraje de la ermita. En la Edad Media aquí existió un monasterio y también una ermita dedicada a San Esteban, de ahí el nombre de la necrópolis. [40]

Ambos elementos se encuentran a una distancia suficientemente alejada del proyecto, por lo tanto, no se supone ningún tipo de afección a estos dos, sin embargo, habrá que evaluar el efecto que podría tener en la población el encontrarse colindante con el Camino de Santiago.

5.4. Entorno social

El factor principal a la hora del emplazamiento de un parque eólico es la cercanía que podría existir en cuanto a núcleos poblacionales o residenciales, existen diferentes impactos que hay que evaluar a la hora de analizar las distancias a las que se encuentran los parques de las poblaciones, para ello, en la Figura 18 se muestra las entidades poblacionales más cercanas a la zona de implantación, y la posición de los aerogeneradores de los 4 parques.

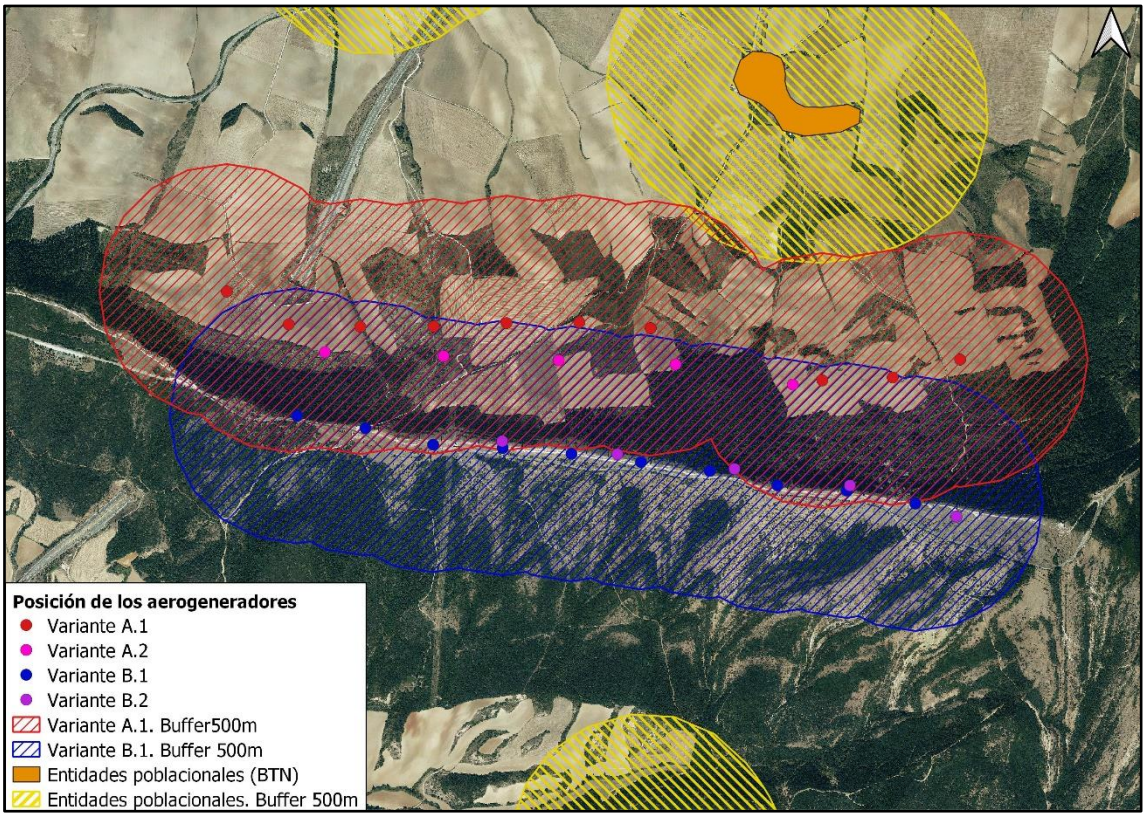


Figura 18 Entidades poblacionales en la zona y posición de los aerogeneradores. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la BTN.

En primer lugar, se ha realizado un buffer de 500 metros a todas las variantes, sin embargo, en la figura se muestran únicamente el buffer para las variantes A.1 y B.1, por tener una mayor superficie de ocupación. Los buffers para las variantes con menos aerogeneradores (A.2 y B.2) quedan incluidas dentro de los buffers para las variantes A.1 y B.1.

En segundo lugar, se han identificado los núcleos poblacionales a los cuales también se les ha realizado un buffer de 500 metros, por lo tanto, en la figura se puede ver las distancias de los

aerogeneradores a entidades poblacionales sería igual o mayor a los 1.000 metros, apenas en una pequeña zona al norte de la Variante A.1 la distancia es menor a los 1.000 metros, sin embargo, esta distancia supera los 980 metros.

Teniendo claro que las distancias entre aerogeneradores y núcleos poblacionales es mayor a 1.000 metros, se procede con el análisis de los impactos a la población por la presencia de parques eólicos.

5.4.1. Efecto sombra

La sombra que proyectan las elevadas estructuras de una central eólico-eléctrica es motivo de afección para las poblaciones cercanas, ya que las palas del rotor cortan la luz solar de manera intermitente cuando éste se encuentra en movimiento, generando un parpadeo molesto conocido como "shadow flicker°, o sombra titilante. [14]

Según diferentes estudios realizados para evaluar la sombra de los parques eólicos, se ha establecido que, si un observador se encuentra a más de unos 500-1000 metros del rotor de un aerogenerador, no parecerá que el rotor del aerogenerador esté interceptando la luz, sino que la turbina se verá como un objeto con el sol tras de sí. Así pues, generalmente no es necesario considerar la proyección de la sombra a tales distancias. [41]

Por lo tanto, para este proyecto, considerando que la distancia más próxima a un núcleo poblacional es superior a 980 metros, no será necesario considerar la proyección de la sombra.

5.4.2. Reflexión solar

El reflejo y los destellos que produce un aerogenerador se deben a la incidencia de la luz solar sobre las aspas del rotor. El color del rotor y la distancia de este a los asentamientos urbanos o a enclaves patrimoniales son las variables más importantes en la consideración de este impacto. Su minimización pasará por seleccionar pinturas antirreflejos para los equipos eólicos y distancias superiores a 10 veces el diámetro del rotor de estos. [14]

Para los modelos seleccionados para este proyecto, el modelo 1 tiene un diámetro de 90 metros, por lo que se cumpliría la distancia mínima de 10 veces el diámetro del rotor (900 metros), en el caso del modelo 2, tiene un diámetro de 150 metros, y no cumpliría la distancia mínima en caso de la variante A.2, por encontrarse a 1.000 metros de Zariquiegui, sin embargo, para la variante B.2 la distancia mínima si se cumple.

5.4.3. Ruido

El ruido de los aerogeneradores es producido por cuatro fuentes fundamentales. Al girar el rotor de una turbina, se produce ruido producto del batimiento de las palas con el viento que enfrenta el rotor, que puede ser mayor o menor en función del diámetro del rotor (largo de las palas), la velocidad del viento y la cercanía del escucha al aerogenerador, o su posición respecto a él y la

dirección del viento, por el batimiento del viento con los perfiles de las estructuras externas del aerogenerador (góndola, torre, etc.) el efecto de la sombra sobre la torre cada vez que una pala pasa cerca de la torre, se produce una oscilación de la pala y un cambio de sonido del viento en la zona pala-torre y, por último, en el tren de potencia del aerogenerador, que es el conjunto del eje lento, el multiplicador y el generador, que es el amplificador de la torre. [41]

La energía de las ondas sonoras (y por tanto la intensidad del sonido) caerán con el cuadrado de la distancia a la fuente sonora. En otras palabras, si nos alejamos 200 metros de un aerogenerador, el nivel de sonido será un cuarto del que teníamos a 100 metros. Y así, si multiplicamos por dos su distancia hará que el nivel de dB(A) se divida por 6.

Por ejemplo, a una distancia de un diámetro de rotor de la base de un aerogenerador emitiendo 100 dB(A) generalmente tendrá un nivel de sonido de 55-60 dB(A), correspondiente a una secadora de ropa (europea). Cuatro diámetros de rotor más allá tendrán 44 dB(A), que corresponden al sonido que tendría en una tranquila sala de estar. A una distancia de 6 diámetros de rotor (260 m) tendría alrededor de 40 dB(A).[42]

Considerando la distancia al núcleo poblacional más cercano, se tienen los siguientes diámetros de distancia para cada variante:

	A.1	A.2	B.1	B.2
Distancia al núcleo poblacional más cercano.	930 m.	1.020 m.	1.370 m.	1.330 m.
Diámetro del rotor	90	150	90	150
Diámetro equivalente	>10D	<7D	>15D	<9D

Tabla 10 Relación distancia del rotor con el núcleo poblacional más cercano

En esta tabla se puede ver que todas las variantes cumplen una distancia superior a los 6D, por lo tanto, a mayor distancia, se tendría un nivel de sonido menor a 46dB(A), el cual está establecido dentro de los parámetros aceptables de emisión de ruido, tanto de día como de noche, además, el núcleo poblacional más cercano se encuentra suficientemente alejado como para percibir perturbaciones por ruido, ya que este estaría camuflado por otros ruidos del ambiente, como carreteras y la actividad misma de la población.

5.4.4. Visibilidad, afección al paisaje

Uno de los principales impactos negativos que generan los parques eólicos, es el impacto al paisaje o el impacto visual que genera sobre la población. Un parque eólico y en concreto sus aerogeneradores, siempre serán altamente visibles en el paisaje debido a la gran altura.

Para el análisis de afección al paisaje se han definido dos buffers (envolventes a las variantes de los parques) de 5km que corresponde con una incidencia visual alta y de 10km una incidencia visual media.

La incidencia visual alta se refiere a que el ojo humano es capaz de definir formas, tamaño y colores hasta a unos 5km de distancia de objetos de gran tamaño como lo son los

aerogeneradores, los mismos que a una distancia mayor y hasta los 10km comenzarían a perder su forma haciéndose más borrosos y también perderían el color, mimetizándose con el medio ambiente. A partir de los 10km los aerogeneradores no serían identificados como tal.

Por ello, se ha realizado una cuenca visual para cada una de las variantes, considerando la altura de buje de cada modelo, y la altura a la que se encuentran según el emplazamiento.

En el punto **7.3.2. Análisis de afección al turismo y al paisaje** se presentan las cuencas visuales analizando el tamaño y las formas de las mismas y se adjuntan como **ANEXO 12** los planos de visibilidad y los elementos importantes para la población, como ser carreteras, caminos, núcleos poblacionales y zonas de interés turístico.

Este procedimiento se ha realizado utilizando el programa QGIS, teniendo de base una capa ráster MDT (modelo Digital de Terreno) que contiene la información del relieve del terreno y la capa de coordenadas de la posición de los aerogeneradores para cada variante.

El resultado es una “mancha” de colores que varía desde un rojo intenso hasta un azul claro. Estos colores identifican el número de aerogeneradores que es visible en cada punto, siendo el rojo el valor máximo y azul claro el valor mínimo. En cuanto al valor 0, este representa la no visibilidad de los aerogeneradores.

Dentro del buffer de 5km y con la información sobre carreteras, núcleos poblacionales y zonas de interés cultural, es posible ver si desde estos puntos de gran flujo de personas, los parques serán visibles.

Cabe aclarar que en este procedimiento se ha tomado en cuenta únicamente el relieve de la zona y la altura de buje de los aerogeneradores. Para un análisis más concreto, sería necesario analizar los obstáculos naturales y antrópicos, ya que si en la cuenca visual se muestra que si existe visibilidad en todo un núcleo poblacional, no se están considerando las edificaciones, ni vegetación en el entorno, por lo que se supone que el resultado real de la visibilidad de los parques mostraría una visibilidad inferior al de las cuencas visuales.

5.5. Interfaz con otros elementos

En la siguiente figura se muestran las carreteras y otros caminos presentes en la zona de implantación del proyecto, como se puede ver, los caminos existentes en la sierra (carretera NA-5056) facilitarían el acceso a la zona de implantación para la fase de construcción y posteriormente el mantenimiento si fuera necesario, para la zona norte, donde se encuentran las variantes A.1 y A.2 también existen un par de caminos que facilitarían el acceso a alguno de los aerogeneradores, sin embargo tendría que considerarse el realizar algunos viales internos de conexión entre aerogeneradores.

Si bien en esta zona se encuentra el Camino de Santiago, este no debería considerarse para la fase de construcción ya que es un camino de carácter turístico, y podría generar impactos negativos en la sociedad y el desarrollo del turismo de la zona.

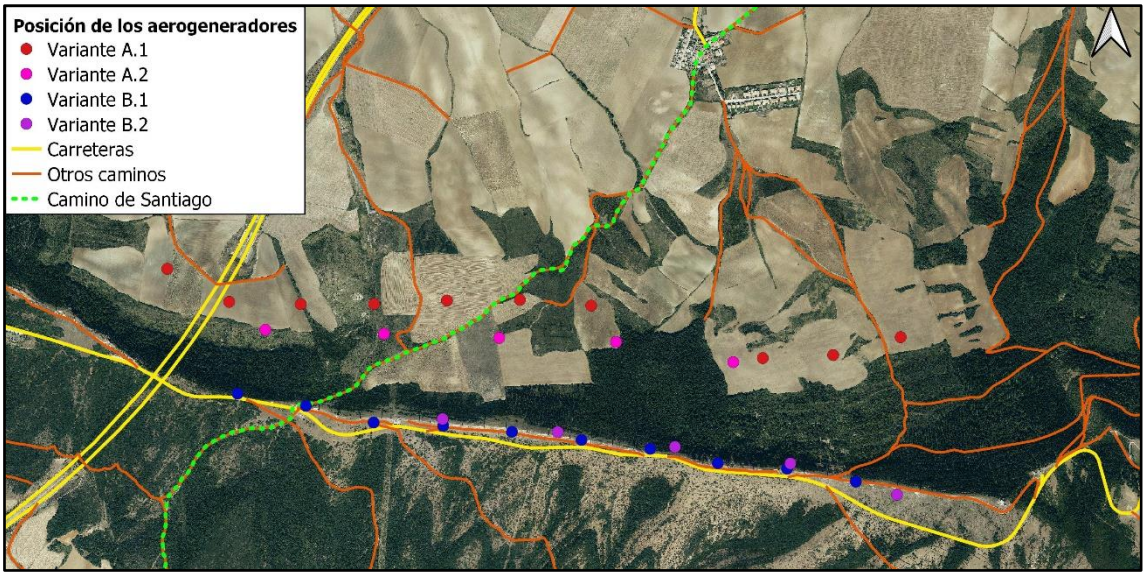


Figura 19. Carreteras y caminos en la zona. Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la existencia de líneas eléctricas y de torres de alta tensión, lo que significa que a la hora de realizar el diseño de la línea de evacuación, esta podría ubicarse de manera paralela a las líneas existentes, lo que a nivel de afección a fauna voladora es de gran importancia.

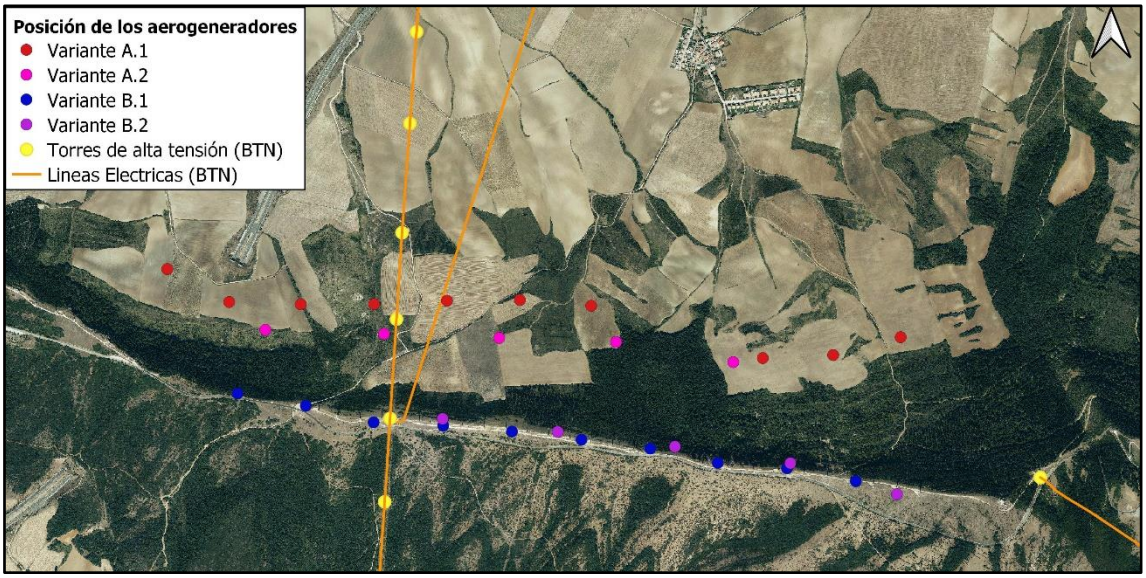


Figura 20 Líneas Eléctricas y torres de Alta Tensión. Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS

6.1. Desarrollo de los parques eólicos

Se presenta a continuación, nuevamente la Tabla 5 Datos de los aerogeneradores seleccionados. para poder comparar las características y los resultados de cada modelo y cada parque diseñado:

Nombre	Potencia nominal kW	Velocidad de viento m/s	Velocidad del viento de corte m/s	Diámetro (m)	Radio (m)	Área de barrido m²	Área de barrido por MW	Altura de buje predef.
VESTAS V150-6.0	6.000	3.0	25.0	150	75	17.671,45	2.945,2	105,0
VESTAS V90 3000	3.000	4.0	25.0	90	45	6.361,72	2.120,6	80,0

Repasando la información de los modelos utilizados en este proyecto, se tiene que el modelo Vestas V150 tiene una altura de buje a 105m. y un diámetro de rotor de 150m., lo que corresponde con un área de barrido de 2.945,24 m² por MW instalado. Para el diseño de un parque de 30MW se han necesitado 5 aerogeneradores de este modelo, ya que cada uno tiene una potencia nominal de 6MW.

Por otro lado, el modelo V90 tiene una altura de buje a 80m y un diámetro de rotor de 90m. lo que corresponde con un área de barrido de 2.120,6 m² por MW instalado. Para el diseño de un parque de 30MW se han necesitado 10 aerogeneradores de este modelo, ya que cada uno tiene una potencia nominal de 3MW.

En la Tabla 11 se muestran las diferentes variantes en cuanto altura, frecuencia dominante del viento, el rango de variación de la velocidad del viento y la velocidad media para cada modelo:

	Datos Weibull en el emplazamiento actual				
	Altura de buje (m)	**Parámetro A (m/s)**	**Velocidad del viento (m/s)**	**Parámetro k**	**Frecuencia dominante**
A.1 (V90)	80	8,47	7,5	2,307	40% - 0 N
A.2 (V150)	105	8,80	7,8	2,334	40% - 0 N
B.1 (V90)	80	8,47	7,5	2,307	40% - 0 N
B.2 (V150)	105	8,80	7,8	2,334	40% - 0 N

Tabla 11. Datos Weibull para los 4 parques. Fuente: Elaboración propia, datos WindPro.

En la Tabla 12 se muestran los resultados de generación energética/año para cada parque, sus pérdidas por estelas y la velocidad media del viento a la altura de buje correspondiente para cada modelo.

	Energía anual calculada para el parque eólico							
	Resultado Park (MWh/año)	**Resultado - 10% (MWh/año)**	**Bruto, sin perdidas (MWh/año)**	**Pérdidas por Estela (%)**	**Factor capacidad (%)**	**AG Media resultado (MWh/año)**	**Plena carga horas (Horas/año)**	**Vel. Viento medio en la altura eje (m/s)**
A.1	79.552,1	71.596,9	80.405,3	1,1	27,2	7.159,7	2.387,0	7,5
A.2	118.465,4	106.618,8	119.414,3	0,8	40,5	21.323,8	3.554,0	8,0
B.1	139.422,0	125.479,8	140.183,5	0,5	47,7	12.548,0	4.183,0	10,4
B.2	158.016,2	142.214,6	158.879,7	5,0	54,1	28.442,9	4.740,0	10,3

Tabla 12 Energía anual calculada para los 4 parques. Fuente: Elaboración propia, datos WindPro.

Comparando las dos variantes que se encuentran en la llanura (A.1 y A.2) se puede ver que la diferencia de velocidad media es apenas un 0,5 m/s mayor para la variante A.2, sin embargo, la producción es bastante mayor, lo que indica que el modelo V150 se adapta mejor a la distribución del viento a estas velocidades medias y como se ha indicado en el punto 6.2 Dimensionamiento con el WindPro la curva de potencia para este modelo alcanza la potencia nominal a 12m/s mientras que el modelo V90 alcanza la potencia nominal a los 15m/s.

En la Figura 21 se puede ver con mayor claridad la diferencia de producción de ambas curvas de potencia. En velocidades más bajas el modelo V150 está siempre por encima del modelo V90, lo que significa que existe una mayor producción a velocidades más bajas. Si bien el modelo V90 mantiene la potencia nominal a velocidades más altas, hay que considerar que las velocidades en estos emplazamientos son velocidades que van de los 5m/s hasta los 10m/s, por lo que el modelo V150 se encontrará muy frecuentemente por encima de la producción del modelo V90, además, velocidades superiores a 16m/s se darán con menor frecuencia.

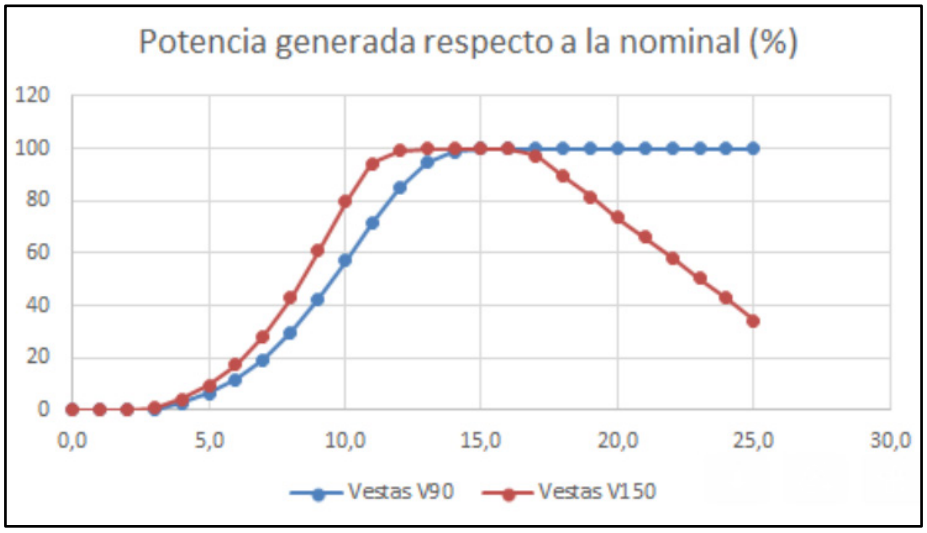


Figura 21 Curvas de potencia. Potencia generada respecto a la nominal (%).

Al adaptarse mejor a velocidades medias más bajas, explicaría también el por qué el factor de capacidad para la variante A.2 es de 40% mientras que para el A.1 es de 27%.

Por otro lado, para la producción de las variantes B.1 y B.2 llama la atención que la velocidad media para B.2 es un tanto menor (10.3m/s) que B.1 (10,4m/s) a pesar de tener una mayor altura de buje. Esto podría deberse al estrechamiento de las líneas de corriente en las colinas que puede llevar a una aceleración local mayor a cotas bajas.

Lo lógico sería que la velocidad debería aumentar siempre a mayores alturas, sin embargo, en algunas colinas se da que el efecto de estrechamiento de las líneas de corriente puede hacer que el viento se concentre en zonas relativamente cercanas al suelo, por lo tanto, a menor altura puede ocurrir que haya mayor velocidad localmente.

Esta velocidad media más baja para la variante B.2 también explicaría la mayor producción ya que como se ha indicado anteriormente, el modelo V150 se adapta mejor a velocidades más bajas.

En cuanto a el factor de capacidad para estas dos variantes, se tienen valores altos de 47,7% y 54,10%. Sabiendo que la velocidad media es superior a 10m/s y la potencia nominal para el modelo V90 se alcanza a una velocidad de 15m/s y para el modelo V150 a 12m/s, esto indicaría que se está trabajando a una velocidad cercana a la velocidad a la que se alcanza una potencia nominal en ambos casos, funcionando mejor el modelo V150.

Por lo tanto, comparando en primer lugar las zonas, para la Zona A sería más conveniente la utilización de la variante A.2 ya que el modelo V150 se adapta mejor a velocidades más bajas, y que en esta zona una velocidad superior a 15m/s se daría con menor frecuencia que una velocidad menor, por lo tanto, la producción se encontraría mayormente cerca de la potencia nominal y esto daría como resultado una mayor producción anual.

Para la Zona B, ocurriría lo mismo, sería más conveniente utilizar el modelo V150 ya que la velocidad media es todavía más cercana a la velocidad a la que se alcanzaría la potencia nominal.

		Zona A		**Zona B**	
		A.1 (V90)	**A.2 (V150)**	**B.1 (V90)**	**B.2 (V150)**
Producción	Velocidad media	7,5	8	10,4	10,3
	Velocidad a la que se alcanza la pot. nominal	15m/s	12m/s	15m/s	12m/s
	Generación (MWh/año)	79.552,1	118.465,4	139.422,0	158.016,2
	Factor de capacidad	27,20%	40,50%	47,70%	54,10%
					Mejor resultado
					Resultados medios
					Peor resultado

Tabla 13 Resumen resultados de producción.

En cuanto a las variantes que utilizan el modelo V150, sería mejor emplazar un proyecto con estas características en la sierra (Zona B), por el mismo motivo, la velocidad media anual para

A.2 es de 8m/s y para B.2 es 10,3m/s, a lo largo del año la variante B.2 se encontraría trabajando a velocidades más cercanas a la velocidad necesaria para llegar a la potencia nominal, por lo que la producción sería claramente mayor.

6.2. Evaluación impacto Ambiental

Para evaluar el impacto que el proyecto podría tener sobre el medio ambiente, se ha establecido según normativa que los espacios naturales o de protección que se encuentren a menos de 10km de distancia de los elementos del proyecto, tendrán que ser evaluados y determinar si existe posibilidad de afección o no.

Tomando en cuenta el análisis previo realizado en el apartado **5. Desarrollo del** de los diferentes factores ambientales que podrían verse afectados, se presenta la Tabla 14 resumen y se describen los resultados a continuación:

		Zona A		Zona B	
		A.1	**A.2**	**B.1**	**B.2**
Flora y Fauna	**Red Natura 2000. ZECs**	>10km	>10km	>10km	>10km
	Red Natura 2000. ZEPAs y APFS	7,8 km	8,3 km	8,4 km	9,1 km
	RENA. Red de Espacios Naturales Protegidos	>10km	>10km	>10km	>10km
	APFS. Área de Protección de Fauna Silvestre	>10km	>10km	>10km	>10km
	Zonas de Protección de Aves Esteparias	>10km	>10km	>10km	>10km
	IBAs. Important Bird Areas	6,8km	7,3km	7,4km	8,1km
	Inventario Ambiental de Especies	Analizar	Analizar	Analizar	Analizar
	Corredores ecológicos WWF (restricción en el entorno inmediato)	342m	572m	335m	1.112 m
	HICs. Hábitats de interés comunitario	Sin presencia	Sin presencia	Sin presencia	Sin presencia

Tabla 14. Evaluación de posibles factores ambientales afectados.

- **RedNatura 2000 ZECs:** Las cuatro variantes se encuentran a más de 10km de distancia. **Sin afección**.
- **RedNatura 2000 ZEPAs**: La variante más cercana se encuentra a 7,8km. Si bien esta distancia es menor a los 10km establecidos, los emplazamientos se encuentran bastante lejanas a la ZEPA, por lo que no se realizaría ninguna actividad en esta zona ni en sus cercanías. Los espacios de reproducción, alimentación y hábitats naturales no se verían afectados para las especies de aves en esta ZEPA. **Sin Afección.**
- **Red de Espacios Naturales Protegidos (RENA):** Las cuatro variantes se encuentran a más de 10km de distancia. **Sin Afección.**
- **Área de Protección de Fauna Silvestre (APFS):** Las cuatro variantes se encuentran a más de 10km de distancia. **Sin Afección.**

- **Zonas de protección de Aves Esteparias:** Las cuatro variantes se encuentran a más de 10km de distancia. **Sin afección.**
- **Important Bird Areas (IBAs):** La variante más cercana es la A.1 y se encuentra a 6,8km de distancia. Sin embargo, las especies de mayor conservación, por las cuales se ha clasificado este espacio como IBA son el alimoche común y el buitre leonado, dos especies que no se encuentran dentro de la cuadricula 10x10 del Inventario Español de Especies Terrestres y que por lo tanto no se verían afectadas por el proyecto. **Sin Afección.**
- **Inventario Ambiental de Especies Terrestres:** En cuanto a este punto, se analizará la altura de vuelto de las especies catalogadas y se intentará definir la relación con los aerogeneradores, si se encuentran a una altura de riesgo o no. Este análisis se realizará en el siguiente apartado**.**
- **Corredores ecológicos WWF:** La distancia de restricción para este espacio está definido como "en el entorno inmediato", debido a que no se establece una distancia mínima y según lo comentado con especialistas biólogos, se tendría que considerar una distancia de 400 metros desde el aerogenerador más cercano. Además, el recorrido que tiene este corredor ecológico muestra que el paso por la Sierra del Perdón es por la zona de menor altura (oeste de las zonas de emplazamientos), por lo tanto, la distancia medida de los aerogeneradores es la distancia del primer aerogenerador posicionado en el oeste de la sierra. La Variante A.1 se encuentra a 342m, la Variante A.2 a 572m, la Variante B.1 a 331m y la Variante B.2 a 1.112m, lo que muestra que la Variante A.2 y B.2 no tendrían impacto sobre este corredor y que las demás alternativas se encuentran a una distancia menor de 500m, por lo tanto, se recomendaría eliminar o reubicar el primer aerogenerador del oeste para cada variante.
- **Hábitats de Interés Comunitario (HICs):** En la zona de implantación para las cuatro variantes no se han identificado HICs. En el entorno de la zona de implantación tampoco se han identificado HICs prioritarios. **Sin Afección.**

6.2.1. Análisis Inventario Español de Especies Terrestres.

La zona de emplazamiento de los 4 parques eólicos se encuentra dentro de la cuadrícula 30TXN03 del catálogo de biodiversidad del Inventario Español de Especies Terrestres que recoge la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y flora terrestre española.

Del análisis previo, se tiene que en esta cuadrícula se han catalogado 97 especies de aves y 6 quirópteros.

Para este análisis, se ha clasificado la altura de vuelo en relación con las dimensiones de cada modelo de aerogenerador, considerando que la altura de riesgo de vuelo es aquella a la que se encuentran en movimiento las aspas del aerogenerador (Figura 22 y la Figura 23).

Sin embargo, este análisis es mucho más complejo, ya que sería necesario realizar un estudio de ciclo anual para evaluar el comportamiento de las especies presentes en la zona. Las formas y alturas de vuelo pueden variar de un estado fenológico a otro, es decir, no es lo mismo el vuelo de especies que se encuentran en migración, que el vuelo de especies locales o en reproducción.

Además, es necesario calcular el "efecto barrera" para cada modelo. El tamaño, número de aerogeneradores y la distancia de separación entre ellos darán como resultado la superficie que supondría una obstrucción al movimiento de las aves, ya sea en las rutas de migración o entre las áreas que utilizan para la alimentación y descanso. Este efecto barrera puede tener consecuencias fatales para el éxito reproductor y supervivencia de la especie ya que las aves, al intentar esquivar los parques eólicos, sufren un mayor gasto energético que puede llegar a debilitarlas. [43]

Otro factor importante para tomar en cuenta es que los emplazamientos son diferentes y en consecuencia las especies en cada emplazamiento serán diferentes.

Debido a la complejidad de este análisis se ha establecido una clasificación de alturas de vuelo sacando una media entre los dos modelos de aerogeneradores para evaluar únicamente la relación que existe entre los parques eólicos y la zona de emplazamiento ya que esta zona es la que determina el comportamiento de las diferentes especies de aves.

- **Para el modelo VESTAS V90 3000 (Variante A.1 y B.1):**

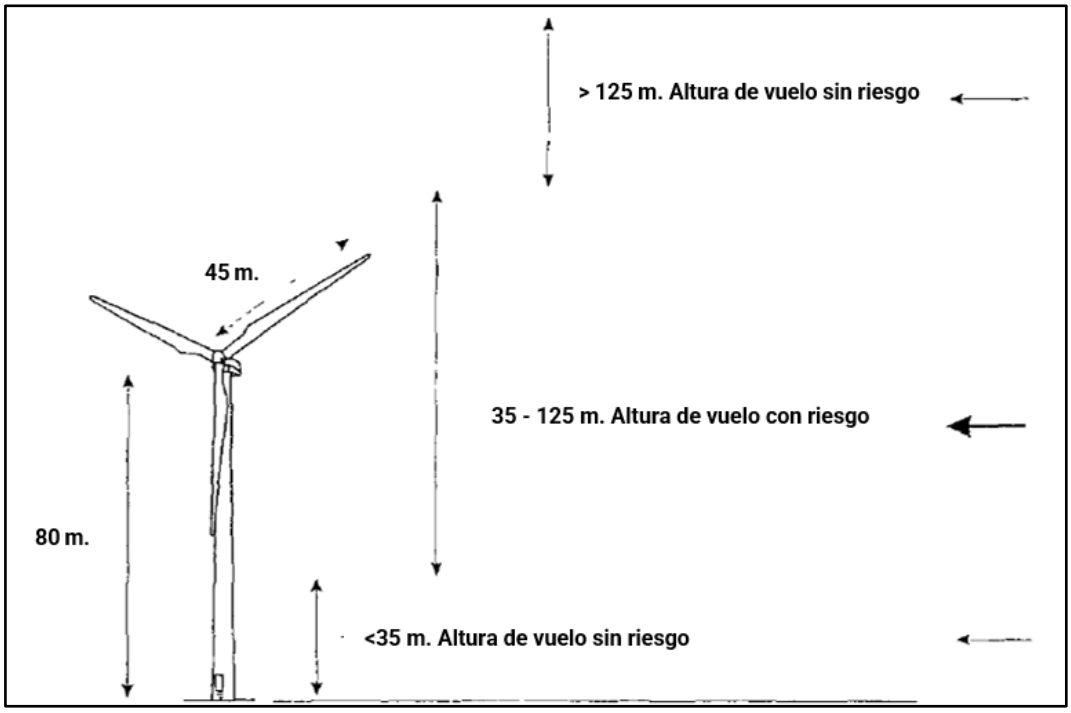


Figura 22. Relación alturas de vuelo con aerogenerador. Modelo V90 3000, Fuente: Elaboración propia.

Para este modelo, la altura de vuelo con riesgo estaría entre los 35 y 125m, por ser la altura a la que se encuentran en movimiento las aspas del aerogenerador. Por debajo de los 35 metros y por encima de los 125 metros se considera altura sin riesgo.

- **Para el modelo VESTAS V150-6.0 (Variante A.2 y B.2):**

Para este modelo la altura de vuelo con riesgo está comprendida entre los 30 y 180m. A menor de 30m y a más de 180m se considera una altura de vuelo sin riesgo.

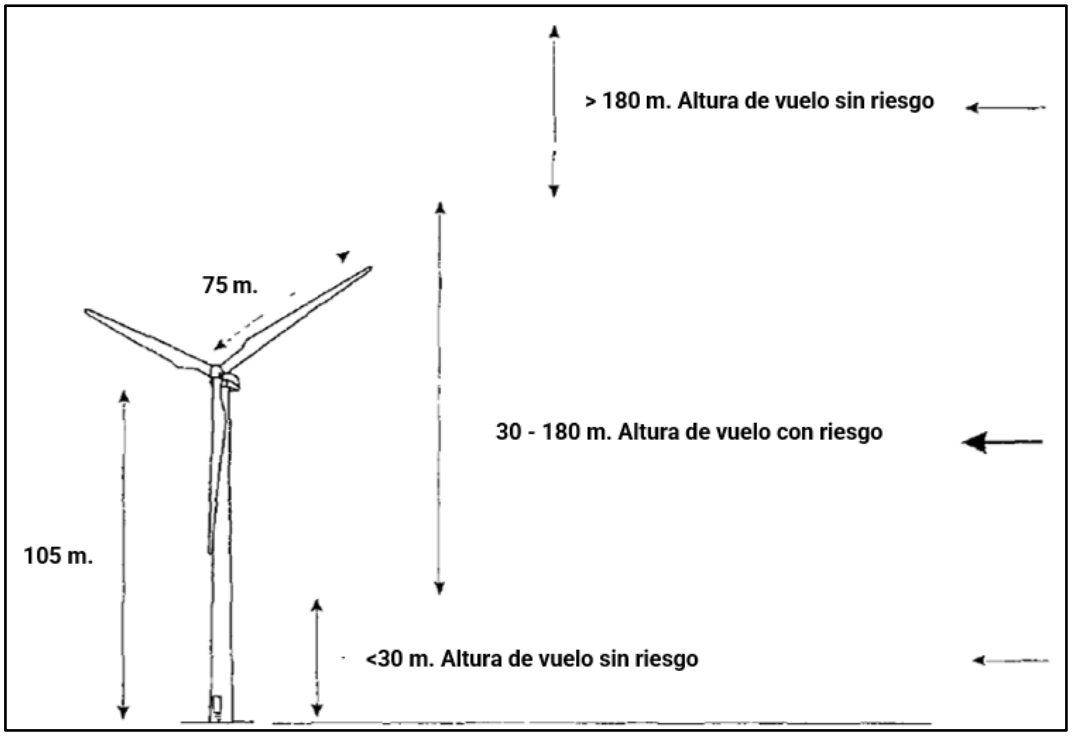


Figura 23. Relación alturas de vuelo con aerogenerador. Modelo V150 – 6.0, Fuente: Elaboración propia.

Con las alturas definidas para cada modelo, se calculado la media y se tiene como resultado la siguiente clasificación:

Altura de vuelo		
Baja (B)	**Media (M)**	**Alta (A)**
<33m	33 - 153m	>153m
Riesgo		
Bajo	**Alto**	**Medio**

Tabla 15 Clasificación del riesgo de las alturas de vuelto.

Del estudio realizado en cuanto a las alturas de vuelo y comportamiento de las aves se presenta en la Tabla 16 aquellas especies que presentan riesgo de colisión alto y se adjunta como **ANEXO 11** el listado completo de las 103 especies.

Nombre	Nombre común	B	M	A	Montaña	Llanura	Comentarios
Milvus migrans	Milano negro				Alto	Alto	Abundante
Buteo buteo	Busardo ratonero				Alto	Alto	Abundante
Circaetus gallicus	Águila culebrera				Alto	Bajo	Densidades bajas. Migradora
Hieraaetus pennatus	Águila calzada				Alto	Medio	Forestal
Milvus milvus	Milano real				Alto	Alto	Especie muy sensible. Depende de poblaciones locales, migrantes e invernantes
Falco subbuteo	Alcotán europeo				Alto	Medio	Escasa
Falco tinnunculus	Cernícalo vulgar				Alto	Alto	Escasa
Circus pygargus	Aguilucho cenizo				Bajo	Alto	Esteparia. Migradora
Columba palumbus	Paloma torcaz			Migr.	Alto	Bajo	Riesgo alto en migración
Corvus corax	Cuervo grande				Alto	Medio	Montaña
Turdus philomelos	Zorzal común				Alto	Medio	Migrador nocturno
Tadarida teniotis	Murciélago rabudo				Alto	Sin datos	
Nyctalus noctula	Nóctulo común				Alto	Sin datos	
Bubo bubo	Búho real				Alto	Alto	Montaña

Tabla 16 Especies riesgo alto de colisión.

De la tabla anterior se puede decir que existe un mayor riesgo de afección a la fauna si el emplazamiento del parque se encuentra en la montaña, ya que de las 103 especies del inventario 13 de ellas se encuentran con un riesgo alto, frente a 6 especies con riesgo alto en la zona llana.

A este análisis habría que sumarle el efecto barrera, ya que no es lo mismo tener un parque con cinco aerogeneradores (modelo V150) frente a un parque con diez aerogeneradores (modelo V90). Para ellos se muestra gráficamente la relación de distancias entre dos aerogeneradores y luego se calcula la superficie final para cada modelo de aerogenerador.

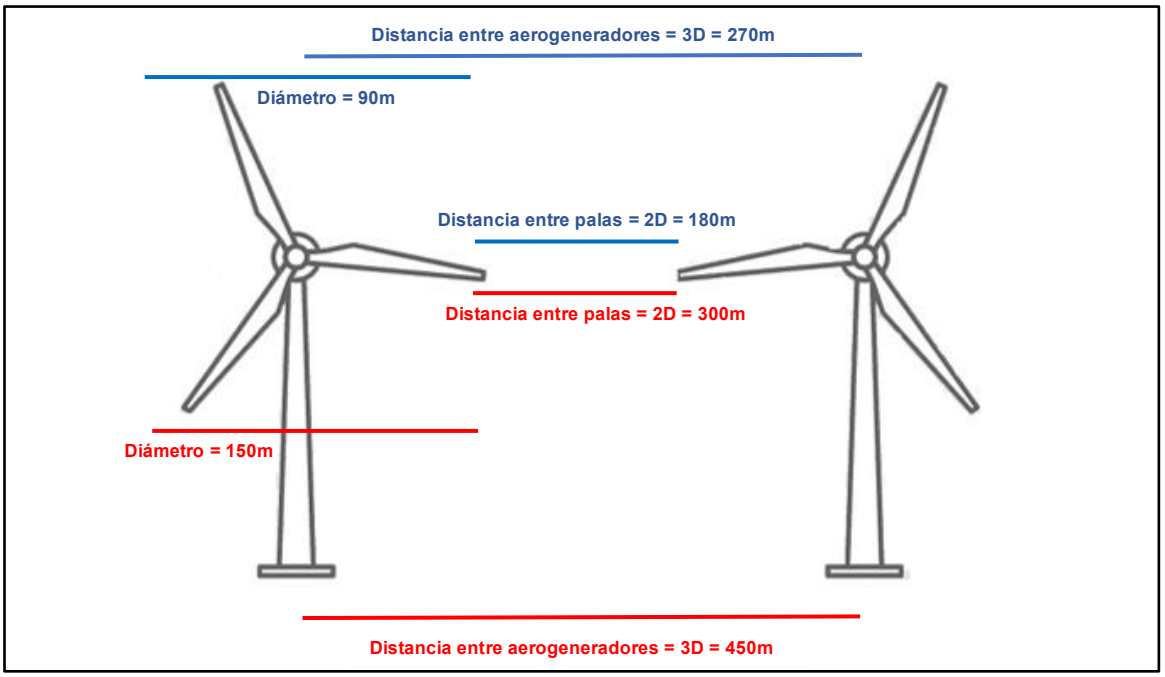


Figura 24 Efecto barrera horizontal.

En la Figura 24 están representadas las distancias en color rojo para el modelo V150, y en color azul para el modelo V90.

	Número de AGs	Diámetro de rotor (m)	Espacio entre palas (m)	Diámetro *número de AG	Espacio total entre las palas	Efecto barrera horizontal (m)
V190	10	90	180	900	1.620	2.520
V150	5	150	300	750	1.200	1.950

Tabla 17 Cálculo del efecto barrera para los modelos de aerogenerador V90 y V150.

Calculando el obstáculo que significarían la totalidad de los aerogeneradores de cada parque, se tiene que el efecto barrera teórico es mayor para las variantes con el modelo V90 con una diferencia de casi 600 metros.

Sin embargo, estos datos son teóricos, ya que podría darse que la separación entre los aerogeneradores sea superior a tres diámetros.

Lo que no sindica este factor es que utilizando aerogeneradores más pequeños seria necesario un mayor número de aerogeneradores y que por lo tanto el obstáculo para el vuelo de las aves se extiende en mayor superficie, además, el espacio que existe entre aerogeneradores teóricamente sería menor por lo que el "canal" de transito para las aves se vería reducido entre las aspas de un generador y aquel que se encuentra colindante.

Con los modelos más grandes existe el efecto contrario. A pesar de tener un diámetro de rotor más grande, los espacios entre aerogeneradores son mayor, por lo que el "canal" de tránsito para las especies sería superior y el riesgo de colisión disminuiría en comparación con el modelo más pequeño. Además, un menor número de aerogeneradores se encontraría ubicados en una superficie menor y el efecto barrera disminuiría.

6.3. Evaluación impacto Social

En este punto se realizará la evaluación en dos grupos diferentes, por un lado, los posibles impactos que podrían afectar a las poblaciones cercanas y por otro, los bienes culturales, el turismo de la zona y la afección al paisaje por visibilidad de los parques eólicos.

Tomando en cuenta el análisis previo realizado en el apartado **5. Desarrollo del** de los diferentes impactos que podrían afectar al patrimonio y a la población se presenta en los siguientes puntos el resumen en la Tabla 18 y la Tabla 19 ,ademas de la descripción de los resultados en cada una de ellas.

6.3.1. Análisis afección a la población

A la hora de elegir el emplazamiento para un parque eólico, es conveniente hacerlo a la mayor distancia posible de los núcleos poblacionales para disminuir los impactos negativos que pudieran causar el ruido, la sombra y la reflexión solar de los aerogeneradores. La variante más

próxima a un núcleo poblacional es la A.1, con una distancia de 980 m, las demás variantes se encuentran a una distancia superior a los 1.000m.

A partir de estos datos se procede con el análisis de impactos:

		Zona A		Zona B	
		A.1	**A.2**	**B.1**	**B.2**
Población	**Distancia a núcleos poblacionales**	930m	1.020m	1.370m	1.330m
	Efecto sombra	No se considera el impacto			
	Reflexión solar *(Condición= distancia al núcleo poblacional más cercano/diámetro de rotor = 10D)*	10,33D	6,80D	15,22D	8,87D
	Ruido *(Condición = distancia mayor a 6D para un nivel sonoro menor a 46 dB)*	10,33D	6,80D	15,22D	8,87D

Tabla 18 Evaluación de posibles impactos a la población

- **Efecto sombra:** A distancias entre 500 y 1.000m. no es necesario considerar la proyección de la sombra ya que, si un observador se encontrara a esta distancia del rotor de un aerogenerador no percibiría que la turbina está interceptando la luz. Además, el diseño del aerogenerador a mayores distancias se vería como un objeto más delgado o borroso, con tendencia a desaparecer. **No se considera el impacto.**
- **Reflexión solar**: Para minimizar este impacto se consideran dos opciones, pinturas antirreflejos para los equipos eólicos y una distancia igual o superior a 10 veces el diámetro del rotor, es decir que para el modelo V90 con un diámetro de rotor de 90m, la distancia mínima a los núcleos poblacionales sería de 900m, y para el modelo V150 con un diámetro de rotor de 150m la distancia mínima. Por lo tanto, las variantes A.1 y B.1 cumplirían con la distancia mínima a los núcleos de población y para las variantes A.2 y B.2 habría que analizar si la distancia y la utilización de pintura antirreflejos sería suficiente para reducir este impacto.
- **Ruido**: De manera teórica y consultado diferentes fuentes, para este trabajo se ha considerado que, a una distancia de seis diámetros de rotor (6D), el nivel sonoro del parque eólico produciría menos de 46dB, valor dentro de los parámetros aceptables de emisión de ruido tanto de día como de noche. Por lo tanto, para las cuatro variantes podría considerarse que no se genera impacto por ruido a la población, además de que el ruido generado quedaría disipado por el ruido de carreteras y la actividad misma de la población.

6.3.2. Análisis de afección al turismo y al paisaje

Para evaluar el impacto que el proyecto podría tener sobre los Bienes de Interés Cultural o yacimientos arqueológicos, se ha establecido según normativa que no debería realizarse ninguna actividad del proyecto en un perímetro menor a 200 metros de estos elementos. Se muestra a continuación, la relación de las distancias de estos elementos con cada una de las variantes:

		Zona A		Zona B	
		A.1	A.2	B.1	B.2
Patrimonio y bienes de interés cultural	**Monumentos naturales**	X	X	X	X
	BIC. Bienes de interés Cultural *(Restricción a 200 metros)*	>200m	>200m	>200m	>200m
	Yacimientos arqueológicos	>200m	>200m	>200m	>200m

Tabla 19 Evaluación de posibles impactos sobre el patrimonio.

- **Monumentos naturales:** No se encuentran cercanos a la zona del proyecto. **Sin afección**
- **Bienes de Interés Cultural**: Se encuentran a una distancia mucho mayor de 200 metros. **Sin afección.**
- **Yacimientos arqueológicos**: Se encuentran a una distancia mucho mayor de 200 metros. **Sin afección.**

Para evaluar el efecto que pudiera tener el proyecto sobre el turismo de la zona, más específicamente el recorrido del Camino de Santiago, se ha investigado sobre los antecedentes de otros parques eólicos en la zona y si estos han tenido problemas de rechazo social.

De toda la información consultada, se puede decir que la oposición social a los parques eólicos en Navarra se ha debido mayormente a que los proyectos afectaban en gran magnitud al medio ambiente y a sus ecosistemas.

En cuanto al turismo, el Camino de Santiago cruza por la Sierra del Perdón de manera colindante con el primer parque eólico de Navarra, que en su momento y al ser el primero no generó rechazo social. Con el aumento progresivo de los parques eólicos en Navarra, el rechazo ha ido aumentando, sin embargo, hoy en día el paisaje de Navarra incluye sierras con aerogeneradores.

Para evaluar el impacto sobre el paisaje, se ha realizado para las cuatro variantes un análisis de visibilidad de la zona, generando cuencas visuales y el alcance de visibilidad que los parques tendrían en la zona.

Ya que los emplazamientos se encuentran en dos zonas diferentes, el análisis a continuación hace una comparación por cada zona, es decir, que se compararán los resultados de la Variante A.1 frente a la Variante A.2, ya que entre los dos modelos utilizados existe una diferencia de altura de buje de 25m y sería interesante ver cómo influye esta diferencia de altura.

El mismo análisis se realizará para las variantes B.1 y B.2, que, al encontrarse sobre la sierra, serán aún más visibles que las variantes A.

En la Figura 25 se muestra la cuenca visual para la variante A.1. En la Figura 26 la cuenca visual para la Variante A.2.

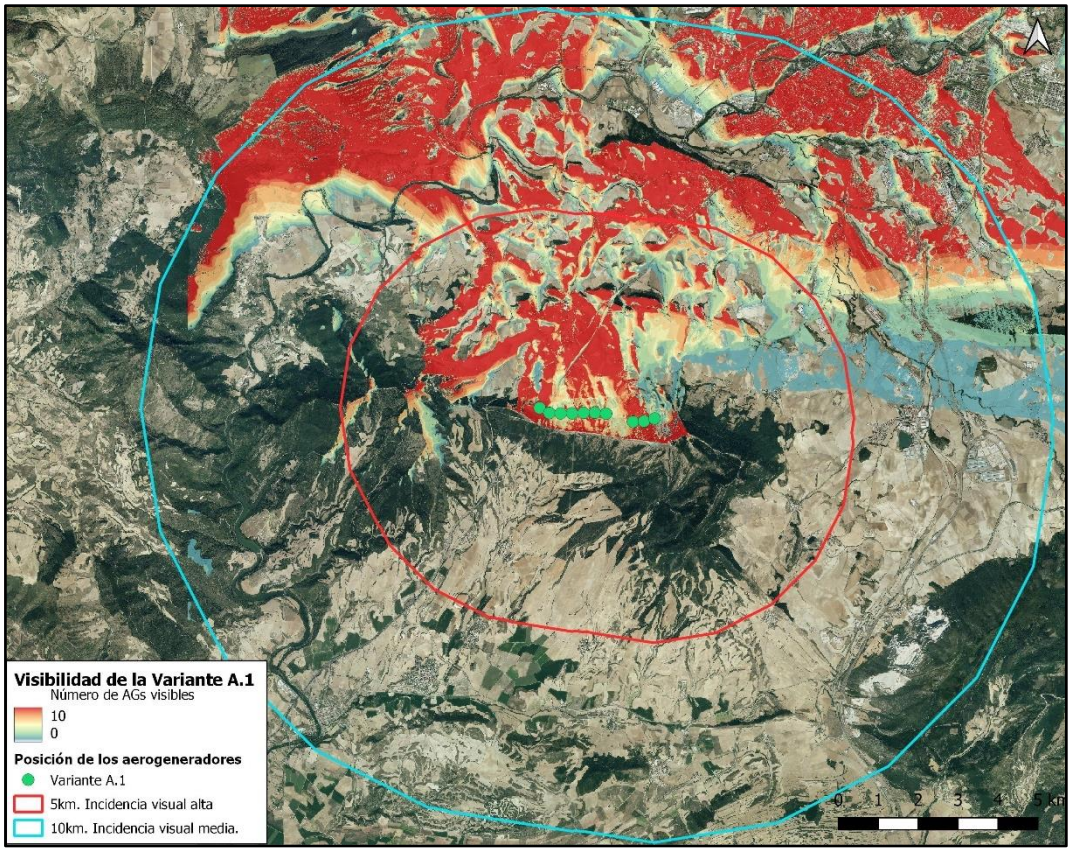


Figura 25 Cuenca visual Variante A.1. Fuente: Elaboración propia.

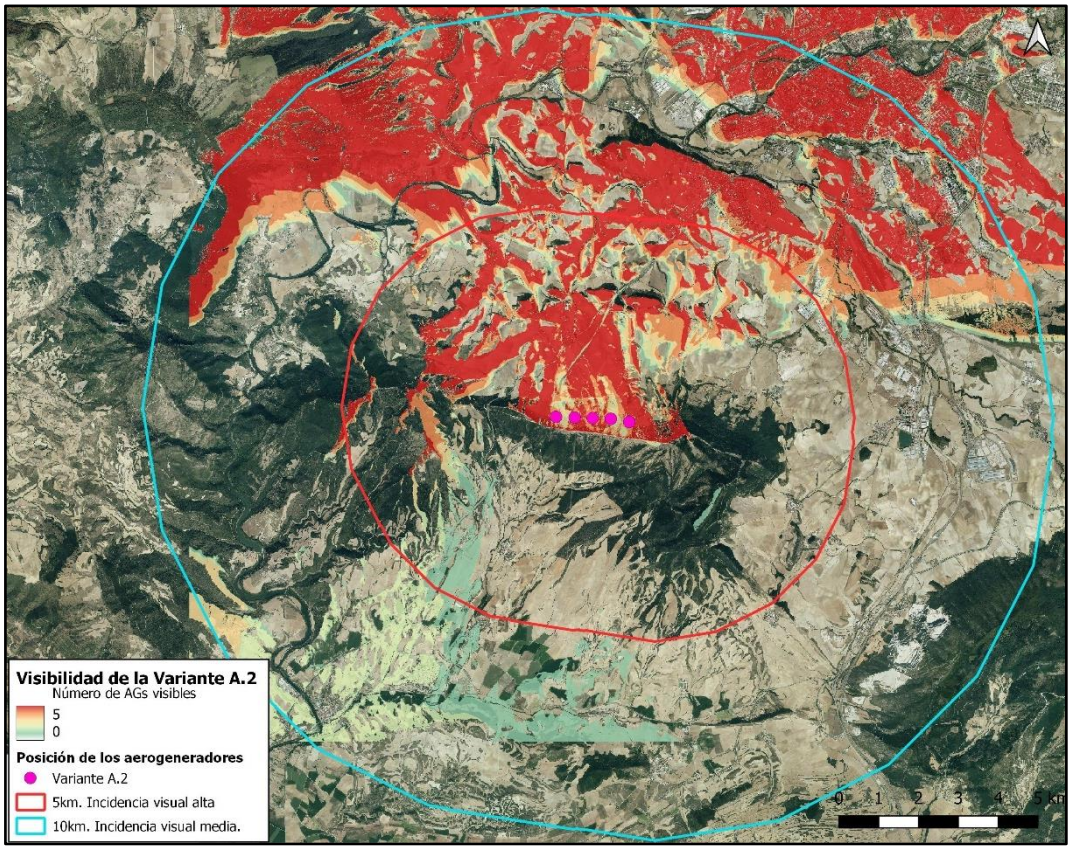


Figura 26 Cuenca visual Variante A.2. Fuente: Elaboración propia.

Comparando ambas imágenes se puede ver como la presencia de la sierra al sur de las variantes actúa como obstáculo visual, lo que significa que de la sierra hacia el sur las variantes no serán visibles.

Sin embargo, la Variante A.2 al tener 25m más de altura es visible al suroeste de la sierra, por los colores de referencia, en esta zona serán visibles entre uno y 3 de los aerogeneradores de esta variante.

Analizando la Variante A.1; por el mayor número de aerogeneradores y la posición en la que estos se encuentran (tres aerogeneradores más al este de la sierra), se puede ver una visibilidad de uno a dos aerogeneradores al este de esta, lo que no ocurre con la Variante A.2.

A grandes rasgos, las cuencas visuales son similares, sin embargo, la Variante A.2 por tener una mayor altura de buje, tendrá visibilidad de 3 aerogeneradores en una zona en la que la Variante A.1 no es visible.

Para la Zona B, se presentan en la Figura 27y la Figura 28 las cuencas visuales para las variantes B.1 y B.2.

Comparando con la Zona A, al encontrarse entre 100 y 200 metros a mayor altura, las variantes de la Zona B generan una cuenca visual mucho más amplia y casi en su totalidad de colores rojos y anaranjados, lo que indica la visibilidad de cuatro o cinco de los aerogeneradores.

Entre las variantes de esta zona se puede ver como la Variante B.2 es un tanto más visible que la Variante B.1. Hacia el norte de la zona de implantación y casi en el límite del buffer color rojo existen espacios en los que la variante B.1 no es visible y que la Variante B.2 si lo es, situación que se replica en diferentes zonas de las cuencas visuales. Esto se debe a la diferencia de 25 m de altura de buje que tiene el modelo de la Variante B.2

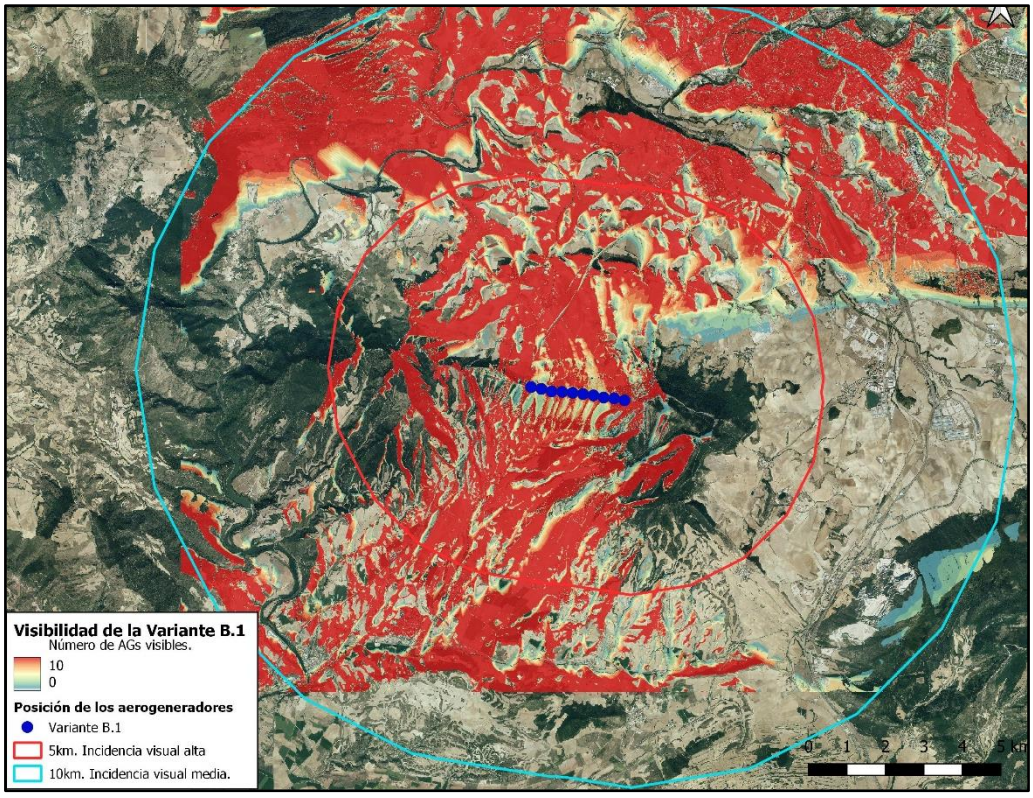


Figura 27 Cuenca visual Variante B.1. Fuente: Elaboración propia.

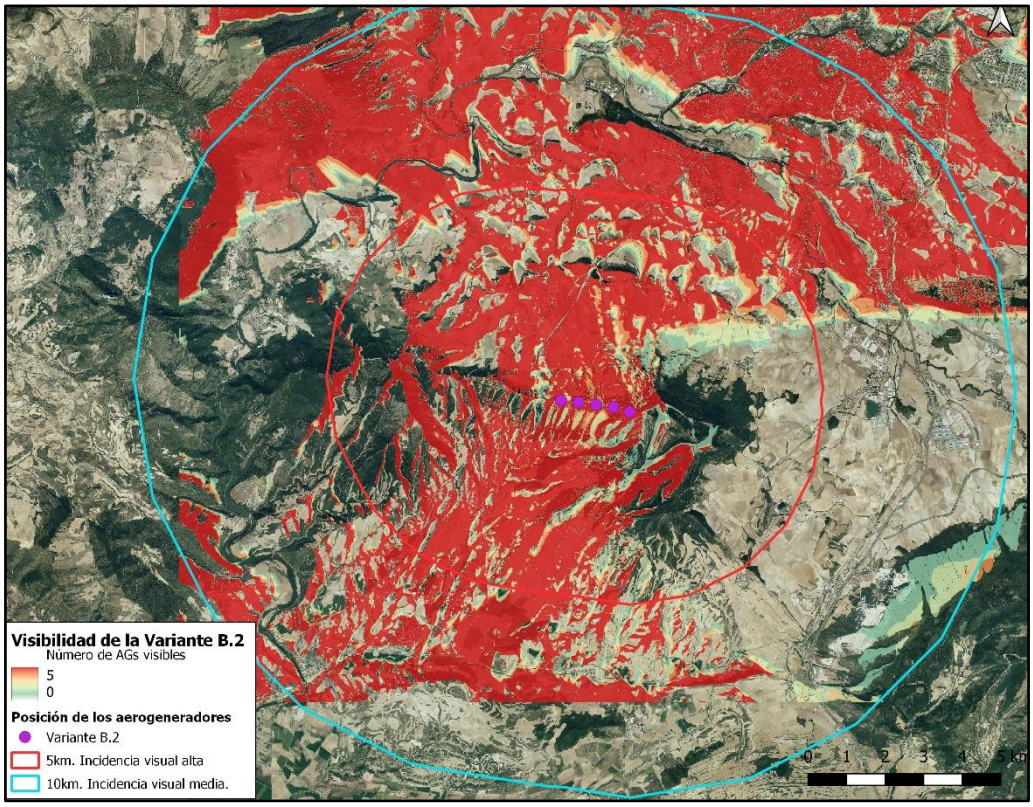


Figura 28 Cuenca visual Variante B.2. Fuente: Elaboración propia.

Como resumen de este análisis se presentan los resultados en la Tabla 20:

		Zona A		Zona B	
		A.1	A.2	B.1	B.2
Paisaje	Comparación por zonas	La Sierra del Perdón funciona como un obstáculo natural, el cual no permite que las variantes de esta zona sean visibles del lado sur de la sierra		Al encontrarse sobre la Sierra del Perdón, ambas variantes son mucho más visibles que las variantes de la Zona A.	
	Comparación por variantes	La diferencia de altura de buje de la variante A.2, hace que esta variante sea visible al suroeste de la sierra. El mayor número y posición de los aerogeneradores, hace que esta variante sea un tanto más visible al este de la sierra.		La cuenca visual es bastante amplia para ambas variantes, sin embargo, la Variante B.2 es visible en zonas en las que la B.1 no lo es.	

Tabla 20 Resumen del análisis de las cuencas visuales y el paisaje.

6.4. Análisis económico

Del WindPro, se han obtenido los datos de producción de cada parque eólico.

Los indicadores económicos se han calculado a través de una planilla de Excel, adjunto como **ANEXO 12** y en la cual se realizan todos los cálculos hasta llegar finalmente al Flujo de Caja Acumulados.

Todos los cálculos han sido realizados para cuatro hipótesis, correspondientes a cada una de las variantes, se han tomado en cuenta los siguientes datos:

- **Potencia instalada:** 30 MW para los cuatro parques.
- **Costos operativos de la eólica:** 25 €/kW.
- **Costo de la Inversión eólica:** Para la obtención de este valor, se ha tomado en cuenta un valor de CAPEX que varía según la hipótesis, en el siguiente cuadro se muestran los valares considerados en cada caso:

Variante (Hipótesis)	A.1	A.2	B.1	B.2
Tipo de turbina	3MW	6MW	3MW	6MW
Tipo de emplazamiento	Llano	Sierra	Llano	Sierra
	Valor €/kW			
WTGs	1000	900	1000	900
BOP	200	200	200	200
Conexión a Red	100	100	100	100
Otros	40	40	40	40
Adicional obra civil:	-	-	100	100
CAPEX	1340	1240	1440	1340

Tabla 21 Valores de CAPEX para cada variante. Fuente Elaboración propia con datos sugeridos por el tutor.

- **Coste medio ventas:** 1 €/MWh
- **Vida útil:** 25 años para los cuatro parques.
- **Valor terminal para eólica:** 0%
- **Inversión**: La inversión se realizará distribuida en dos años, 40% para el año 1 y 60% para el año 2, considerando que la mayor inversión se realizará en el periodo en el que comience la producción.
- **Tarifa/ PPA:** Establecido en 47 €/MWh. Según la plataforma de compra de energía LevelTen Energy y su último informe del "Resumen ejecutivo del índice de precios" [44], el precio del PPA para la eólica a comienzos del año 2022, estaba establecido en 65 €/MWh, sin embargo, es el precio en circunstancias actuales y tomando en cuenta diferentes factores que influyen de manera circunstancial, es decir que no es un precio realista para proyectos a largo plazo (25 años de vida útil), es por ello que se ha establecido para este proyecto un PPA de 47 €/MWh. Tomando en cuenta la misma referencia, y que este precio ha sido el precio estable durante un par de años.

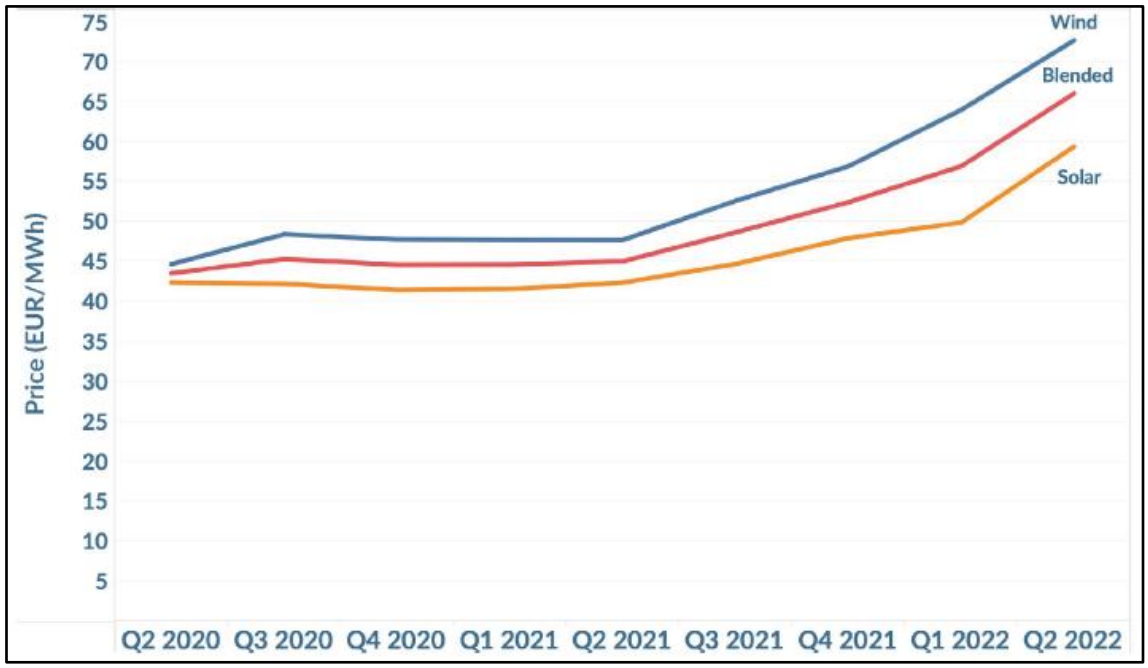


Figura 29 PPA. Fuente LevelTen Energy.

- **Inflación**: 2%
- **Tasa impositiva**: 25% establecido por la Agencia Tributaria.
- **Tipo de interés:** 4%
- **WACC:** 6%.

Como indicadores de rentabilidad a evaluar y comparar, se tienen los siguientes:

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** En este tipo de proyectos, la tasa de rentabilidad es de alrededor el 6-7%, por lo tanto, si se obtiene un TIR superior a 6%, es conveniente realizar la inversión.
- **Valor Actual Neto (VAN):** Para que un proyecto sea rentable, el valor tendrá que ser siempre positivo. El VAN se define como la diferencia actualizada entre los ingresos de toda la vida útil del proyecto y el valor presente de todos los ingresos que se obtiene durante la vida de un proyecto.
- **Periodo de retorno**: Corresponde con el tiempo necesario para recuperar la inversión total, es decir el número de años en los que el flujo de caja acumulado cambia de negativo a positivo.
- **Levelized Costo of Energy (LCOE):** Es el costo de la energía producida, se busca el LCOE más bajo ya que este define que hipótesis es más rentable.

Se presenta a continuación, en la Tabla 22 Resultados de los indicadores de rentabilidad para cada parque eólico. los resultados de los indicadores de rentabilidad y posteriormente se describen en el apartado de cada una de las variantes.

Comparativa de LCOE según hipótesis				
	Hipótesis A.1	**Hipótesis A.2**	**Hipótesis B.1**	**Hipótesis B.2**
Potencia (MW)	30	30	30	30
Producción (MWh)	79.552	118.465	139.422	158.016
Coste operativos (€/año)	900.000	750.000	900.000	750.000
Costos de inversión (€)	40.200.000	37.200.000	43.200.000	40.200.000
TIR	3,52%	8,95%	9,06%	11,82%
VAN (€)	-8.460.798	10.592.594	12.782.617	23.812.075
Periodo de retorno (años)	16	10	9,5	7,6
LCOE (€/kWh)	0,040	0,025	0,024	0,020

Tabla 22 Resultados de los indicadores de rentabilidad para cada parque eólico.

6.4.1. Flujo de Caja Variante A.1

En la Figura 30 se representa el flujo de caja acumulado para la variante A.1, en la cual se puede ver que el periodo de retorno es de 16 años, es un periodo bastante alto ya que, si se considera que la vida útil de la planta es de 25 años significa que el retorno de la inversión ocurriría luego de la mitad de la vida útil del parque (12.5 años).

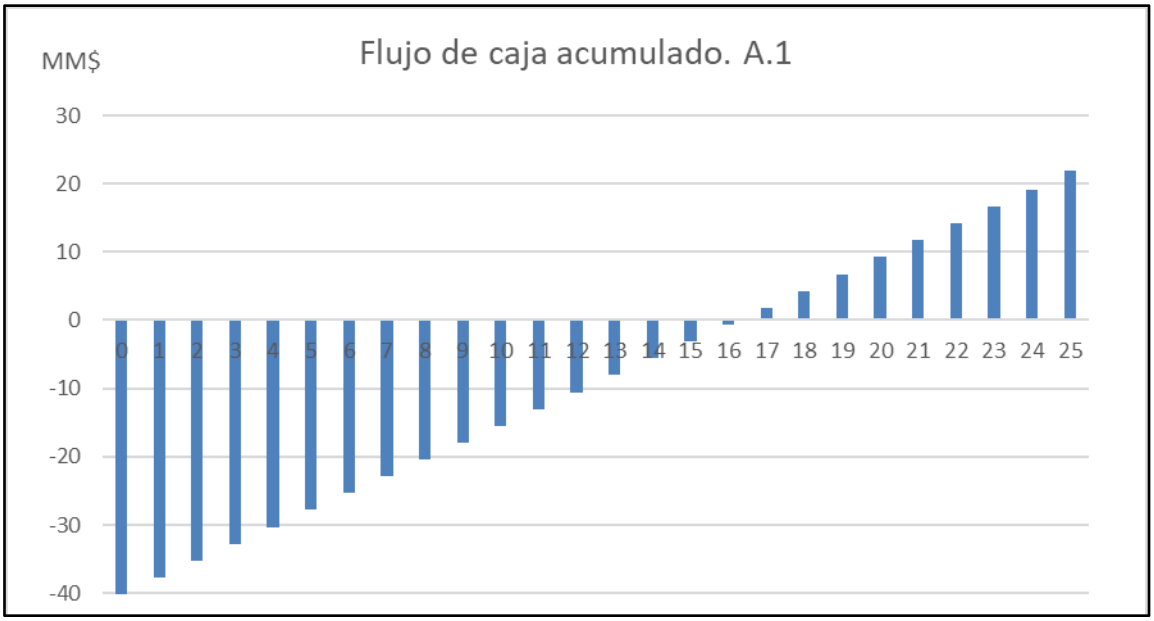


Figura 30 Flujo de caja acumulado variante A.1.

En cuanto a los otros indicadores de rentabilidad, con un costo de inversión de 40.200.000€ y un TIR de 3,52%, lo que nos indica que no es un parque rentable, por ello el alto periodo de retorno de la inversión, además de un VAN negativo y un LCOE de 0,040(€/kWh)., superior a 0,025(€/kWh). Que según el informe del IRENA [45] donde se muestra que en el 2021 el LCOE para este tipo de proyectos es 0,025 (€/kWh), por lo tanto, un valor superior a 0,025 significaría una menor rentabilidad

Por lo tanto, no sería conveniente la realización de este parque eólico, se necesitaría una producción mucho mayor para que los indicadores de rentabilidad tengan una valoración más alta.

6.4.2. Flujo de Caja Variante A.2

En la Figura 31 se representa el flujo de caja acumulado para la variante A.2, en la cual se ve que el periodo de retorno es de 10 años, un periodo considerado bastante bueno ya que significaría que la inversión ocurriría antes de la mitad de la vida útil del parque, considerando que la inversión es menor para esta variante 37.200.000€ frente a los 40.200.000€ de la variante A.1, a pesar de encontrarse en el mismo emplazamiento y con el mismo recurso eólico, los aerogeneradores funcionan de manera más eficiente, por lo que la producción es mayor y el periodo de retorno es menor.

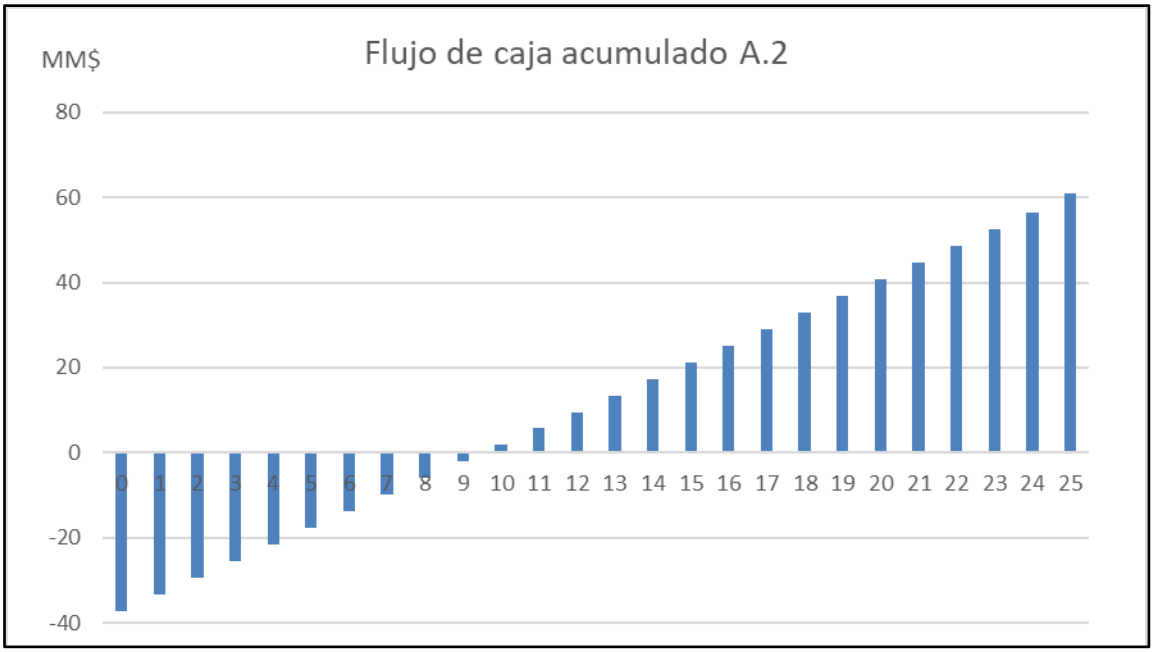


Figura 31 Flujo de caja acumulado variante A.2.

En cuanto a los otros indicadores de rentabilidad, se consigue un TIR de 8,95%, superior al 6% establecido como mínimo como indicador de rentabilidad. Al final de la vida útil del proyecto se consigue un VAN positivo de 10.592.594€ valor suficiente para que una empresa pudiera acometer este proyecto, por lo tanto, se considera que esta variante es rentable a nivel económico.

El valor del LCOE es de 0,025 (€/kWh), resultado alineado con los datos obtenidos del informe del IRENA [45] donde se muestra que en el 2021 el LCOE para este tipo de proyectos es 0,025 (€/kWh).

Por lo tanto, esta variante, en el mismo emplazamiento que la Variante A.1 muestra mayor rentabilidad y por lo tanto mayor eficiencia de los aerogeneradores.

En cuanto a las Zona A, sería más rentable implantar el diseño de la variante A.2 con el modelo de aerogenerador V150.

6.4.3. Flujo de Caja Variante B.1

En la Figura 32 se representa el flujo de caja acumulado para la variante B.1, en la cual se puede ver que el periodo de retorno es de 9,5 años, al igual que para la variante A.2, es un periodo considerado bastante bueno ya que significaría que la inversión ocurriría antes de la mitad de la vida útil del parque.

Con una inversión inicial de 43.200.000€ los resultados para el TIR son de 9,06% y un LCOE de 0,025€/kWh, ambos indicadores muestran la rentabilidad del proyecto ya que el VAN al finalizar el proyecto sería de 12.782.617€.

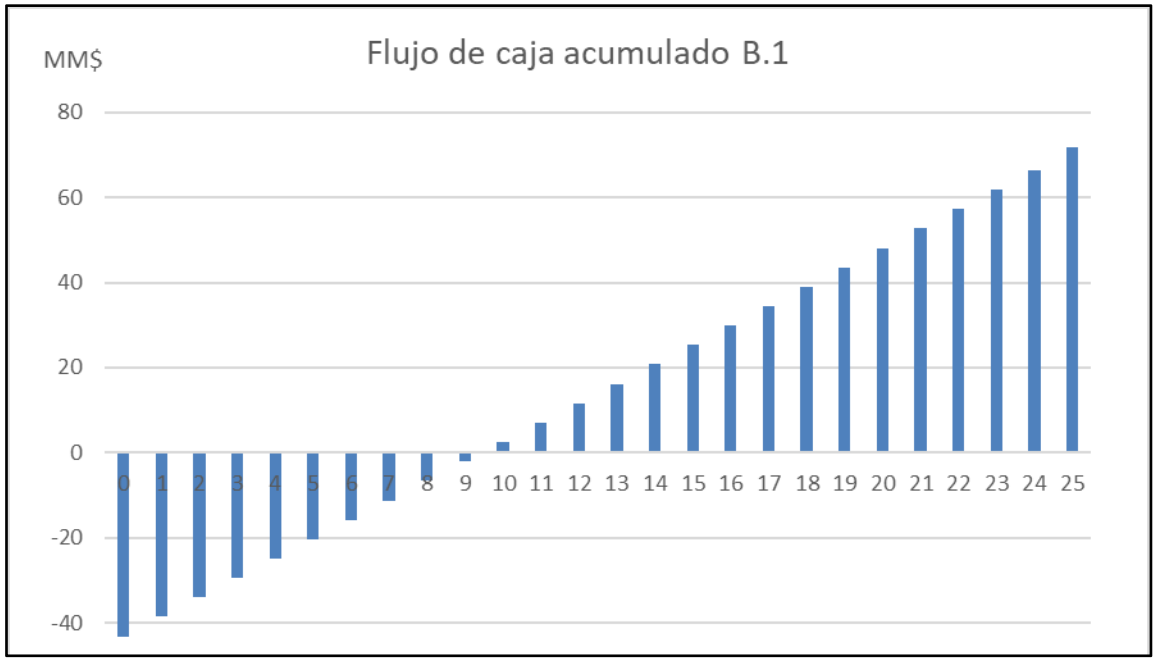


Figura 32 Flujo de caja acumulado variante B.1.

6.4.4. Flujo de Caja Variante B.2

Según la Figura 33 el periodo de retorno para esta variante comenzaría a partir de la segunda mitad del año 7. Un excelente periodo de retorno para un proyecto con vida útil de 25 años.

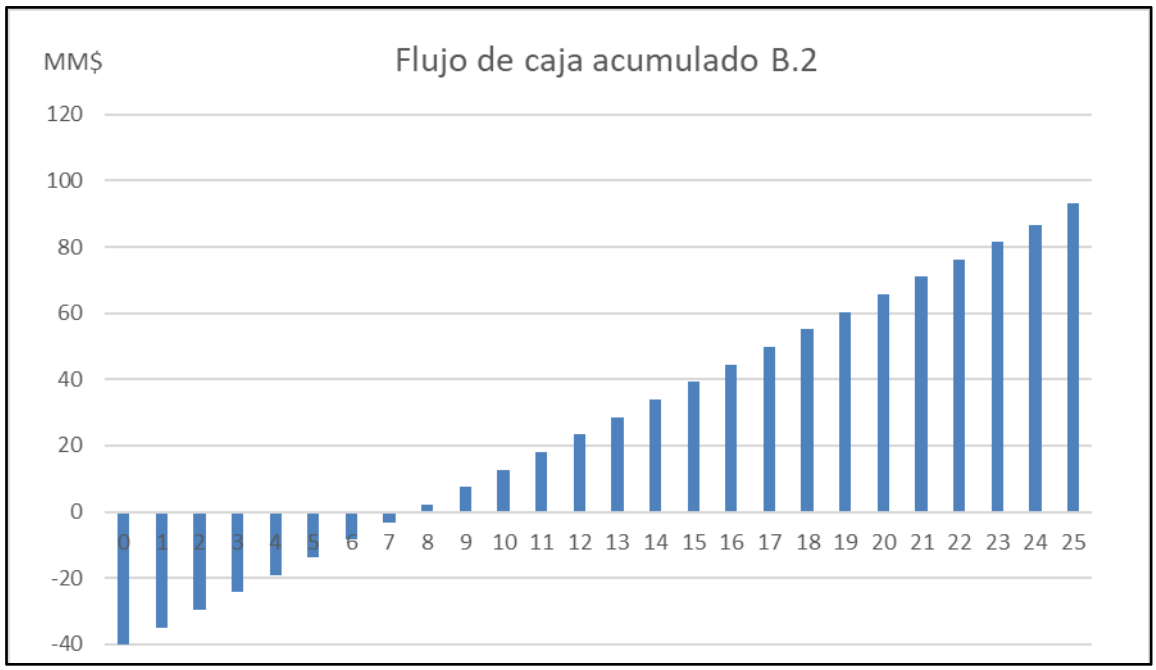


Figura 33 Flujo de caja acumulado variante B.2.

El LCOE tiene un valor de 0,020€/kWh, un resultado menor al indicado como referencia por el IRENA, lo que indica que, a menor valor, mayor rentabilidad.

Por otro lado, el TIR corresponde a un 11,82% que también muestra un excelente valor de rentabilidad ya que el VAN sería 23.812.075€ al finalizar la vida útil del proyecto.

Para la Zona B, donde se encuentran las variantes B.1 y B.2, se ha demostrado que ambos parques cumplen con la rentabilidad económica necesaria para plantearse el realizar uno de estos proyectos, sin embargo, la variante B.2 cuenta con mejores indicadores de rentabilidad; 2 años de diferencia para el periodo de referencia y casi el doble del VAN, además de un valor más bajo en cuanto al LCOE.

7. CONCLUSIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para analizar los resultados de cada parque se realizará una comparación en cuatro aspectos diferentes, en primer lugar, los resultados de producción, en segundo y tercer lugar, los aspectos sociales y ambientales y finalmente el análisis económico.

Para esta comparación se establecerá un rango de puntuación de 1 a 4, siendo el número 1 el indicativo de menor impacto, mejor rendimiento o valor económico y el número 4 el mayor impacto y menor rendimiento o valor económico. Para la evaluación ambiental y social el 0 indica que no existe un impacto negativo.

7.1. Conclusiones Técnicas

Una vez analizados los resultados en el punto 7.1 Desarrollo de los parques eólicos , y según la escala de valoración mencionada anteriormente del 0 al 4, los resultados de los parques eólicos quedarían de la siguiente manera:

		Zona A		Zona B	
		A.1 (V90)	**A.2 (V150)**	**B.1 (V90)**	**B.2 (V150)**
Producción	Generación (MWh/año)	4	3	2	1
	Factor de capacidad	4	3	2	1
	Total	**8**	**6**	**4**	**2**
				1	*Mejor valoración*
				2 y 3	*Valoración media*
				4	*Peor valoración*

Tabla 23 Ponderación de los resultados para la producción de los parques.

Comparando por zonas:

- Zona B: para ambas variantes se las ha valorado con los mejores resultados ya que tienen una mayor generación anual y un mayor factor de capacidad, esto debido a que en esta zona se trabaja con una velocidad media de más 10m/s, velocidad que estaría próxima a la velocidad en la que se alcanza la potencia nominal, por lo tanto, a lo largo del año se estaría trabajando con mayor eficiencia.
- Zona A: la producción para la variante A.1 es bastante menor que la producción para la variante A.2 a pesar de tener velocidades medias similares, esto debido a que los aerogeneradores con un mayor diámetro de palas se adaptan mejor a las velocidades medias bajas, además de que la velocidad de arranque es a las 3m/s, velocidad que para la variante A.1 es de 4m/s.

  La velocidad media en esta zona varía entre 7,5 y 8m/s, por lo tanto, la variante A.2 con el modelo V150 se encontraría más cercana a la velocidad a la que se alcanza la potencia nominal (12m/s) por lo tanto, esta variante trabajaría con mayor eficiencia frente a la variante A.1. Esto se refleja en el factor de capacidad que para la variante A.1 es de 27,2% y para la A.2 es de 40,5%.

Comparando el modelo con mejores resultados (V150):

Las variantes A.2 y B.2 están conformados por este modelo de aerogenerador y según la curva de potencia del modelo, a partir de los 12m/s se alcanza la potencia nominal, por lo tanto, teniendo velocidades medias para la A.2 de 8m/s y para la B.2 10,3m/s, la variante B.2 estaría trabajando con una mayor eficiencia ya que la velocidad media se acerca más a la velocidad nominal.

Como conclusión final en cuanto a la producción, será siempre más eficiente utilizar el aerogenerador V150. La velocidad de arranque es de 3m/s frente a 4m/s del aerogenerador V90, lo que indica que a velocidades más bajas el modelo V150 estaría produciendo antes que el modelo V90.

En cuanto a la curva de potencia que nos indica que la velocidad a la que se alcanza la potencia nominal es a 12m/s, lo que indicaría que en la Zona A con velocidades medias más bajas el modelo V150 se adapta mejor y estaría más cerca de la velocidad nominal de producción. Lo mismo ocurre para la Zona B, donde la velocidad media es de 10m/s, por lo tanto, el modelo V150 estaría trabajando a una velocidad casi igual a la velocidad nominal, por lo que el rendimiento de la maquina a lo largo del año sería más eficiente.

7.2. Conclusiones Ambientales

Se presenta a continuación, la ponderación para cada uno de los elementos ambientales en relación con las variantes del proyecto:

		Zona A		Zona B	
		A.1	**A.2**	**B.1**	**B.2**
Flora y Fauna	Red Natura 2000. ZECs	0	0	0	0
	Red Natura 2000. ZEPAs y APFS	0	0	0	0
	RENA. Red de Espacios Naturales Protegidos	0	0	0	0
	APFS. Área de Protección de Fauna Silvestre	0	0	0	0
	Zonas de Proteción de Aves Esteparias	0	0	0	0
	IBAs. Important Bird Areas	0	0	0	0
	Inventario Ambiental de Especies (riesgo de colisión)	3	3	4	4
	Inventario Ambiental de Especies (efecto barrera)	4	3	4	3
	Corredores ecológicos WWF (restricción en el entorno inmediato)	3	2	4	1
	HICs. Hábitats de interés comunitario	0	0	0	0
	Total	**10**	**8**	**12**	**8**
				0	*Sin impacto*
				1	*Mejor valoración*
				2 y 3	*Valoración media*
				4	*Peor valoración*

Tabla 24 Ponderación de los resultados para el impacto ambiental.

Para áreas protegidas y hábitats de interés comunitario no existe afección por parte de ninguna de las variantes debido a la lejanía o ausencia de estos elementos en el área de estudio.

Sin embargo, si se presentaran estos elementos de manera más cercana al proyecto, sería necesario evaluar si en las actividades en la fase de construcción se darían con más proximidad. En cualquiera de las variantes la afección sería la misma ya que las actividades no cambiarían.

En cuanto a la fauna, definir qué zona y altura de vuelo representan mayor riesgo es un análisis complejo. A lo largo del año las aves cambian su comportamiento según su estado fenológico. Existen especies que utilizan zonas de reproducción diferentes a las zonas en las que habitan normalmente y que además las zonas de alimentación también podrían variar, además de las especies migratorias que dependiendo del tipo pueden migrar en bandos con un gran número de individuos y el recorrido que hacen podría verse obstruido por la presencia de un nuevo parque. Existen especies que tiene la capacidad de cambiar de ruta, lo que implicaría un mayor gasto energético además del estrés causado por la desorientación si el cambio de ruta es significativo. También existen especies que mantienen su ruta de migración y que la presencia de un parque eólico podría significar una alta probabilidad de colisión si se encuentra en su ruta migratoria.

A lo largo de los años y con diferentes estudios de mortalidad en parques eólicos existentes, los estudios se centran en los efectos de los aerogeneradores en las grandes rapaces se ha demostrado que un 78% de las aves muertas en Estados Unidos fueron paseriformes protegidos. Probablemente ocurra lo mismo en Europa y no se haya documentado el efecto debido a la metodología utilizada a la hora de hacer los seguimientos de la mortalidad.[43]

El problema para registrar mortalidad en especies más pequeñas puede deberse a diferentes factores, en primer lugar, el tiempo de descomposición y desaparición de los cuerpos es menor para aves más pequeñas, y, en segundo lugar, el carroñeo, que los cuerpos de las aves se vean desplazados por mamíferos o por otras especies de aves carroñeras.

Además, la información disponible sobre mortalidad de aves es muy escasa y existe una gran variabilidad en la mortalidad detectada entre parques eólicos. Según las Directrices para la evaluación de impactos de los parques eólicos en aves y murciélagos [43] es complicado aproximarse al impacto real ya que: 1) solo se ha realizado un seguimiento de un porcentaje pequeño de los aerogeneradores, 2) por lo general solo se analiza el impacto a través de las mortalidades detectadas y no sobre las poblaciones, 3) No se suelen utilizar correcciones usando la tasa de detección y de desaparición de los cadáveres, 4) existe una gran falta de transparencia en los seguimientos del impacto por parte de las compañías y las administraciones y 5) en muchas ocasiones la metodología empleada no es la adecuada.

En conclusión, no existe información suficiente sobre estudios de mortalidad en parques eólicos existentes ya que la metodología utilizada no está siendo eficiente y que además el comportamiento de las aves según el periodo del año y la ubicación del parque puede ser muy variable.

No existe una metodología exacta que pueda predecir la mortalidad de las aves por colisión con aerogeneradores, o que pueda definir qué zona es menos peligrosa. Sin embargo, con el análisis teórico realizado en este proyecto, podría decirse que la presencia de parques eólicos en montañas y sierras significaría un mayor riesgo de colisión, y que, para una misma potencia instalada, será mejor utilizar aerogeneradores de mayor tamaño ya que el efecto barrera sería menor por el número reducido de aerogeneradores utilizados y por la distancia a la que se encontrarían entre sí.

7.3. Conclusiones Sociales

Luego de realizar el análisis de cada uno de los factores en el punto 7.3 Evaluación impacto Social y considerando que para algunos elementos no existiría afección, la escala de valoración va desde el 0 (indicando que no hay impacto) hasta el 4, siendo el 1 la mejor valoración y el 4 la peor valoración:

		Zona A		Zona B	
		A.1	**A.2**	**B.1**	**B.2**
Patrimonio y bienes de interés cultural	Monumentos naturales	0	0	0	0
	BIC. Bienes de interés Cultural	0	0	0	0
	Yacimientos arqueológicos	0	0	0	0
Turismo	Visibilidad. Afección al paisaje	1	2	3	4
	Camino de Santiago	4	4	4	4
Población	Distancia a núcleos poblacionales	0	0	0	0
	Efecto sombra	0	0	0	0
	Reflexión solar	0	4	0	3
	Ruido	0	0	0	0
	Total	**5**	**10**	**7**	**11**

0 Sin impacto
1 Mejor valoración
2 y 3 Valoración media
4 Peor valoración

Tabla 25 Ponderación de los resultados para los aspectos sociales del proyecto.

En primer lugar, se descartan los posibles impactos al patrimonio y a los bienes de interés cultura. Los elementos identificados se encuentran a una distancia muy lejana por lo que no se verían afectados.

En segundo lugar, las cuencas visuales muestran que las variantes ubicadas sobre la Sierra del Perdón generan un mayor impacto visual, al no existir ningún obstáculo que impida su visualización, sin embargo, como se mencionó antes, para este análisis no se han tomado en cuenta los obstáculos naturales ni antrópicos, por lo que la visibilidad de cualquiera de las variantes disminuiría.

En cuanto a las zonas, si bien los aerogeneradores con mayor altura tienden a ser más visibles, en el conjunto de aerogeneradores que conforma un parque eólico, el número de

aerogeneradores también influye en la visibilidad, ya que con un mayor número de máquinas la superficie ocupada es más extensa y por lo tanto más visible.

Por otro lado, para la afección al turismo y el Camino de Santiago, se ha ponderado con un 4 (peor valoración) a las cuatro variantes, ya que tomando en cuenta que en la zona ya existen otros parques eólicos, implantar un nuevo parque implicaría el aumento de los impactos acumulativos en la zona.

Finalmente, para los posibles impactos a la población, todas las variantes se encuentran a una distancia óptima para reducir impactos por sombra o por ruido, sin embargo, para las variantes B.1 y B.2 habría que considerar alguna medida de mitigación como pintura antirreflejante, ya que la distancia no es suficiente para evitar este impacto.

7.4. Conclusiones Económicas

Una vez analizados los resultados del punto 7.4 Análisis económico y según la escala de valoración mencionada anteriormente del 1 al 4, los resultados de los parques eólicos quedarían de la siguiente manera:

		Zona A		Zona B	
		A.1 (V90)	**A.2 (V150)**	**B.1 (V90)**	**B.2 (V150)**
Análisis económico	**TIR**	4	3	2	1
	VAN	4	3	2	1
	Periodo de retorno	4	2	2	1
	LCOE	4	3	2	1
	Total	**16**	**11**	**8**	**4**
		1 Mejor valoración *2 y 3 Valoración media* *4 Peor valoración*			

Tabla 26 Ponderación de los resultados para la rentabilidad económica de los parques.

En primer lugar, habría que descartar la variante A.1, ya que sus indicadores de rentabilidad muestran datos negativos y un periodo de retorno elevado. Esta variante no es viable económicamente. El valor correspondiente para el VAN es un valor negativo, el TIR es muy bajo (3,52%) y el valor del LCOE es 0,040€/kWh, superior a 0,025€ establecidos por el IRENA.

En la misma zona de implantación, la variante A.2 presenta mejores resultados, 10 años para el periodo de retorno, un LCOE de 0,025€/kWh, un VAN positivo correspondiente con 12.782.617€ y un valor de TIR de 9,06%.

Sin embargo, las variantes presentes en la Zona B muestran mejores valores de indicadores de rentabilidad, aunque ambos parques muestran resultados realmente buenos, la Variante B.2 es la que tiene una mayor rentabilidad, comenzando porque el periodo de retorno es de 7,6 años, el valor del LCOE es menor al establecido (0,020€/kWh) por lo tanto sinónimo de mayor rentabilidad y finalmente un VAN de 23.812.075€, valor que casi suplica el VAN para la variante B.1.

Por todo ello, se ha definido que la Variante A.1 es la peor en cuestiones de viabilidad económica, que la variante A.2 presenta buenos resultados pero que las variantes de la Zona B son aún mejores. Es por ello por lo que la variante con mejor ponderación es la Variante B.2. Esto se debe a la producción de cada parque eólico, a mayor producción mayor rentabilidad, por lo tanto, los aerogeneradores de mayor tamaño funcionan de manera más eficiente lo que da como resultado una mayor producción y por lo tanto mayor rentabilidad.

7.5. Conclusión global

En cuestión de producción y rentabilidad, utilizar aerogeneradores V150 implicará una mayor producción ya que la velocidad de arranque y la velocidad a la que se alcanza la potencia nominal es menor, es decir, que la producción del modelo V150 estará siempre por encima de la producción del modelo V90.

A mayor producción, mayor rentabilidad, es por ello por lo que se descarta la utilización del modelo V90 para la zona llana. La producción generada no es suficiente para cumplir con los parámetros de rentabilidad de un proyecto.

En zonas con mayor altitud el recurso eólico es mayor, por ello que la producción y la rentabilidad son mayores en la sierra. En cuestión de modelos a utilizar en la sierra por el mismo motivo mencionado anteriormente, la curva de potencia del modelo V150 muestra que en la Zona B (sierra) la variante B.2 será más eficiente, ya que este modelo alcanza la potencia nominal a 12m/s y la velocidad media de la zona es de 10m/s, por lo tanto, se estaría trabajando cerca de la potencia nominal.

Comparando la producción de las variantes y el periodo de retorno, se confirma la relación de producción y rentabilidad. La Variante B.2 con la mayor producción tiene un periodo de retorno de 7,6 años y la variante A.1 con menor producción tiene un periodo de retorno de 16 años.

Por otro lado, los impactos a la población, en todos los casos están ligados a la distancia a la que el parque eólico se encuentre de una entidad poblacional. Los efectos de ruido y de sombra disminuirán con la distancia. En este caso, para las cuatro variantes, al encontrarse a distancias similares los resultados han sido similares y no se ha considerado que se genere impacto negativo sobre la población.

Para la afección al paisaje se puede concluir que, a mayor altura, mayor visibilidad y que un mayor número de aerogeneradores también implica mayor visibilidad. Los parques en emplazamientos montañosos o de sierra serán siempre más visibles que aquellos que se encuentren en una zona más baja, y los parques que cuenten con un mayor número de aerogeneradores serán visibles en una mayor superficie. Considerando que la producción es mayor en la sierra, sería conveniente utilizar un menor número de aerogeneradores (V150) ya que la visibilidad no variará mucho por la diferencia de altura de buje ya que si se utiliza un mayor número de aerogeneradores (V90) la superficie de ocupación será mayor y la visibilidad

aumentaría, por lo tanto, la diferencia de altura de buje y de número de aerogeneradores daría como resultado una visibilidad similar.

Finalmente, para los impactos ambientales, en primer lugar, se considera la distancia a la que los parques se encuentran de áreas protegidas. En este proyecto, para las cuatro variantes la distancia es similar, por lo que se ha considerado que no se generan afecciones a las áreas protegidas.

En segundo lugar, los impactos negativos sobre la fauna. El análisis es muy complejo ya que hay que considerar muchas variantes en cuanto al comportamiento de las especies voladoras, además, no existe una metodología que permita tener resultados exactos en cuanto a afección a aves y murciélagos. La fauna voladora tiene comportamientos muy cambiantes a lo largo del año y que, además, pueden variar mucho según el emplazamiento. Dos parques ubicados en zona montañosa, pero en diferentes ubicaciones geográficas darían resultados completamente diferentes.

De los resultados teóricos obtenidos en este trabajo se puede concluir que existe un mayor riesgo de mortalidad en la Zona B y que el efecto barrera es mayor para los aerogeneradores del modelo V90, por lo tanto lo óptimo sería la implantación de la variante A.2 (zona llana y modelo V150).

Como conclusión final y combinando todos los aspectos (producción, rentabilidad y afecciones), se puede decir que la mejor opción es la Variante B.2 ya que la producción y la rentabilidad justifican la inversión y que los impactos ambientales en su mayoría son similares por las distancias a las que se encuentran de áreas protegidas y de núcleos poblacionales.

En cuestión de afección a la fauna, sería necesario realizar un estudio anual para evaluar el comportamiento y la presencia de las especies en la zona ya que como se ha mencionado anteriormente, la información disponible no es suficiente para sacar conclusiones reales, solamente teóricas.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] "Evolución de la energía eólica en Europa - Iberdrola." https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/evolucion-energia-eolica-europa (accessed Aug. 15, 2022).

[2] "La eólica en España - Asociación Empresarial Eólica." https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/ (accessed Aug. 15, 2022).

[3] J. M. Pintor, F. Lera-Lopez, J. Faulin, and J. García, "Energía eólica y empleo el caso de Navarra como paradigma," 2006. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/28141237

[4] "Navarra rechaza tres parques eólicos por su grave impacto ambiental." https://www.noticiasdenavarra.com/economia/2022/06/18/navarra-rechaza-tres-parques-eolicos-5264965.html (accessed Oct. 09, 2022).

[5] "AEE - Asociación Empresarial Eólica." https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/preguntas-frecuentes/ (accessed Aug. 15, 2022).

[6] "Eólica Onshore – Greenalia." https://www.greenalia.es/lineas-de-negocio/eolica-onshore/ (accessed Aug. 12, 2022).

[7] "Funcionamiento de los parques eólicos terrestres - Iberdrola - Iberdrola." https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/como-funcionan-parques-eolicos-terrestres (accessed Aug. 14, 2022).

[8] "Atlas mundial del viento." https://globalwindatlas.info/about/introduction (accessed Aug. 14, 2022).

[9] "Aerogeneradores: partes y funcionamiento - Actitud ecológica." https://actitudecologica.com/energias-renovables/eolica/aerogeneradores/ (accessed Aug. 21, 2022).

[10] "Partes principales de un aerogenerador." https://www.airpes.com/es/partes-aerogenerador/ (accessed Aug. 21, 2022).

[11] "AEROGENERADOR | Medidas, potencia, partes y funcionamiento." https://como-funciona.co/un-aerogenerador/ (accessed Aug. 21, 2022).

[12] "Todo sobre palas de aerogeneradores - Iberdrola." https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/palas-aerogeneradores (accessed Aug. 21, 2022).

[13] "Diseño de una torre de medición de viento para auditoría de recurso eólico."

[14] "LAS AMENAZAS INDUCIDAS POR LOS PARQUES EÓLICOS." https://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/viabilidad/59.htm (accessed Sep. 26, 2022).

[15] “BOE.es - BOE-A-2018-16674 Ley 9/2018, de 5 de diciembre.” https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16674 (accessed Aug. 09, 2022).

[16] J. María and P. Goñi, “navarra-geografía.”

[17] “About home | ECMWF.” https://www.ecmwf.int/en/about (accessed Sep. 26, 2022).

[18] MITECO, “MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO ALCANCE DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTO DE PARQUE EÓLICO TERRESTRE.”

[19] “Centro de Descargas del CNIG (IGN).” http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LIDAR# (accessed Aug. 06, 2022).

[20] “IDENA.” https://idena.navarra.es/portal/descargar (accessed Aug. 06, 2022).

[21] “Web oficial de WWF España | WWF España.” https://www.wwf.es/ (accessed Aug. 21, 2022).

[22] “Red Natura 2000.” https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/ (accessed Aug. 10, 2022).

[23] “Naturaleza. Espacios naturales - navarra.es.” http://www.navarra.es/home_es/Navarra/Asi+es+Navarra/Naturaleza/Espacios+protegidos.htm (accessed Aug. 10, 2022).

[24] “Decreto floral 86/1995.” http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28557 (accessed Aug. 21, 2022).

[25] “Peña de Etxauri.” https://aquila-a-life.org/index.php/es/aquila-a-life/objetivos/localizaciones-del-proyecto/24-localizaciones-del-proyecto/navarra/42-pena-de-etxauri (accessed Aug. 21, 2022).

[26] “Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBA).” https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ibas.aspx (accessed Aug. 22, 2022).

[27] “Áreas Importantes para la Conservación de Aves - SEO/BirdLife.” http://www.seo.org/iba (accessed Aug. 22, 2022).

[28] “Bases de datos del Inventario Español de Especies Terrestres.” https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/bdn-ieet-default.aspx (accessed Aug. 17, 2022).

[29] “SEO Birdlife - Sociedad Española de Ornitología.” https://seo.org/ (accessed Aug. 18, 2022).

[30] “Informe sobre corredores ecológicos ‘Autopistas Salvajes’ | WWF España.” https://www.wwf.es/informate/actualidad/?46440/Informe-sobre-corredores-ecolgicos-Autopistas-Salvajes (accessed Aug. 21, 2022).

[31] “capas principales.rar.” https://www.dropbox.com/s/puey73d7ou4v12z/capas%20principales.rar?dl=0 (accessed Aug. 22, 2022).

[32] “Tipos de hábitat de interés comunitario.” https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_tipos_habitat_IC.aspx (accessed Aug. 22, 2022).

[33] “Hábitat (Directiva 92/43/CEE) (de 26 La Rioja a 50 Zaragoza).” https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/habitat_descargas_2.aspx (accessed Aug. 22, 2022).

[34] “Criterios utilizados por la Subdirección General de Biodiversidad y Medio Natural para la determinación del perjuicio a la integridad de Espacios de la Red Natura 2000 por afección a Hábitats de interés comunitario. SUBDIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD Y MEDIO NATURAL DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD Y CALIDAD AMBIENTAL.”

[35] “Patrimonio natural. Monumentos naturales - navarra.es.” http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Patrimonio+natural/Monumentos+naturales.htm (accessed Aug. 22, 2022).

[36] “Lexnavarra, Monumento natural.” http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=29923 (accessed Aug. 22, 2022).

[37] “BOE.es - Ley Foral 14/2005, de 22 de noviembre, del Patrimonio Cultural de Navarra.” https://www.boe.es/eli/es-nc/lf/2005/11/22/14/con (accessed Aug. 22, 2022).

[38] “Bienes de Interés Cultural. Monumentos protegidos - Conjunto de datos | datos.gob.es.” https://datos.gob.es/es/catalogo/a15002917-bienes-de-interes-cultural-monumentos-protegidos (accessed Aug. 22, 2022).

[39] “PALACIO Y DESPOBLADO DE GUENDULÁIN–Cendea de Cizur - Navarra.” http://arte-historia-curiosidades.blogspot.com/2013/04/palacio-de-guendulain-cendea-cizur-bic.html (accessed Aug. 22, 2022).

[40] “NECRÓPOLIS MEDIEVAL DE SAN ESTEBAN - Beriáin.” http://arqueologianavarra.blogspot.com/2015/05/beriain-necropolis-medieval-san-esteban.html (accessed Aug. 22, 2022).

[41] “Impactos Parques Eólicos.” https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282537/Fase_Consultiva_Anexo_9b.pdf (accessed Sep. 27, 2022).

[42] “Medición y cálculo de los niveles de sonido.” http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/env/db/dbdef.htm (accessed Sep. 27, 2022).

[43] “MANUAL-MOLINOS-VERSION-31_WEB”.

[44] LevelTen Energy, “PPA Price Index Executive Summary.”

[45] I. Renewable Energy Agency, *Renewable power generation costs in 2021*. 2022. [Online]. Available: www.irena.org

9. ANEXOS

ANEXO 1. Procedimiento con el WindPro.

ANEXO 2. Park_A.1

ANEXO 3. Park_A.2

ANEXO 4. Park_B.1

ANEXO 5. Park_B.2

ANEXO 6. Resource_Resgen – 80m

ANEXO 7. Resource_Resgen – 150m

ANEXO 8. STATGEN_Estadísticas de viento – 80m

ANEXO 9. STATGEN_Estadísticas de viento – 150m

ANEXO 10. Mapa de ubicación del proyecto, elementos naturales y arqueológicos.

ANEXO 11. Listado de aves

ANEXO 12. Planos de visibilidad

ANEXO 13. Excel con cálculos económicos.

ANEXO 1. Procedimiento con el WindPro.

ANEXO 1. PROCEDIMIENTO WINDPRO.

Metodología de emplazamientos utilizando el WindPro.

En primer lugar, se ha elegido la zona en la que se encontrarán los parques eólicos partiendo de la necesidad de encontrar una zona que presente llanura y sierra, ya que se propondrán dos emplazamientos con dos variantes cada uno.

El primer emplazamiento será en una llanura, denominada Zona A, para este emplazamiento se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, la primera variante denominada A.1 estará compuesta por 10 aerogeneradores del modelo VESTAS V90 3.000, con una potencia nominal de 3.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

La segunda variante denominada A.2 estará compuesta por 5 aerogeneradores del modelo VESTAS V150-6.0, con una potencia nominal de 6.000 kW, lo que dará como resultado una potencia nominal instalada de 30.000 kW (30 MW).

El segundo emplazamiento se encontrará en una sierra, denominada Zona B, para este emplazamiento al igual que para la Zona A, se harán dos variantes de parque utilizando dos tamaños diferentes de aerogeneradores, con las mismas características mencionadas anteriormente, por lo tanto, las variantes serán denominadas B.1 y B.2.

En segundo lugar, luego de consultar el Global Wind Atlas, buscando una velocidad de viento superior a 6 m/s a una altura de 100 metros, se ha definido las zonas de emplazamiento como la Sierra del Perdón (Cizur) y las llanuras que se presentan al norte de manera colindante, ambas zonas se encuentran en la Comunidad Foral de Navarra.

Datos de los aerogeneradores seleccionados:

Nombre	Potencia nominal (kW)	Velocidad de viento (m/s)	Velocidad del viento de corte (m/s)	Diámetro (m)	Área de barrido (m²)	W/m²	Altura de buje predef. (m)
VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O!	6.000	3.0	25.0	150	17.671,45	339,5	105,0
VESTAS V90 3000 90.0 !O!	3.000	4.0	25.0	90	6.361,72	471,6	80,0

Tabla 1 Datos de los aerogeneradores seleccionados.

Se presenta a continuación las coordenadas UTM de referencia para ambas zonas:

	Coordenadas UTM	
	X	Y
Zona A	604938,0	4732517,1
Zona B	603854.1	4732106.3

Tabla 2 Coordenadas UTM de referencia para los emplazamientos.

Por lo tanto, la denominación de los parques eólicos y sus variantes quedaría de la siguiente manera:

	Llanura	Sierra
	Zona A	Zona B
VESTAS V90 3000	A.1	B.1
VESTAS V150-6.0	A.2	B.2

Tabla 3 Denominación de las variantes del proyecto.

Teniendo las coordenadas de ambos emplazamientos, se ha procedido a la utilización del programa WindPro, y en primer lugar se ha realizado el desarrollo del parque eólico A.1.

A. PARQUE EÓLICO ZONA A

VARIANTE A.1

1. **Localización del Proyecto:**
   Al abrir el WindPro, introducir las coordenadas UTM (ETRS89 Zona 30) del emplazamiento (X 604938, Y 4732517) para localizar el proyecto > Aceptar.

2. **Generar estructura de capas** para mantener un orden de la información generada, para esta estructura de capas se han considerado las siguientes:

- **Capa 1**: Para el centro del emplazamiento
- **Curvas de nivel:** Mapa de las curvas de nivel
- **Rugosidad:** Mapa de rugosidad.
- **Torre Meteo.**
- **Torre Meteo - Filtrado:** Meteo con datos anómalos filtrados.
- **Site Data:** Capa donde se posicionan los demás elementos (Statgen, Resgen, WAsp)
- **Layout 30MW**
    - **Layout A.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque A.1 (Llanura, AG 3.0 MW).

Adicionalmente, para el diseño de los 3 parques con las otras variantes, también se han generado las siguientes capas:

- **Layout A.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW:** Parque A.2 (Llanura AG 6.0 MW).
- **Layout B.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW:** Parque B.1 (Sierra AG 3.0 MW).
- **Layout B.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW**: Parque B.2 (Sierra AG 6.0 MW).

3. **"Añadir mapa",** para las imágenes de fondo y mapas de Elevación, Rugosidad, RedNatura2000, etc.

- Añadir mapa > Importar desde servidor WMS > "…" Añadir > "Titulo" **IGN Ortofoto** > "URL GetCapabilities"
  http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma?request=GetCapabilities&service=WMS > Aceptar > Ortoimagen > Previsualizar > "Teselas" 9 > "Guardar como BMI"

- Añadir mapa > Importar desde servidor WMS > "…" Añadir > "Titulo" **Sensibilidad Ambiental eólica** > "URL GetCapabilities" https://wmts.mapama.gob.es/sig/www/capabilities/evaluacionambiental/ea_energia_eolica/wms.xml > Aceptar > previsualizar > Teselas 9 > guardar como BMI.
- Añadir mapa > Importar desde servidor WMS > "…" Añadir > "Titulo" **RedNatura200** > "URL GetCapabilities"
  https://wms.mapama.gob.es/sig/Biodiversidad/RedNatura/wms.aspx? Previsualizar > "Teselas" 9 > "Guardar como BMI". En este caso, para RN2000 no se encontró ningun espacio cercano al área de estudio, por lo que el mapa será descartado, al igual que para las ZEPAs (Zonas de Especial Protección para Aves) con el servidor: https://wms.mapama.gob.es/sig/Biodiversidad/ZEPA/wms.aspx?
  Y para IBAS (Áreas importántes para la conservación de aves y la biodiversidad, servidor: https://wms.mapama.gob.es/sig/Biodiversidad/IBAS/wms.aspx?

4. **"Insertar objeto de línea":**

- **Para las curvas de nivel:** En primer lugar, seleccionar de la estructura de capas "Curvas de nivel", para que esta información se encuentre guardada únicamente en esta capa, luego localizar el objeto de línea en el emplazamiento > Datos > Finalidad > Height contour lines > Datos en línea > Spanish Elevation Model – 25m grid (30 zone) > Siguiente > Aceptar.
- **Para la rugosidad**: Seleccionar en la estructura de capas "rugosidad", luego, localizar el objeto de línea en el emplazamiento > Datos > Finalidad > Roughness lines >Datos en línea > Corine Land Cover 2018 – 100 m grid (por ser el más actualizado) > Siguiente > Aceptar.

5. "Meteo Object":

Seleccionar un punto en el área de estudio > Ventana Posición, Descripción "Torre Meteo" > Posición Fija> "Etiqueta de usuario" > "Capas" seleccionar en la estructura de capas "Meteo"

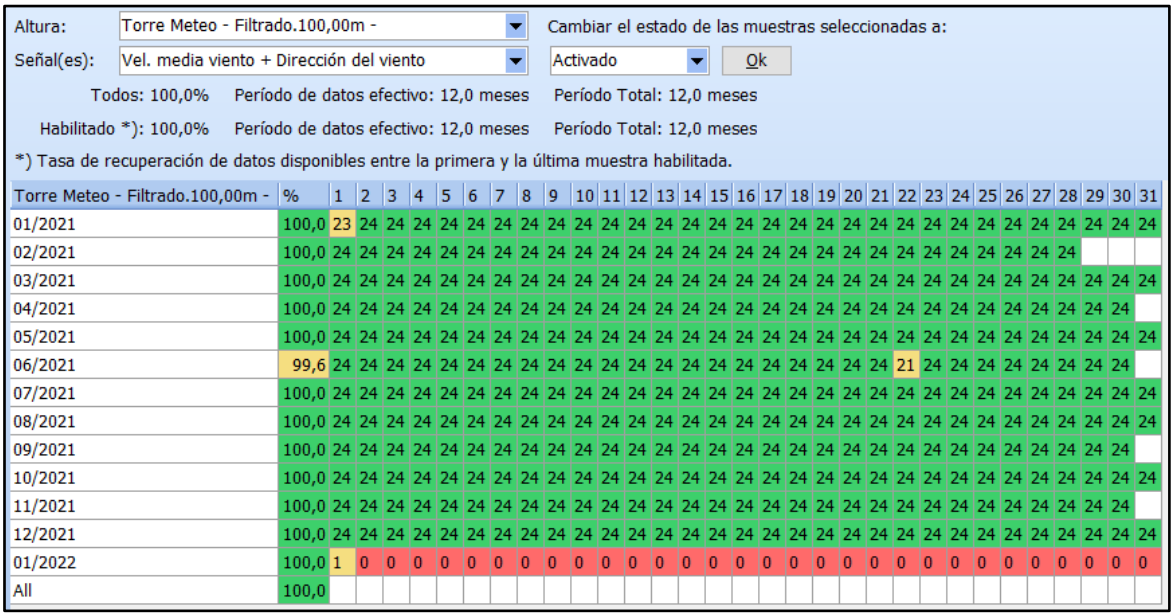
- Ventana "Guía" > IR en línea > "Seleccionar todo" (para visualizar las fuentes de información más cercanas al área de estudio) > "comprobar cobertura" > seleccionar la que esté más cerca, en este caso "EMD-WRF Europe+ (ERA5) > Aceptar > seleccionar el periodo de medidas, 01/01/2021 – 01/01/2022 > Aceptar. Los datos obtenidos se encuentran dentro de un rango de 10m hasta los 300m, considerando que la altura de buje de los aerogeneradores es de 80m y 105m, se han considerado los datos de la altura de 100m.
- En la pestaña de "Gráficos" es posible ver los datos de la velocidad media, dirección de viento e intensidad de turbulencia, temperatura, irradiación y humedad relativa, en esta ventana se puede seleccionar los "días en ventana", si se selecciona 3 días de visualización es posible ver a simple vista los datos anómalos, como ser las direcciones constantes por un tiempo elevado, velocidades muy altas o bajas por periodos prolongados, etc. Es decir, falla de los anemómetros, veletas o por paradas por mantenimiento. Paso siguiente, clonar esta capa para filtrar aquellos datos que se consideren anómalos y guardarla en la carpeta "Meteo – Filtrado".

El procedimiento básico es revisar las gráficas según los días hasta encontrar datos anómalos, en el caso de que se identificaran el procedimiento para filtrar estos datos es el siguiente: identificar el inicio del fallo > botón derecho > “Insertar intervalo inicial” > identificar final del fallo > “insertar intervalo final”, automáticamente se abrirá una ventana con los datos, en los cuales es necesario identificar si el dato filtrado corresponde a la velocidad, dirección o turbulencia.

El ícono de “Meteo Object” cambia de color a anaranjado .

“**Periodo de referencia**”:

El cual comienza el 01-01-2021 hasta el 01-01-2022. Para ver la disponibilidad de datos: clic sobre “Meteo A periodo de referencia” > Estadísticas > Disponibilidad. En esta ventana se ven los datos totales de disponibilidad, sobre 12 meses, se tiene una disponibilidad de 12 meses, lo que representa un 100% de datos disponibles.



Altura: Torre Meteo - Filtrado.100,00m - | Cambiar el estado de las muestras seleccionadas a:

Señal(es): Vel. media viento + Dirección del viento | Activado | Ok

Todos: 100,0% Período de datos efectivo: 12,0 meses Período Total: 12,0 meses

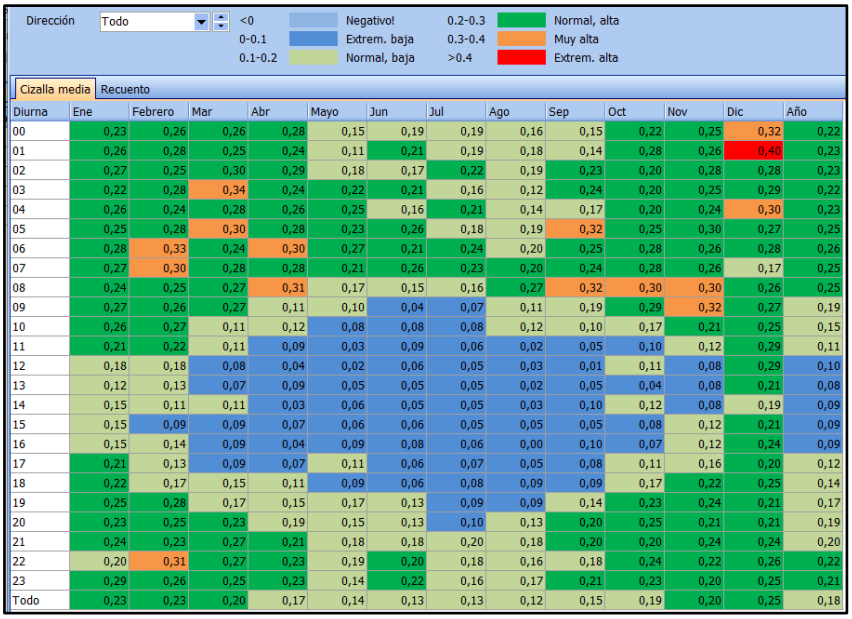
Habilitado *): 100,0% Período de datos efectivo: 12,0 meses Período Total: 12,0 meses

*) Tasa de recuperación de datos disponibles entre la primera y la última muestra habilitada.

Torre Meteo - Filtrado.100,00m -	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
01/2021	100,0	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
02/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24			
03/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
04/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
05/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
06/2021	99,6	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	21	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
07/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
08/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
09/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
10/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
12/2021	100,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
01/2022	100,0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
All	100,0																															

6. “**Extrapolación de la time series a la altura de buje**”:

Para extrapolar los datos, tenemos que tomar en cuenta el dato de la altura de buje del aerogenerador seleccionado, que para esta variante A es de 80 metros y la variante B es de 105 metros, entonces, en la capa “Torre Meto - Filtrado” > Datos > Configuración de datos > Añadir (desplegar) > “Añadir serie sintetizada” > Altura de referencia, seleccionar la altura más próxima a nuestra altura de buje, en este caso 75 metros > “altura”, se han seleccionado las alturas de 150m, 100m, 75m y 50m > “Estacional” seleccionar una resolución de 12 meses > “diurna” seleccionar una resolución de 24 horas > “Sectores” seleccionar resolución de 12 > “Calcular matriz de cizalla” > Mostrar matriz de cizalla > Aceptar > Aceptar



Dirección: Todo

<0	Negativo!	0.2-0.3	Normal, alta
0-0.1	Extrem. baja	0.3-0.4	Muy alta
0.1-0.2	Normal, baja	>0.4	Extrem. alta

Cizalla media | Recuento

Diurna	Ene	Febrero	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
00	0,23	0,26	0,26	0,28	0,15	0,19	0,19	0,16	0,15	0,22	0,25	0,32	0,22
01	0,26	0,28	0,25	0,24	0,11	0,21	0,19	0,18	0,14	0,28	0,26	0,40	0,23
02	0,27	0,25	0,30	0,29	0,18	0,17	0,22	0,19	0,23	0,20	0,28	0,28	0,23
03	0,22	0,28	0,34	0,24	0,22	0,21	0,16	0,12	0,24	0,20	0,25	0,29	0,22
04	0,26	0,24	0,28	0,26	0,25	0,16	0,21	0,14	0,17	0,20	0,24	0,30	0,23
05	0,25	0,28	0,30	0,28	0,23	0,26	0,18	0,19	0,32	0,25	0,30	0,27	0,25
06	0,28	0,33	0,24	0,30	0,27	0,21	0,24	0,20	0,25	0,28	0,26	0,28	0,26
07	0,27	0,30	0,28	0,28	0,21	0,26	0,23	0,20	0,24	0,28	0,26	0,17	0,25
08	0,24	0,25	0,27	0,31	0,17	0,15	0,16	0,27	0,32	0,30	0,30	0,26	0,25
09	0,27	0,26	0,27	0,11	0,10	0,04	0,07	0,11	0,19	0,29	0,32	0,27	0,19
10	0,26	0,27	0,11	0,12	0,08	0,08	0,08	0,12	0,10	0,17	0,21	0,25	0,15
11	0,21	0,22	0,11	0,09	0,03	0,09	0,06	0,02	0,05	0,10	0,12	0,29	0,11
12	0,18	0,18	0,08	0,04	0,02	0,06	0,05	0,03	0,01	0,11	0,08	0,29	0,10
13	0,12	0,13	0,07	0,09	0,05	0,05	0,05	0,02	0,05	0,04	0,08	0,21	0,08
14	0,15	0,11	0,11	0,03	0,06	0,05	0,05	0,03	0,10	0,12	0,08	0,19	0,09
15	0,15	0,09	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,12	0,21	0,09
16	0,15	0,14	0,09	0,04	0,09	0,08	0,06	0,00	0,10	0,07	0,12	0,24	0,09
17	0,21	0,13	0,09	0,07	0,11	0,06	0,07	0,05	0,08	0,11	0,16	0,20	0,12
18	0,22	0,17	0,15	0,11	0,09	0,06	0,08	0,09	0,09	0,17	0,22	0,25	0,14
19	0,25	0,28	0,17	0,15	0,17	0,13	0,09	0,09	0,14	0,23	0,24	0,21	0,17
20	0,23	0,25	0,23	0,19	0,15	0,13	0,10	0,13	0,20	0,25	0,21	0,21	0,19
21	0,24	0,23	0,27	0,21	0,18	0,18	0,20	0,18	0,20	0,20	0,24	0,24	0,20
22	0,20	0,31	0,27	0,23	0,19	0,20	0,18	0,16	0,18	0,24	0,22	0,26	0,22
23	0,29	0,26	0,25	0,23	0,14	0,22	0,16	0,17	0,21	0,23	0,20	0,25	0,21
Todo	0,23	0,23	0,20	0,17	0,14	0,13	0,13	0,12	0,15	0,19	0,20	0,25	0,18

Tabla 4 Matriz de cizalla. Variante A.1

Luego de obtener esta matriz, se genera una capa de alturas denominada “80,00 m – C Synth”, al ver que el recuadro no tiene color, quiere decir que no se han cargado los datos aún, por lo tanto, es necesario hacer clic sobre la columna 4 “Cizalla” y luego seleccionar el botón de “(Re)cargar ficheros para la altura seleccionada”.

7. **“Site data”, Generar Site Data** para la generación de estadísticas de viento:
   Ubicando este elemento en el mapa sobre el punto donde se ha emplazado la Torre Meteo, al abrirse una ventana nueva: Ventana Posición > “Posición anclada a otro objeto” > Vinculado a otro objeto “Torre Meteo - Filtrado” > Descripción: **Statgen – 80m** > Ventana Capas, seleccionar la capa “Site Data” > Ventana Finalidad > “ Usar en STATGEN (Generación de estadística de viento)” > Ventana Terreno, tendrán que estar presentes los objetos de curva de nivel y de rugosidad > Aceptar, siguiente a esto, el ícono cambia de color .

   Siguiente paso, y en la venta de “Cálculos” seleccionar “STATGEN (Generación de estadística de viento) > Ventana Principal, nombre “Estadística de viento – 80m > Ventana Statgen, seleccionar la torre “C Synth 80,00 m” > Aceptar > Calcular.

8. **Generar estadística de viento**: Una vez generado el Site data, dentro de STATGEN para visualizar los resultados, en “Análisis de Datos de viento” ya se pueden ver datos predominantes en cuanto a la velocidad y dirección de viento, y se puede ver que la dirección predominante del viento es hacia el norte, dato importante a la hora de posicionar más adelante los aerogeneradores para evitar pérdidas por estelas. También se puede ver que la velocidad media es de 7,44 m/s:

Torre Meteo - Filtrado; Altura: 80,0

Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,49	8,58	3,849	48,0
1 NNE	4,06	3,63	1,705	4,1
2 ENE	3,09	2,73	2,079	1,6
3 E	2,59	2,31	1,643	1,3
4 ESE	3,31	3,01	1,416	1,8
5 SSE	9,41	8,34	2,049	11,6
6 S	7,25	6,43	1,977	11,9
7 SSO	4,97	4,43	1,780	3,8
8 OSO	7,92	7,02	2,389	3,7
9 O	8,52	7,56	2,422	2,9
10 ONO	5,62	5,06	1,531	2,0
11 NNO	8,60	7,67	2,957	7,3
Todo	8,39	7,44	2,328	100,0

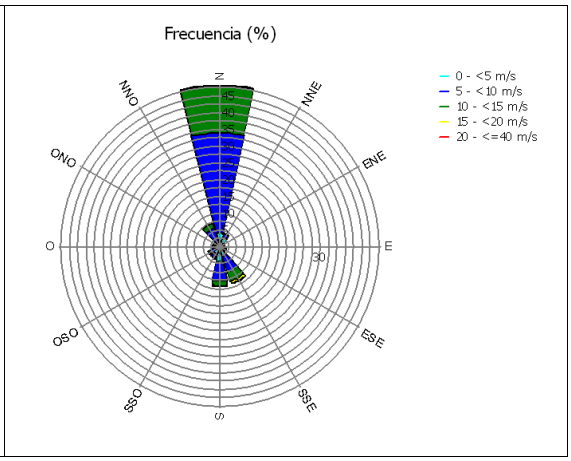


Gráfico 1 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Variante A.1.

9. **"Site data", WAsP** para modelos avanzados con WAsP:

Ubicando este elemento en el mapa sobre el punto donde se ha emplazado la Torre Meteo, al abrirse una ventana nueva: Ventana Posición > "Posición anclada a otro objeto" > Vinculado a otro objeto "Torre Meteo - Filtrado" > Descripción: "**WAsP – 80m"** > Ventana Capas, seleccionar la capa "Site Data" > Ventana Finalidad > " Usar en cálculo WAsP (modelo avanzado, requiere WAsP)" > Ventana Estadística de viento, seleccionar "Torre Meteo – Filtrado J Synth 80m", Spain y Aceptar > Ventana Terreno, tendrán que estar presentes los objetos de curva de nivel y de rugosidad > Aceptar, siguiente a esto, el ícono cambia de color .

10. **"Site data", Resgen**:

Clonando "WAsP – 80 m > Ventana posición, cambiar el nombre de la descripción por "**RESGEN – 80m"** > Ventana Finalidad "Para usar en RESGEN (Cálculo del Recurso Eólico) > Ventana Recurso/Área CFD > Selecc. Rectángulo > ampliar el rectángulo que aparece en la pantalla según nuestro criterio para el área completo de estudio > Aceptar, siguiente a esto, el ícono cambia de color .

Pestaña Cálculos: "Módulo RESOURCE (Mapa de recurso de viento/AEP) > Nombre: RESGEN > "Calcular mapa de recurso basado en Datos de Emplazamiento (RESGEN)" > Ventana Recurso > seleccionar datos de emplazamiento para el cálculo "RESGEN – 80m > Altura de buje, añadir altura de 80 m para este modelo (parque A.1) > Parámetros, seleccionar "vel. Media de viento m/s > Aceptar > Calcular.

El resultado de este cálculo nos permite visualizar los rangos de recurso eólico entre máximos y mínimos, lo cual nos da una idea previa de las zonas en las que sería óptimo ubicar el emplazamiento de los parques:

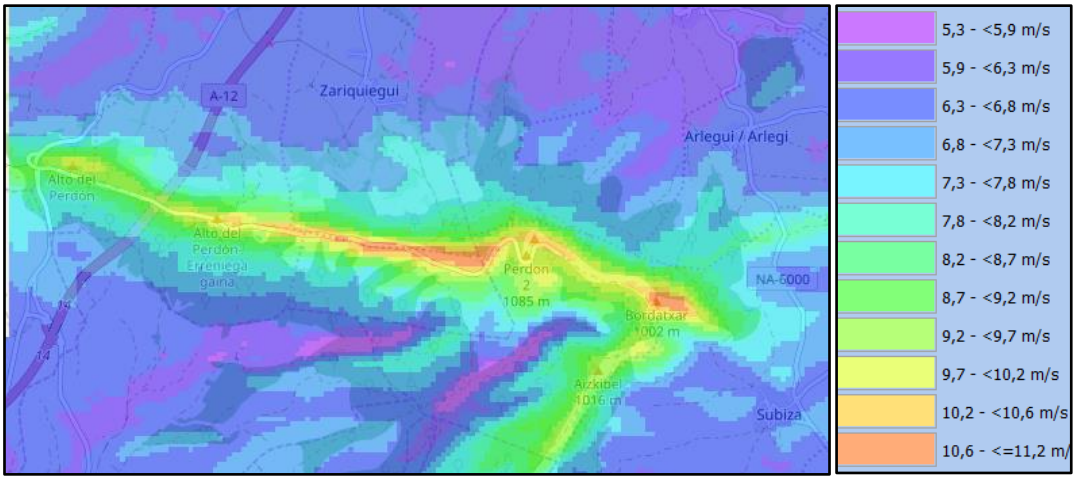


Figura 1 Mallado del recurso eólico y leyenda. Altura de buje 80m.

11. Insertar AG nuevo:

Dentro de la capa "**Layout A.1 - V90 3000 - 80 m. - (3x10) MW**" insertar los aerogeneradores nuevos, en este caso, para este modelo serán 10 unidades, siguiendo el mallado del recurso eólico posicionar los aerogeneradores donde exista mejor recurso en la zona, tomando en cuenta los núcleos poblacionales.

Insertar AG nuevo > Ventana Posición, descripción "A.1 (1)" > Ventana capa, posicionar en la capa del Layout A.1 > Ventana AG(s), seleccionar el modelo "VESTAS V90 3000 90.0 !O!" > Altura de buje 80 m > Ventana Círculos de distancia, definir el circulo con 3 diámetros de distancia (1,5) > Aceptar > clonar el objeto 9 veces para un total de 10 aerogeneradores.

Una vez posicionados los aerogeneradores, se procede al cálculo del parque. Cálculos > PARK (AEP del parque eólico basado en el MODELO o METEO) > Ventana Principal, "PARK Estándar con WAsP" y nombre "PARK: A.1" > Ventana Configuración, Calcular: N.O. Jensen (RISO/EMD) > Ventana AGs: seleccionar la capa donde se encuentran los AGs de esta variable > Ventana Distribución del viento, WAsP – 80m > Aceptar > Calcular.

En "Resultados principales" verificar la distancia de separación entre aerogeneradores, las perdidas por estelas (que sean menores a 7%), producción anual, etc.

"SITE COMPLIANCE", para calcular otros parámetros (clase de emplazamiento, clase de aerogenerador, etc.): Ventana Cálculos > SITE COMPLIANCE (Adecuación del AG al emplazamiento y Layout) > Ventana principal, nombre "PARK: A.1", seleccionar "Datos torre y modelos de flujo", "WAsP" y "Directo de torre, "Sobrescribir clase de diseño del AG con…" > Ventana Datos de torre, Altura principal: 100m, Utilizar en cal shear: todas las alturas > Ventana AGs, la variante A.1 > Ventana WAsP, Seleccionar STATGEN y "ejecutar cálculo WAsP" > Ventana Verificaciones IEC, calcular las verificaciones y análisis > Aceptar > calcular.

Para este punto (11) es posible guardar los reportes en PDF, por lo tanto, para cada parque se tendrán dos reportes, el primero que corresponde al Park y el segundo al Site compliance.

VARIANTE A.2

Modelo: VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O!

Para el cambio de variante, se harán algunos cambios a partir del punto **6 "Extrapolación de la time series a la altura de buje**", a partir de este punto, la altura de buje será 105 m. y para realizar la extrapolación de datos, se han considerado las alturas 75m, 100m, y 150m.

Dirección: Todo

<0	Negativo!	0.2-0.3	Normal, alta
0-0.1	Extrem. baja	0.3-0.4	Muy alta
0.1-0.2	Normal, baja	>0.4	Extrem. alta

Cizalla media | Recuento

Diurna	Ene	Febrero	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
00	0,18	0,20	0,27	0,25	0,05	0,11	0,13	0,10	0,11	0,17	0,23	0,35	0,17
01	0,23	0,33	0,24	0,21	-0,06	0,11	0,14	0,13	0,15	0,25	0,23	0,37	0,19
02	0,25	0,26	0,28	0,25	0,19	0,12	0,17	0,13	0,19	0,16	0,25	0,32	0,19
03	0,19	0,29	0,37	0,19	0,23	0,16	0,10	0,03	0,24	0,15	0,22	0,30	0,19
04	0,24	0,26	0,27	0,25	0,24	0,12	0,12	0,04	0,06	0,20	0,23	0,28	0,19
05	0,21	0,29	0,29	0,30	0,22	0,23	0,10	0,15	0,23	0,26	0,28	0,29	0,23
06	0,26	0,34	0,23	0,28	0,24	0,13	0,18	0,11	0,25	0,27	0,22	0,27	0,24
07	0,24	0,35	0,25	0,28	0,15	0,21	0,25	0,17	0,23	0,26	0,24	0,16	0,23
08	0,21	0,25	0,26	0,39	0,15	0,17	0,18	0,26	0,34	0,33	0,30	0,25	0,26
09	0,25	0,29	0,33	0,10	0,07	0,04	0,08	0,11	0,23	0,32	0,34	0,26	0,20
10	0,25	0,33	0,11	0,13	0,10	0,06	0,08	0,11	0,07	0,21	0,19	0,28	0,16
11	0,25	0,26	0,07	0,10	0,05	0,05	0,04	0,01	0,09	0,05	0,14	0,39	0,11
12	0,20	0,16	0,08	0,05	0,02	0,08	0,05	0,03	0,01	0,09	0,09	0,34	0,10
13	0,11	0,12	0,05	0,07	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,08	0,28	0,08
14	0,09	0,04	0,11	0,00	0,04	0,05	0,04	0,01	0,09	0,08	0,06	0,26	0,07
15	0,14	0,00	0,07	0,08	0,05	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	0,12	0,28	0,09
16	0,14	0,11	0,11	0,03	0,09	0,06	0,01	-0,02	0,11	0,05	0,10	0,19	0,08
17	0,23	0,10	0,05	0,07	0,10	0,02	0,08	0,03	0,10	0,09	0,16	0,19	0,11
18	0,23	0,14	0,15	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,13	0,21	0,26	0,12
19	0,26	0,26	0,13	0,08	0,21	0,10	0,06	0,09	0,12	0,23	0,22	0,17	0,16
20	0,18	0,23	0,22	0,17	0,13	0,10	0,08	0,11	0,19	0,23	0,18	0,17	0,17
21	0,19	0,22	0,24	0,16	0,15	0,15	0,19	0,19	0,22	0,18	0,23	0,24	0,17
22	0,19	0,28	0,25	0,21	0,12	0,16	0,13	0,10	0,12	0,28	0,18	0,24	0,19
23	0,31	0,30	0,23	0,20	0,05	0,16	0,09	0,11	0,13	0,23	0,16	0,25	0,17
Todo	0,21	0,23	0,19	0,15	0,11	0,11	0,11	0,08	0,13	0,18	0,19	0,26	0,16

Tabla 5 Matriz de cizalla. Variante A.2

Luego de obtener esta matriz, se genera una capa de alturas denominada "105,00 m – K Synth".

Siguiente paso, y en la venta de "Cálculos" seleccionar **"STATGEN (Generación de estadística de viento)** > Ventana Principal, nombre "Estadística de viento – 105m > Ventana Statgen, seleccionar "Torre Meteo – Filtrado – K Synth 105,00 m" > Aceptar > Calcular.

Torre Meteo - Filtrado; Altura: 105,0

Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,82	8,88	3,857	48,0
1 NNE	4,19	3,74	1,706	4,1
2 ENE	3,16	2,80	2,041	1,6
3 E	2,80	2,49	1,711	1,3
4 ESE	3,43	3,12	1,410	1,8
5 SSE	10,15	8,99	2,062	11,6
6 S	7,57	6,71	1,961	11,9
7 SSO	5,18	4,61	1,752	3,8
8 OSO	8,27	7,33	2,367	3,7
9 O	8,97	7,94	2,332	2,9
10 ONO	6,01	5,41	1,546	2,0
11 NNO	8,93	7,96	2,902	7,3
Todo	8,76	7,76	2,312	100,0

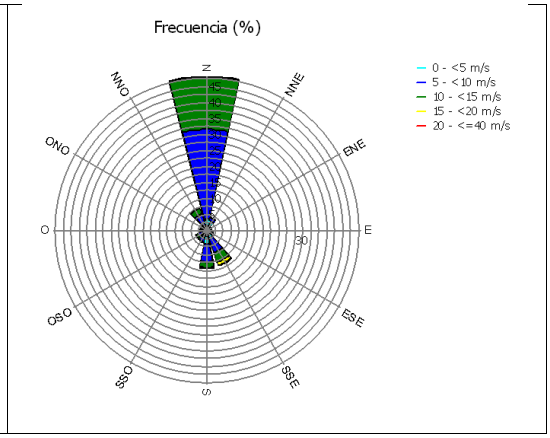


Gráfico 2 Datos de la estadística de viento. Datos Weibull y Frecuencia del viento. Variante A.2.

Luego, crear los objetos para datos energéticos "WAsP" y "Resgen", esta vez cambiando la altura de buje a 105 metros, luego de generar los objetos, proceder con los cálculos.

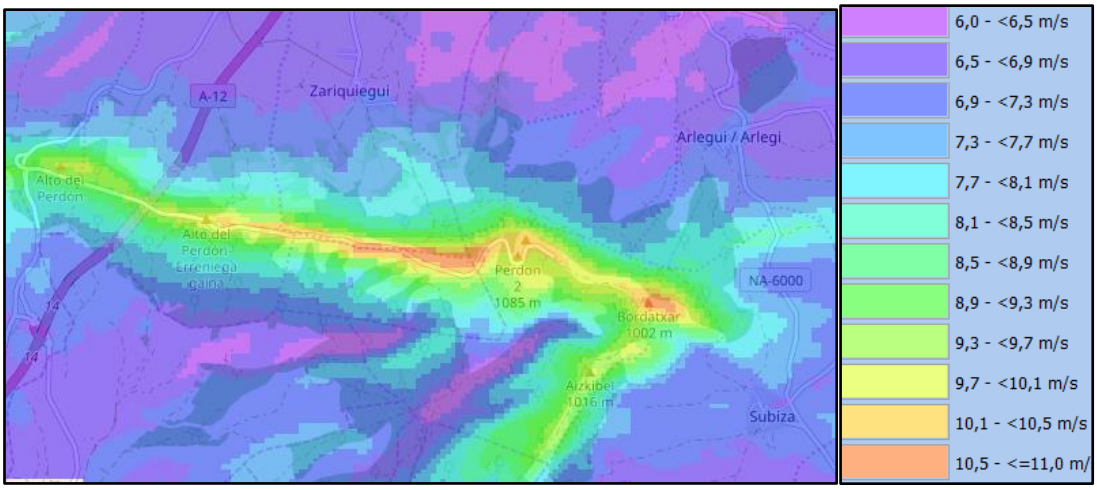


Figura 2 Mallado del recurso eólico y leyenda. Altura de buje 105m.

Insertar AG nuevo:

Dentro de la capa "**Layout A.2 - V150-6.0 - 105 m - (6x5) MW**" insertar los aerogeneradores nuevos, en este caso, para este modelo serán 5 unidades, siguiendo el mallado del recurso eólico posicionar los aerogeneradores y luego proceder con el cálculo del Park.

VARIANTE B.1 Y B.2

Para realizar estas dos variantes, se realizarán los pasos anteriores comenzando por clonar ambos parques, el A.1 para el B.1 y el A.2 para el B.2, se reubicaran sobre la Sierra del Perdón y se realizaran los cálculos del Park tomando en cuenta las alturas de buje para cada variante.

ANEXO 2. Park_A.1

PARK - Resultado principal

Cálculo: A.1

Modelo de Estela N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Cálculo realizado en UTM (north)-WGS84 Zona: 30
En el centro del emplazamiento, la diferencia entre el norte del grid y el norte verdadero es: 0,9°

Método de corrección de curva de potencia
Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>
Método de cálculo de la densidad del aire
Depende de la Altura, temperatura de la estación climática
Estación: LOGRONO/AGONCILLO
Temperatura en la base: 14,1 °C a 353,0 m
Presión en la base: 1013,3 hPa a 0,0 m
La densidad del aire para el centro del emplazamiento en la altura de buje seleccionada: 778,5 m + 50,0 m = 1,125 kg/m³ -> 91,9 % de Std
Humedad Relativa: 0,0 %

Parámetros del Modelo de Estela
Constante de Decaimiento de Estela (WDC) 2,075 DTU por defecto onshore

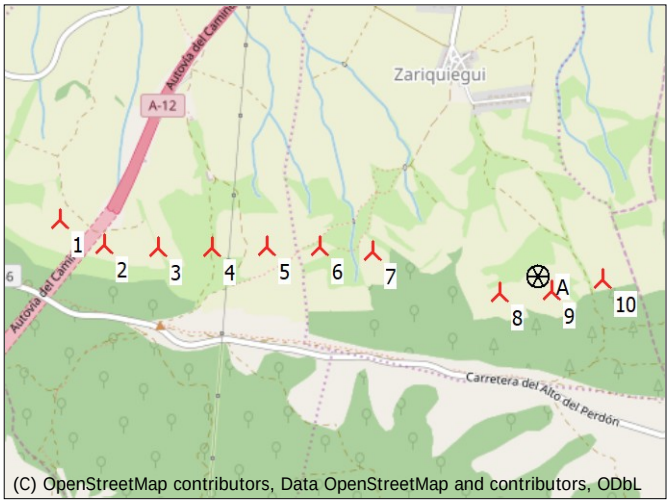
Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos

Ajuste de cálculo de estela

Ángulo [°]			Velocidad del viento [m/s]		
inicio	fin	Incremento	inicio	fin	Incremento
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Estadísticas de viento ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

Versión WAsP WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100



Escala 1:40.000

Nuevo AG Datos del Emplazamiento

Resultados clave para la altura 50,0 m sobre el nivel del terreno

Terreno UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Nombre de la distrib. de viento	Tipo	Energía eólica	Vel. media viento	Rugosidad equivalente
					[kWh/m²]	[m/s]	
A	604.960	4.732.520	WAsP - 80m	WAsP (WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100)	2.729	6,8	0,7

Energía anual calculada para el Parque Eólico

Combinación AG	Resultado PARK	Resultado-10,0%	BRUTO (sin pérdidas) AGs libres	Pérdidas por Estela	Resultados específicos¤) Factor Capacidad	AG Medio resultado	Plena carga horas	Vel. viento media @altura eje
	[MWh/año]	[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[%]	[MWh/año]	[Horas/año]	[m/s]
Parque eólico	79.552,1	71.596,9	80.405,3	1,1	27,2	7.159,7	2.387	7,5

¤) Basado en Resultado-10,0%

Energía Anual Calculada para cada uno de los 10 nuevos AGs del parque con 30,0 MW de potencia nominal total

Enlaces	Tipo de AG Válido	Fabricante	Modelo de AG	Potencia, nominal	Diámetro de rotor	Altura buje	Curva de Potencia Creador	Nombre	Energía Anual Resultado	Resultado-10,0%	Pérdidas por Estela	Vel. media del viento libre
				[kW]	[m]	[m]			[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[m/s]
1 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	8.127,2	7.315	0,4	7,47
2 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	7.691,2	6.922	0,6	7,27
3 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	7.671,4	6.904	0,8	7,29
4 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	8.065,5	7.259	1,2	7,50
5 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	8.198,7	7.379	1,2	7,56
6 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	8.087,1	7.278	1,4	7,53
7 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	7.795,6	7.016	1,5	7,41
8 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	7.936,2	7.143	0,5	7,44
9 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	7.945,7	7.151	1,3	7,51
10 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	8.033,5	7.230	1,8	7,59

Distribución AGs

UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
1 Nuevo	602.416	4.732.779	644,6	A.1 (1)
2 Nuevo	602.659	4.732.650	633,7	A.1 (2)
3 Nuevo	602.940	4.732.641	642,4	A.1 (3)
4 Nuevo	603.228	4.732.642	682,4	A.1 (4)
5 Nuevo	603.514	4.732.655	694,5	A.1 (5)
6 Nuevo	603.800	4.732.658	705,3	A.1 (6)

Continúa en la siguiente página...

PARK - Resultado principal

Cálculo: A.1

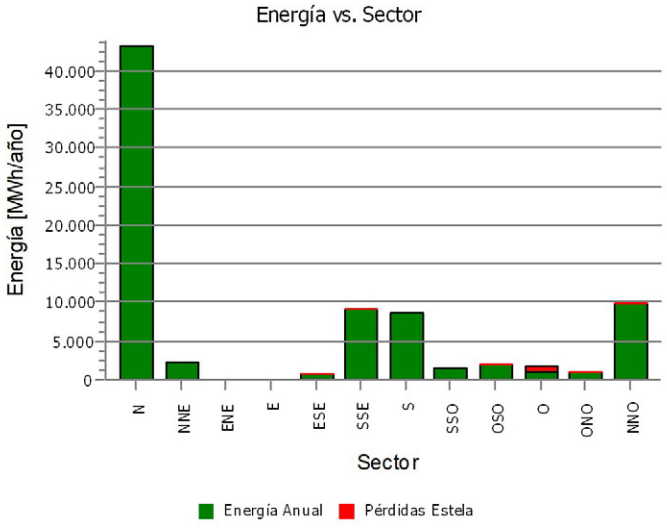
...continúa desde la página anterior

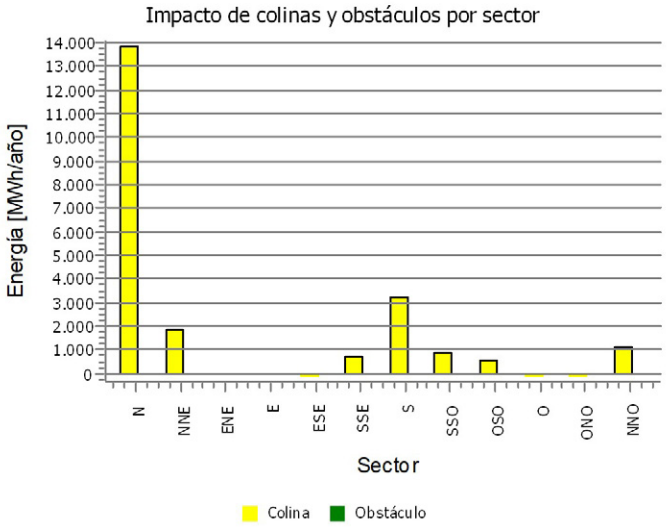
		UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
7	Nuevo	604.080	4.732.635	714,2	A.1 (7)
8	Nuevo	604.754	4.732.430	760,0	A.1 (8)
9	Nuevo	605.030	4.732.442	792,8	A.1 (9)
10	Nuevo	605.295	4.732.512	818,3	A.1 (10)

PARK - Análisis de Producción

Cálculo: A.1AG: Todos los nuevos AGs, La densidad del aire varía con la posición del AG 1,118 kg/m³ - 1,138 kg/m³
Análisis direccional

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Total
Energía basada en rugosidad	[MWh]	29.349,8	394,1	51,1	64,0	880,3	8.487,0	5.528,8	703,9	1.490,3	1.694,3	1.073,0	8.776,7	58.493,2
+Aumento debido a colinas	[MWh]	13.824,1	1.874,4	23,4	22,7	-73,8	728,1	3.214,7	847,4	535,4	-65,2	-97,7	1.078,7	21.912,1
-Reducción debida a pérdidas por estela	[MWh]	0,0	0,0	5,2	25,8	43,3	7,1	0,0	0,0	90,2	613,0	59,3	9,2	853,2
Energía resultante	[MWh]	43.173,9	2.268,5	69,3	60,9	763,2	9.207,9	8.743,5	1.551,3	1.935,5	1.016,0	915,9	9.846,2	79.552,1
Energía específica	[kWh/m²]													1.250
Energía específica	[kWh/kW]													2.652
Aumento debido a colinas	[%]	47,1	475,6	45,8	35,5	-8,4	8,6	58,1	120,4	35,9	-3,9	-9,1	12,3	37,46
Reducción debida a pérdidas por estela	[%]	0,0	0,0	7,0	29,8	5,4	0,1	0,0	0,0	4,5	37,6	6,1	0,1	1,06
Utilización	[%]	38,9	36,2	29,0	23,5	27,9	29,4	32,3	37,5	35,9	23,1	33,8	39,2	36,1
Tiempo	[Horas/año]	3.345	444	130	101	198	838	985	354	274	216	180	904	7.970
H. Equivalentes a plena carga	[Horas/año]	1.439	76	2	2	25	307	291	52	65	34	31	328	2.652





PARK - Análisis de Curvas de Potencia

Cálculo: A.1AG: 1 - VESTAS V90 3000 90.0 !O!, Altura buje: 80,0 m

Nombre: Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009
Origen: Manufacturer

Fuente/Fecha	Creado por	Creado	Editado	Velocidad de viento de corte [m/s]	Control de potencia	Tipo de curva CT	Tipo de generador	Potencia específica kW/m²
30/6/2009	EMD	23/8/2004	24/9/2010	25,0	Paso variable (Pitch)	Definido por usuario	Variable	0,47

Estimated power curves and Ct values based on item no: 0000-5450 V04 2009-06-30.
Please contact Vestas for information on latest power curve.

Comparación de curva HP - Nota: para densidad de aire estándar

Vmedia	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valor HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	3.344	5.435	7.674	9.840	11.792	13.440
VESTAS V90 3000 90.0 !O! Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	[MWh]	3.302	5.361	7.570	9.712	11.640	13.261
Valor de comprobación	[%]	1	1	1	1	1	1

La tabla muestra una comparación con la producción de energía anual basada en curvas-HP simplificadas, que supone que todos los aerogeneradores se comportan de forma similar - los valores calculados sólo dependen de la carga de energía específica (kW/m^2) y velocidad simple/doble o stall/pitch. Las producciones no incluyen pérdidas de estela.
For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.
El método se perfecciona en el informe de EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", enero de 2003.
Utilice la tabla para evaluar si la curva de potencia dada es razonable - si los valores de verificación son inferiores a -5%, la curva de potencia, probablemente es demasiado optimista debido a la incertidumbre en la medición de curva de potencia.

Curva de Potencia

Datos originales, Densidad del Aire: 1,225 kg/m³

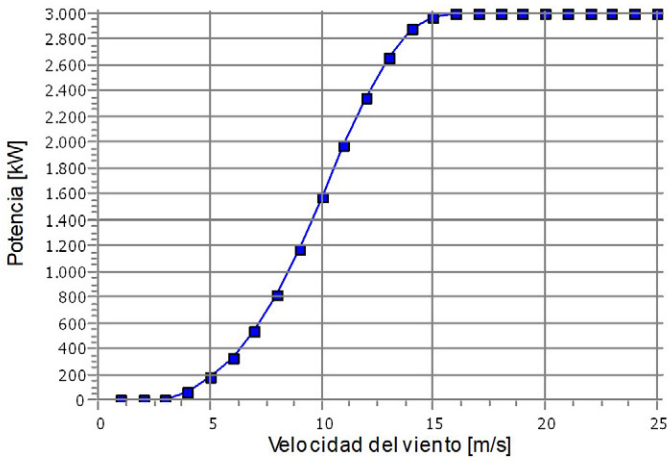
Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Velocidad del viento [m/s]	Curva Ct
4,0	77,0	0,31	4,0	0,87
5,0	190,0	0,39	5,0	0,84
6,0	353,0	0,42	6,0	0,81
7,0	581,0	0,43	7,0	0,81
8,0	886,0	0,44	8,0	0,81
9,0	1.273,0	0,45	9,0	0,80
10,0	1.710,0	0,44	10,0	0,73
11,0	2.145,0	0,41	11,0	0,66
12,0	2.544,0	0,38	12,0	0,57
13,0	2.837,0	0,33	13,0	0,49
14,0	2.965,0	0,28	14,0	0,38
15,0	2.995,0	0,23	15,0	0,30
16,0	3.000,0	0,19	16,0	0,24
17,0	3.000,0	0,16	17,0	0,20
18,0	3.000,0	0,13	18,0	0,17
19,0	3.000,0	0,11	19,0	0,14
20,0	3.000,0	0,10	20,0	0,12
21,0	3.000,0	0,08	21,0	0,10
22,0	3.000,0	0,07	22,0	0,09
23,0	3.000,0	0,06	23,0	0,08
24,0	3.000,0	0,06	24,0	0,07
25,0	3.000,0	0,05	25,0	0,06

Potencia, Eficiencia y Energía vs. Velocidad Viento

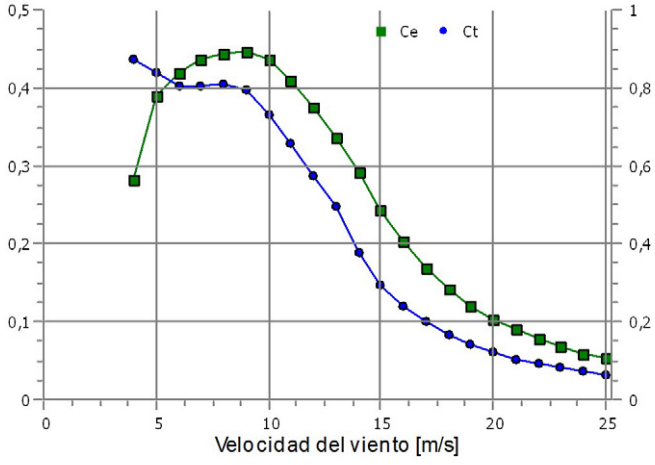
Datos utilizados en el cálculo, Densidad del Aire: 1,137 kg/m³ Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>

Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Intervalo [m/s]	Energía [MWh]	Energía acum. [MWh]	Relativo [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	0,0	0,00	2,50- 3,50	3,0	3,0	0,0
4,0	65,5	0,28	3,50- 4,50	44,1	47,2	0,6
5,0	175,6	0,39	4,50- 5,50	138,7	185,9	2,3
6,0	328,2	0,42	5,50- 6,50	284,8	470,6	5,8
7,0	540,4	0,44	6,50- 7,50	498,7	969,3	11,9
8,0	823,5	0,44	7,50- 8,50	766,3	1.735,7	21,4
9,0	1.177,4	0,45	8,50- 9,50	1.031,8	2.767,4	34,1
10,0	1.573,3	0,44	9,50-10,50	1.203,6	3.971,0	48,9
11,0	1.969,5	0,41	10,50-11,50	1.206,4	5.177,4	63,7
12,0	2.342,7	0,37	11,50-12,50	1.039,8	6.217,2	76,5
13,0	2.665,3	0,34	12,50-13,50	772,7	6.989,8	86,0
14,0	2.883,3	0,29	13,50-14,50	495,6	7.485,5	92,1
15,0	2.974,5	0,24	14,50-15,50	281,3	7.766,7	95,6
16,0	2.996,4	0,20	15,50-16,50	150,9	7.917,6	97,4
17,0	3.000,0	0,17	16,50-17,50	82,7	8.000,4	98,4
18,0	3.000,0	0,14	17,50-18,50	48,6	8.048,9	99,0
19,0	3.000,0	0,12	18,50-19,50	30,3	8.079,2	99,4
20,0	3.000,0	0,10	19,50-20,50	19,3	8.098,5	99,6
21,0	3.000,0	0,09	20,50-21,50	12,3	8.110,8	99,8
22,0	3.000,0	0,08	21,50-22,50	7,7	8.118,5	99,9
23,0	3.000,0	0,07	22,50-23,50	4,8	8.123,3	100,0
24,0	3.000,0	0,06	23,50-24,50	2,9	8.126,2	100,0
25,0	3.000,0	0,05	24,50-25,50	1,1	8.127,2	100,0

Curva de Potencia
Para la densidad del aire: 1,137 kg/m³ y datos climáticos de referencia



Curvas Ce y Ct
Para la densidad del aire: 1,137 kg/m³ y datos climáticos de referencia



PARK - Terreno

Cálculo: A.1Datos del Emplazamiento: A - WAsP - 80m

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

PARK - Análisis de Datos de Viento

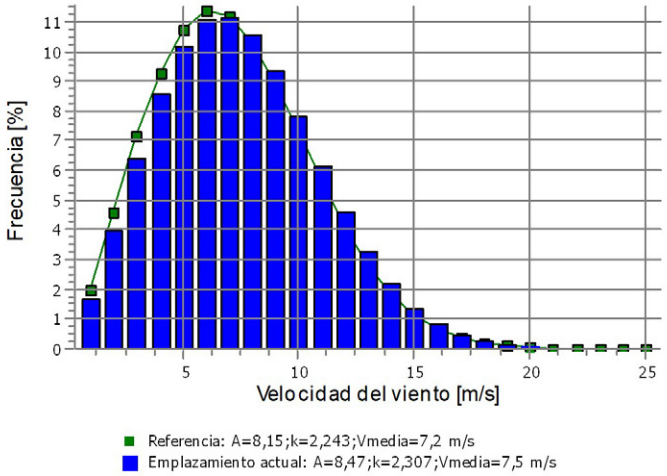
Cálculo: A.1Datos de Viento: A - WAsP - 80m; Altura buje: 80,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

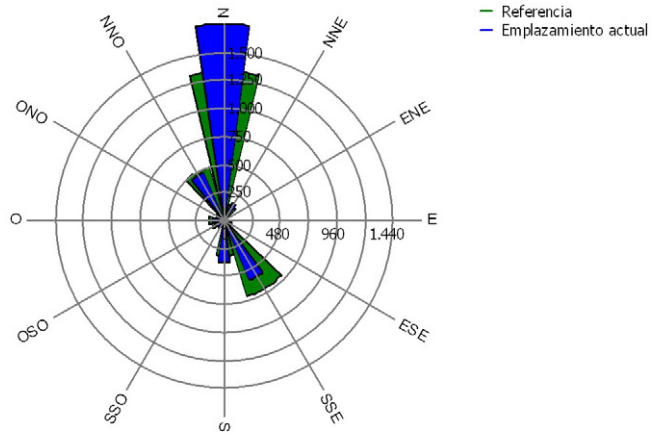
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,56	8,61	3,553	40,0	8,78	3,549	39,3
1 NNE	6,79	6,03	1,830	6,8	6,64	2,058	6,9
2 ENE	3,26	2,90	1,768	1,7	3,06	1,655	1,8
3 E	3,01	2,86	1,166	1,4	2,84	1,658	1,4
4 ESE	5,03	4,73	1,197	2,6	5,01	1,117	2,6
5 SSE	9,02	8,00	1,963	10,9	9,46	1,965	11,6
6 S	7,53	6,69	1,857	11,3	7,28	1,825	10,6
7 SSO	5,71	5,10	1,678	4,5	5,03	1,618	4,0
8 OSO	7,88	6,98	2,221	3,6	7,11	2,128	3,4
9 O	8,32	7,37	2,240	2,9	8,69	2,265	3,2
10 ONO	6,63	5,92	1,713	2,3	7,15	1,785	2,7
11 NNO	9,13	8,17	3,146	11,8	9,12	3,166	12,5
Todo	8,47	7,50	2,307	100,0	8,15	2,243	100,0

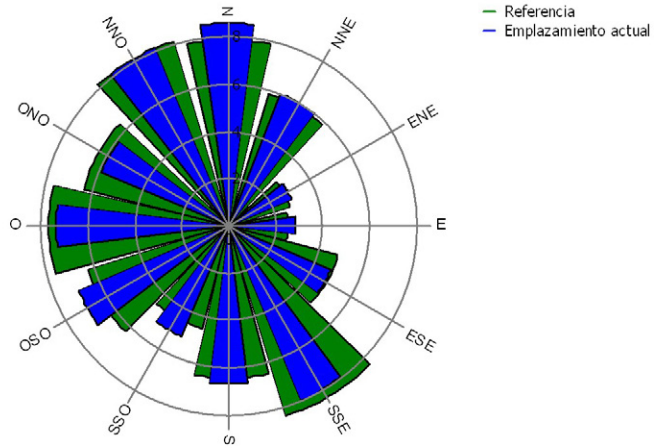
Distribución Weibull



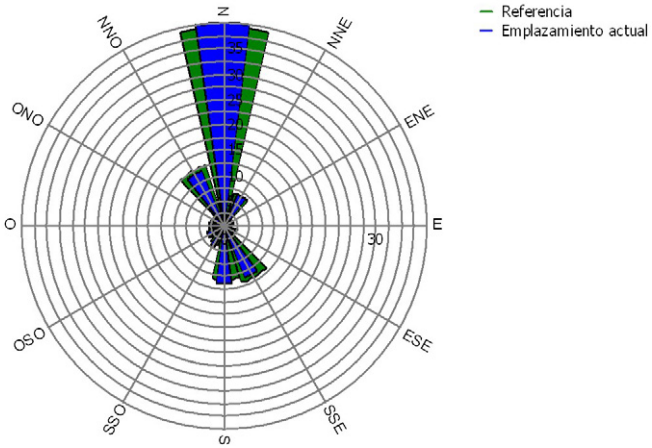
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:21/3.5.576

PARK - Análisis de Datos de Viento

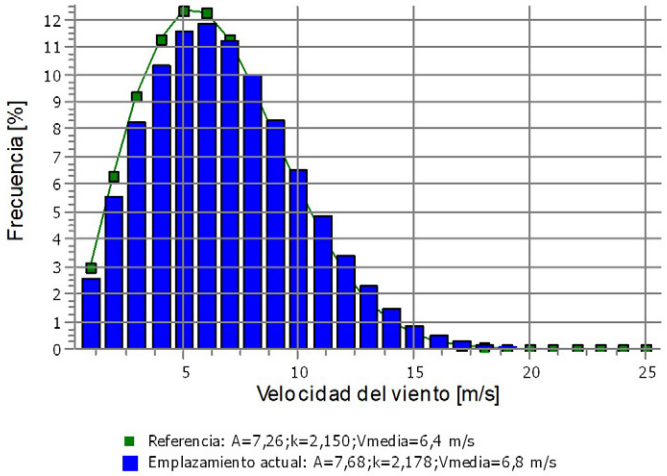
Cálculo: A.1Datos de Viento: A - WAsP - 80m; Altura buje: 50,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

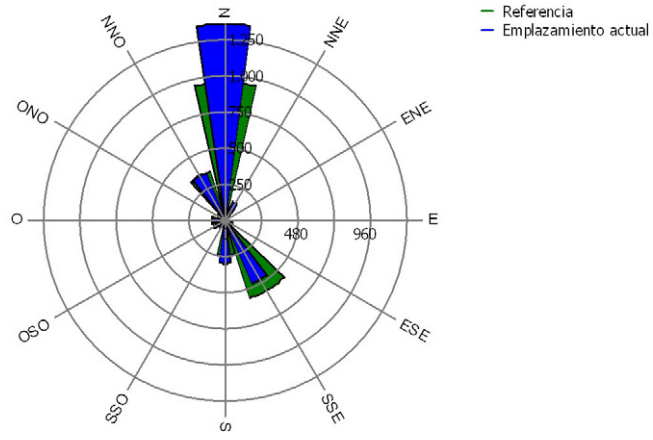
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	8,71	7,82	3,334	40,0	7,81	3,400	39,3
1 NNE	6,22	5,54	1,787	7,0	5,89	1,970	6,9
2 ENE	2,88	2,58	1,658	1,7	2,71	1,580	1,8
3 E	2,60	2,52	1,088	1,4	2,51	1,590	1,4
4 ESE	4,45	4,26	1,127	2,6	4,43	1,070	2,6
5 SSE	8,25	7,33	1,842	10,8	8,59	1,870	11,6
6 S	6,77	6,03	1,736	11,3	6,45	1,750	10,6
7 SSO	5,09	4,57	1,580	4,6	4,45	1,550	4,0
8 OSO	7,09	6,28	2,076	3,6	6,30	2,040	3,4
9 O	7,61	6,74	2,084	2,9	7,71	2,170	3,2
10 ONO	5,94	5,33	1,607	2,3	6,32	1,710	2,7
11 NNO	8,25	7,36	2,951	11,7	8,11	3,030	12,5
Todo	7,68	6,80	2,178	100,0	7,26	2,150	100,0

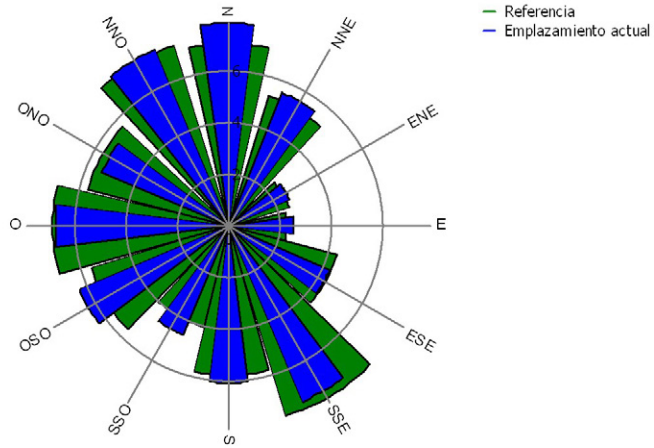
Distribución Weibull



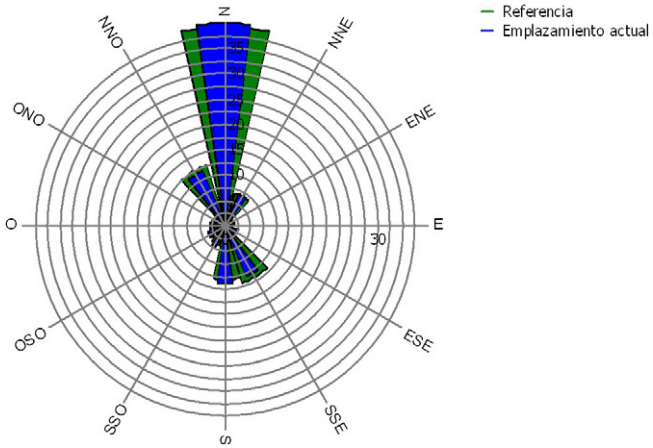
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



PARK - Curva de potencia del parque

Cálculo: A.1

Velocidad del viento [m/s]	Potencia AGs libres [kW]	AGs del parque [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	96	91	96	96	79	19	70	95	96	96	79	23	68	95
4,5	1.195	1.151	1.195	1.195	1.099	432	1.024	1.192	1.195	1.195	1.104	434	1.007	1.192
5,5	2.468	2.397	2.468	2.468	2.327	1.191	2.217	2.464	2.468	2.468	2.329	1.199	2.199	2.464
6,5	4.262	4.153	4.262	4.262	4.044	2.319	3.875	4.255	4.262	4.262	4.049	2.327	3.844	4.255
7,5	6.704	6.540	6.704	6.704	6.372	3.809	6.114	6.692	6.704	6.704	6.379	3.822	6.064	6.692
8,5	9.858	9.624	9.858	9.858	9.385	5.711	9.011	9.842	9.858	9.858	9.395	5.735	8.942	9.842
9,5	13.613	13.309	13.613	13.613	13.024	8.133	12.541	13.595	13.613	13.613	13.032	8.176	12.462	13.595
10,5	17.621	17.271	17.621	17.621	16.993	11.127	16.470	17.604	17.621	17.621	17.002	11.165	16.392	17.604
11,5	21.494	21.136	21.494	21.494	20.907	14.630	20.414	21.479	21.494	21.494	20.911	14.670	20.350	21.479
12,5	25.051	24.720	25.051	25.051	24.555	18.530	24.137	25.038	25.051	25.051	24.556	18.575	24.085	25.038
13,5	27.891	27.631	27.891	27.891	27.547	22.581	27.254	27.883	27.891	27.891	27.540	22.641	27.227	27.883
14,5	29.375	29.233	29.375	29.375	29.236	26.295	29.119	29.372	29.375	29.375	29.229	26.306	29.120	29.372
15,5	29.871	29.823	29.871	29.871	29.840	28.776	29.815	29.870	29.871	29.871	29.835	28.792	29.819	29.870
16,5	29.984	29.976	29.984	29.984	29.980	29.791	29.976	29.984	29.984	29.984	29.979	29.793	29.977	29.984
17,5	30.000	29.999	30.000	30.000	30.000	29.981	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.981	30.000	30.000
18,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
19,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
20,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
21,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
22,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
23,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
24,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descripción:
La curva de potencia del parque es similar a una curva de potencia de AG, lo que significa que cuando se da una velocidad de viento con la misma velocidad en todo el área del parque eólico (antes de influencia del parque),la salida de producción del parque puede encontrarse en la curva de potencia del parque. Otra forma de decir esto: La curva de potencia del parque incluye las pérdidas de efecto parque, pero NO incluye variaciones en la velocidad del viento debidas al terreno sobre el área del parque.
La medición de una curva de potencia del parque no es tan simple como la medición de una curva de potencia de AG porque la curva de potencia del parque depende de la dirección y velocidad del viento, que normalmente no son iguales por toda la zona del parque al mismo tiempo (sólo en terrenos llanos no-complejos). La idea de esta versión de la curva de potencia del parque no es utilizarla para la validación a partir de mediciones. Esto requeriría al menos 2 torres de medición en dos partes del parque, a menos que sólo unos pocos sectores debieran ser probados, Y con terreno no-complejo (normalmente sólo utilizable en offshore). Otra versión de curva de potencia de parques en terrenos complejos está disponible en WindPRO.

La curva de potencia del parque puede utilizarse para:

1. Sistemas de predicción, basados en datos de viento más brutos (aproximada), la curva de potencia del parque sería una forma eficaz de hacer la conexión entre la velocidad del viento (y dirección) y potencia.
2. Para el cálculo de la curvas de duración, que nos dice cuán a menudo se dará una potencia, se puede utilizar la curva de potencia del parque junto a la distribución media del viento para el área del parque a altura de buje. La distribución media del viento se puede calcular a partir de los parámetros Weibull para la posición de cada AG. Estos se encuentran en el menu de impresión: >Guardar resultado en fichero< en >Resultados parque< y se pueden guardar en forma de fichero o copiados en el portapapeles y pegados en Excel.
3. Cálculo del índice de viento a partir de la producción del parque (ver más abajo).
4. Estimación de la producción esperada del parque eólico a partir de las medidas de viento realizadas con por los menos dos torres de medición situadas en el parque. Las torres deben usarse para obtener la vel. del viento libre. Ésta se usa en la simulación de energía esperada con la curva de potencia PARK. Este procedimiento sólo funcionará en terrenos no complejos. Para terrenos complejos For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

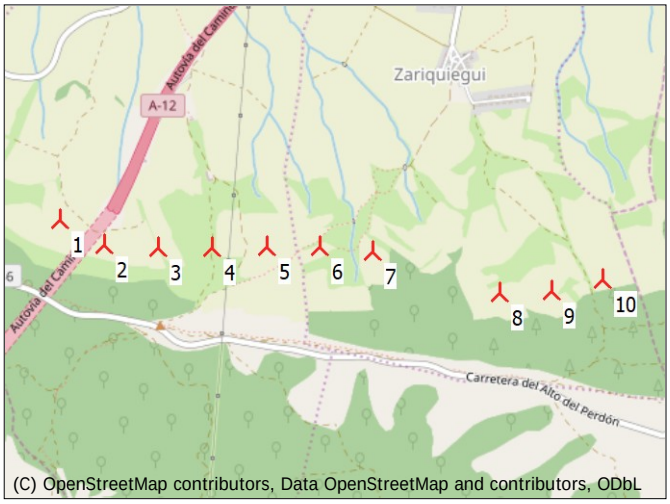
Nota:
También está disponible desde >Resultado a fichero< >Velocidades de Viento Dentro del Parque Eólico< . Estos pueden (por ejemplo, a través de Excel) ser utilizados para la extraer la reducción en las velocidades de viento medido debido a estelas.

PARK - Distancias AG

Cálculo: A.1

Distancias AG

	Z	AG más cercano	Z	Distancia horizontal	Distancia diámetros de rotor
	[m]		[m]	[m]	
1	644,6	2	633,7	275	3,1
2	633,7	1	644,6	275	3,1
3	642,4	2	633,7	281	3,1
4	682,4	5	694,5	286	3,2
5	694,5	6	705,3	286	3,2
6	705,3	7	714,2	282	3,1
7	714,2	6	705,3	282	3,1
8	760,0	9	792,8	277	3,1
9	792,8	10	818,3	274	3,0
10	818,3	9	792,8	274	3,0
Mín	633,7		633,7	274	3,0
Máx	818,3		818,3	286	3,2



Escala 1:40.000

Nuevo AG

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: A.1

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	23/9/2022
Editado	23/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

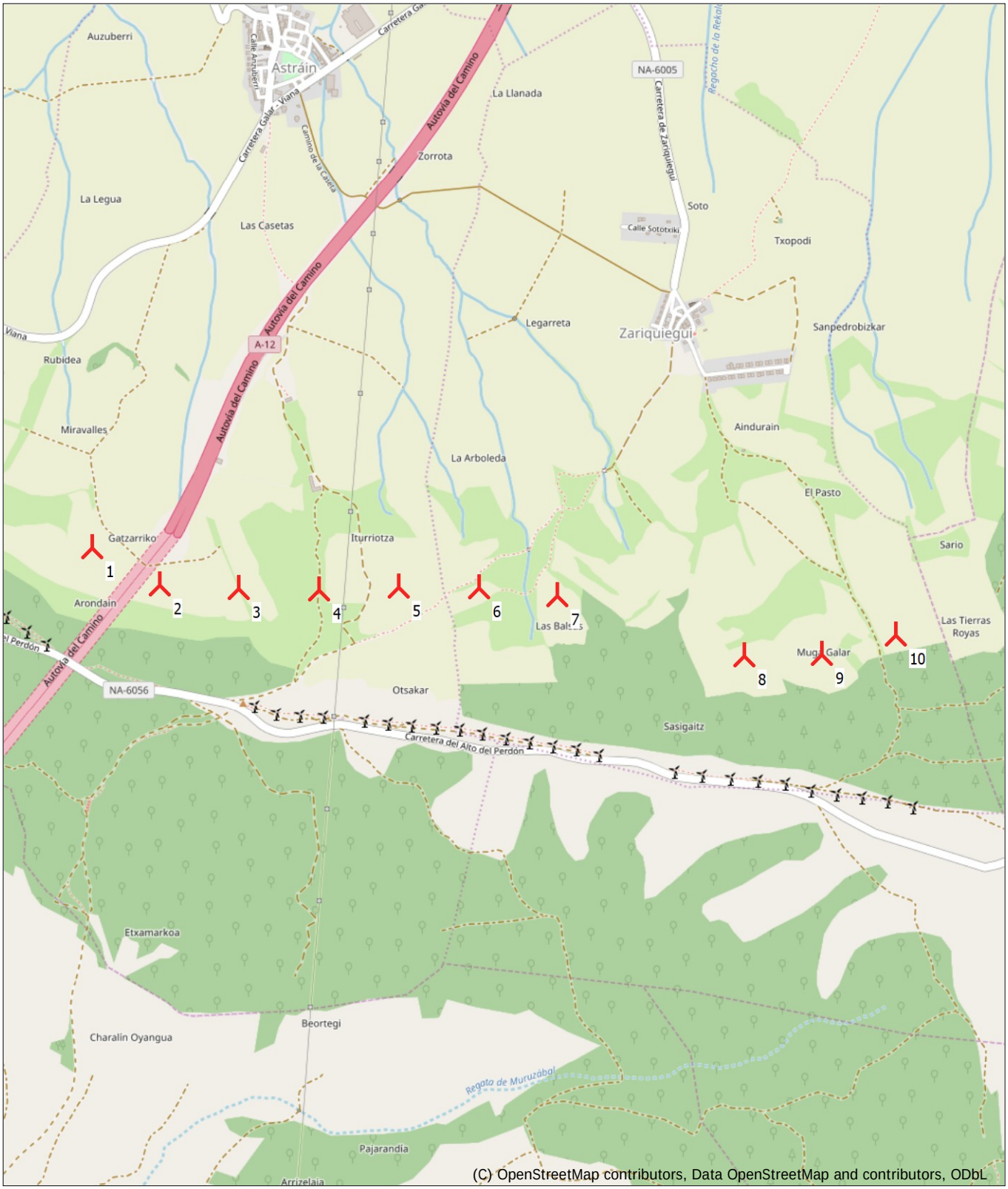
Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

PARK - Mapa

Cálculo: A.1



0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:20.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 603.855 Norte: 4.732.604

Nuevo AG

ANEXO 3. Park_A.2

Proyecto:
TFM

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:22/3.5.576

PARK - Resultado principal

Cálculo: A.2

Modelo de Estela N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Cálculo realizado en UTM (north)-WGS84 Zona: 30
En el centro del emplazamiento, la diferencia entre el norte del grid y el norte verdadero es: 0,9°

Método de corrección de curva de potencia
Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>
Método de cálculo de la densidad del aire
Depende de la Altura, temperatura de la estación climática
Estación: LOGRONO/AGONCILLO
Temperatura en la base: 14,1 °C a 353,0 m
Presión en la base: 1013,3 hPa a 0,0 m
La densidad del aire para el centro del emplazamiento en la altura de buje seleccionada: 778,5 m + 50,0 m = 1,125 kg/m³ -> 91,9 % de Std
Humedad Relativa: 0,0 %

Parámetros del Modelo de Estela
Constante de Decaimiento de Estela (WDC) 0,075 DTU por defecto onshore

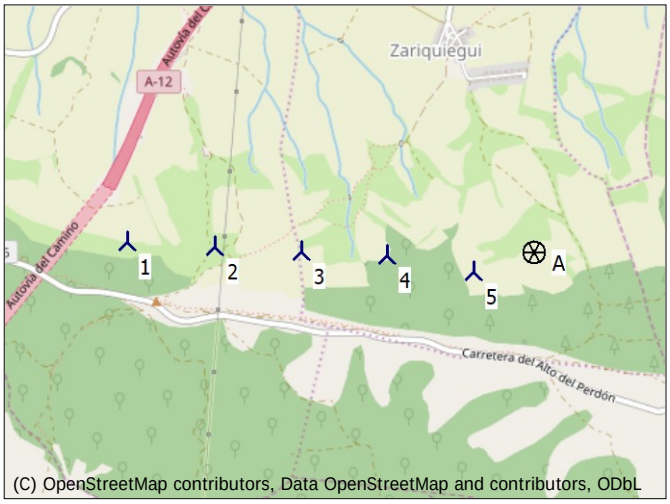
Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos

Ajuste de cálculo de estela

Ángulo [°]			Velocidad del viento [m/s]		
inicio	fin	Incremento	inicio	fin	Incremento
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Estadísticas de viento ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

Versión WAsP WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100



Escala 1:40.000
Nuevo AG
Datos del Emplazamiento

Resultados clave para la altura 50,0 m sobre el nivel del terreno

Terreno UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Nombre de la distrib. de viento	Tipo	Energía eólica	Vel. media viento	Rugosidad equivalente
					[kWh/m²]	[m/s]	
A	604.960	4.732.520	WAsP - 105m	WAsP (WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100)	2.603	6,7	0,7

Energía anual calculada para el Parque Eólico

Combinación AG	Resultado PARK [MWh/año]	Resultado-10,0% [MWh/año]	BRUTO (sin pérdidas) AGs libres [MWh/año]	Pérdidas por Estela [%]	Factor Capacidad [%]	AG Medio resultado [MWh/año]	Plena carga horas [Horas/año]	Vel. viento media @altura eje [m/s]
Parque eólico	118.465,4	106.618,8	119.414,3	0,8	40,5	21.323,8	3.554	8,0

¤) Basado en Resultado-10,0%

Energía Anual Calculada para cada uno de los 5 nuevos AGs del parque con 30,0 MW de potencia nominal total

Enlaces	Tipo de AG Válido	Fabricante	Modelo de AG	Potencia, nominal [kW]	Diámetro de rotor [m]	Altura buje [m]	Curva de Potencia Creador	Nombre	Energía Anual Resultado [MWh/año]	Resultado-10,0% [MWh/año]	Pérdidas por Estela [%]	Vel. media del viento libre [m/s]
1 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	23.331,7	20.999	0,0	7,87
2 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	24.700,4	22.230	0,7	8,22
3 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	24.448,4	22.004	1,0	8,18
4 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	23.525,0	21.172	1,2	7,99
5 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	22.459,9	20.214	1,0	7,77

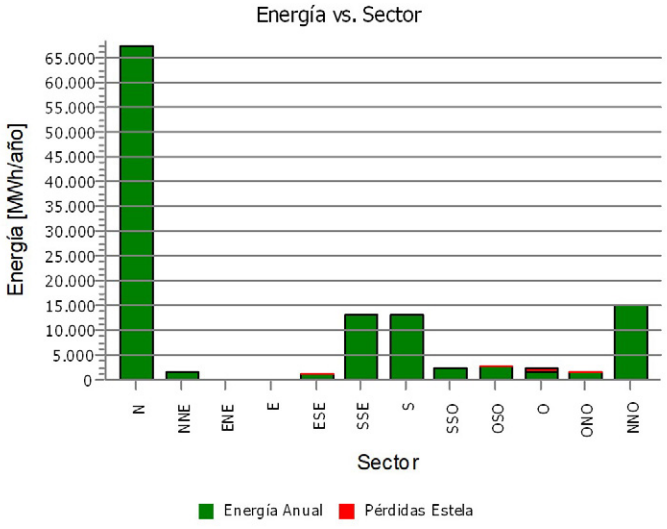
Distribución AGs

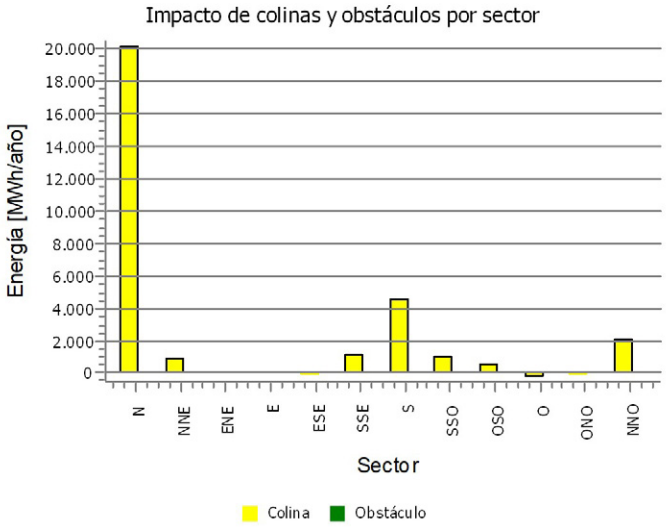
	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
1 Nuevo	602.801	4.732.541	653,3	A.2 (1)
2 Nuevo	603.267	4.732.525	710,0	A.2 (2)
3 Nuevo	603.719	4.732.509	729,1	A.2 (3)
4 Nuevo	604.178	4.732.493	739,8	A.2 (4)
5 Nuevo	604.638	4.732.414	744,6	A.2 (5)

PARK - Análisis de Producción

Cálculo: A.2AG: Todos los nuevos AGs, La densidad del aire varía con la posición del AG 1,123 kg/m³ - 1,133 kg/m³
Análisis direccional

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Total
Energía basada en rugosidad	[MWh]	47.007,0	608,0	88,0	74,4	1.208,5	11.855,7	8.564,8	1.067,8	2.221,6	2.423,6	1.560,7	12.789,4	89.469,5
+Aumento debido a colinas	[MWh]	20.165,8	899,0	25,3	-3,5	-78,8	1.096,5	4.531,8	1.052,1	528,8	-185,6	-106,3	2.019,6	29.944,8
-Reducción debida a pérdidas por estela	[MWh]	0,0	0,0	1,3	34,7	45,6	0,0	0,0	0,0	17,3	784,1	65,9	0,0	948,9
Energía resultante	[MWh]	67.172,8	1.507,0	112,0	36,1	1.084,1	12.952,1	13.096,6	2.120,0	2.733,1	1.453,9	1.388,4	14.809,1	118.465,4
Energía específica	[kWh/m²]													1.341
Energía específica	[kWh/kW]													3.949
Aumento debido a colinas	[%]	42,9	147,9	28,8	-4,7	-6,5	9,2	52,9	98,5	23,8	-7,7	-6,8	15,8	33,47
Reducción debida a pérdidas por estela	[%]	0,0	0,0	1,1	49,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,6	35,0	4,5	0,0	0,79
Utilización	[%]	34,7	35,8	35,4	17,9	24,4	21,9	27,0	37,3	36,5	23,5	32,8	35,6	31,6
Tiempo	[Horas/año]	3.698	362	133	100	208	897	1.093	355	281	223	191	952	8.493
H. Equivalentes a plena carga	[Horas/año]	2.239	50	4	1	36	432	437	71	91	48	46	494	3.949





PARK - Análisis de Curvas de Potencia

Cálculo: A.2AG: 1 - VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O!, Altura buje: 105,0 m

Nombre: Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020
Origen: Manufacturer

Fuente/Fecha	Creado por	Creado	Editado	Velocidad de viento de corte [m/s]	Control de potencia	Tipo de curva CT	Tipo de generador	Potencia específica kW/m²
13/10/2020	EMD	1/3/2021	1/3/2021	25,0	Paso variable (Pitch)	Definido por usuario	Variable	0,34

Document no. 0098-0749 V01.

Comparación de curva HP - Nota: para densidad de aire estándar

Vmedia	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valor HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	9.110	14.101	19.046	23.539	27.391	30.516
VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	[MWh]	9.228	14.297	19.248	23.580	27.050	29.590
Valor de comprobación	[%]	-1	-1	-1	0	1	3

La tabla muestra una comparación con la producción de energía anual basada en curvas-HP simplificadas, que supone que todos los aerogeneradores se comportan de forma similar - los valores calculados sólo dependen de la carga de energía específica (kW/m^2) y velocidad simple/doble o stall/pitch. Las producciones no incluyen pérdidas de estela.
For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.
El método se perfecciona en el informe de EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", enero de 2003.
Utilice la tabla para evaluar si la curva de potencia dada es razonable - si los valores de verificación son inferiores a -5%, la curva de potencia, probablemente es demasiado optimista debido a la incertidumbre en la medición de curva de potencia.

Curva de Potencia

Datos originales, Densidad del Aire: 1,225 kg/m³

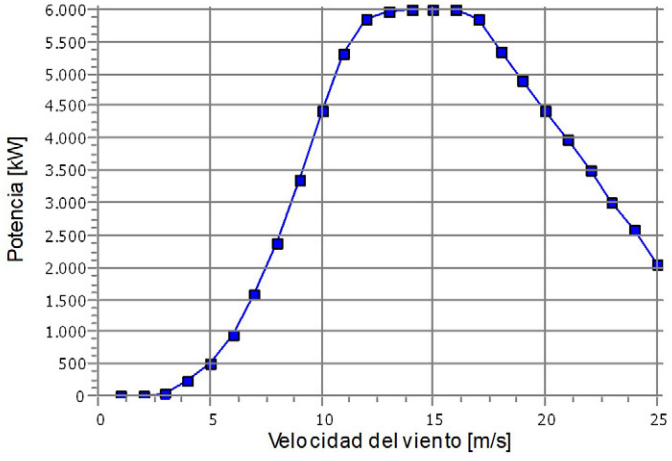
Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Velocidad del viento [m/s]	Curva Ct
3,0	40,0	0,14	3,0	0,86
3,5	135,0	0,29	3,5	0,84
4,0	250,0	0,36	4,0	0,81
4,5	391,0	0,40	4,5	0,79
5,0	563,0	0,42	5,0	0,78
5,5	775,0	0,43	5,5	0,78
6,0	1.032,0	0,44	6,0	0,79
6,5	1.337,0	0,45	6,5	0,79
7,0	1.693,0	0,46	7,0	0,79
7,5	2.101,0	0,46	7,5	0,79
8,0	2.565,0	0,46	8,0	0,79
8,5	3.086,0	0,46	8,5	0,78
9,0	3.657,0	0,46	9,0	0,77
9,5	4.231,0	0,46	9,5	0,73
10,0	4.777,0	0,44	10,0	0,67
10,5	5.258,0	0,42	10,5	0,61
11,0	5.642,0	0,39	11,0	0,55
11,5	5.867,0	0,36	11,5	0,48
12,0	5.956,0	0,32	12,0	0,42
12,5	5.988,0	0,28	12,5	0,36
13,0	5.998,0	0,25	13,0	0,32
13,5	6.000,0	0,23	13,5	0,28
14,0	6.000,0	0,20	14,0	0,25
14,5	6.000,0	0,18	14,5	0,22
15,0	6.000,0	0,16	15,0	0,20
15,5	6.000,0	0,15	15,5	0,18
16,0	6.000,0	0,14	16,0	0,16
16,5	6.000,0	0,12	16,5	0,15
17,0	5.842,0	0,11	17,0	0,13
17,5	5.585,0	0,10	17,5	0,12
18,0	5.353,0	0,08	18,0	0,10
18,5	5.121,0	0,07	18,5	0,09
19,0	4.887,0	0,07	19,0	0,08
19,5	4.655,0	0,06	19,5	0,07
20,0	4.424,0	0,05	20,0	0,06
20,5	4.196,0	0,04	20,5	0,06
21,0	3.966,0	0,04	21,0	0,05
21,5	3.723,0	0,03	21,5	0,04
22,0	3.495,0	0,03	22,0	0,04
22,5	3.259,0	0,03	22,5	0,03
23,0	3.012,0	0,02	23,0	0,03
23,5	2.806,0	0,02	23,5	0,03
24,0	2.580,0	0,02	24,0	0,02
24,5	2.288,0	0,01	24,5	0,02
25,0	2.044,0	0,01	25,0	0,02

Potencia, Eficiencia y Energía vs. Velocidad Viento

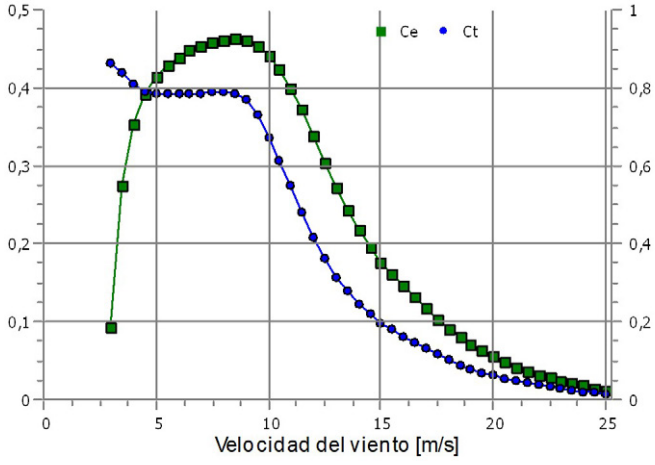
Datos utilizados en el cálculo, Densidad del Aire: 1,133 kg/m³ Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>

Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Intervalo [m/s]	Energía [MWh]	Energía acum. [MWh]	Relativo [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	24,9	0,09	2,50- 3,50	31,2	31,2	0,1
4,0	225,6	0,35	3,50- 4,50	142,2	173,4	0,7
5,0	517,4	0,41	4,50- 5,50	365,8	539,3	2,3
6,0	950,3	0,44	5,50- 6,50	750,0	1.289,3	5,5
7,0	1.560,9	0,45	6,50- 7,50	1.339,1	2.628,4	11,3
8,0	2.367,0	0,46	7,50- 8,50	2.116,2	4.744,7	20,3
9,0	3.364,9	0,46	8,50- 9,50	2.949,2	7.693,9	33,0
10,0	4.424,4	0,44	9,50-10,50	3.544,4	11.238,3	48,2
11,0	5.321,7	0,40	10,50-11,50	3.605,6	14.843,9	63,6
12,0	5.853,7	0,34	11,50-12,50	3.069,2	17.913,2	76,8
13,0	5.980,6	0,27	12,50-13,50	2.211,1	20.124,2	86,3
14,0	5.999,3	0,22	13,50-14,50	1.402,4	21.526,6	92,3
15,0	6.000,0	0,18	14,50-15,50	810,8	22.337,4	95,7
16,0	6.000,0	0,15	15,50-16,50	444,7	22.782,1	97,6
17,0	5.842,0	0,12	16,50-17,50	239,4	23.021,5	98,7
18,0	5.353,0	0,09	17,50-18,50	130,1	23.151,6	99,2
19,0	4.887,0	0,07	18,50-19,50	75,4	23.227,0	99,6
20,0	4.424,0	0,06	19,50-20,50	45,4	23.272,4	99,7
21,0	3.966,0	0,04	20,50-21,50	27,3	23.299,7	99,9
22,0	3.495,0	0,03	21,50-22,50	16,1	23.315,8	99,9
23,0	3.012,0	0,02	22,50-23,50	9,2	23.325,0	100,0
24,0	2.580,0	0,02	23,50-24,50	5,0	23.330,0	100,0
25,0	2.044,0	0,01	24,50-25,50	1,7	23.331,7	100,0

Curva de Potencia
Para la densidad del aire: 1,133 kg/m³ y datos climáticos de referencia



Curvas Ce y Ct
Para la densidad del aire: 1,133 kg/m³ y datos climáticos de referencia



PARK - Terreno

Cálculo: A.2Datos del Emplazamiento: A - WAsP - 105m

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:22/3.5.576

PARK - Análisis de Datos de Viento

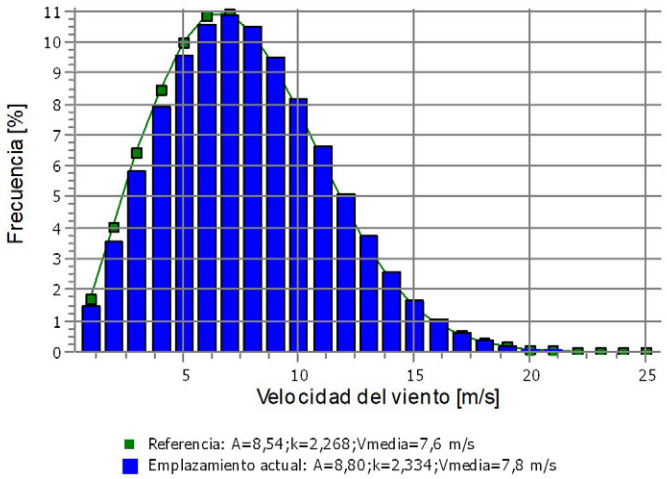
Cálculo: A.2Datos de Viento: A - WAsP - 105m; Altura buje: 105,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

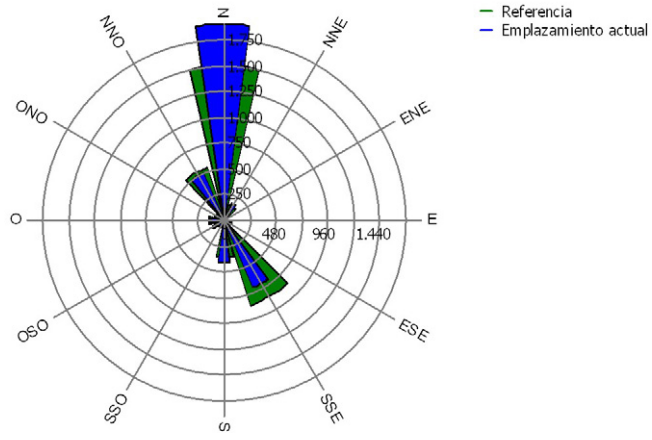
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,85	8,89	3,689	40,2	9,17	3,688	39,5
1 NNE	6,96	6,18	1,854	6,8	6,97	2,133	6,9
2 ENE	3,34	2,97	1,822	1,7	3,18	1,694	1,8
3 E	3,19	3,00	1,189	1,4	3,00	1,734	1,4
4 ESE	5,24	4,95	1,182	2,6	5,16	1,107	2,6
5 SSE	9,69	8,59	1,975	11,0	10,13	1,966	11,6
6 S	7,87	6,99	1,889	11,3	7,61	1,864	10,7
7 SSO	5,92	5,28	1,717	4,5	5,24	1,645	4,0
8 OSO	8,21	7,28	2,271	3,6	7,39	2,184	3,4
9 O	8,70	7,70	2,244	2,9	9,16	2,263	3,2
10 ONO	6,98	6,21	1,775	2,3	7,56	1,824	2,7
11 NNO	9,41	8,43	3,244	11,6	9,47	3,220	12,3
Todo	8,80	7,80	2,334	100,0	8,54	2,268	100,0

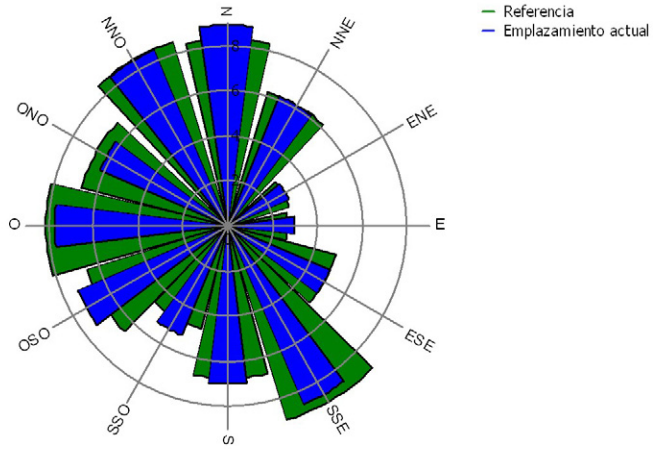
Distribución Weibull



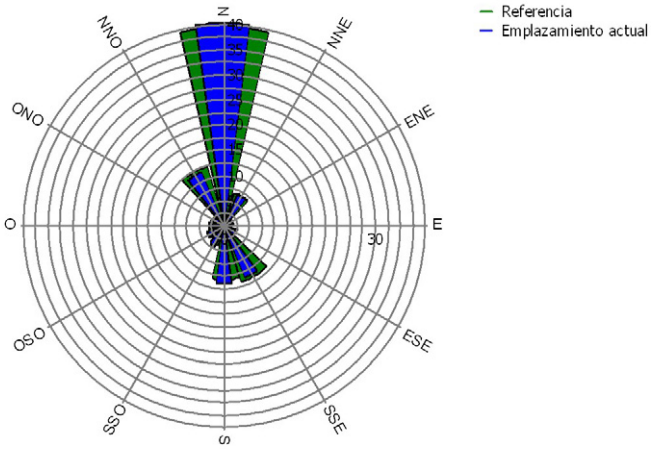
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:22/3.5.576

PARK - Análisis de Datos de Viento

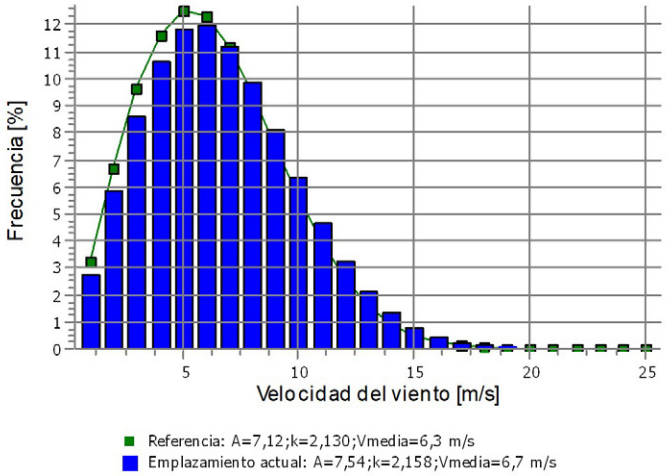
Cálculo: A.2Datos de Viento: A - WAsP - 105m; Altura buje: 50,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

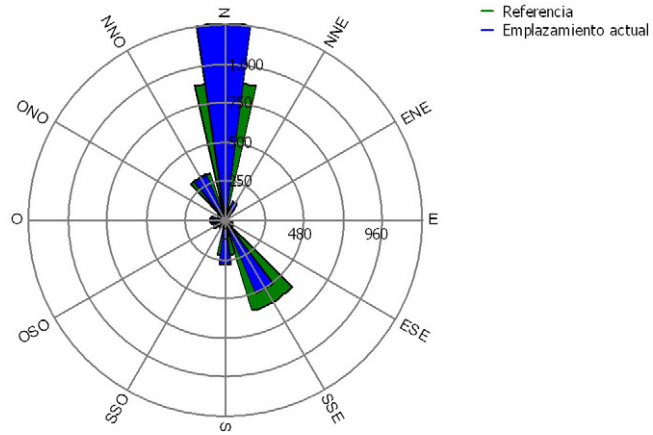
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	8,50	7,63	3,389	40,2	7,62	3,470	39,5
1 NNE	6,09	5,42	1,799	7,0	5,77	2,010	6,9
2 ENE	2,79	2,50	1,674	1,7	2,63	1,600	1,8
3 E	2,55	2,49	1,068	1,4	2,47	1,630	1,4
4 ESE	4,35	4,21	1,088	2,5	4,28	1,040	2,6
5 SSE	8,39	7,46	1,811	10,8	8,75	1,840	11,6
6 S	6,61	5,90	1,717	11,4	6,28	1,750	10,7
7 SSO	4,95	4,44	1,588	4,6	4,31	1,560	4,0
8 OSO	6,90	6,11	2,076	3,6	6,12	2,060	3,4
9 O	7,54	6,68	2,033	2,9	7,61	2,130	3,2
10 ONO	5,89	5,27	1,627	2,3	6,24	1,720	2,7
11 NNO	8,02	7,16	2,975	11,5	7,87	3,040	12,3
Todo	7,54	6,67	2,158	100,0	7,12	2,130	100,0

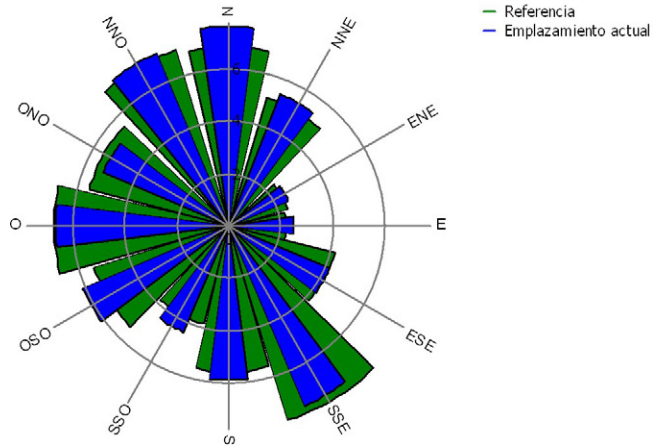
Distribución Weibull



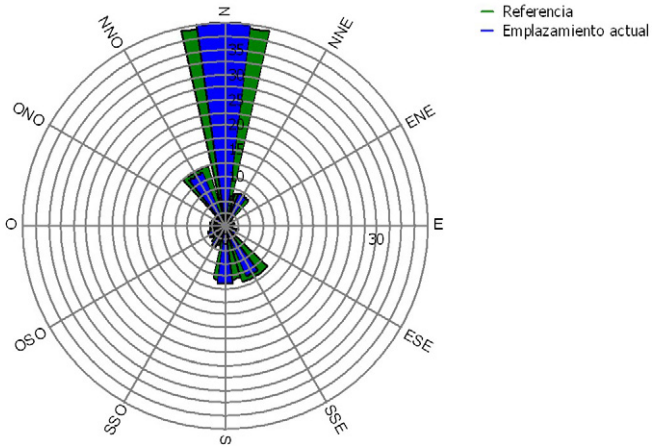
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



PARK - Curva de potencia del parque

Cálculo: A.2

Velocidad del viento [m/s]	Potencia AGs libres [kW]	AGs del parque [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	580	560	580	580	569	172	498	580	580	580	569	170	501	580
4,5	1.774	1.728	1.774	1.774	1.754	790	1.631	1.774	1.774	1.774	1.755	784	1.633	1.774
5,5	3.542	3.464	3.542	3.542	3.507	1.863	3.295	3.542	3.542	3.542	3.507	1.859	3.298	3.542
6,5	6.119	5.992	6.119	6.119	6.060	3.384	5.704	6.119	6.119	6.119	6.060	3.380	5.709	6.119
7,5	9.632	9.435	9.632	9.632	9.541	5.421	8.993	9.632	9.632	9.632	9.541	5.415	9.000	9.632
8,5	14.131	13.848	14.131	14.131	14.003	8.064	13.222	14.131	14.131	14.131	14.003	8.057	13.230	14.131
9,5	19.394	19.031	19.394	19.394	19.248	11.500	18.288	19.394	19.394	19.394	19.248	11.500	18.286	19.394
10,5	24.401	24.018	24.401	24.401	24.288	15.806	23.416	24.401	24.401	24.401	24.288	15.785	23.407	24.401
11,5	28.175	27.861	28.175	28.175	28.110	20.835	27.568	28.175	28.175	28.175	28.109	20.824	27.547	28.175
12,5	29.674	29.518	29.674	29.674	29.662	25.807	29.521	29.674	29.674	29.674	29.662	25.805	29.501	29.674
13,5	29.971	29.935	29.971	29.971	29.970	29.052	29.954	29.971	29.971	29.971	29.970	29.057	29.951	29.971
14,5	30.000	29.997	30.000	30.000	30.000	29.935	29.999	30.000	30.000	30.000	30.000	29.935	29.999	30.000
15,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.999	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.999	30.000	30.000
16,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
17,5	27.925	27.972	27.925	27.925	27.941	28.959	28.055	27.925	27.925	27.925	27.941	28.970	28.054	27.925
18,5	25.605	25.644	25.605	25.605	25.617	26.490	25.700	25.605	25.605	25.605	25.617	26.493	25.700	25.605
19,5	23.275	23.307	23.275	23.275	23.285	23.987	23.352	23.275	23.275	23.275	23.285	23.989	23.352	23.275
20,5	20.980	21.005	20.980	20.980	20.988	21.550	21.042	20.980	20.980	20.980	20.988	21.552	21.042	20.980
21,5	18.615	18.637	18.615	18.615	18.622	19.109	18.669	18.615	18.615	18.615	18.622	19.111	18.669	18.615
22,5	16.295	16.312	16.295	16.295	16.300	16.678	16.337	16.295	16.295	16.295	16.300	16.679	16.337	16.295
23,5	14.030	14.042	14.030	14.030	14.034	14.301	14.060	14.030	14.030	14.030	14.034	14.302	14.060	14.030
24,5	11.440	11.453	11.440	11.440	11.444	11.733	11.472	11.440	11.440	11.440	11.444	11.734	11.472	11.440
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descripción:
La curva de potencia del parque es similar a una curva de potencia de AG, lo que significa que cuando se da una velocidad de viento con la misma velocidad en todo el área del parque eólico (antes de influencia del parque),la salida de producción del parque puede encontrarse en la curva de potencia del parque. Otra forma de decir esto: La curva de potencia del parque incluye las pérdidas de efecto parque, pero NO incluye variaciones en la velocidad del viento debidas al terreno sobre el área del parque.
La medición de una curva de potencia del parque no es tan simple como la medición de una curva de potencia de AG porque la curva de potencia del parque depende de la dirección y velocidad del viento, que normalmente no son iguales por toda la zona del parque al mismo tiempo (sólo en terrenos llanos no-complejos). La idea de esta versión de la curva de potencia del parque no es utilizarla para la validación a partir de mediciones. Esto requeriría al menos 2 torres de medición en dos partes del parque, a menos que sólo unos pocos sectores debieran ser probados, Y con terreno no-complejo (normalmente sólo utilizable en offshore). Otra versión de curva de potencia de parques en terrenos complejos está disponible en WindPRO.

La curva de potencia del parque puede utilizarse para:

1. Sistemas de predicción, basados en datos de viento más brutos (aproximada), la curva de potencia del parque sería una forma eficaz de hacer la conexión entre la velocidad del viento (y dirección) y potencia.
2. Para el cálculo de la curvas de duración, que nos dice cuán a menudo se dará una potencia, se puede utilizar la curva de potencia del parque junto a la distribución media del viento para el área del parque a altura de buje. La distribución media del viento se puede calcular a partir de los parámetros Weibull para la posición de cada AG. Estos se encuentran en el menu de impresión: >Guardar resultado en fichero< en >Resultados parque< y se pueden guardar en forma de fichero o copiados en el portapapeles y pegados en Excel.
3. Cálculo del índice de viento a partir de la producción del parque (ver más abajo).
4. Estimación de la producción esperada del parque eólico a partir de las medidas de viento realizadas con por los menos dos torres de medición situadas en el parque. Las torres deben usarse para obtener la vel. del viento libre. Ésta se usa en la simulación de energía esperada con la curva de potencia PARK. Este procedimiento sólo funcionará en terrenos no complejos. Para terrenos complejos For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

Nota:
También está disponible desde >Resultado a fichero< >Velocidades de Viento Dentro del Parque Eólico< . Estos pueden (por ejemplo, a través de Excel) ser utilizados para la extraer la reducción en las velocidades de viento medido debido a estelas.

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

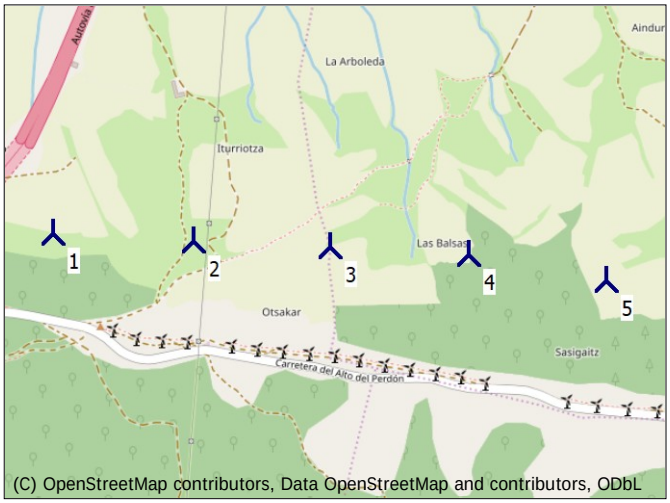
Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:22/3.5.576

PARK - Distancias AG

Cálculo: A.2

Distancias AG

	Z	AG más cercano	Z	Distancia horizontal	Distancia diámetros de rotor
	[m]		[m]	[m]	
1	653,3	2	710,0	466	3,1
2	710,0	3	729,1	452	3,0
3	729,1	2	710,0	452	3,0
4	739,8	3	729,1	459	3,1
5	744,6	4	739,8	467	3,1
Mín	653,3		710,0	452	3,0
Máx	744,6		739,8	467	3,1



Escala 1:25.000

Nuevo AG

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: A.2

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	24/9/2022
Editado	24/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: A.2

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	24/9/2022
Editado	24/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:22/3.5.576

PARK - Mapa

Cálculo: A.2



0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:12.500, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 603.719 Norte: 4.732.477

Nuevo AG

ANEXO 4. Park_B.1

PARK - Resultado principal

Cálculo: B.1

Modelo de Estela N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Cálculo realizado en UTM (north)-WGS84 Zona: 30
En el centro del emplazamiento, la diferencia entre el norte del grid y el norte verdadero es: 0,9°

Método de corrección de curva de potencia
Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>
Método de cálculo de la densidad del aire
Depende de la Altura, temperatura de la estación climática
Estación: LOGRONO/AGONCILLO
Temperatura en la base: 14,1 °C a 353,0 m
Presión en la base: 1013,3 hPa a 0,0 m
La densidad del aire para el centro del emplazamiento en la altura de buje seleccionada: 778,5 m + 50,0 m = 1,125 kg/m³ -> 91,9 % de Std
Humedad Relativa: 0,0 %

Parámetros del Modelo de Estela
Constante de Decaimiento de Estela (WDC) 0,075 DTU por defecto onshore

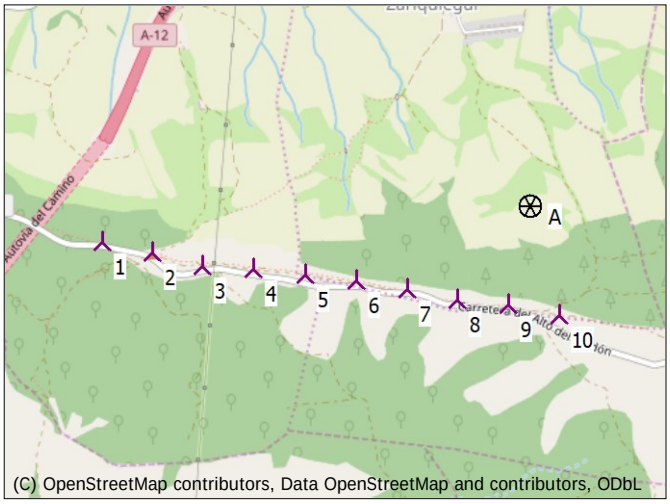
Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos

Ajuste de cálculo de estela

Ángulo [°]			Velocidad del viento [m/s]		
inicio	fin	Incremento	inicio	fin	Incremento
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Estadísticas de viento ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

Versión WAsP WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100



Escala 1:40.000
Nuevo AG
Datos del Emplazamiento

Resultados clave para la altura 50,0 m sobre el nivel del terreno

Terreno UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Nombre de la distrib. de viento	Tipo	Energía eólica	Vel. media viento	Rugosidad equivalente
					[kWh/m²]	[m/s]	
A	604.960	4.732.520	WAsP - 80m	WAsP (WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100)	2.729	6,8	0,7

Energía anual calculada para el Parque Eólico

Combinación AG	Resultado PARK	Resultado-10,0%	BRUTO (sin pérdidas) AGs libres	Pérdidas por Estela	Resultados específicos¤) Factor Capacidad	AG Medio resultado	Plena carga horas	Vel. viento media @altura eje
	[MWh/año]	[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[%]	[MWh/año]	[Horas/año]	[m/s]
Parque eólico	139.422,0	125.479,8	140.183,5	0,5	47,7	12.548,0	4.183	10,4

¤) Basado en Resultado-10,0%

Energía Anual Calculada para cada uno de los 10 nuevos AGs del parque con 30,0 MW de potencia nominal total

Enlaces	Tipo de AG Válido	Fabricante	Modelo de AG	Potencia, nominal	Diámetro de rotor	Altura buje	Curva de Potencia Creador	Nombre	Energía Anual Resultado	Resultado-10,0%	Pérdidas por Estela	Vel. media del viento libre
				[kW]	[m]	[m]			[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[m/s]
1 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	13.277,0	11.949	0,1	9,95
2 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	13.312,9	11.982	0,4	10,01
3 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	13.692,3	12.323	0,5	10,26
4 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	13.734,7	12.361	0,6	10,28
5 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	13.930,0	12.537	0,7	10,41
6 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	14.048,8	12.644	0,6	10,49
7 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	14.077,9	12.670	0,7	10,51
8 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	14.523,9	13.071	0,5	10,85
9 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	14.340,0	12.906	0,7	10,72
10 A	Sí	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	14.484,6	13.036	0,7	10,82

Distribución AGs

UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
1 Nuevo	602.692	4.732.291	750,0	B.1 (1)
2 Nuevo	602.960	4.732.243	766,0	B.1 (2)
3 Nuevo	603.226	4.732.178	790,0	B.1 (3)
4 Nuevo	603.499	4.732.165	808,2	B.1 (4)
5 Nuevo	603.769	4.732.142	830,0	B.1 (5)
6 Nuevo	604.042	4.732.110	849,9	B.1 (6)

Continúa en la siguiente página...

PARK - Resultado principal

Cálculo: B.1

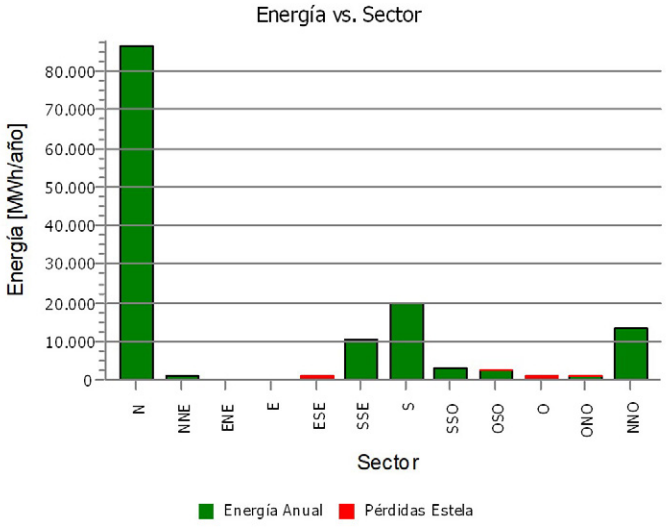
...continúa desde la página anterior

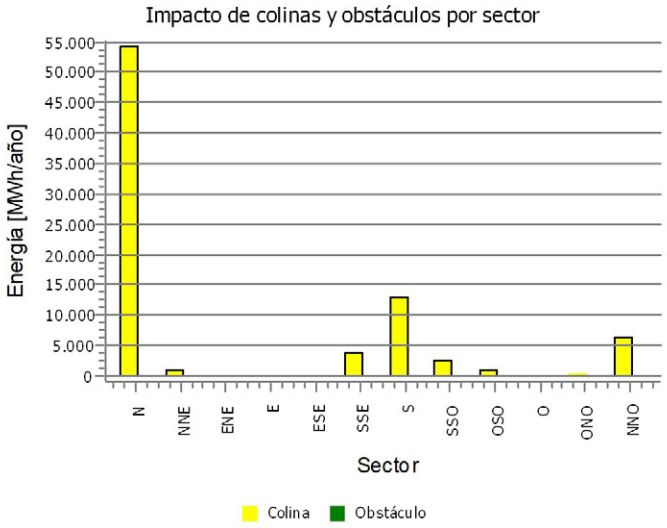
		UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
7	Nuevo	604.312	4.732.075	862,4	B.1 (7)
8	Nuevo	604.577	4.732.019	887,6	B.1 (8)
9	Nuevo	604.849	4.731.998	910,0	B.1 (9)
10	Nuevo	605.119	4.731.947	950,0	B.1 (10)

PARK - Análisis de Producción

Cálculo: B.1AG: Todos los nuevos AGs, La densidad del aire varía con la posición del AG 1,104 kg/m³ - 1,125 kg/m³
Análisis direccional

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Total
Energía basada en rugosidad	[MWh]	32.217,6	301,3	44,0	26,7	726,5	6.837,0	6.903,8	648,4	1.286,8	1.232,0	924,6	7.043,8	58.192,5
+Aumento debido a colinas	[MWh]	54.256,5	895,6	52,8	-0,2	71,3	3.773,6	12.873,6	2.541,2	1.006,4	-16,4	193,7	6.342,8	81.991,0
-Reducción debida a pérdidas por estela	[MWh]	0,0	0,0	0,3	14,3	76,8	0,0	0,0	0,0	3,1	538,6	128,4	0,0	761,5
Energía resultante	[MWh]	86.474,2	1.196,9	96,5	12,2	721,0	10.610,7	19.777,4	3.189,6	2.290,1	677,0	990,0	13.386,6	139.422,0
Energía específica	[kWh/m²]													2.192
Energía específica	[kWh/kW]													4.647
Aumento debido a colinas	[%]	168,4	297,3	120,1	-0,8	9,8	55,2	186,5	391,9	78,2	-1,3	21,0	90,0	140,90
Reducción debida a pérdidas por estela	[%]	0,0	0,0	0,3	54,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,1	44,3	11,5	0,0	0,54
Utilización	[%]	23,5	36,9	34,8	13,0	24,3	18,0	19,2	31,6	33,5	21,3	30,4	27,1	22,9
Tiempo	[Horas/año]	3.886	318	110	78	170	708	1.308	376	235	173	169	761	8.292
H. Equivalentes a plena carga	[Horas/año]	2.882	40	3	0	24	354	659	106	76	23	33	446	4.647





PARK - Análisis de Curvas de Potencia

Cálculo: B.1AG: 1 - VESTAS V90 3000 90.0 !O!, Altura buje: 80,0 m

Nombre: Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009
Origen: Manufacturer

Fuente/Fecha	Creado por	Creado	Editado	Velocidad de viento de corte [m/s]	Control de potencia	Tipo de curva CT	Tipo de generador	Potencia específica kW/m²
30/6/2009	EMD	23/8/2004	24/9/2010	25,0	Paso variable (Pitch)	Definido por usuario	Variable	0,47

Estimated power curves and Ct values based on item no: 0000-5450 V04 2009-06-30.
Please contact Vestas for information on latest power curve.

Comparación de curva HP - Nota: para densidad de aire estándar

Vmedia	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valor HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	3.344	5.435	7.674	9.840	11.792	13.440
VESTAS V90 3000 90.0 !O! Level 0 - Estimated - 107.0 dB(A) - 06-2009	[MWh]	3.302	5.361	7.570	9.712	11.640	13.261
Valor de comprobación	[%]	1	1	1	1	1	1

La tabla muestra una comparación con la producción de energía anual basada en curvas-HP simplificadas, que supone que todos los aerogeneradores se comportan de forma similar - los valores calculados sólo dependen de la carga de energía específica (kW/m^2) y velocidad simple/doble o stall/pitch. Las producciones no incluyen pérdidas de estela.
For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.
El método se perfecciona en el informe de EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", enero de 2003.
Utilice la tabla para evaluar si la curva de potencia dada es razonable - si los valores de verificación son inferiores a -5%, la curva de potencia, probablemente es demasiado optimista debido a la incertidumbre en la medición de curva de potencia.

Curva de Potencia

Datos originales, Densidad del Aire: 1,225 kg/m³

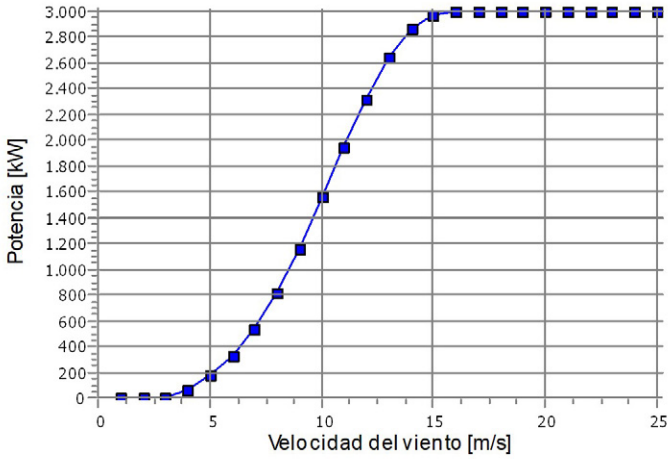
Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Velocidad del viento [m/s]	Curva Ct
4,0	77,0	0,31	4,0	0,87
5,0	190,0	0,39	5,0	0,84
6,0	353,0	0,42	6,0	0,81
7,0	581,0	0,43	7,0	0,81
8,0	886,0	0,44	8,0	0,81
9,0	1.273,0	0,45	9,0	0,80
10,0	1.710,0	0,44	10,0	0,73
11,0	2.145,0	0,41	11,0	0,66
12,0	2.544,0	0,38	12,0	0,57
13,0	2.837,0	0,33	13,0	0,49
14,0	2.965,0	0,28	14,0	0,38
15,0	2.995,0	0,23	15,0	0,30
16,0	3.000,0	0,19	16,0	0,24
17,0	3.000,0	0,16	17,0	0,20
18,0	3.000,0	0,13	18,0	0,17
19,0	3.000,0	0,11	19,0	0,14
20,0	3.000,0	0,10	20,0	0,12
21,0	3.000,0	0,08	21,0	0,10
22,0	3.000,0	0,07	22,0	0,09
23,0	3.000,0	0,06	23,0	0,08
24,0	3.000,0	0,06	24,0	0,07
25,0	3.000,0	0,05	25,0	0,06

Potencia, Eficiencia y Energía vs. Velocidad Viento

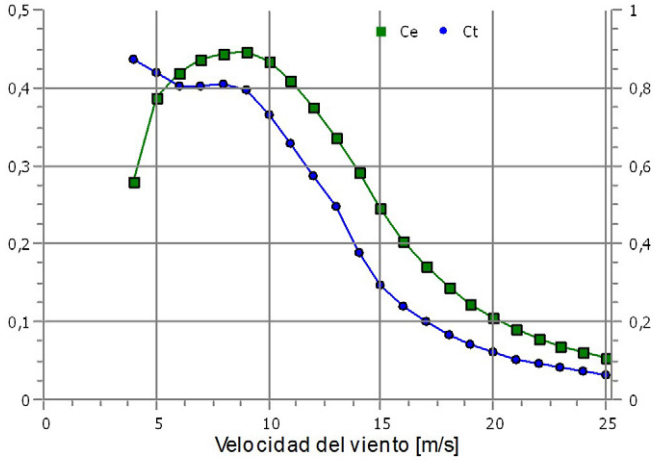
Datos utilizados en el cálculo, Densidad del Aire: 1,125 kg/m³ Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>

Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Intervalo [m/s]	Energía [MWh]	Energía acum. [MWh]	Relativo [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	0,0	0,00	2,50- 3,50	1,8	1,8	0,0
4,0	64,0	0,28	3,50- 4,50	28,2	30,0	0,2
5,0	173,7	0,39	4,50- 5,50	87,1	117,1	0,9
6,0	324,8	0,42	5,50- 6,50	175,9	293,0	2,2
7,0	535,0	0,44	6,50- 7,50	311,0	604,0	4,5
8,0	815,0	0,44	7,50- 8,50	502,0	1.106,0	8,3
9,0	1.164,8	0,45	8,50- 9,50	746,1	1.852,1	13,9
10,0	1.555,8	0,43	9,50-10,50	1.017,3	2.869,4	21,6
11,0	1.947,6	0,41	10,50-11,50	1.268,6	4.138,0	31,2
12,0	2.317,7	0,37	11,50-12,50	1.453,0	5.591,0	42,1
13,0	2.642,6	0,34	12,50-13,50	1.530,4	7.121,5	53,6
14,0	2.872,4	0,29	13,50-14,50	1.469,0	8.590,5	64,7
15,0	2.971,8	0,25	14,50-15,50	1.284,5	9.875,0	74,4
16,0	2.995,9	0,20	15,50-16,50	1.039,2	10.914,2	82,2
17,0	3.000,0	0,17	16,50-17,50	788,7	11.702,9	88,1
18,0	3.000,0	0,14	17,50-18,50	565,3	12.268,2	92,4
19,0	3.000,0	0,12	18,50-19,50	384,3	12.652,5	95,3
20,0	3.000,0	0,10	19,50-20,50	249,8	12.902,3	97,2
21,0	3.000,0	0,09	20,50-21,50	157,4	13.059,7	98,4
22,0	3.000,0	0,08	21,50-22,50	98,2	13.157,9	99,1
23,0	3.000,0	0,07	22,50-23,50	62,1	13.220,1	99,6
24,0	3.000,0	0,06	23,50-24,50	40,6	13.260,7	99,9
25,0	3.000,0	0,05	24,50-25,50	16,3	13.277,0	100,0

Curva de Potencia
Para la densidad del aire: 1,125 kg/m³ y datos climáticos de referencia



Curvas Ce y Ct
Para la densidad del aire: 1,125 kg/m³ y datos climáticos de referencia



PARK - Terreno

Cálculo: B.1Datos del Emplazamiento: A - WAsP - 80m

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

PARK - Análisis de Datos de Viento

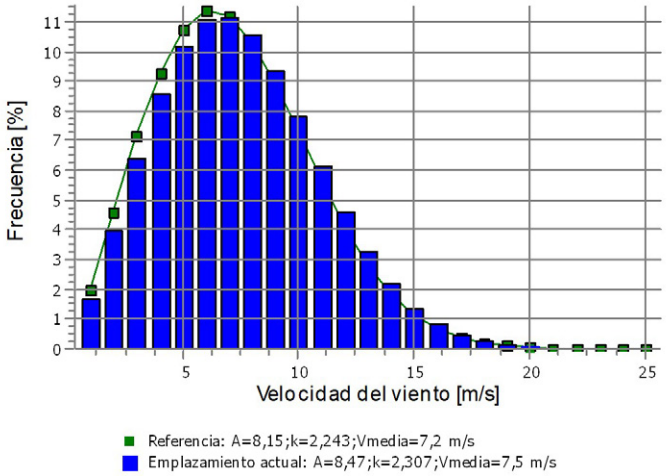
Cálculo: B.1Datos de Viento: A - WAsP - 80m; Altura buje: 80,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

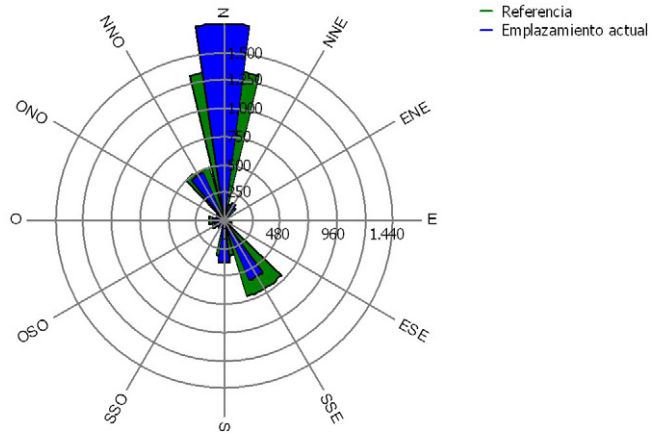
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,56	8,61	3,553	40,0	8,78	3,549	39,3
1 NNE	6,79	6,03	1,830	6,8	6,64	2,058	6,9
2 ENE	3,26	2,90	1,768	1,7	3,06	1,655	1,8
3 E	3,01	2,86	1,166	1,4	2,84	1,658	1,4
4 ESE	5,03	4,73	1,197	2,6	5,01	1,117	2,6
5 SSE	9,02	8,00	1,963	10,9	9,46	1,965	11,6
6 S	7,53	6,69	1,857	11,3	7,28	1,825	10,6
7 SSO	5,71	5,10	1,678	4,5	5,03	1,618	4,0
8 OSO	7,88	6,98	2,221	3,6	7,11	2,128	3,4
9 O	8,32	7,37	2,240	2,9	8,69	2,265	3,2
10 ONO	6,63	5,92	1,713	2,3	7,15	1,785	2,7
11 NNO	9,13	8,17	3,146	11,8	9,12	3,166	12,5
Todo	8,47	7,50	2,307	100,0	8,15	2,243	100,0

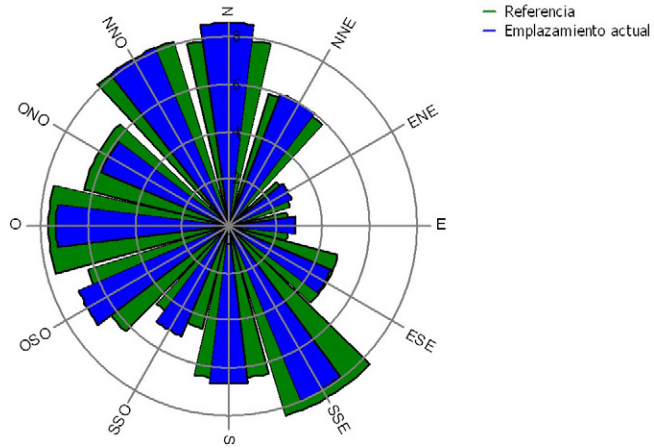
Distribución Weibull



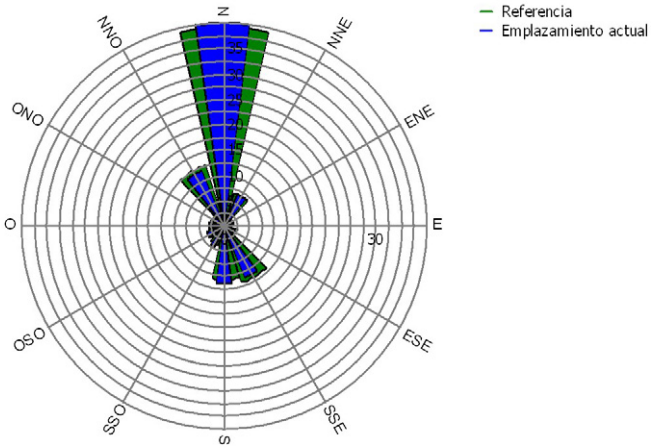
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



PARK - Análisis de Datos de Viento

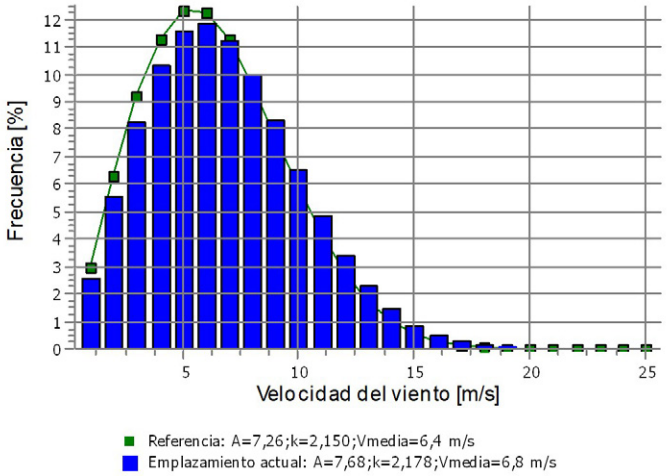
Cálculo: B.1Datos de Viento: A - WAsP - 80m; Altura buje: 50,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

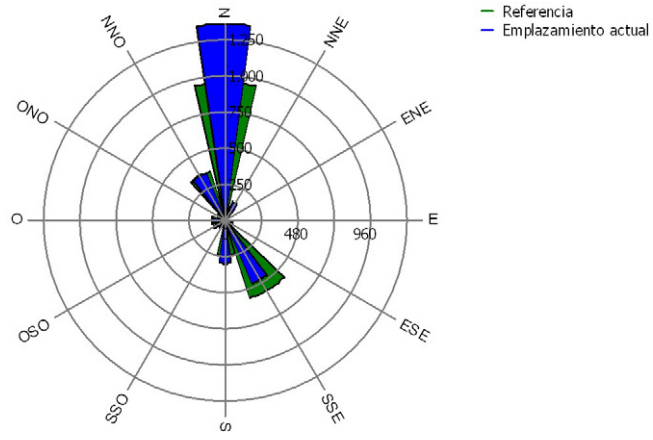
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	8,71	7,82	3,334	40,0	7,81	3,400	39,3
1 NNE	6,22	5,54	1,787	7,0	5,89	1,970	6,9
2 ENE	2,88	2,58	1,658	1,7	2,71	1,580	1,8
3 E	2,60	2,52	1,088	1,4	2,51	1,590	1,4
4 ESE	4,45	4,26	1,127	2,6	4,43	1,070	2,6
5 SSE	8,25	7,33	1,842	10,8	8,59	1,870	11,6
6 S	6,77	6,03	1,736	11,3	6,45	1,750	10,6
7 SSO	5,09	4,57	1,580	4,6	4,45	1,550	4,0
8 OSO	7,09	6,28	2,076	3,6	6,30	2,040	3,4
9 O	7,61	6,74	2,084	2,9	7,71	2,170	3,2
10 ONO	5,94	5,33	1,607	2,3	6,32	1,710	2,7
11 NNO	8,25	7,36	2,951	11,7	8,11	3,030	12,5
Todo	7,68	6,80	2,178	100,0	7,26	2,150	100,0

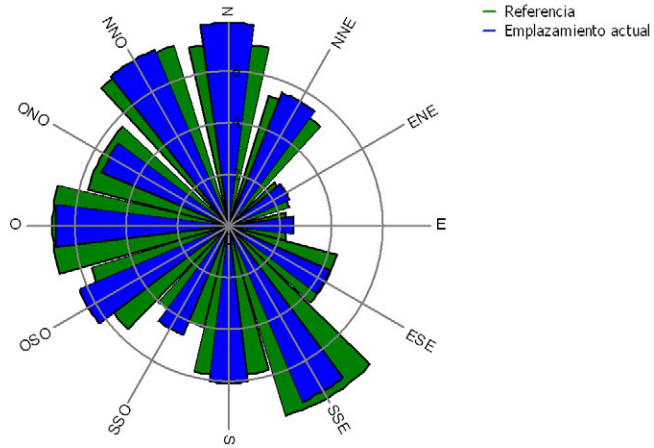
Distribución Weibull



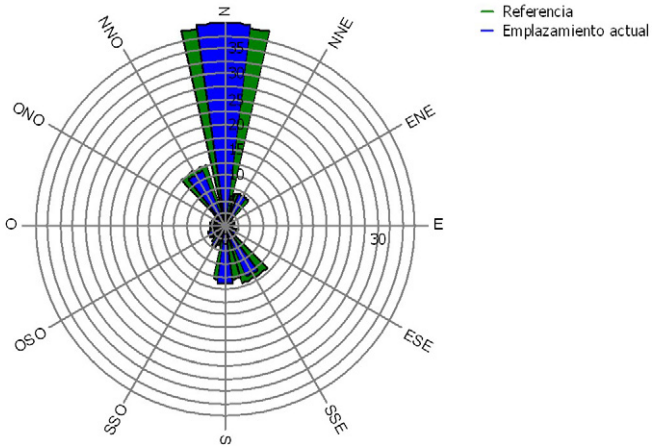
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



PARK - Curva de potencia del parque

Cálculo: B.1

Velocidad del viento [m/s]	Potencia AGs libres [kW]	AGs del parque [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	79	76	79	79	77	13	43	79	79	79	77	14	45	79
4,5	1.173	1.138	1.173	1.173	1.169	403	881	1.173	1.173	1.173	1.169	400	887	1.173
5,5	2.430	2.369	2.430	2.430	2.423	1.034	1.985	2.430	2.430	2.430	2.423	1.037	1.986	2.430
6,5	4.199	4.104	4.199	4.199	4.188	1.985	3.524	4.199	4.199	4.199	4.188	1.998	3.525	4.199
7,5	6.606	6.465	6.606	6.606	6.589	3.361	5.590	6.606	6.606	6.606	6.589	3.373	5.593	6.606
8,5	9.715	9.516	9.715	9.715	9.692	5.107	8.265	9.715	9.715	9.715	9.693	5.127	8.268	9.715
9,5	13.422	13.158	13.422	13.422	13.396	7.290	11.534	13.422	13.422	13.422	13.396	7.318	11.535	13.422
10,5	17.386	17.071	17.386	17.386	17.361	9.920	15.222	17.386	17.386	17.386	17.361	9.956	15.223	17.386
11,5	21.200	20.859	21.200	21.200	21.177	12.899	19.025	21.200	21.200	21.200	21.177	12.949	19.027	21.200
12,5	24.711	24.373	24.711	24.711	24.692	16.199	22.752	24.711	24.711	24.711	24.692	16.259	22.755	24.711
13,5	27.596	27.298	27.596	27.596	27.584	19.784	26.096	27.596	27.596	27.596	27.584	19.851	26.092	27.596
14,5	29.234	29.027	29.234	29.234	29.230	23.429	28.459	29.234	29.234	29.234	29.230	23.463	28.447	29.234
15,5	29.836	29.731	29.836	29.836	29.835	26.726	29.620	29.836	29.836	29.836	29.835	26.695	29.613	29.836
16,5	29.978	29.947	29.978	29.978	29.978	29.036	29.946	29.978	29.978	29.978	29.978	28.975	29.942	29.978
17,5	30.000	29.996	30.000	30.000	30.000	29.894	29.997	30.000	30.000	30.000	30.000	29.872	29.997	30.000
18,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.994	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.992	30.000	30.000
19,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
20,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
21,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
22,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
23,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
24,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descripción:
La curva de potencia del parque es similar a una curva de potencia de AG, lo que significa que cuando se da una velocidad de viento con la misma velocidad en todo el área del parque eólico (antes de influencia del parque),la salida de producción del parque puede encontrarse en la curva de potencia del parque. Otra forma de decir esto: La curva de potencia del parque incluye las pérdidas de efecto parque, pero NO incluye variaciones en la velocidad del viento debidas al terreno sobre el área del parque.
La medición de una curva de potencia del parque no es tan simple como la medición de una curva de potencia de AG porque la curva de potencia del parque depende de la dirección y velocidad del viento, que normalmente no son iguales por toda la zona del parque al mismo tiempo (sólo en terrenos llanos no-complejos). La idea de esta versión de la curva de potencia del parque no es utilizarla para la validación a partir de mediciones. Esto requeriría al menos 2 torres de medición en dos partes del parque, a menos que sólo unos pocos sectores debieran ser probados, Y con terreno no-complejo (normalmente sólo utilizable en offshore). Otra versión de curva de potencia de parques en terrenos complejos está disponible en WindPRO.

La curva de potencia del parque puede utilizarse para:

1. Sistemas de predicción, basados en datos de viento más brutos (aproximada), la curva de potencia del parque sería una forma eficaz de hacer la conexión entre la velocidad del viento (y dirección) y potencia.
2. Para el cálculo de la curvas de duración, que nos dice cuán a menudo se dará una potencia, se puede utilizar la curva de potencia del parque junto a la distribución media del viento para el área del parque a altura de buje. La distribución media del viento se puede calcular a partir de los parámetros Weibull para la posición de cada AG. Estos se encuentran en el menu de impresión: >Guardar resultado en fichero< en >Resultados parque< y se pueden guardar en forma de fichero o copiados en el portapapeles y pegados en Excel.
3. Cálculo del índice de viento a partir de la producción del parque (ver más abajo).
4. Estimación de la producción esperada del parque eólico a partir de las medidas de viento realizadas con por los menos dos torres de medición situadas en el parque. Las torres deben usarse para obtener la vel. del viento libre. Ésta se usa en la simulación de energía esperada con la curva de potencia PARK. Este procedimiento sólo funcionará en terrenos no complejos. Para terrenos complejos For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

Nota:
También está disponible desde >Resultado a fichero< >Velocidades de Viento Dentro del Parque Eólico< . Estos pueden (por ejemplo, a través de Excel) ser utilizados para la extraer la reducción en las velocidades de viento medido debido a estelas.

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

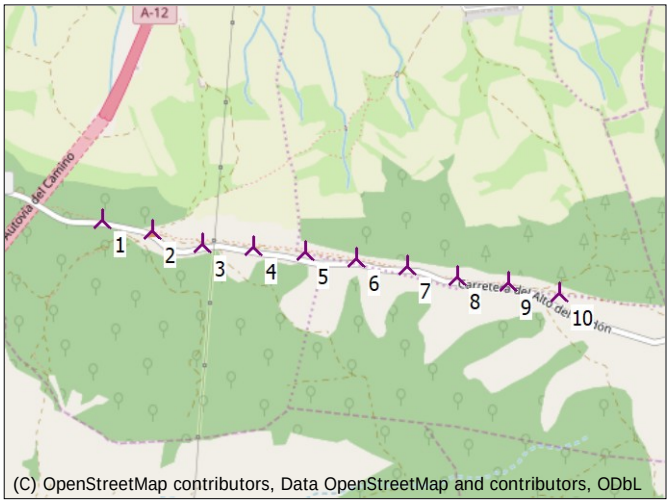
Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:49/3.5.576

PARK - Distancias AG

Cálculo: B.1

Distancias AG

	Z	AG más cercano	Z	Distancia horizontal	Distancia diámetros de rotor
	[m]		[m]	[m]	
1	750,0	2	766,0	272	3,0
2	766,0	1	750,0	272	3,0
3	790,0	4	808,2	273	3,0
4	808,2	5	830,0	272	3,0
5	830,0	4	808,2	272	3,0
6	849,9	7	862,4	273	3,0
7	862,4	8	887,6	271	3,0
8	887,6	7	862,4	271	3,0
9	910,0	8	887,6	272	3,0
10	950,0	9	910,0	275	3,1
Mín	750,0		750,0	271	3,0
Máx	950,0		910,0	275	3,1



Escala 1:40.000

Nuevo AG

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: B.1

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	23/9/2022
Editado	23/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

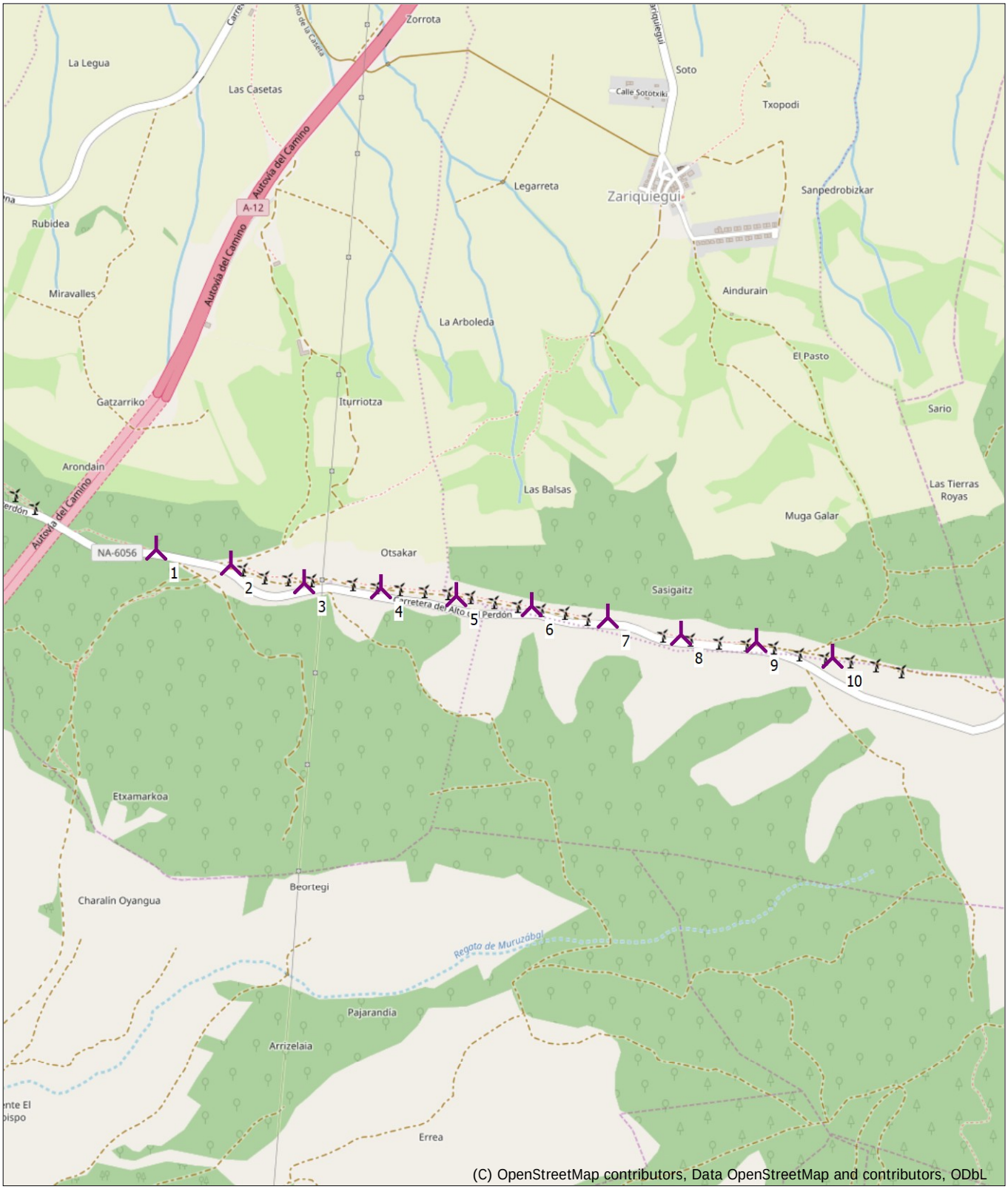
Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

PARK - Mapa

Cálculo: B.1



0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:20.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 603.906 Norte: 4.732.119

Nuevo AG

ANEXO 5. Park_B.2

Proyecto:
TFM

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:38/3.5.576

PARK - Resultado principal

Cálculo: B.2

Modelo de Estela N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Cálculo realizado en UTM (north)-WGS84 Zona: 30
En el centro del emplazamiento, la diferencia entre el norte del grid y el norte verdadero es: 0,9°

Método de corrección de curva de potencia
Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>
Método de cálculo de la densidad del aire
Depende de la Altura, temperatura de la estación climática
Estación: LOGRONO/AGONCILLO
Temperatura en la base: 14,1 °C a 353,0 m
Presión en la base: 1013,3 hPa a 0,0 m
La densidad del aire para el centro del emplazamiento en la altura de buje seleccionada: 778,5 m + 50,0 m = 1,125 kg/m³ -> 91,9 % de Std
Humedad Relativa: 0,0 %

Parámetros del Modelo de Estela
Constante de Decaimiento de Estela (WDC) 0,075 DTU por defecto onshore

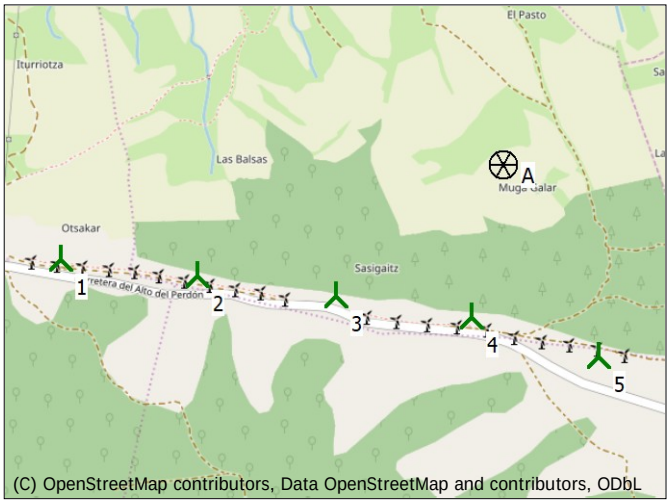
Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos

Ajuste de cálculo de estela

Ángulo [°]			Velocidad del viento [m/s]		
inicio	fin	Incremento	inicio	fin	Incremento
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Estadísticas de viento ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

Versión WAsP WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100



Escala 1:25.000
Nuevo AG
Datos del Emplazamiento

Resultados clave para la altura 50,0 m sobre el nivel del terreno

Terreno UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

	hacia Este	hacia Norte	Nombre de la distrib. de viento	Tipo	Energía eólica	Vel. media viento	Rugosidad equivalente
					[kWh/m²]	[m/s]	
A	604.960	4.732.520	WAsP - 105m	WAsP (WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100)	2.603	6,7	0,7

Energía anual calculada para el Parque Eólico

Combinación AG	Resultado PARK	Resultado-10,0%	BRUTO (sin pérdidas) AGs libres	Pérdidas por Estela	Resultados específicos¤) Factor Capacidad	AG Medio resultado	Plena carga horas	Vel. viento media @altura eje
	[MWh/año]	[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[%]	[MWh/año]	[Horas/año]	[m/s]
Parque eólico	158.016,2	142.214,6	158.879,7	0,5	54,1	28.442,9	4.740	10,3

¤) Basado en Resultado-10,0%

Energía Anual Calculada para cada uno de los 5 nuevos AGs del parque con 30,0 MW de potencia nominal total

Enlaces	Tipo de AG Válido	Fabricante	Modelo de AG	Potencia, nominal	Diámetro de rotor	Altura buje	Curva de Potencia Creador	Nombre	Energía Anual Resultado	Resultado-10,0%	Pérdidas por Estela	Vel. media del viento libre
				[kW]	[m]	[m]			[MWh/año]	[MWh/año]	[%]	[m/s]
1 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	31.176,4	28.059	0,1	10,07
2 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	31.580,0	28.422	0,5	10,28
3 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	31.224,6	28.102	0,6	10,14
4 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	31.476,7	28.329	0,8	10,29
5 A	Sí	VESTAS	V150-6.0-6.000	6.000	150,0	105,0	EMD	Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	32.558,5	29.303	0,7	10,77

Distribución AGs

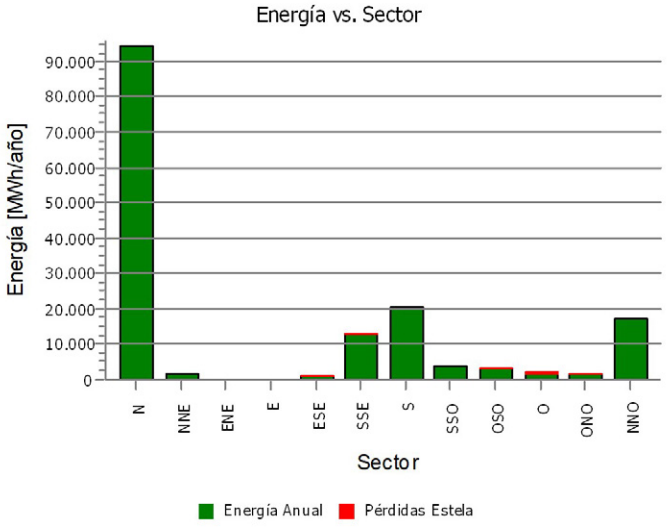
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30

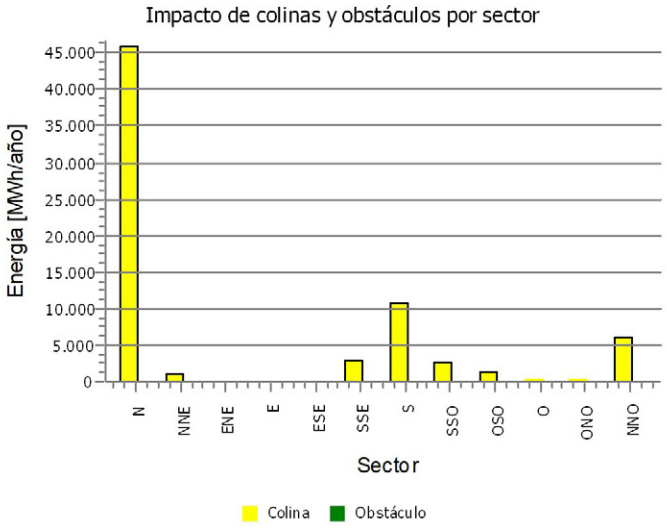
	hacia Este	hacia Norte	Z [m]	Datos brutos/Descripción
1 Nuevo	603.497	4.732.192	804,1	B.2 (1)
2 Nuevo	603.949	4.732.141	840,0	B.2 (2)
3 Nuevo	604.409	4.732.083	858,7	B.2 (3)
4 Nuevo	604.862	4.732.018	905,6	B.2 (4)
5 Nuevo	605.280	4.731.896	975,7	B.2 (5)

PARK - Análisis de Producción

Cálculo: B.2AG: Todos los nuevos AGs, La densidad del aire varía con la posición del AG 1,098 kg/m³ - 1,117 kg/m³
Análisis direccional

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Total
Energía basada en rugosidad	[MWh]	48.374,7	516,8	76,9	54,8	1.033,6	10.205,2	9.513,5	1.029,9	2.070,3	2.048,9	1.413,8	10.962,6	87.300,8
+Aumento debido a colinas	[MWh]	45.877,7	1.124,6	91,6	8,9	109,9	2.915,9	10.865,8	2.734,6	1.326,0	151,6	258,4	6.114,0	71.578,9
-Reducción debida a pérdidas por estela	[MWh]	0,0	0,0	0,0	23,5	98,2	0,0	0,0	0,0	0,3	575,9	165,6	0,0	863,5
Energía resultante	[MWh]	94.252,4	1.641,4	168,5	40,2	1.045,2	13.121,1	20.379,3	3.764,5	3.395,9	1.624,6	1.506,6	17.076,5	158.016,2
Energía específica	[kWh/m²]													1.788
Energía específica	[kWh/kW]													5.267
Aumento debido a colinas	[%]	94,8	217,6	119,1	16,3	10,6	28,6	114,2	265,5	64,0	7,4	18,3	55,8	81,99
Reducción debida a pérdidas por estela	[%]	0,0	0,0	0,0	36,9	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	9,9	0,0	0,54
Utilización	[%]	20,7	37,4	38,9	22,4	20,2	13,7	16,4	30,2	30,2	24,7	27,7	24,3	20,0
Tiempo	[Horas/año]	3.944	333	121	86	182	792	1.265	377	259	193	178	840	8.569
H. Equivalentes a plena carga	[Horas/año]	3.142	55	6	1	35	437	679	125	113	54	50	569	5.267





PARK - Análisis de Curvas de Potencia

Cálculo: B.2AG: 1 - VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O!, Altura buje: 105,0 m

Nombre: Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020
Origen: Manufacturer

Fuente/Fecha	Creado por	Creado	Editado	Velocidad de viento de corte [m/s]	Control de potencia	Tipo de curva CT	Tipo de generador	Potencia específica kW/m²
13/10/2020	EMD	1/3/2021	1/3/2021	25,0	Paso variable (Pitch)	Definido por usuario	Variable	0,34

Document no. 0098-0749 V01.

Comparación de curva HP - Nota: para densidad de aire estándar

Vmedia	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valor HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	9.110	14.101	19.046	23.539	27.391	30.516
VESTAS V150-6.0 6000 150.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 10-2020	[MWh]	9.228	14.297	19.248	23.580	27.050	29.590
Valor de comprobación	[%]	-1	-1	-1	0	1	3

La tabla muestra una comparación con la producción de energía anual basada en curvas-HP simplificadas, que supone que todos los aerogeneradores se comportan de forma similar - los valores calculados sólo dependen de la carga de energía específica (kW/m^2) y velocidad simple/doble o stall/pitch. Las producciones no incluyen pérdidas de estela.
For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.
El método se perfecciona en el informe de EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", enero de 2003.
Utilice la tabla para evaluar si la curva de potencia dada es razonable - si los valores de verificación son inferiores a -5%, la curva de potencia, probablemente es demasiado optimista debido a la incertidumbre en la medición de curva de potencia.

Curva de Potencia

Datos originales, Densidad del Aire: 1,225 kg/m³

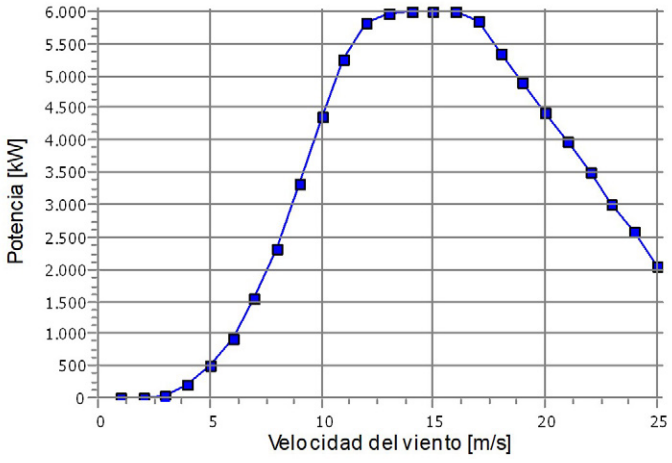
Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Velocidad del viento [m/s]	Curva Ct
3,0	40,0	0,14	3,0	0,86
3,5	135,0	0,29	3,5	0,84
4,0	250,0	0,36	4,0	0,81
4,5	391,0	0,40	4,5	0,79
5,0	563,0	0,42	5,0	0,78
5,5	775,0	0,43	5,5	0,78
6,0	1.032,0	0,44	6,0	0,79
6,5	1.337,0	0,45	6,5	0,79
7,0	1.693,0	0,46	7,0	0,79
7,5	2.101,0	0,46	7,5	0,79
8,0	2.565,0	0,46	8,0	0,79
8,5	3.086,0	0,46	8,5	0,78
9,0	3.657,0	0,46	9,0	0,77
9,5	4.231,0	0,46	9,5	0,73
10,0	4.777,0	0,44	10,0	0,67
10,5	5.258,0	0,42	10,5	0,61
11,0	5.642,0	0,39	11,0	0,55
11,5	5.867,0	0,36	11,5	0,48
12,0	5.956,0	0,32	12,0	0,42
12,5	5.988,0	0,28	12,5	0,36
13,0	5.998,0	0,25	13,0	0,32
13,5	6.000,0	0,23	13,5	0,28
14,0	6.000,0	0,20	14,0	0,25
14,5	6.000,0	0,18	14,5	0,22
15,0	6.000,0	0,16	15,0	0,20
15,5	6.000,0	0,15	15,5	0,18
16,0	6.000,0	0,14	16,0	0,16
16,5	6.000,0	0,12	16,5	0,15
17,0	5.842,0	0,11	17,0	0,13
17,5	5.585,0	0,10	17,5	0,12
18,0	5.353,0	0,08	18,0	0,10
18,5	5.121,0	0,07	18,5	0,09
19,0	4.887,0	0,07	19,0	0,08
19,5	4.655,0	0,06	19,5	0,07
20,0	4.424,0	0,05	20,0	0,06
20,5	4.196,0	0,04	20,5	0,06
21,0	3.966,0	0,04	21,0	0,05
21,5	3.723,0	0,03	21,5	0,04
22,0	3.495,0	0,03	22,0	0,04
22,5	3.259,0	0,03	22,5	0,03
23,0	3.012,0	0,02	23,0	0,03
23,5	2.806,0	0,02	23,5	0,03
24,0	2.580,0	0,02	24,0	0,02
24,5	2.288,0	0,01	24,5	0,02
25,0	2.044,0	0,01	25,0	0,02

Potencia, Eficiencia y Energía vs. Velocidad Viento

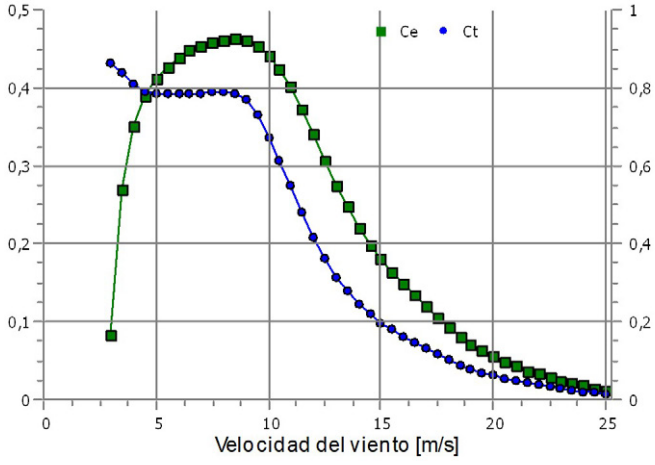
Datos utilizados en el cálculo, Densidad del Aire: 1,117 kg/m³ Nuevo método windPRO (método IEC ajustado, mejorado para coincidir con el control del AG) <RECOMENDADO>

Velocidad del viento [m/s]	Potencia [kW]	Ce	Intervalo [m/s]	Energía [MWh]	Energía acum. [MWh]	Relativo [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	22,1	0,08	2,50- 3,50	21,0	21,0	0,1
4,0	221,1	0,35	3,50- 4,50	94,9	115,9	0,4
5,0	509,0	0,41	4,50- 5,50	240,1	356,0	1,1
6,0	935,1	0,44	5,50- 6,50	486,7	842,7	2,7
7,0	1.536,4	0,45	6,50- 7,50	876,3	1.719,0	5,5
8,0	2.330,4	0,46	7,50- 8,50	1.438,8	3.157,7	10,1
9,0	3.312,4	0,46	8,50- 9,50	2.165,1	5.322,8	17,1
10,0	4.363,3	0,44	9,50-10,50	2.940,7	8.263,5	26,5
11,0	5.266,9	0,40	10,50-11,50	3.557,6	11.821,1	37,9
12,0	5.814,5	0,34	11,50-12,50	3.804,3	15.625,4	50,1
13,0	5.973,6	0,28	12,50-13,50	3.647,5	19.272,9	61,8
14,0	5.998,9	0,22	13,50-14,50	3.235,7	22.508,6	72,2
15,0	6.000,0	0,18	14,50-15,50	2.699,8	25.208,4	80,9
16,0	6.000,0	0,15	15,50-16,50	2.121,9	27.330,4	87,7
17,0	5.842,0	0,12	16,50-17,50	1.523,8	28.854,2	92,6
18,0	5.353,0	0,09	17,50-18,50	983,1	29.837,3	95,7
19,0	4.887,0	0,07	18,50-19,50	593,6	30.430,9	97,6
20,0	4.424,0	0,06	19,50-20,50	341,2	30.772,1	98,7
21,0	3.966,0	0,04	20,50-21,50	190,5	30.962,7	99,3
22,0	3.495,0	0,03	21,50-22,50	106,0	31.068,6	99,7
23,0	3.012,0	0,03	22,50-23,50	60,2	31.128,9	99,8
24,0	2.580,0	0,02	23,50-24,50	34,8	31.163,7	100,0
25,0	2.044,0	0,01	24,50-25,50	12,7	31.176,4	100,0

Curva de Potencia
Para la densidad del aire: 1,117 kg/m³ y datos climáticos de referencia



Curvas Ce y Ct
Para la densidad del aire: 1,117 kg/m³ y datos climáticos de referencia



PARK - Terreno

Cálculo: B.2Datos del Emplazamiento: A - WAsP - 105m

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:38/3.5.576

PARK - Análisis de Datos de Viento

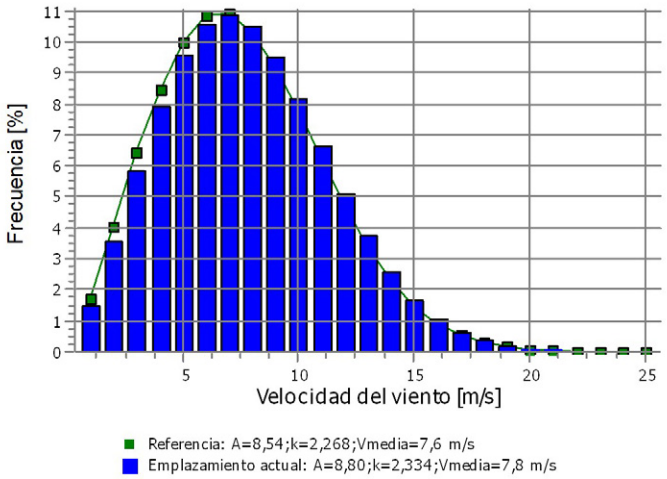
Cálculo: B.2Datos de Viento: A - WAsP - 105m; Altura buje: 105,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

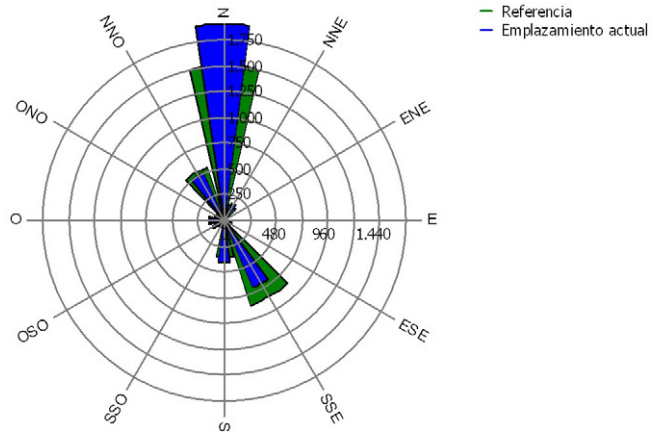
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,85	8,89	3,689	40,2	9,17	3,688	39,5
1 NNE	6,96	6,18	1,854	6,8	6,97	2,133	6,9
2 ENE	3,34	2,97	1,822	1,7	3,18	1,694	1,8
3 E	3,19	3,00	1,189	1,4	3,00	1,734	1,4
4 ESE	5,24	4,95	1,182	2,6	5,16	1,107	2,6
5 SSE	9,69	8,59	1,975	11,0	10,13	1,966	11,6
6 S	7,87	6,99	1,889	11,3	7,61	1,864	10,7
7 SSO	5,92	5,28	1,717	4,5	5,24	1,645	4,0
8 OSO	8,21	7,28	2,271	3,6	7,39	2,184	3,4
9 O	8,70	7,70	2,244	2,9	9,16	2,263	3,2
10 ONO	6,98	6,21	1,775	2,3	7,56	1,824	2,7
11 NNO	9,41	8,43	3,244	11,6	9,47	3,220	12,3
Todo	8,80	7,80	2,334	100,0	8,54	2,268	100,0

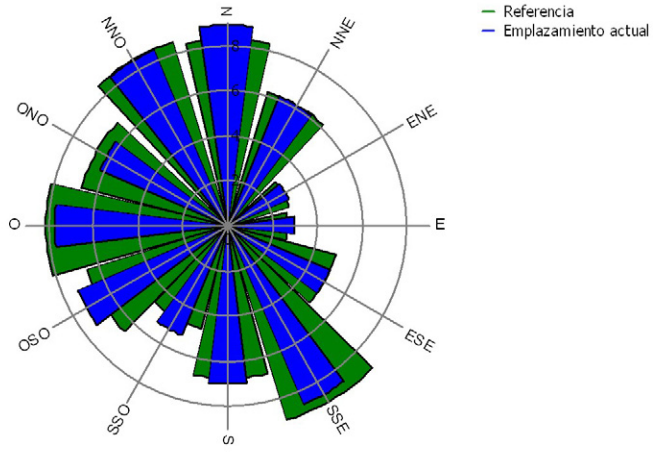
Distribución Weibull



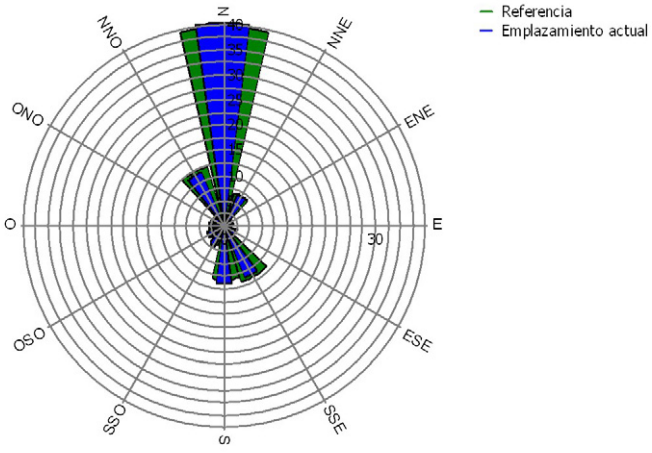
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 19:38/3.5.576

PARK - Análisis de Datos de Viento

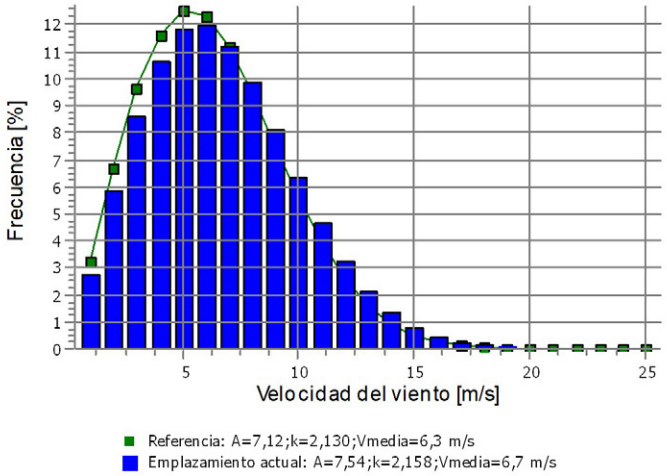
Cálculo: B.2Datos de Viento: A - WAsP - 105m; Altura buje: 50,0

Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

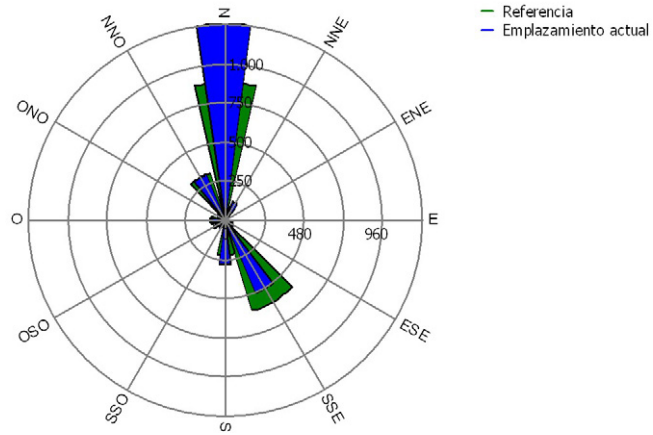
Datos Weibull

Sector	Emplazamiento actual Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]	Referencia: clase de rugosidad 1 Parámetro - A [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	8,50	7,63	3,389	40,2	7,62	3,470	39,5
1 NNE	6,09	5,42	1,799	7,0	5,77	2,010	6,9
2 ENE	2,79	2,50	1,674	1,7	2,63	1,600	1,8
3 E	2,55	2,49	1,068	1,4	2,47	1,630	1,4
4 ESE	4,35	4,21	1,088	2,5	4,28	1,040	2,6
5 SSE	8,39	7,46	1,811	10,8	8,75	1,840	11,6
6 S	6,61	5,90	1,717	11,4	6,28	1,750	10,7
7 SSO	4,95	4,44	1,588	4,6	4,31	1,560	4,0
8 OSO	6,90	6,11	2,076	3,6	6,12	2,060	3,4
9 O	7,54	6,68	2,033	2,9	7,61	2,130	3,2
10 ONO	5,89	5,27	1,627	2,3	6,24	1,720	2,7
11 NNO	8,02	7,16	2,975	11,5	7,87	3,040	12,3
Todo	7,54	6,67	2,158	100,0	7,12	2,130	100,0

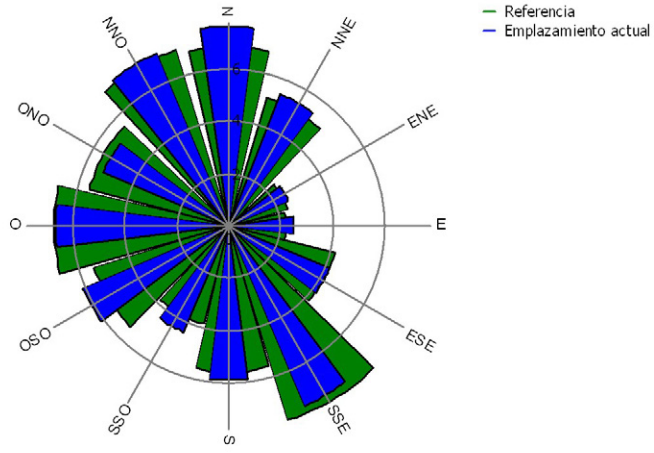
Distribución Weibull



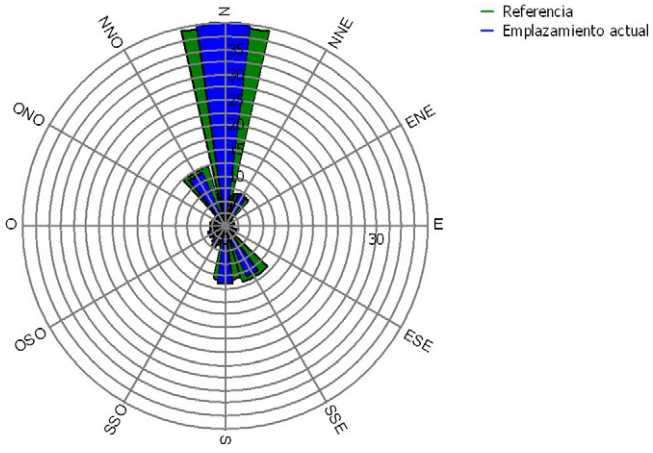
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



PARK - Curva de potencia del parque

Cálculo: B.2

Velocidad del viento [m/s]	Potencia AGs libres [kW]	AGs del parque [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	563	545	563	563	562	232	393	563	563	563	562	229	400	563
4,5	1.741	1.700	1.741	1.741	1.740	925	1.399	1.741	1.741	1.741	1.740	917	1.410	1.741
5,5	3.481	3.411	3.481	3.481	3.480	2.083	2.902	3.481	3.481	3.481	3.480	2.073	2.919	3.481
6,5	6.015	5.901	6.015	6.015	6.014	3.741	5.059	6.015	6.015	6.015	6.014	3.730	5.084	6.015
7,5	9.471	9.296	9.471	9.471	9.469	5.976	7.996	9.471	9.471	9.471	9.469	5.958	8.035	9.471
8,5	13.896	13.645	13.896	13.896	13.894	8.862	11.785	13.896	13.896	13.896	13.894	8.839	11.838	13.896
9,5	19.086	18.763	19.086	19.086	19.083	12.532	16.434	19.086	19.086	19.086	19.083	12.533	16.466	19.086
10,5	24.083	23.739	24.083	24.083	24.081	16.927	21.433	24.083	24.083	24.083	24.081	16.925	21.432	24.083
11,5	27.870	27.586	27.870	27.870	27.869	21.665	25.940	27.870	27.870	27.870	27.869	21.698	25.901	27.870
12,5	29.581	29.435	29.581	29.581	29.581	26.098	28.839	29.581	29.581	29.581	29.581	26.135	28.746	29.581
13,5	29.958	29.923	29.958	29.958	29.958	29.032	29.849	29.958	29.958	29.958	29.958	29.044	29.797	29.958
14,5	30.000	29.997	30.000	30.000	30.000	29.924	29.993	30.000	30.000	30.000	30.000	29.918	29.987	30.000
15,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.998	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.998	30.000	30.000
16,5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
17,5	27.925	27.968	27.925	27.925	27.925	28.787	28.267	27.925	27.925	27.925	27.925	28.805	28.254	27.925
18,5	25.605	25.640	25.605	25.605	25.605	26.357	25.862	25.605	25.605	25.605	25.605	26.360	25.862	25.605
19,5	23.275	23.303	23.275	23.275	23.275	23.880	23.483	23.275	23.275	23.275	23.275	23.882	23.482	23.275
20,5	20.980	21.003	20.980	20.980	20.980	21.464	21.147	20.980	20.980	20.980	20.980	21.466	21.147	20.980
21,5	18.615	18.635	18.615	18.615	18.615	19.035	18.761	18.615	18.615	18.615	18.615	19.037	18.760	18.615
22,5	16.295	16.310	16.295	16.295	16.295	16.620	16.408	16.295	16.295	16.295	16.295	16.622	16.407	16.295
23,5	14.030	14.041	14.030	14.030	14.030	14.260	14.110	14.030	14.030	14.030	14.030	14.261	14.110	14.030
24,5	11.440	11.452	11.440	11.440	11.440	11.689	11.527	11.440	11.440	11.440	11.440	11.690	11.526	11.440
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descripción:
La curva de potencia del parque es similar a una curva de potencia de AG, lo que significa que cuando se da una velocidad de viento con la misma velocidad en todo el área del parque eólico (antes de influencia del parque),la salida de producción del parque puede encontrarse en la curva de potencia del parque. Otra forma de decir esto: La curva de potencia del parque incluye las pérdidas de efecto parque, pero NO incluye variaciones en la velocidad del viento debidas al terreno sobre el área del parque.
La medición de una curva de potencia del parque no es tan simple como la medición de una curva de potencia de AG porque la curva de potencia del parque depende de la dirección y velocidad del viento, que normalmente no son iguales por toda la zona del parque al mismo tiempo (sólo en terrenos llanos no-complejos). La idea de esta versión de la curva de potencia del parque no es utilizarla para la validación a partir de mediciones. Esto requeriría al menos 2 torres de medición en dos partes del parque, a menos que sólo unos pocos sectores debieran ser probados, Y con terreno no-complejo (normalmente sólo utilizable en offshore). Otra versión de curva de potencia de parques en terrenos complejos está disponible en WindPRO.

La curva de potencia del parque puede utilizarse para:

1. Sistemas de predicción, basados en datos de viento más brutos (aproximada), la curva de potencia del parque sería una forma eficaz de hacer la conexión entre la velocidad del viento (y dirección) y potencia.
2. Para el cálculo de la curvas de duración, que nos dice cuán a menudo se dará una potencia, se puede utilizar la curva de potencia del parque junto a la distribución media del viento para el área del parque a altura de buje. La distribución media del viento se puede calcular a partir de los parámetros Weibull para la posición de cada AG. Estos se encuentran en el menu de impresión: >Guardar resultado en fichero< en >Resultados parque< y se pueden guardar en forma de fichero o copiados en el portapapeles y pegados en Excel.
3. Cálculo del índice de viento a partir de la producción del parque (ver más abajo).
4. Estimación de la producción esperada del parque eólico a partir de las medidas de viento realizadas con por los menos dos torres de medición situadas en el parque. Las torres deben usarse para obtener la vel. del viento libre. Ésta se usa en la simulación de energía esperada con la curva de potencia PARK. Este procedimiento sólo funcionará en terrenos no complejos. Para terrenos complejos For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

Nota:
También está disponible desde >Resultado a fichero< >Velocidades de Viento Dentro del Parque Eólico< . Estos pueden (por ejemplo, a través de Excel) ser utilizados para la extraer la reducción en las velocidades de viento medido debido a estelas.

PARK - Distancias AG

Cálculo: B.2

Distancias AG

	Z	AG más cercano	Z	Distancia horizontal	Distancia diámetros de rotor
	[m]		[m]	[m]	
1	804,1	2	840,0	455	3,0
2	840,0	1	804,1	455	3,0
3	858,7	4	905,6	457	3,0
4	905,6	5	975,7	436	2,9
5	975,7	4	905,6	436	2,9
Mín	804,1		804,1	436	2,9
Máx	975,7		975,7	457	3,0



Escala 1:25.000

Nuevo AG

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: B.2

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	24/9/2022
Editado	24/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

PARK - Info de estadísticas de viento

Cálculo: B.2

Datos principales para estadística de viento

Archivo	C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	24/9/2022
Editado	24/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

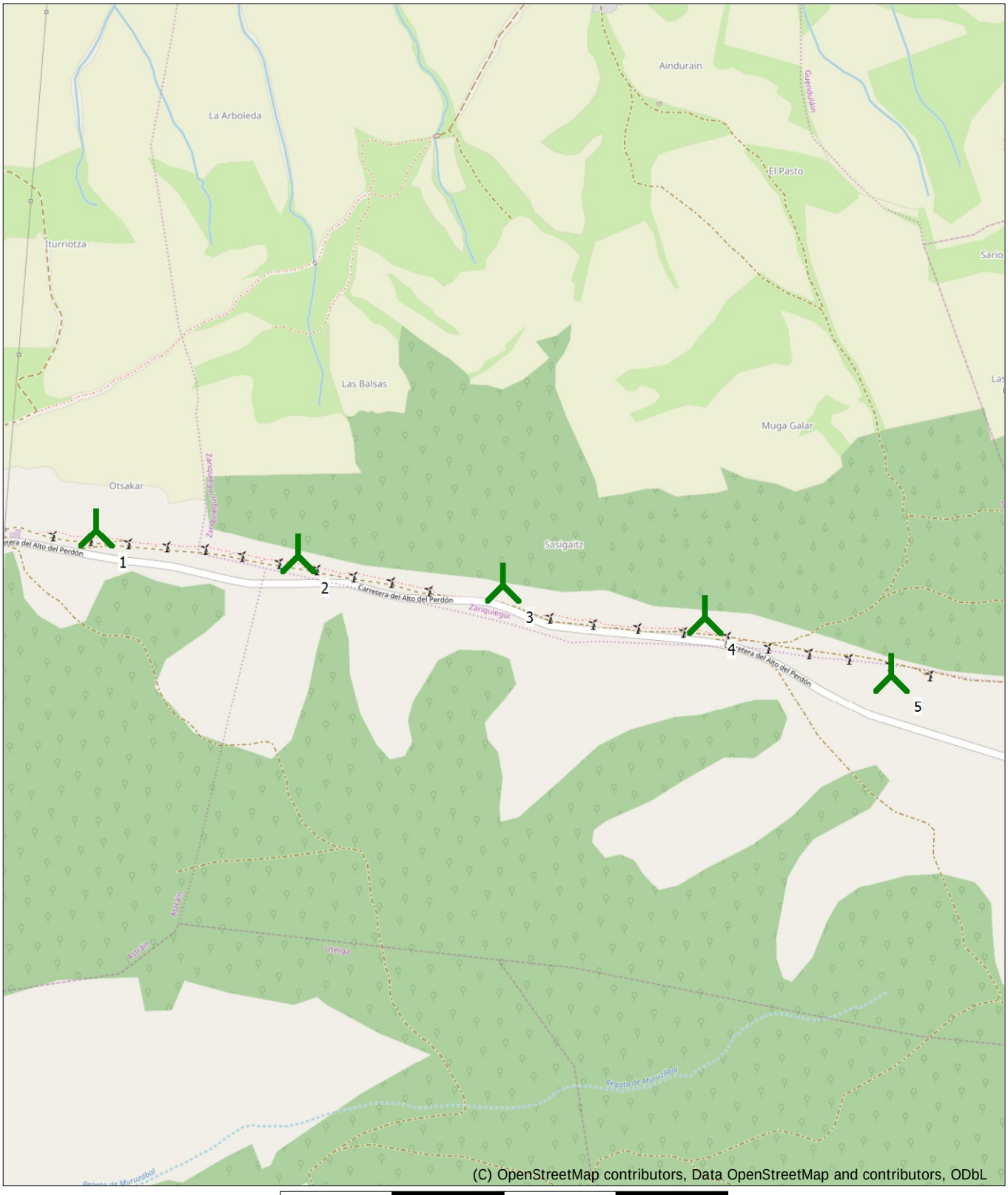
Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

PARK - Mapa

Cálculo: B.2



0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:12.500, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.389 Norte: 4.732.044

Nuevo AG

ANEXO 6. Resource_Resgen – 80m

RESOURCE - Resultado principal

Cálculo: RESGEN - 80m

Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:

Nombre	Tipo	X min	Y min	X max	Y max
C:\..._TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo	Archivo de orografía windPRO	594.972	4.722.348	614.944	4.742.953
C:\..._TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo	Archivo de rugosidad windPRO	574.931	4.701.860	634.889	4.763.546

Configuración de cálculo

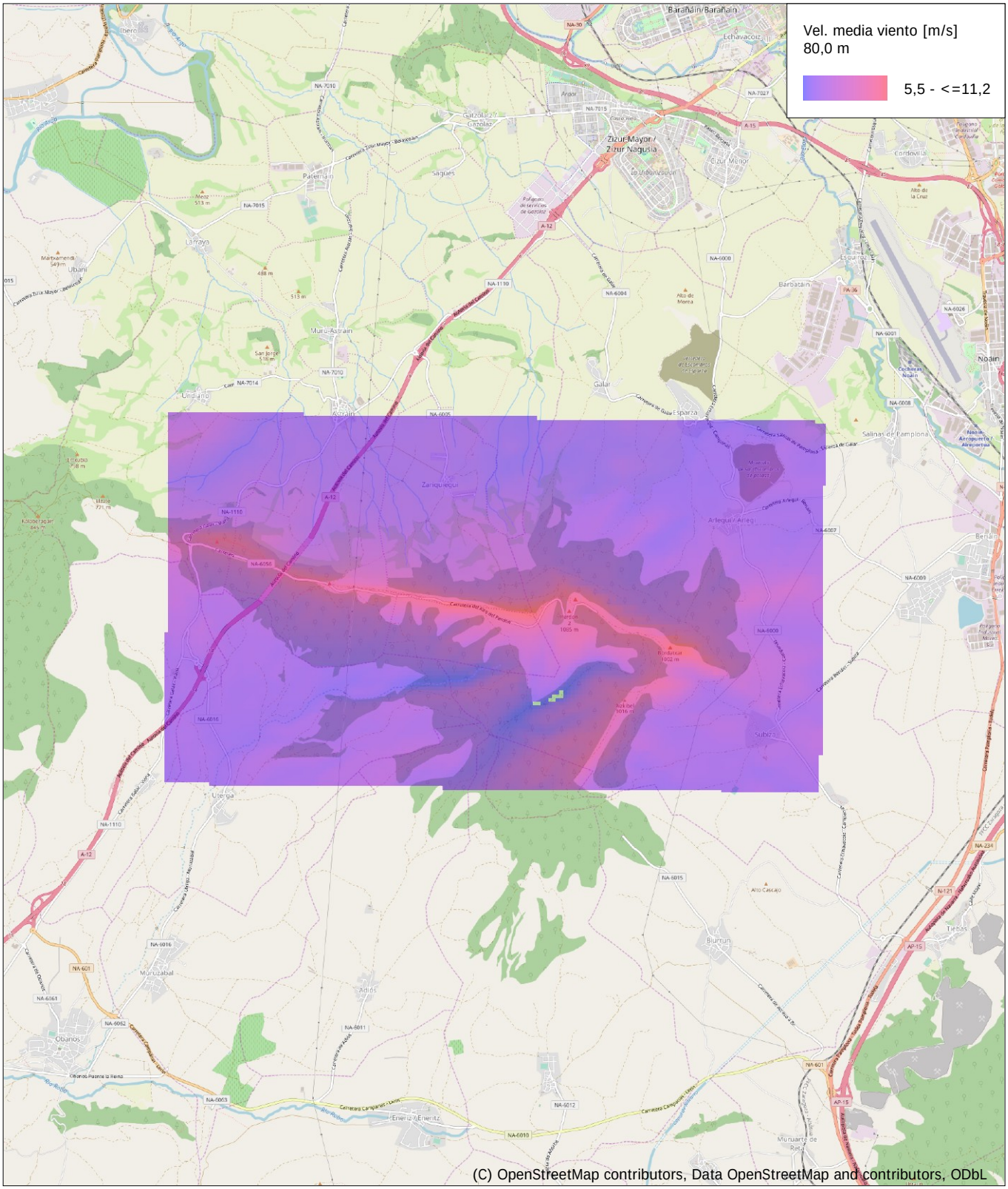
	Radio [m]
Radio desde emplazamiento para mapas de rugosidad	Sin límite
Radio inicial desde el emplazamiento para mapas de orografía	Sin límite
Todos los obstáculos utilizados	

Archivo RSF

Nombre	X min	Y min	X max	Y max	Área [km²]	Resolución [m]		Tamaño del mosaico (grados): [m]	Alturas [m]
C:\...\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\TFM_Res_50_Buje_80,0_3.rsf	600.786	4.729.534	609.568	4.734.463	43,3		50	1000	80,0

RESOURCE - Mapa Resource

Cálculo: RESGEN - 80m



Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:75.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 605.177 Norte: 4.731.999

ANEXO 7. Resource_Resgen – 150m

RESOURCE - Resultado principal

Cálculo: RESGEN - 105 m

Estadísticas de viento
ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:

Nombre	Tipo	X min	Y min	X max	Y max
C:\..._TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo	Archivo de orografía windPRO	594.972	4.722.348	614.944	4.742.953
C:\..._TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo	Archivo de rugosidad windPRO	574.931	4.701.860	634.889	4.763.546

Configuración de cálculo

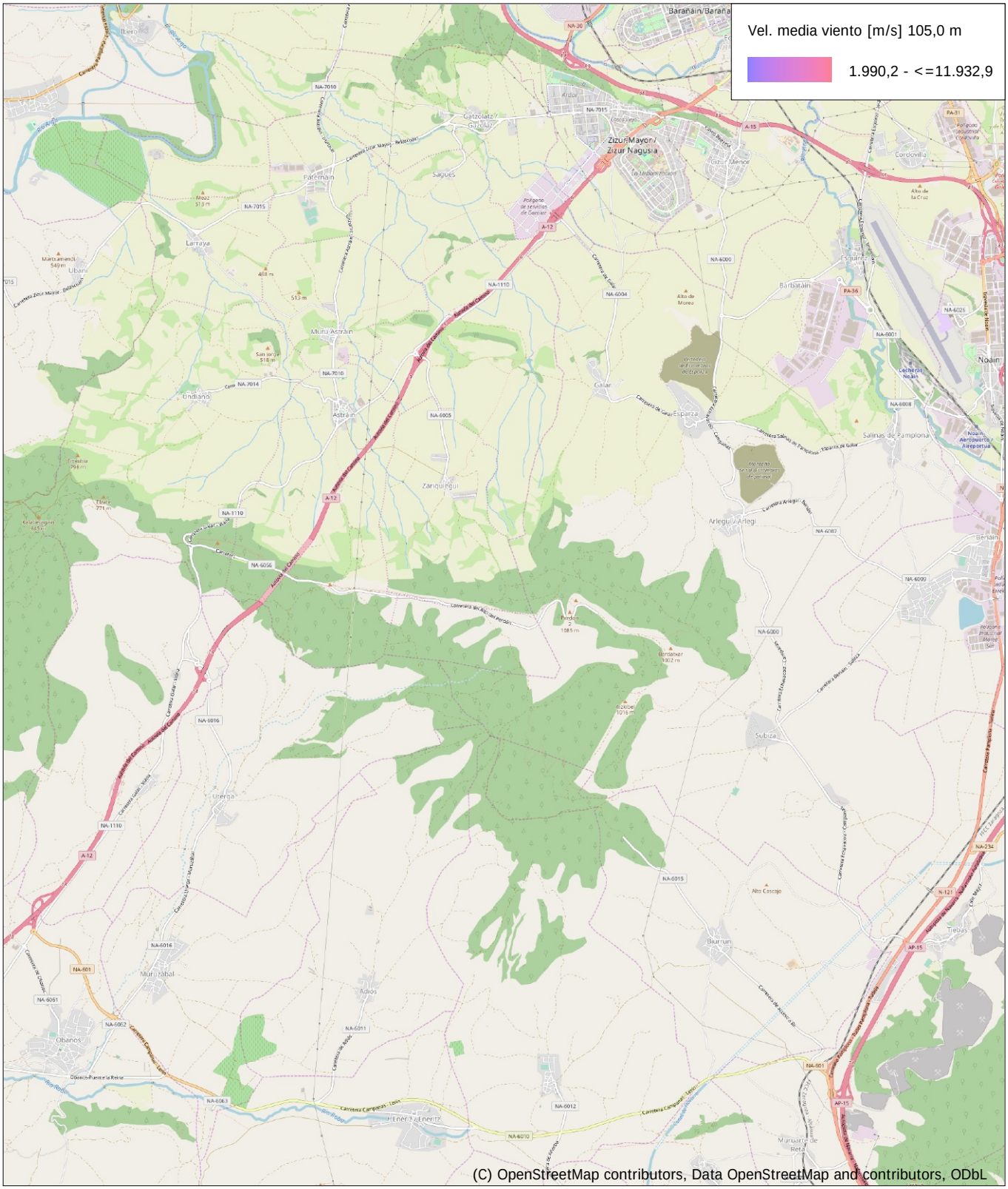
	Radio [m]
Radio desde emplazamiento para mapas de rugosidad	Sin límite
Radio inicial desde el emplazamiento para mapas de orografía	Sin límite
Todos los obstáculos utilizados	

Archivo RSF

Nombre	X min	Y min	X max	Y max	Área [km²]	Resolución [m]		Tamaño del mosaico (grados): [m]	Alturas [m]
C:\...\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\TFM_Res_50_Buje_105,0_3.rsf	600.776	4.729.535	609.573	4.734.489	43,6		50	1000	105,0

RESOURCE - Mapa Resource

Cálculo: RESGEN - 105 m



0 1 2 3 4 km

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:75.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 605.175 Norte: 4.732.012

ANEXO 8. STATGEN_Estadísticas de viento – 80m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

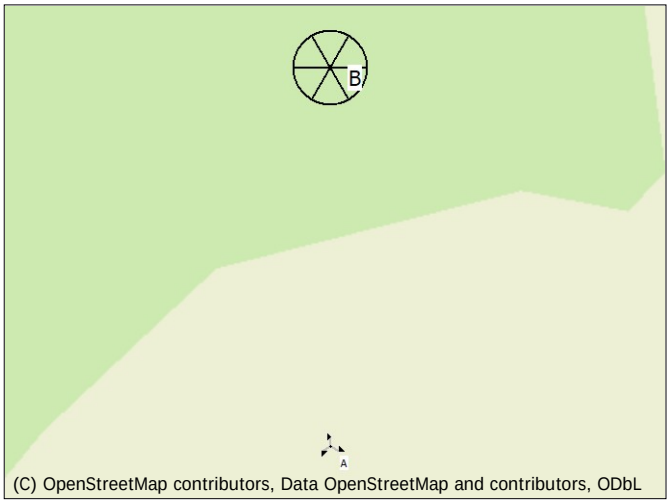
Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
23/9/2022 21:21/3.5.576

STATGEN - Vista Previa

Cálculo: Estadística de viento – 80m

Nombre
Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m
Origen
USER
País
Spain
Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Datos del Emplazamiento
Statgen
Datos Meteorológicos
Torre Meteo - Filtrado
Versión WAsP
WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
Config. intervalo
Usar todos
Intervalo usado
1/1/2021 - 1/1/2022

Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos



Escala 1:2.000

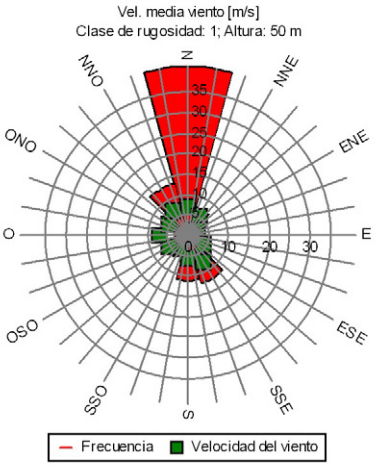
Datos del Emplazamient Datos Meteorológicos

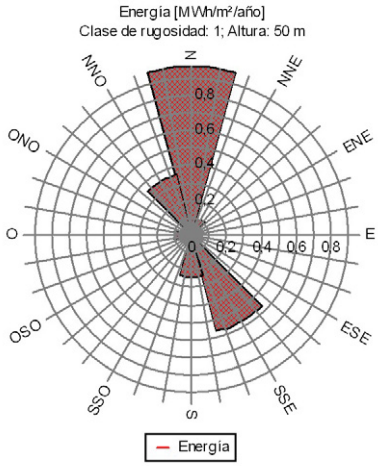
Vel. media viento [m/s]

Altura	Clase de rugosidad/Longitud 0	1	2	3
[m]	0,00 m	0,03 m	0,10 m	0,40 m
10,0	6,7	4,7	4,1	3,2
25,0	7,3	5,6	5,0	4,2
50,0	7,9	6,4	5,9	5,1
100,0	8,5	7,6	7,0	6,1
200,0	9,4	9,4	8,5	7,4

Energía eólica [kWh/m²/año]

Altura	Clase de rugosidad/Longitud 0	1	2	3
[m]	0,00 m	0,03 m	0,10 m	0,40 m
10,0	2.900	1.145	750	368
25,0	3.708	1.813	1.322	793
50,0	4.492	2.538	1.954	1.297
100,0	5.806	3.949	3.030	2.054
200,0	8.041	7.585	5.671	3.729





Energía AG [kWh/m²/año]

Nominal normal AG (0.45 kW/m2)

Altura	Clase de rugosidad/Longitud 0	1	2	3
[m]	0,00 m	0,03 m	0,10 m	0,40 m
10,0	988	369	205	61
25,0	1.186	631	462	250
50,0	1.354	896	717	487
100,0	1.539	1.264	1.065	800
200,0	1.771	1.763	1.536	1.217

Máximo viento nominal AG (0.55 kW/m2)

Altura	Clase de rugosidad/Longitud 0	1	2	3
[m]	0,00 m	0,03 m	0,10 m	0,40 m
10,0	1.054	373	198	55
25,0	1.294	653	472	246
50,0	1.504	948	744	499
100,0	1.725	1.391	1.142	836
200,0	2.001	1.991	1.721	1.333

Máximo viento nominal AG (0.35 kW/m2)

Altura	Clase de rugosidad/Longitud 0	1	2	3
[m]	0,00 m	0,03 m	0,10 m	0,40 m
10,0	910	371	230	72
25,0	1.079	599	452	268
50,0	1.220	829	673	474
100,0	1.340	1.144	977	745
200,0	1.521	1.513	1.338	1.105

Valores clave

La energía eólica es relativa a 3300 kWh/m2/año para la clase de rugosidad 1 y 50 m de altura de buje
La energía AG es relativa a 1025 kWh/m2/año para la clase de rugosidad 1 y 50 m altura de buje

Nombre	Distancia [km]	Energía eólica [%]	Energía AG [%]
Estadística de viento actual		76,9	87,4
Torre Meteo - 100.00 m	0,0	74,0	84,3
Pamplona, 1973-82	6,9	117,2	81,8
Zaragoza, 1972-85	132,0	163,0	118,1
Mont de Marsan, 1970-79	222,4	22,6	13,0
Bordeaux, 1970-79	247,2	46,3	53,3
Toulouse, 1970-79	265,7	55,5	54,3

STATGEN - Terreno

Cálculo: Estadística de viento – 80mDatos del Emplazamiento: B - Statgen

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
23/9/2022 21:21/3.5.576

STATGEN - Análisis de Datos de Viento

Cálculo: Estadística de viento – 80mDatos de Viento: A - Torre Meteo - Filtrado; Altura: 80,0

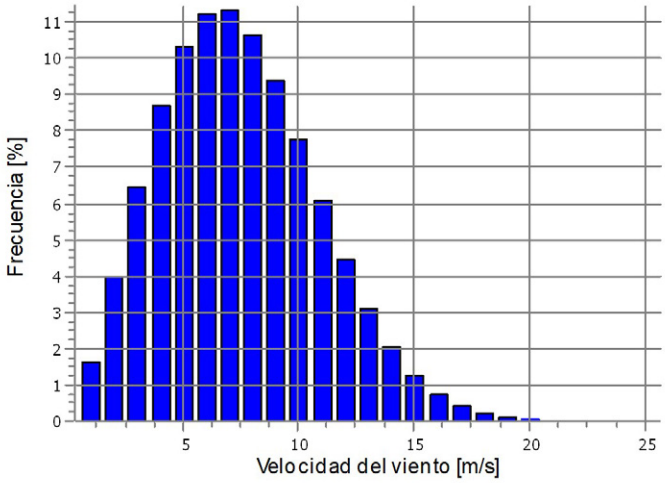
Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520

Datos Meteo
Torre Meteo - Filtrado

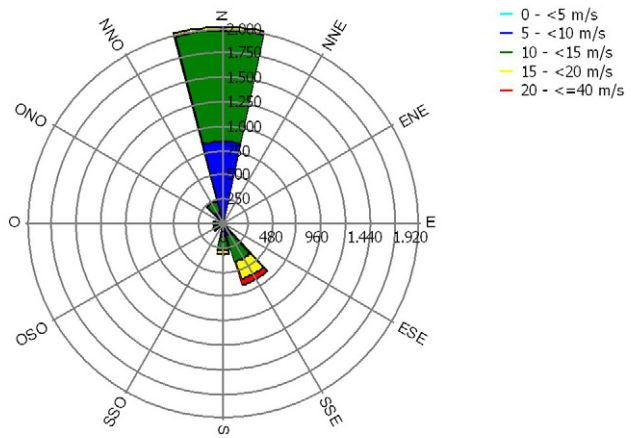
Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,49	8,58	3,849	48,0
1 NNE	4,06	3,63	1,705	4,1
2 ENE	3,09	2,73	2,079	1,6
3 E	2,59	2,31	1,643	1,3
4 ESE	3,31	3,01	1,416	1,8
5 SSE	9,41	8,34	2,049	11,6
6 S	7,25	6,43	1,977	11,9
7 SSO	4,97	4,43	1,780	3,8
8 OSO	7,92	7,02	2,389	3,7
9 O	8,52	7,56	2,422	2,9
10 ONO	5,62	5,06	1,531	2,0
11 NNO	8,60	7,67	2,957	7,3
Todo	8,39	7,44	2,328	100,0

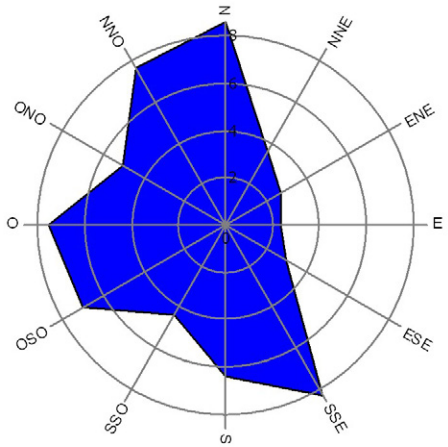
Distribución Weibull



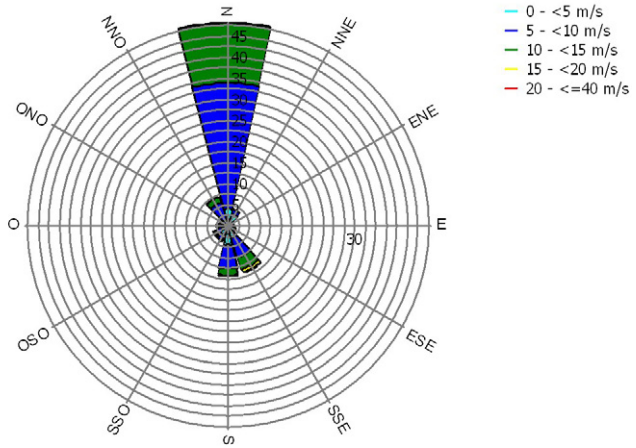
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



STATGEN - Info de estadísticas de viento

Cálculo: Estadística de viento – 80m

Datos principales para estadística de viento

Archivo	ES Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	23/9/2022
Editado	23/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

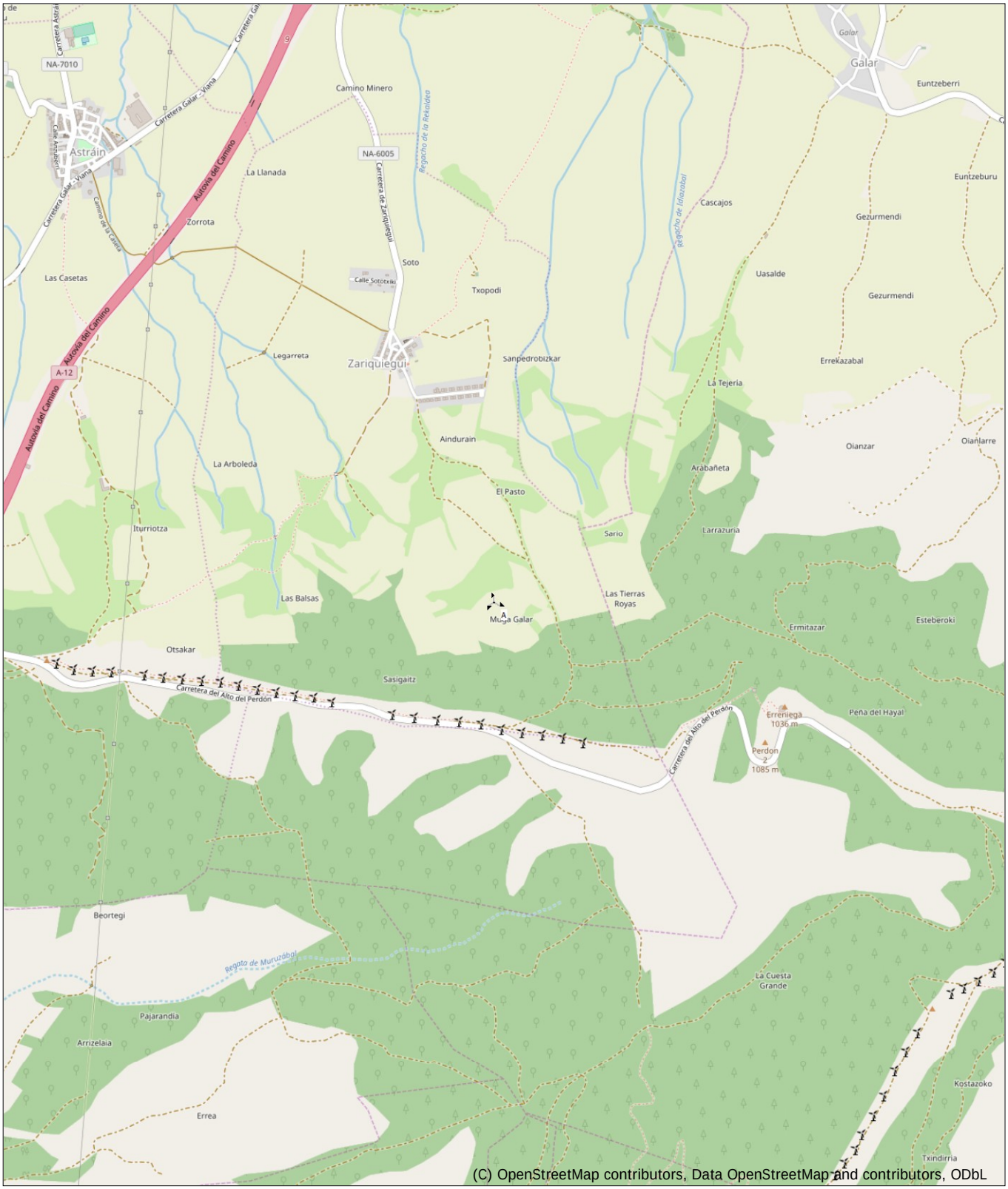
Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

STATGEN - Mapa

Cálculo: Estadística de viento – 80m



0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:25.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520

Datos Meteorológicos

ANEXO 9. STATGEN_Estadísticas de viento – 150m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

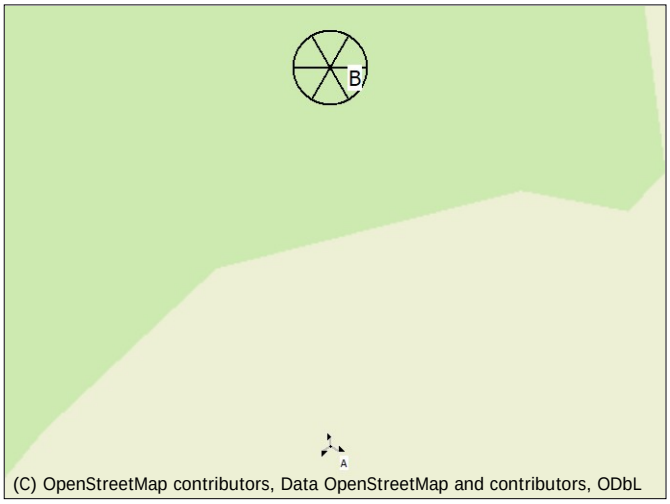
Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 18:16/3.5.576

STATGEN - Vista Previa

Cálculo: Estadística de viento - 105m

Nombre
Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
Origen
USER
País
Spain
Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Datos del Emplazamiento
STATGEN - 105m
Datos Meteorológicos
Torre Meteo - Filtrado
Versión WAsP
WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
Config. intervalo
Usar todos
Intervalo usado
1/1/2021 - 1/1/2022

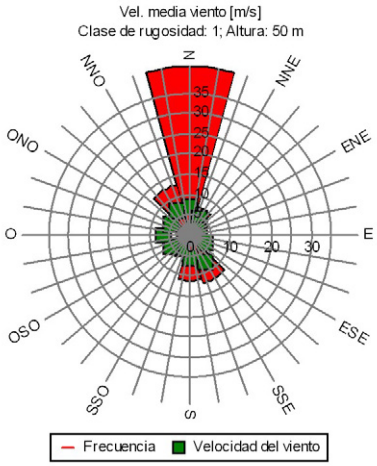
Altura de desplazamiento omnidireccional de los objetos



Escala 1:2.000
Datos del Emplazamient Datos Meteorológicos

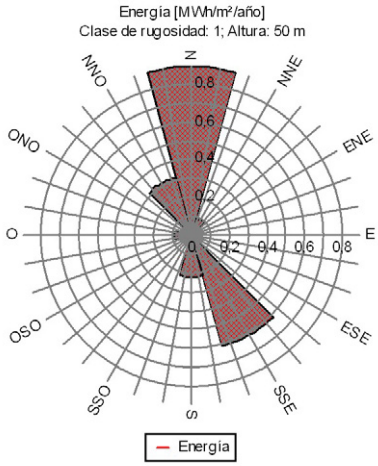
Vel. media viento [m/s]

	Clase de rugosidad/Longitud			
Altura [m]	0 0,00 m	1 0,03 m	2 0,10 m	3 0,40 m
10,0	6,6	4,6	4,0	3,2
25,0	7,2	5,5	4,9	4,2
50,0	7,7	6,3	5,8	5,0
100,0	8,4	7,4	6,8	6,0
200,0	9,2	9,2	8,3	7,3



Energía eólica [kWh/m²/año]

	Clase de rugosidad/Longitud			
Altura [m]	0 0,00 m	1 0,03 m	2 0,10 m	3 0,40 m
10,0	2.773	1.096	725	361
25,0	3.552	1.741	1.275	777
50,0	4.293	2.432	1.881	1.268
100,0	5.530	3.753	2.893	2.000
200,0	7.620	7.151	5.369	3.605



Energía AG [kWh/m²/año]

Nominal normal AG (0.45 kW/m2)

	Clase de rugosidad/Longitud			
Altura [m]	0 0,00 m	1 0,03 m	2 0,10 m	3 0,40 m
10,0	948	346	187	53
25,0	1.143	601	438	232
50,0	1.307	858	685	464
100,0	1.493	1.216	1.021	768
200,0	1.724	1.714	1.485	1.178

Máximo viento nominal AG (0.55 kW/m2)

	Clase de rugosidad/Longitud			
Altura [m]	0 0,00 m	1 0,03 m	2 0,10 m	3 0,40 m
10,0	1.007	348	179	47
25,0	1.240	620	446	227
50,0	1.446	903	710	474
100,0	1.671	1.331	1.092	799
200,0	1.945	1.932	1.662	1.283

Máximo viento nominal AG (0.35 kW/m2)

	Clase de rugosidad/Longitud			
Altura [m]	0 0,00 m	1 0,03 m	2 0,10 m	3 0,40 m
10,0	874	351	213	63
25,0	1.043	572	431	253
50,0	1.181	796	645	453
100,0	1.312	1.104	939	717
200,0	1.474	1.464	1.308	1.072

Valores clave

La energía eólica es relativa a 3300 kWh/m2/año para la clase de rugosidad 1 y 50 m de altura de buje
La energía AG es relativa a 1025 kWh/m2/año para la clase de rugosidad 1 y 50 m altura de buje

Nombre	Distancia [km]	Energía eólica [%]	Energía AG [%]
Estadística de viento actual		73,7	83,7
Torre Meteo - 100.00 m	0,0	74,0	84,3
Torre Meteo - Filtrado - J Synth 80.00 m	0,0	76,9	87,4
Pamplona, 1973-82	6,9	117,2	81,8
Zaragoza, 1972-85	132,0	163,0	118,1
Mont de Marsan, 1970-79	222,4	22,6	13,0
Bordeaux, 1970-79	247,2	46,3	53,3
Toulouse, 1970-79	265,7	55,5	54,3

STATGEN - Terreno

Cálculo: Estadística de viento - 105mDatos del Emplazamiento: B - STATGEN - 105m

Obstáculos:

0 Obstáculos utilizados

Rugosidad:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\ROUGHNESSLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 574.932, Max X: 634.889, Min Y: 4.701.861, Max Y: 4.763.547, Anchura: 59.958 m, Altura: 61.686 m

Orografía:

El cálculo usa los siguientes archivos MAP:
C:\Users\Camila\Desktop\ERMA_clases_TFM\WindPro 30MW\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 594.972, Max X: 614.945, Min Y: 4.722.348, Max Y: 4.742.954, Anchura: 19.973 m, Altura: 20.606 m

Usuario con licencia:
Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid
This license ONLY to be used for educational purposes
ES-28033 Madrid

Camila / camila.molina@alumnos.upm.es
Calculado:
24/9/2022 18:16/3.5.576

STATGEN - Análisis de Datos de Viento

Cálculo: Estadística de viento - 105mDatos de Viento: A - Torre Meteo - Filtrado; Altura: 105,0

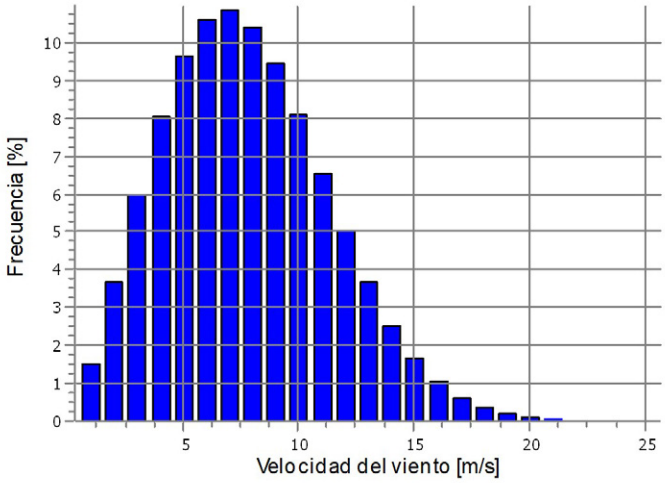
Coord. del Emplazamiento
UTM (north)-ETRS89 Zona: 30
Este: 604.960 Norte: 4.732.520

Datos Meteo
Torre Meteo - Filtrado

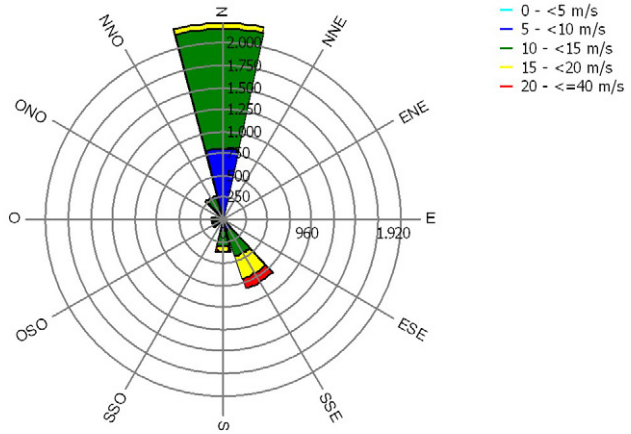
Datos Weibull

Sector	Parámetro - A [m/s]	Velocidad del viento [m/s]	parámetro - k	Frecuencia [%]
0 N	9,82	8,88	3,857	48,0
1 NNE	4,19	3,74	1,706	4,1
2 ENE	3,16	2,80	2,041	1,6
3 E	2,80	2,49	1,711	1,3
4 ESE	3,43	3,12	1,410	1,8
5 SSE	10,15	8,99	2,062	11,6
6 S	7,57	6,71	1,961	11,9
7 SSO	5,18	4,61	1,752	3,8
8 OSO	8,27	7,33	2,367	3,7
9 O	8,97	7,94	2,332	2,9
10 ONO	6,01	5,41	1,546	2,0
11 NNO	8,93	7,96	2,902	7,3
Todo	8,76	7,76	2,312	100,0

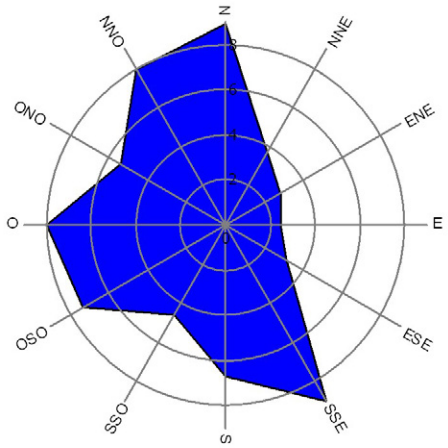
Distribución Weibull



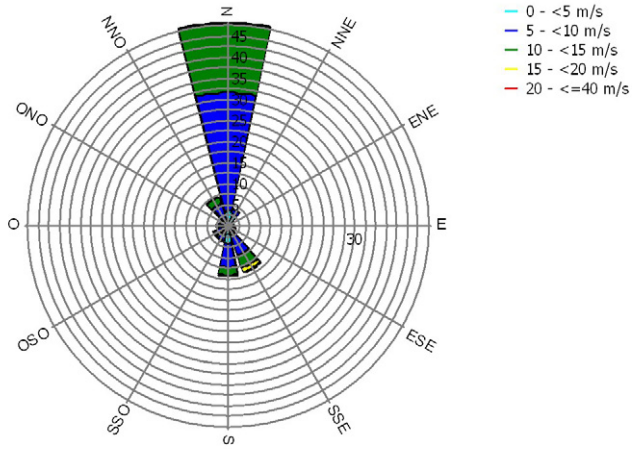
Rosa de Energía (kWh/m²/año)



Vel. media viento (m/s)



Frecuencia (%)



STATGEN - Info de estadísticas de viento

Cálculo: Estadística de viento - 105m

Datos principales para estadística de viento

Archivo	ES Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m.wws
Nombre	Torre Meteo - Filtrado - K Synth 105.00 m
País	Spain
Origen	USER
Coordenadas de la torre	UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520
Creado	24/9/2022
Editado	24/9/2022
Sectores	12
Versión WAsP	WAsP 10.2 RVEA0164.dll 3.0.1.100
SIstema de coordenadas	UTM (north)-WGS84 Zona: 30
Altura desplazamiento	Ninguno

Informacion adicional de la estadística de viento

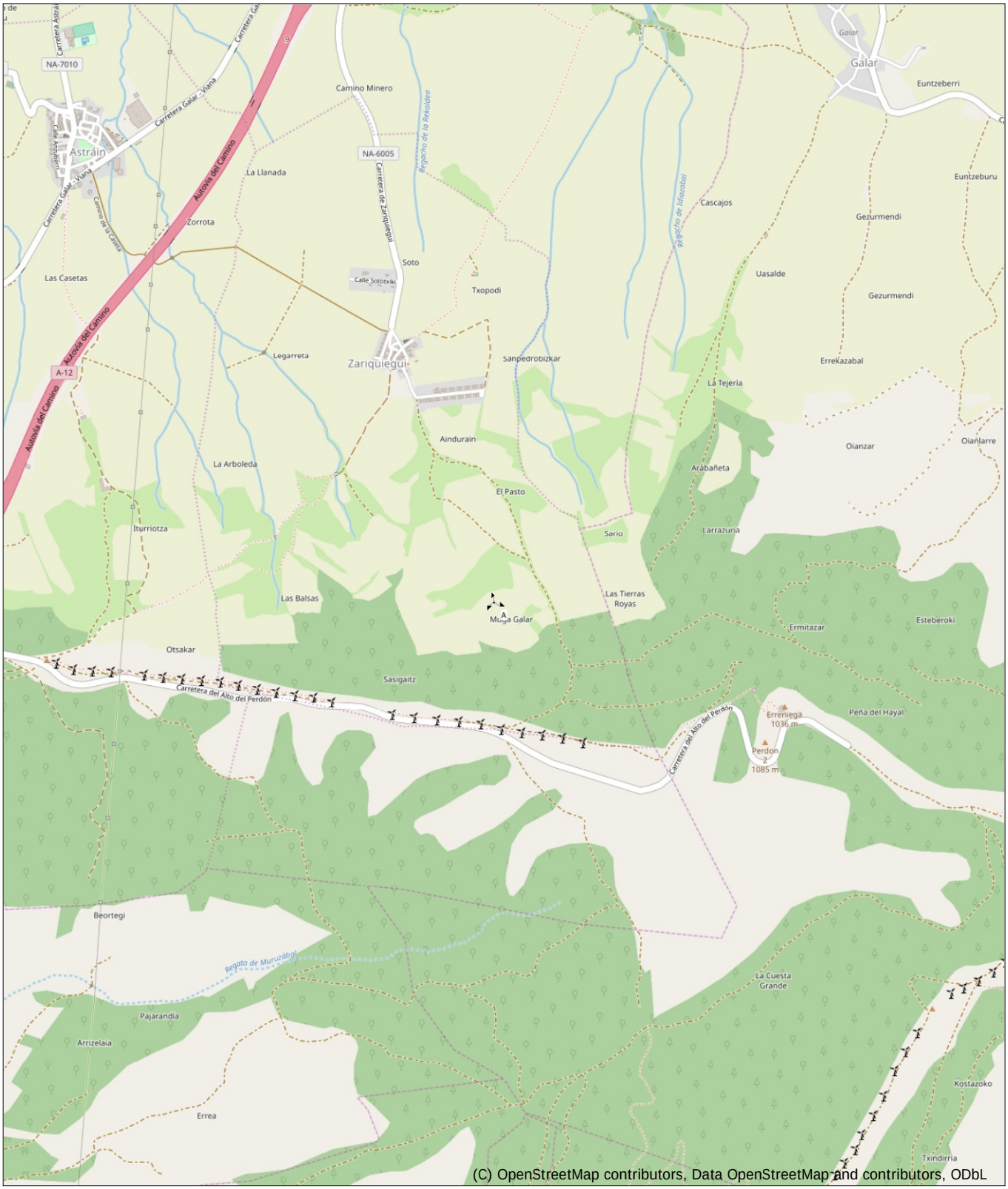
Objetos de entrada	Torre Meteo - Filtrado
Datos desde	1/1/2021
Datos hasta	1/1/2022
Longitud de las mediciones	12,0 Meses
Diponibilidad	100,0 %
Longitud de medición efectiva	12,0 Meses

Comentario

Para obtener los resultados de los cálculos más correctos posible, las estadísticas del viento se deberán calcular con los MISMOS modelos y parámetros de modelo que en cálculo actual. Para versiones anteriores a WAsP 10.0, el modelo es el mismo, pero a partir de entonces se introducen cambios en el modelo que afectan a la estadística de viento. Del mismo modo, WAsP CFD debe utilizar siempre estadísticas de viento calculadas con WAsP CFD.

STATGEN - Mapa

Cálculo: Estadística de viento - 105m

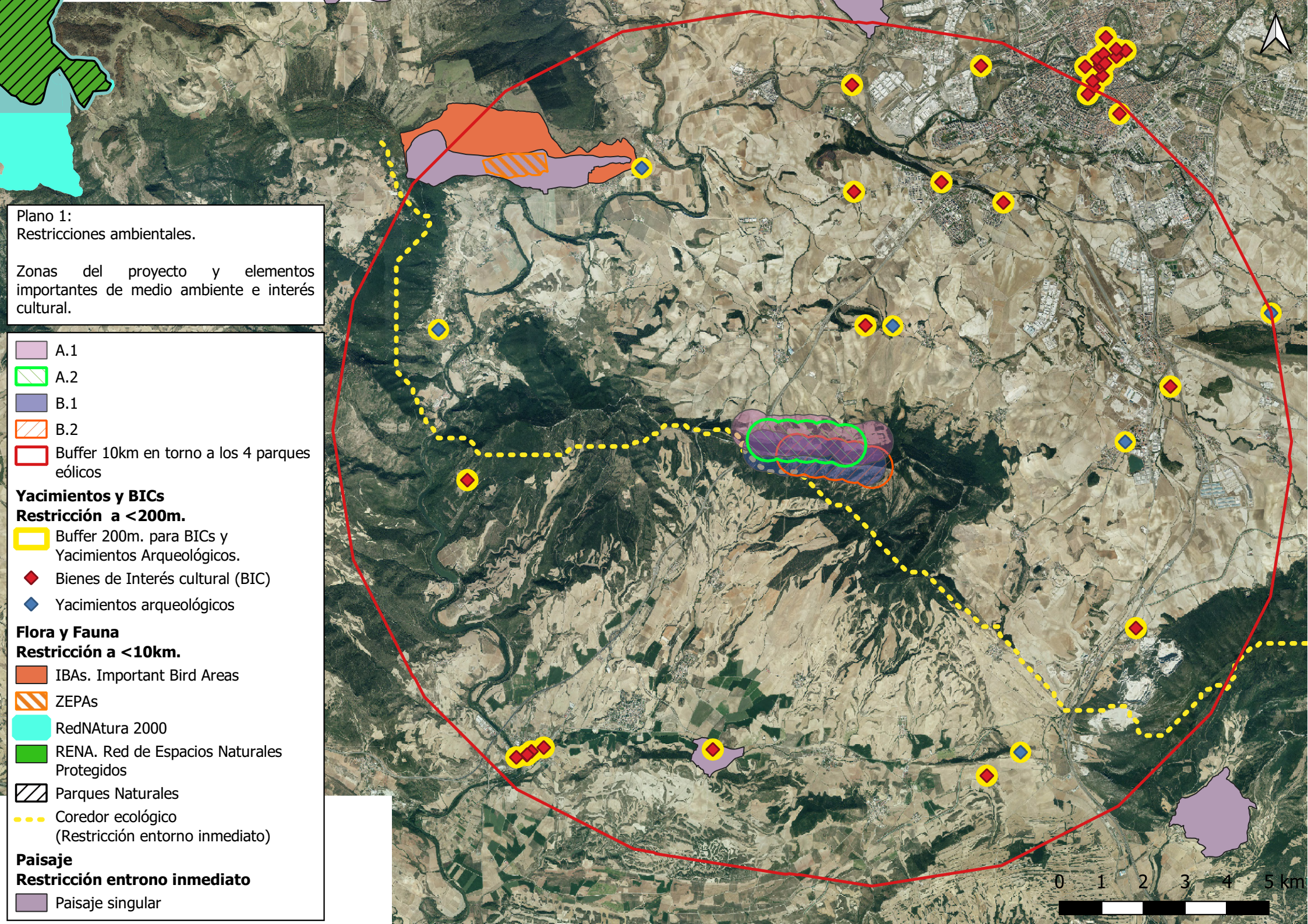


0 250 500 750 1000m

Mapa: EMD OpenStreetMap , Escala de impresión 1:25.000, Centro de mapa UTM (north)-ETRS89 Zona: 30 Este: 604.960 Norte: 4.732.520

Datos Meteorológicos

ANEXO 10. Mapa de ubicación del proyecto, elementos naturales y arqueológicos.


Plano 1:
Restricciones ambientales.
Zonas del proyecto y elementos importantes de medio ambiente e interés cultural.
A.1
A.2
B.1
B.2
Buffer 10km en torno a los 4 parques eólicos
Yacimientos y BICs
Restricción a <200m.
Buffer 200m. para BICs y Yacimientos Arqueológicos.
Bienes de Interés cultural (BIC)
Yacimientos arqueológicos
Flora y Fauna
Restricción a <10km.
IBAs. Important Bird Areas
ZEPAs
RedNAtura 2000
RENA. Red de Espacios Naturales Protegidos
Parques Naturales
Coredor ecológico
(Restricción entorno inmediato)
Paisaje
Restricción entrono inmediato
Paisaje singular
0 1 2 3 4 5 km

ANEXO 11. Listado de aves

ANEXO 11. Listado de aves presentes en la cuadrícula 10x10 del Ministerio para el Inventario de Especies Terrestres de España.

Altura de vuelo		
Baja (B)	**Media (M)**	**Alta (A)**
<30m	30 - 170m	<170m
Riesgo		
Bajo	**Alto**	**Medio**

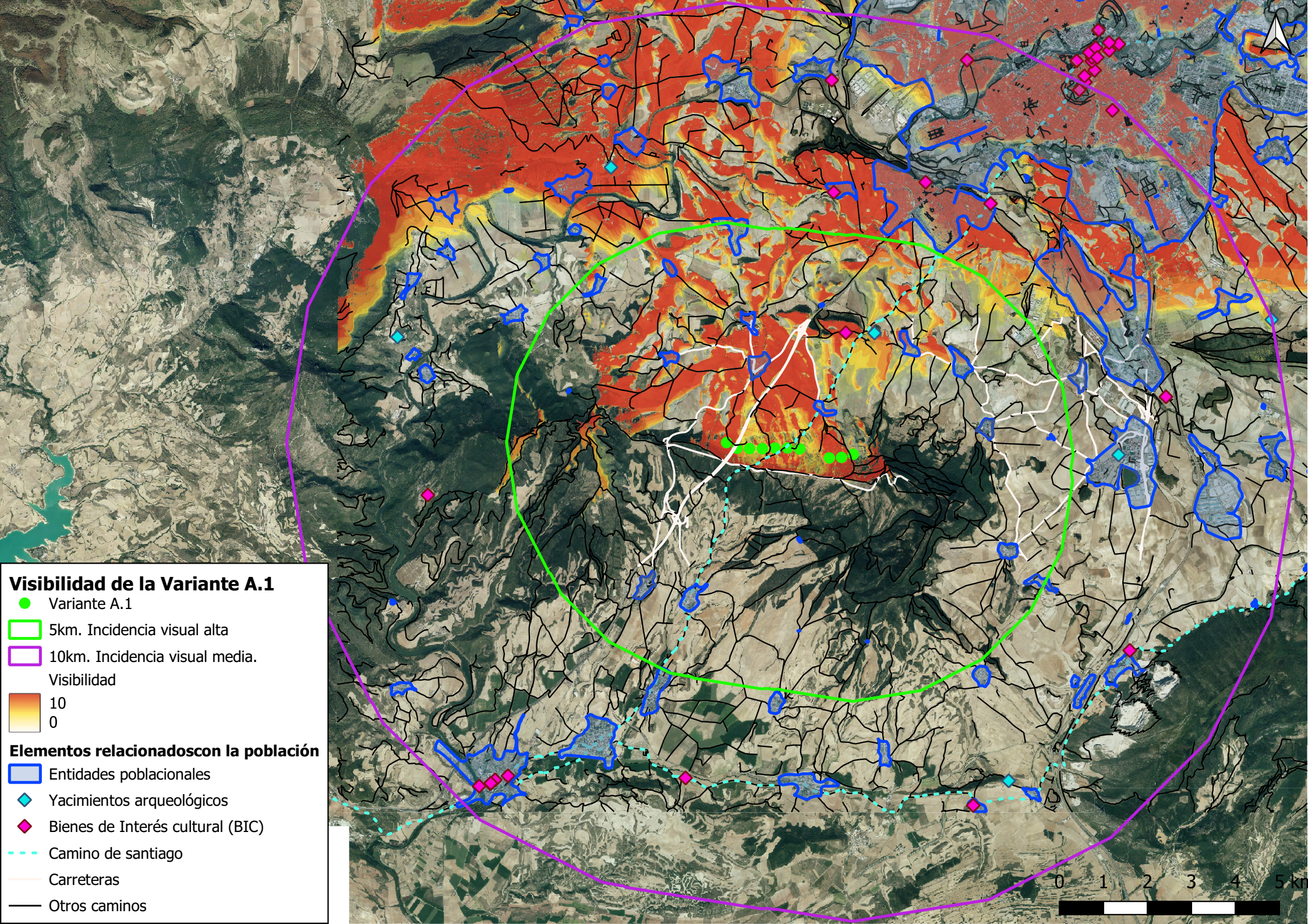
				Altura de Vuelo			**Riesgo / PE**		
	Nombre	**Nombre común**	**Tipo**	**B**	**M**	**A**	**Montaña**	**Llanura**	**Comentarios**
1	***Milvus migrans***	**Milano negro**	Accipitriformes (Rapaz)				Alto	Alto	Abundante
2	***Accipiter nisus***	**Gavilán común**	Accipitriformes (Rapaz)				Medio	Bajo	Forestal. Poco abundante
3	***Buteo buteo***	**Busardo ratonero**	Accipitriformes (Rapaz)				Alto	Alto	Abundante
4	***Circaetus gallicus***	**Águila culebrera**	Accipitriformes (Rapaz)				Alto	Bajo	Densidades bajas. Migradora
5	***Hieraaetus pennatus***	**Águila calzada**	Accipitriformes (Rapaz)				Alto	Medio	Forestal
6	***Circus cyaneus***	**Aguilucho pálido**	Accipitriformes (Rapaz)				Medio	Medio	Esteparia y en media montaña. Poblaciones escasas
7	***Milvus milvus***	**Milano real**	Accipitriformes (Rapaz)				Alto	Alto	Especie muy sensible. Depende de poblaciones locales, migrantes e invernantes
8	***Falco subbuteo***	**Alcotán europeo**	Falconiformes				Alto	Medio	Escasa
9	***Falco tinnunculus***	**Cernícalo vulgar**	Falconiformes				Alto	Alto	Escasa
10	***Circus pygargus***	**Aguilucho cenizo**	Falconiformes				Bajo	Alto	Esteparia. Migradora
11	***Anas platyrhynchos***	**Ánade real**	Anseriformes				Nulo	Bajo	acuática
12	***Apus apus***	**Vencejo común**	Apodidae				Medio	Bajo	Urbana, abundante y gregaria.
13	***Upupa epops***	**Abubilla**	Bucerotiformes (pequeña)				Nulo	Bajo	Forestal
14	***Caprimulgus europaeus***	**Chotacabras europeo**	Caprimulgiformes				Alto	Bajo	Actividad nocturna
15	***Actitis hypoleucos***	**Andarríos chico**	Charadriiformes				Bajo	Sin datos	Fluvial. migración

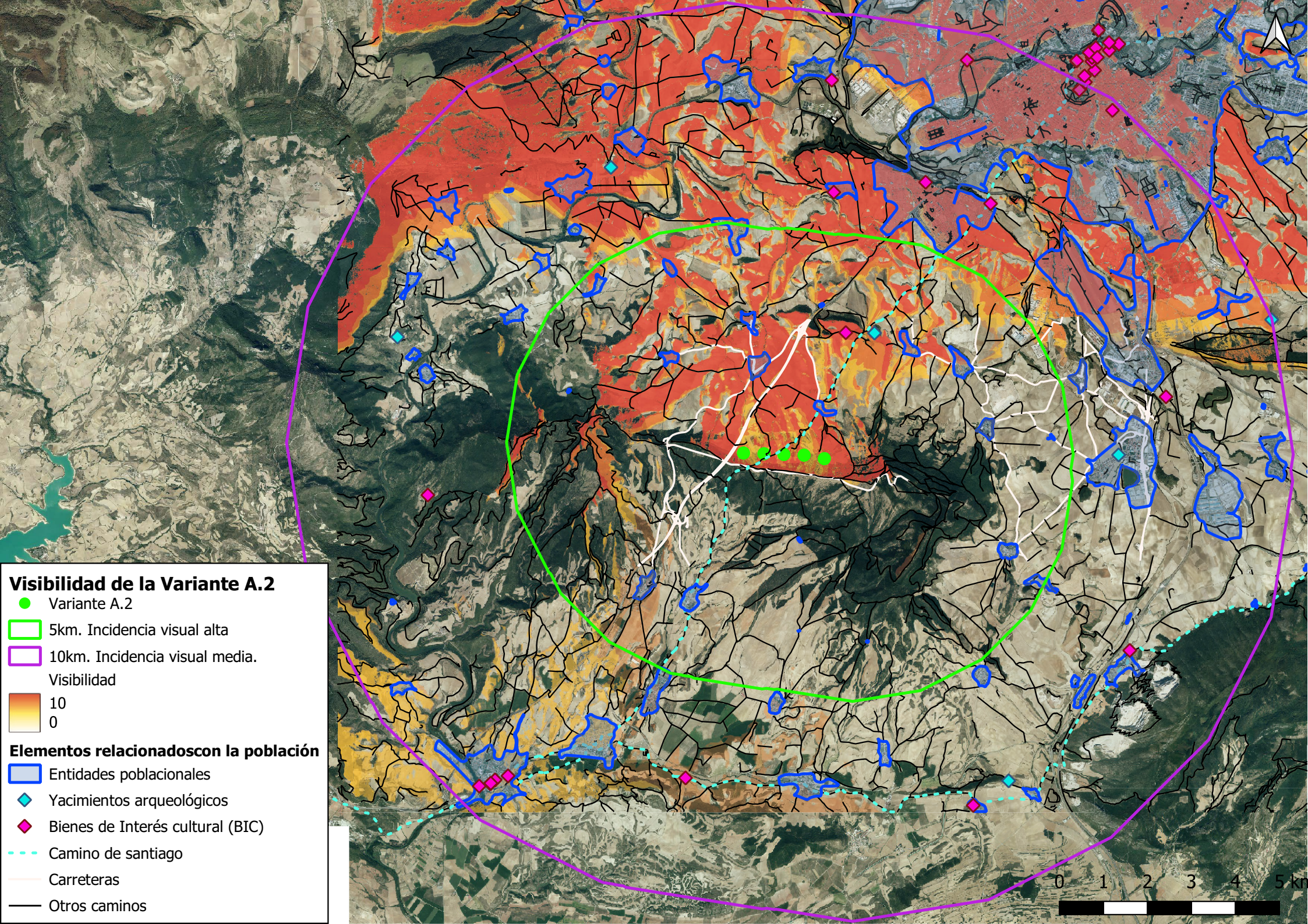
16	***Streptopelia turtur***	**tórtola europea**	Columbiformes				Bajo	Bajo	Forestal. Migradora
17	***Columba domestica***	**Paloma bravía**	Columbiformes				Nulo	Bajo	Urbana
18	***Columba palumbus***	**Paloma torcaz**	Columbiformes			Migr.	Alto	Bajo	Riesgo alto en migración
19	***Streptopelia decaocto***	**Tórtola turca**	Columbiformes				Nulo	Bajo	urbana
20	***Alcedo atthis***	**Martín pescador**	Coraciiformes				Nulo	Nulo	fluvial
21	***Merops apiaster***	**Abejaruco europeo**	Coraciiformes			Migr.	Medio	Medio	Riesgo en migración. Depende de la proximidad a colonias. Gregario
22	***Cuculus canorus***	**Cuco común**	Cuculiformes				Medio	Sin datos	Abundante en zonas de matorral de montaña
23	***Alectoris rufa***	**Perdíz roja**	Galliformes				Medio	Medio	Depende de abundancia y hábitat
24	***Coturnix coturnix***	**Codorniz**	Galliformes				Bajo	Bajo	Esteparia y matorral
25	***Gallinula chloropus***	**Gallineta común**	Gruiformes				Nulo	Bajo	acuática
26	***Anthus trivialis***	**Bisbita arbóreo**	Motacillidae				Bajo	Nulo	Praderas y
27	***Acrocephalus arundinaceus***	**Carricero tordal**	Passeriforme				Nulo	Nulo	Humedales
28	***Acrocephalus scirpaceus***	**Carricero común**	Passeriforme				Nulo	Nulo	Humedales
29	***Aegithalos caudatus***	**Mito**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
30	***Anthus campestris***	**Bisbita campestre**	Passeriforme				Nulo	Bajo	Esteparia
31	***Certhia brachydactyla***	**Agateador común**	Passeriforme				Nulo	Nulo	Forestal
32	***Cettia cetti***	**Ruiseñor bastardo**	Passeriforme				Nulo	Bajo	Humedales
33	***Cisticola juncidis***	**Buitrón**	Passeriforme				Nulo	Bajo	Humedales
34	***Delichon urbicum***	**Avión comun**	Passeriforme				Bajo	Medio	Urbana. Migradora
35	***Emberiza cia***	**Escribano montesino**	Passeriforme				Bajo	Nulo	Matorral
36	***Emberiza cirlus***	**Escribano soteño**	Passeriforme				Nulo	Bajo	Arbustos
37	***Emberiza citrinella***	**Escribano cerillo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
38	***Emberiza hortulana***	**Escribano hortelano**	Passeriforme				Bajo	Nulo	Matorral
39	***Erithacus rubecula***	**Petirrojo europeo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
40	***Fringilla coelebs***	**Pinzón vulgar**	Passeriforme				Medio	Bajo	Forestal
41	***Galerida cristata***	**Cogujada común**	Passeriforme				Medio	Bajo	Forestal. Muy abundante.
42	***Hippolais polyglotta***	**Zarcero común**	Passeriforme				Sin datos	Bajo	Humedales
43	***Hirundo rustica***	**Golondrina común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Abundante. Migradora

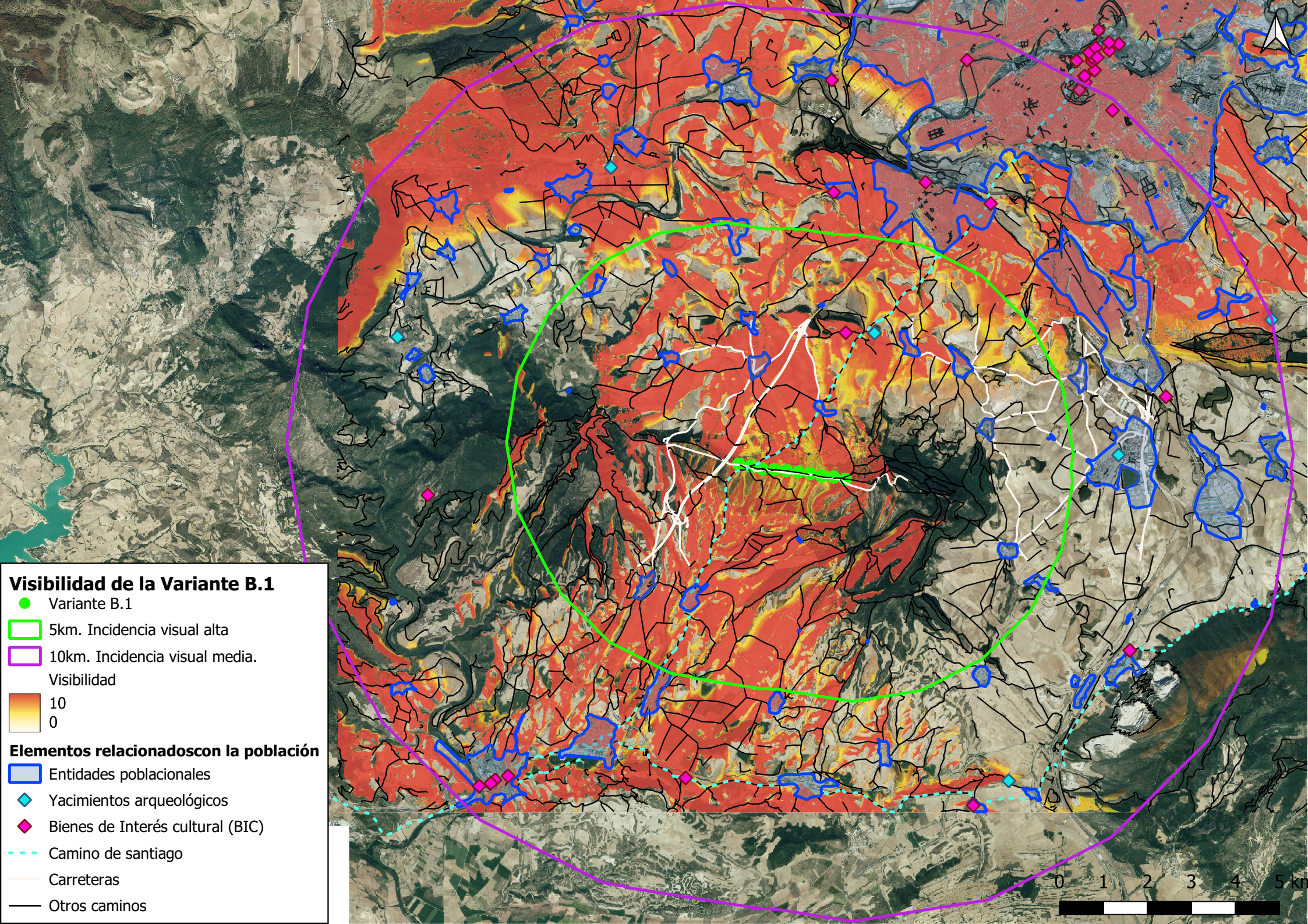
44	***Lanius collurio***	**Alcaudón dorsirrojo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Arbustos
45	***Lanius senator***	**Alcaudón común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
46	***Loxia curvirostra***	**Piquituerto común**	Passeriforme				Bajo	Sin datos	Forestal.
47	***Lullula arborea***	**Alondra totovía**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Pastizales
48	***Luscinia megarhynchos***	**Ruiseñor común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
49	***Motacilla alba***	**Lavandera blanca**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Ribera
50	***Motacilla cinerea***	**Lavandera cascadeña**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Ribera
51	***Motacilla flava***	**Lavandera boyera**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Ribera y pradera
52	***Oenanthe oenanthe***	**Collalba gris**	Passeriforme				Bajo	Sin datos	Pastizal montaña
53	***Oriolus oriolus***	**Oropéndola europea**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
54	***Parus ater***	**carbonero garrapinos**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
55	***Parus major***	**Carbonero común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
56	***Petronia petronia***	**Gorrión chillón**	Passeriforme				Bajo	Bajo	
57	***Phoenicurus ochruros***	**Colirrojo tizón**	Passeriforme				Bajo	Bajo	
58	***Phylloscopus bonelli***	**Mosquitero papialbo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	
59	***Phylloscopus ibericus***	**Mosquitero ibérico**	Passeriforme				Bajo	Bajo	
60	***Prunella modularis***	**Acentor común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	
61	***Regulus ignicapilla***	**Reyezuelo listado**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Forestal
62	***Remiz pendulinus***	**Moscón europeo**	Passeriforme				Sin datos	Bajo	Ribera
63	***Sylvia atricapilla***	**Curruca capirotada**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
64	***Sylvia borin***	**Curruca mosquitera**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
65	***Sylvia cantillans***	**Curruca carrasqueña**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
66	***Sylvia communis***	**Curruca zarcera**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
67	***Sylvia melanocephala***	**Curruca cabecinegra**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
68	***Sylvia undata***	**Curruca rabilarga**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
69	***Troglodytes troglodytes***	**Chochín común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
70	***Alauda arvensis***	**Alondra común**	Passeriforme				Medio	Bajo	Pastizal
71	***Carduelis cannabina***	**Pardillo común**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
72	***Carduelis carduelis***	**Jilguero europeo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
73	***Carduelis chloris***	**Verderón europeo**	Passeriforme				Bajo	Bajo	Matorral
74	***Corvus corax***	**Cuervo grande**	Passeriforme				Alto	Medio	Montaña
75	***Corvus corone***	**Corneja negra**	Passeriforme				Bajo	Medio	Forestal

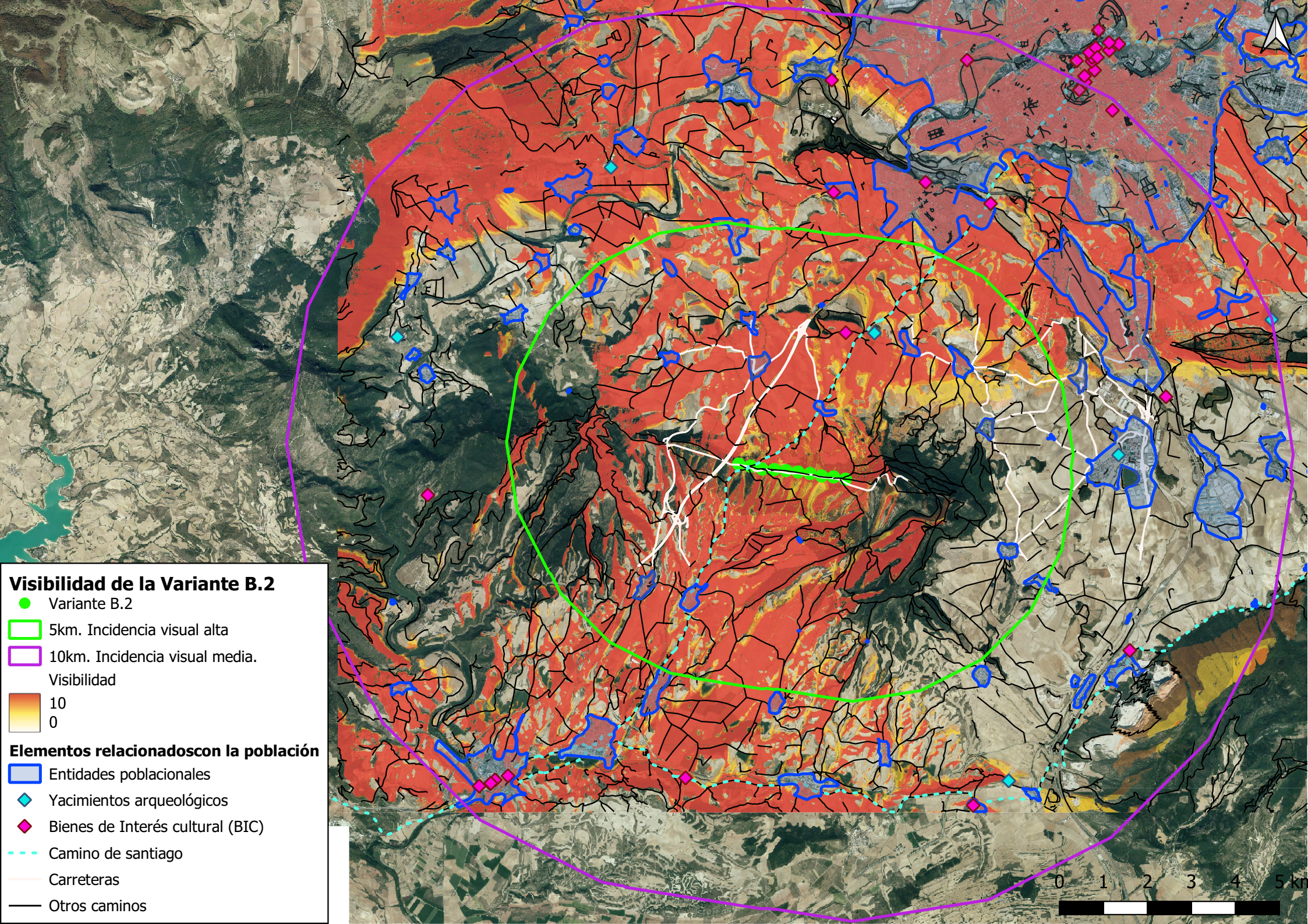
76	***Emberiza calandra***	**Triguero**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Esteparia, pastizales
77	***Garrulus glandarius***	**Arrendajo euroasiático**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Forestal
78	***Parus caeruleus***	**Herrerillo común**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Urbana
79	***Parus cristatus***	**Herrerillo capuchino**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Forestal
80	***Passer domesticus***	**Gorrión común**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Urbana
81	***Passer montanus***	**Gorrión molinero**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Forestal
82	***Pica pica***	**Urraca común**	Passeriforme					Bajo	Bajo	
83	***Saxicola torquatus***	**Tarabilla europea**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Matorral
84	***Serinus serinus***	**Verdecillo**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Matorral
85	***Sturnus unicolor***	**Estornino negro**	Passeriforme					Bajo	Medio	Gregaria. Abundante
86	***Turdus merula***	**Mirlo común**	Passeriforme					Bajo	Bajo	Forestal. Urbana
87	***Turdus philomelos***	**Zorzal común**	Passeriforme					Alto	Medio	Migrador nocturno
88	***Turdus viscivorus***	**Zorzal charlo**	Passeriforme					Medio	Bajo	Común. Forestal
89	***Ixobrychus minutus***	**Avetorillo común**	Pelecaniformes					Sin datos	Nulo	Humedales. Escasa
90	***Dendrocopos major***	**Pico picapinos**	Piciformes (pequeña)					Bajo	Bajo	Forestal
91	***Jynx torquilla***	**Torcecuello euroasiático**	Piciformes (pequeña)					Bajo	Bajo	Forestal. Escasa
92	***Picus viridis***	**Carpintero verde**	Piciformes (pequeña)					Bajo	Bajo	Forestal
93	***Tachybaptus ruficollis***	**Zampullín común**	Podicipediformes					Sin datos	Bajo	Humedales
94	***Pipistrellus kuhlii***	**Murciélago de borde claro**	Quiróptero					Bajo	Sin datos	
95	***Pipistrellus nathusii***	**Pipistella de nathusii**	Quiróptero					Bajo	Sin datos	
96	***Pipistrellus pipistrellus***	**Murcielago común**	Quiróptero					Bajo	Alto	
97	***Tadarida teniotis***	**Murcielago rabudo**	Quiróptero					Alto	Sin datos	
98	***Pipistrellus pygmaeus***	**Murciélago de Cabrera**	Quiróptero					Sin datos	Medio	
99	***Nyctalus noctula***	**Nóctulo común**	Quiróptero					Alto	Sin datos	
100	***Athene noctua***	**Mochuelo europeo**	Strigiformes (Rapaz noct., buho)					Sin datos	Medio	Escasa
101	***Bubo bubo***	**Búho real**	Strigiformes (Rapaz noct., buho)					Alto	Alto	Montaña
102	***Otus scops***	**Autillo europeo**	Strigiformes (Rapaz noct., buho)					Sin datos	Bajo	Forestal. Migrador
103	***Tyto alba***	**Lechuza común**	Strigiformes (Rapaz noct., buho)					Sin datos	Bajo	Llanura

ANEXO 12. Planos de visibilidad


Visibilidad de la Variante A.1
Variante A.1
5km. Incidencia visual alta
10km. Incidencia visual media.
Visibilidad
10
0
Elementos relacionadoscon la población
Entidades poblacionales
Yacimientos arqueológicos
Bienes de Interés cultural (BIC)
Camino de santiago
Carreteras
Otros caminos
0 1 2 3 4 5 km


Visibilidad de la Variante A.2
Variante A.2
5km. Incidencia visual alta
10km. Incidencia visual media.
Visibilidad
10
0
Elementos relacionadoscon la población
Entidades poblacionales
Yacimientos arqueológicos
Bienes de Interés cultural (BIC)
Camino de santiago
Carreteras
Otros caminos
0 1 2 3 4 5 km


Visibilidad de la Variante B.1
Variante B.1
5km. Incidencia visual alta
10km. Incidencia visual media.
Visibilidad
10
0
Elementos relacionadoscon la población
Entidades poblacionales
Yacimientos arqueológicos
Bienes de Interés cultural (BIC)
Camino de santiago
Carreteras
Otros caminos
0 1 2 3 4 5 km


Visibilidad de la Variante B.2
Variante B.2
5km. Incidencia visual alta
10km. Incidencia visual media.
Visibilidad
10
0
Elementos relacionadoscon la población
Entidades poblacionales
Yacimientos arqueológicos
Bienes de Interés cultural (BIC)
Camino de santiago
Carreteras
Otros caminos
0 1 2 3 4 5 km

ANEXO 13. Excel con cálculos económicos.

Análisis económico

- Resume de resultados:

Comparativa de LCOE según hipótesis				
	Hipótesis A.1	Hipótesis A.2	Hipótesis B.1	Hipótesis B.2
Potencia (MW)	30	30	30	30
Producción (MWh)	79.552	118.465	139.422	158.016
Coste operativos (€/año)	900.000	750.000	900.000	750.000
Costos ode inversión (€)	40.200.000	37.200.000	43.200.000	40.200.000
TIR	3,52%	8,95%	9,06%	11,82%
VAN (€)	-8460798	10592594	12782617	23812075
Periodo de retorno (años)	16	10	9,5	7,6
LCOE (€/kWh)	0,040	0,025	0,024	0,020

Variante (Hipótesis)	A.1	A.2	B.1	B.2
Tipo de turbina	3MW	6MW	3MW	6MW
Tipo de emplazamiento	Llano	Sierra	Llano	Sierra
	Valor €/kW			
WTGs	1000	900	1000	900
BOP	200	200	200	200
Conexión a Red	100	100	100	100
Otros	40	40	40	40
Adicional obra civil:	-	-	100	100
CAPEX	1340	1240	1440	1340

1. HIPÓTESIS A.1

Turbinas 3MW - A.1		
	Valor	Unidad
WTGs	1000	€/kW
BOP	200	€/kW
Conexión a Red	100	€/kW
Otros	40	€/kW
Obra civil llanura:	-	€/kW
CAPEX	1340	€/kW

		CAPEX	OPEX	
Hipótesis A.1		1340	30	
			Valor	Unidad
Parque eólico				
Potencia instalada			30	MW
Costes operativos eólica			900.000,00	€/año
Coste de Inversión eólica			40.200.000,00	€
Parámetros técnico-económicos				
Coste medio ventas			1,0	€/MWh
Vida útil			25	años
Valor Terminal			0%	
Puesta en Marcha			ene-23	--
Parámetros económicos				
% inversión 1º año			40,0	%
% inversión 2º año			60,0	%
Tarifa/PPA			47	€/MWh
Años			25	
Inflación			2	%
Tasa Impositiva			25	%
Apalancamiento inicial			50	%
Vida deuda			15	años
Tipo interés			4	%
WACC			6,0%	%

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hipótesis 1	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Producción eólica	MWh			79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552
Ingresos brutos	$			3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949
Costes Operativos	$			900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
Inversión	$	16.080.000	24.120.000									

1. Cuenta de Resultados

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	**0**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**
CMV	$	0	0	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**
Costes Operativos	$	0	0	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**
Amortización	$	0	0	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000
EBIT	**$**	**0**	**0**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**
Intereses	$	0	0	777.200	723.600	670.000	616.400	562.800	509.200	455.600	402.000	348.400
EBT	**$**	**0**	**0**	**374.197**	**427.797**	**481.397**	**534.997**	**588.597**	**642.197**	**695.797**	**749.397**	**802.997**
Impuestos	$	0	0	-93.549	-106.949	-120.349	-133.749	-147.149	-160.549	-173.949	-187.349	-200.749
R.Neto	**$**	**-16.080.000**	**-24.120.000**	**280.647**	**320.847**	**361.047**	**401.247**	**441.447**	**481.647**	**521.847**	**562.047**	**602.247**

2. Flujo de Caja

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	0	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949
CMV	$	0	0	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**
Costes Operativos	$	0	0	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**
Impuestos	$	0	0	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849
F. Caja Operativo	**$**		**0**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**
Inversión	$	-16.080.000	-24.120.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor residual	**$**					0	0	0	0	0	0	0
FCL	$	**-16.080.000**	**-24.120.000**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**
FCL acumulado	**$**	-16.080.000	-40.200.000	-37.728.453	-35.256.905	-32.785.358	-30.313.810	-27.842.263	-25.370.715	-22.899.168	-20.427.620	-17.956.073

TIR	3,5%
VAN ($)	-8.460.798
Periodo de retorno (años)	16,3
WACC	6,00%

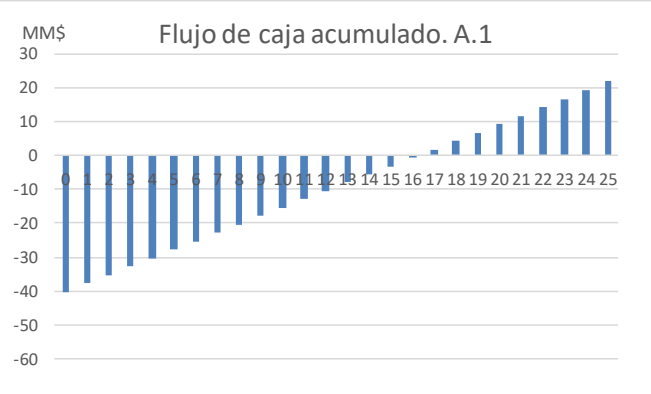
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552	79.552
3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
3.738.949	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**	**3.738.949**
-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552
3.659.397	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
2.759.397	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**
1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000
1.151.397	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**
294.800	241.200	187.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
856.597	**910.197**	**963.797**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**	**1.151.397**
-214.149	-227.549	-240.949	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849
642.447	**682.647**	**722.847**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**	**863.547**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949	3.738.949
-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552	-79.552
3.659.397	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**	**3.659.397**
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
2.759.397	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**	**2.759.397**
-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-287.849	-14.988
2.471.547	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.744.408**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.471.547	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.471.547**	**2.744.408**
-15.484.526	-13.012.978	-10.541.431	-8.069.883	-5.598.336	-3.126.788	-655.241	1.816.307	4.287.854	6.759.402	9.230.949	11.702.496	14.174.044	16.645.591	19.117.139	21.861.547

4.- Simulación deuda

Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Deuda Inicial				20.100.000	18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000
Amortización deuda				-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000
Deuda final				18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000	8.040.000
Deuda media				19.430.000	18.090.000	16.750.000	15.410.000	14.070.000	12.730.000	11.390.000	10.050.000	8.710.000
Intereses deuda				-777.200	-723.600	-670.000	-616.400	-562.800	-509.200	-455.600	-402.000	-348.400



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producción de la planta (MWh)	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1
	75049,15094	70801,0858	66793,47717	63012,71431	59445,95689	56081,09141	52906,69001	49911,97171	47086,76576	44421,47713	41907,0539	39534,95651
LCOE	0,039530246											

2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
8.040.000	6.700.000	5.360.000											
-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000											
6.700.000	5.360.000	4.020.000											
7.370.000	6.030.000	4.690.000											
-294.800	-241.200	-187.600											

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	79552,1	1988802,5
37297,12878	35185,97055	33194,31184	31315,38853	29542,81936	27870,58431	26293,00406	24804,72081	23400,68001	22076,11322	20826,52191	19647,66217	18535,53035	1016942,827

2. HIPOTESIS A.2

Turbinas 6MW - A.2		
	Valor	Unidad
WTGs	900	€/kW
BOP	200	€/kW
Conexión a Red	100	€/kW
Otros	40	€/kW
Obra civil llanura:	-	€/kW
CAPEX	1240	€/kW

		CAPEX	OPEX	
Hipótesis A.2		1240	25	
			Valor	Unidad
Parque eólico				
Potencia instalada			30	MW
Costes operativos eólica			750.000,00	€/año
Coste de Inversión eólica			37.200.000,00	€
Parámetros técnico-económicos				
Coste medio ventas			1,0	€/MWh
Vida útil			25	años
Valor Terminal			0%	
Puesta en Marcha			ene-23	--
Parámetros económicos				
% inversión 1º año			40,0	%
% inversión 2º año			60,0	%
Tarifa/PPA			47	€/MWh
Años			25	
Inflación			2	%
Tasa Impositiva			25	%
Apalancamiento inicial			50	%
Vida deuda			15	años
Tipo interés			4	%
WACC			6,0%	%

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hipótesis 1	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Producción eólica	MWh			118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465
Ingresos brutos	$			5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874
Costes Operativos	$			750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
Inversión	$	14.880.000	22.320.000									

1. Cuenta de Resultados

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	**0**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**
CMV	$	0	0	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**
Costes Operativos	$	0	0	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**
Amortización	$	0	0	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000
EBIT	**$**	**0**	**0**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**
Intereses	$	0	0	777.200	723.600	670.000	616.400	562.800	509.200	455.600	402.000	348.400
EBT	**$**	**0**	**0**	**2.434.208**	**2.487.808**	**2.541.408**	**2.595.008**	**2.648.608**	**2.702.208**	**2.755.808**	**2.809.408**	**2.863.008**
Impuestos	$	0	0	-608.552	-621.952	-635.352	-648.752	-662.152	-675.552	-688.952	-702.352	-715.752
R.Neto	**$**	**-14.880.000**	**-22.320.000**	**1.825.656**	**1.865.856**	**1.906.056**	**1.946.256**	**1.986.456**	**2.026.656**	**2.066.856**	**2.107.056**	**2.147.256**

2. Flujo de Caja

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	0	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874
CMV	$	0	0	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**
Costes Operativos	$	0	0	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**
Impuestos	$	0	0	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852
F. Caja Operativo	**$**		**0**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**
Inversión	$	-14.880.000	-22.320.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor residual	**$**					0	0	0	0	0	0	0
FCL	$	**-14.880.000**	**-22.320.000**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**
FCL acumulado	**$**	-14.880.000	-37.200.000	-33.303.444	-29.406.887	-25.510.331	-21.613.775	-17.717.219	-13.820.662	-9.924.106	-6.027.550	-2.130.993

TIR	8,9%
VAN ($)	10.592.594
Periodo de retorno (años)	9,5
WACC	6,00%

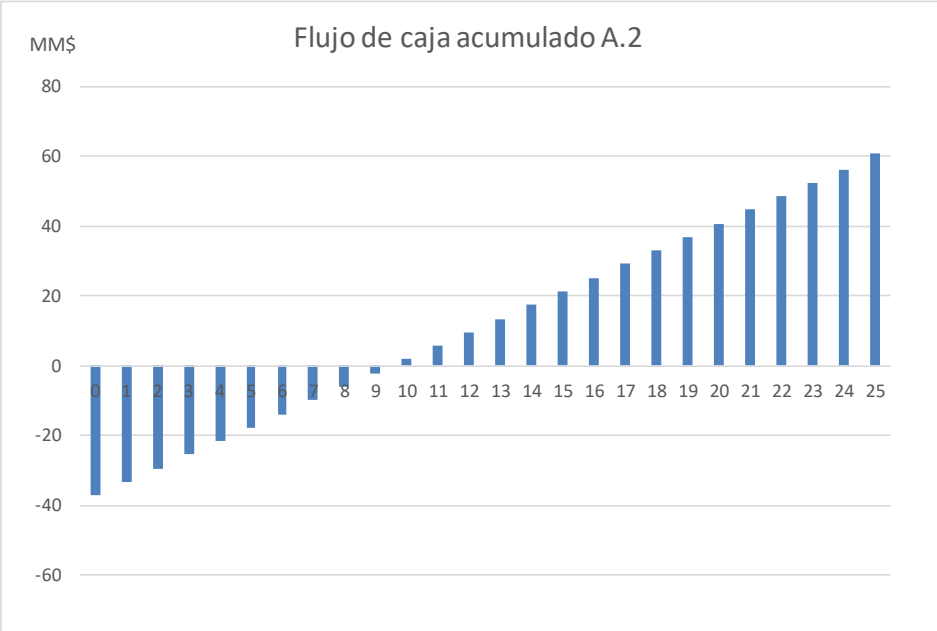
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465	118.465
5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
5.567.874	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**	**5.567.874**
-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465
5.449.408	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
4.699.408	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**
1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000	1.488.000
3.211.408	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**
294.800	241.200	187.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.916.608	**2.970.208**	**3.023.808**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**	**3.211.408**
-729.152	-742.552	-755.952	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852
2.187.456	**2.227.656**	**2.267.856**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**	**2.408.556**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874	5.567.874
-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465	-118.465
5.449.408	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**	**5.449.408**
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
4.699.408	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**	**4.699.408**
-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-802.852	-14.988
3.896.556	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**4.684.420**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.896.556	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**3.896.556**	**4.684.420**
1.765.563	5.662.119	9.558.676	13.455.232	17.351.788	21.248.345	25.144.901	29.041.457	32.938.013	36.834.570	40.731.126	44.627.682	48.524.239	52.420.795	56.317.351	61.001.771

4.- Simulación deuda

Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Deuda Inicial				20.100.000	18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000
Amortización deuda				-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000
Deuda final				18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000
Deuda media				19.430.000	18.090.000	16.750.000	15.410.000	14.070.000	12.730.000	11.390.000	10.050.000
Intereses deuda				-777.200	-723.600	-670.000	-616.400	-562.800	-509.200	-455.600	-402.000



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Producción de la planta (MWh)	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4
	111759,8113	105433,7843	99465,83421	93835,69265	88524,23835	83513,43241	78786,25699	74326,65754	70119,48824	66150,46061	62406,09491
LCOE	0,024564421										

2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
9.380.000	8.040.000	6.700.000	5.360.000											
-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000											
8.040.000	6.700.000	5.360.000	4.020.000											
8.710.000	7.370.000	6.030.000	4.690.000											
-348.400	-294.800	-241.200	-187.600											

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	118465,4	2961635
58873,67444	55541,20231	52397,36067	49431,47233	46633,46446	43993,83439	41503,61735	39154,35599	36938,07169	34847,23745	32874,75231	31013,91727	29258,41252	27602,27596	1514385,401

3. HIPÓTESIS B.1

Turbinas 3MW - B.1		
	Valor	Unidad
WTGs	1000	€/kW
BOP	200	€/kW
Conexión a Red	100	€/kW
Otros	40	€/kW
Obra civil sierra:	100	€/kW
CAPEX	1440	€/kW

		CAPEX	OPEX	
Hipótesis B.1		1440	30	
			Valor	Unidad
Parque eólico				
Potencia instalada			30	MW
Costes operativos eólica			900.000,00	€/año
Coste de Inversión eólica			43.200.000,00	€
Parámetros técnico-económicos				
Coste medio ventas			1,0	€/MWh
Vida útil			25	años
Valor Terminal			0%	
Puesta en Marcha			ene-23	--
Parámetros económicos				
% inversión 1º año			40,0	%
% inversión 2º año			60,0	%
Tarifa/PPA			47	€/MWh
Años			25	
Inflación			2	%
Tasa Impositiva			25	%
Apalancamiento inicial			50	%
Vida deuda			15	años
Tipo interés			4	%
WACC			6,0%	%

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hipótesis 1	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Producción eólica	MWh			139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422
Ingresos brutos	$			6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834
Costes Operativos	$			900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
Inversión	$	17.280.000	25.920.000									

1. Cuenta de Resultados

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	**0**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**
CMV	$	0	0	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**
Costes Operativos	$	0	0	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**
Amortización	$	0	0	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000
EBIT	**$**	**0**	**0**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**
Intereses	$	0	0	777.200	723.600	670.000	616.400	562.800	509.200	455.600	402.000	348.400
EBT	**$**	**0**	**0**	**3.008.212**	**3.061.812**	**3.115.412**	**3.169.012**	**3.222.612**	**3.276.212**	**3.329.812**	**3.383.412**	**3.437.012**
Impuestos	$	0	0	-752.053	-765.453	-778.853	-792.253	-805.653	-819.053	-832.453	-845.853	-859.253
R.Neto	**$**	**-17.280.000**	**-25.920.000**	**2.256.159**	**2.296.359**	**2.336.559**	**2.376.759**	**2.416.959**	**2.457.159**	**2.497.359**	**2.537.559**	**2.577.759**

2. Flujo de Caja

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	0	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834
CMV	$	0	0	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**
Costes Operativos	$	0	0	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**
Impuestos	$	0	0	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353
F. Caja Operativo	**$**		**0**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**
Inversión	$	-17.280.000	-25.920.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor residual	**$**					0	0	0	0	0	0	0
FCL	$	**-17.280.000**	**-25.920.000**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**
FCL acumulado	**$**	-17.280.000	-43.200.000	-38.632.941	-34.065.882	-29.498.823	-24.931.764	-20.364.705	-15.797.646	-11.230.587	-6.663.528	-2.096.469

TIR	9,1%
VAN ($)	12.782.617
Periodo de retorno (años)	9,5
WACC	6,00%

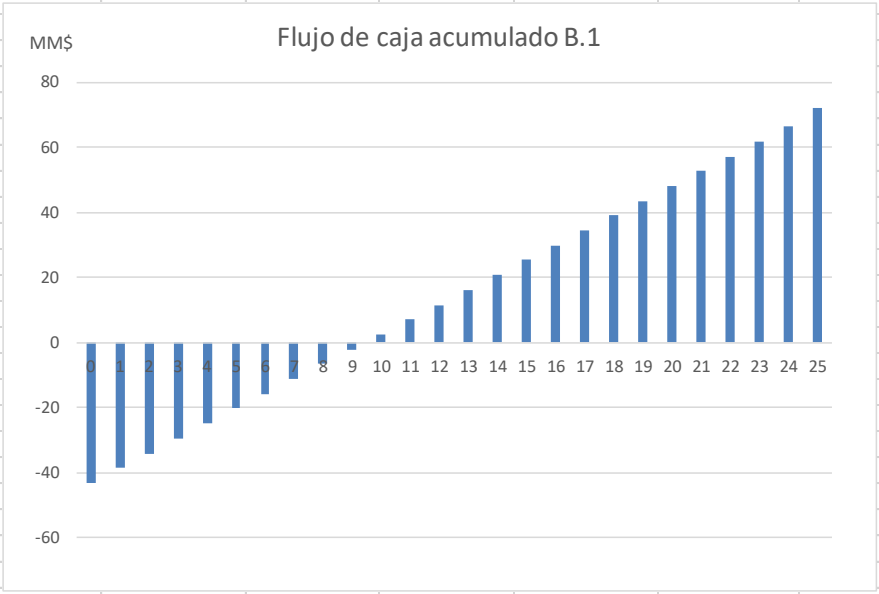
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422	139.422
6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
6.552.834	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**	**6.552.834**
-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422
6.413.412	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
5.513.412	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**
1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000	1.728.000
3.785.412	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**
294.800	241.200	187.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.490.612	**3.544.212**	**3.597.812**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**	**3.785.412**
-872.653	-886.053	-899.453	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353
2.617.959	**2.658.159**	**2.698.359**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**	**2.839.059**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834	6.552.834
-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422	-139.422
6.413.412	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**	**6.413.412**
900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
5.513.412	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**	**5.513.412**
-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-946.353	-14.988
4.567.059	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**5.498.424**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.567.059	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**4.567.059**	**5.498.424**
2.470.590	7.037.649	11.604.708	16.171.767	20.738.826	25.305.885	29.872.944	34.440.003	39.007.062	43.574.121	48.141.180	52.708.239	57.275.298	61.842.357	66.409.416	71.907.840

4.- Simulación deuda

Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Deuda Inicial				20.100.000	18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000
Amortización deuda				-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000
Deuda final				18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000	8.040.000
Deuda media				19.430.000	18.090.000	16.750.000	15.410.000	14.070.000	12.730.000	11.390.000	10.050.000	8.710.000
Intereses deuda				-777.200	-723.600	-670.000	-616.400	-562.800	-509.200	-455.600	-402.000	-348.400



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producción de la planta (MWh)	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422
	131530,1887	124085,0837	117061,3997	110435,2827	104184,229	98287,00847	92723,5929	87475,08764	82523,66758	77852,51659	73445,77037	69288,46261

LCOE	0,024238601

2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
8.040.000	6.700.000	5.360.000												
-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000												
6.700.000	5.360.000	4.020.000												
7.370.000	6.030.000	4.690.000												
-294.800	-241.200	-187.600												

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	139422	3485550	
65366,47416	61666,48506	58175,9293	54882,95217	51776,36997	48845,63205	46080,78495	43472,43863	41011,73456	38690,31562	36500,29776	34434,24317	32485,13506	1782281,082	

4. HIPÓTESIS B.2

Turbinas 3MW - B.2		
	Valor	Unidad
WTGs	900	€/kW
BOP	200	€/kW
Conexión a Red	100	€/kW
Otros	40	€/kW
Obra civil sierra:	100	€/kW
CAPEX	1340	€/kW

		CAPEX	OPEX	
Hipótesis B.2		1340	25	
			Valor	Unidad
Parque eólico				
Potencia instalada			30	MW
Costes operativos eólica			750.000,00	€/año
Coste de Inversión eólica			40.200.000,00	€
Parámetros técnico-económicos				
Coste medio ventas			1,0	€/MWh
Vida útil			25	años
Valor Terminal			0%	
Puesta en Marcha			ene-23	--
Parámetros económicos				
% inversión 1º año			40,0	%
% inversión 2º año			60,0	%
Tarifa/PPA			48	€/MWh
Años			25	
Inflación			2	%
Tasa Impositiva			25	%
Apalancamiento inicial			50	%
Vida deuda			15	años
Tipo interés			4	%
WACC			6,0%	%

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hipótesis 1	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Producción eólica	MWh			158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016
Ingresos brutos	$			7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761
Costes Operativos	$			750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
Inversión	$	16.080.000	24.120.000									

1. Cuenta de Resultados

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	**0**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**
CMV	$	0	0	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**
Costes Operativos	$	0	0	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**
Amortización	$	0	0	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000
EBIT	**$**	**0**	**0**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**
Intereses	$	0	0	777.200	723.600	670.000	616.400	562.800	509.200	455.600	402.000	348.400
EBT	**$**	**0**	**0**	**4.133.545**	**4.187.145**	**4.240.745**	**4.294.345**	**4.347.945**	**4.401.545**	**4.455.145**	**4.508.745**	**4.562.345**
Impuestos	$	0	0	-1.033.386	-1.046.786	-1.060.186	-1.073.586	-1.086.986	-1.100.386	-1.113.786	-1.127.186	-1.140.586
R.Neto	**$**	**-16.080.000**	**-24.120.000**	**3.100.159**	**3.140.359**	**3.180.559**	**3.220.759**	**3.260.959**	**3.301.159**	**3.341.359**	**3.381.559**	**3.421.759**

2. Flujo de Caja

		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos	**$**	0	0	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761
CMV	$	0	0	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016
Margen Bruto	**$**	**0**	**0**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**
Costes Operativos	$	0	0	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
EBITDA	**$**	**0**	**0**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**
Impuestos	$	0	0	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686
F. Caja Operativo	**$**		**0**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**
Inversión	$	-16.080.000	-24.120.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor residual	**$**					0	0	0	0	0	0	0
FCL	$	**-16.080.000**	**-24.120.000**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**
FCL acumulado	**$**	-16.080.000	-40.200.000	-34.908.941	-29.617.882	-24.326.823	-19.035.764	-13.744.706	-8.453.647	-3.162.588	2.128.471	7.419.530

TIR	11,8%
VAN ($)	23.812.075
Periodo de retorno (años)	7,6
WACC	6,00%

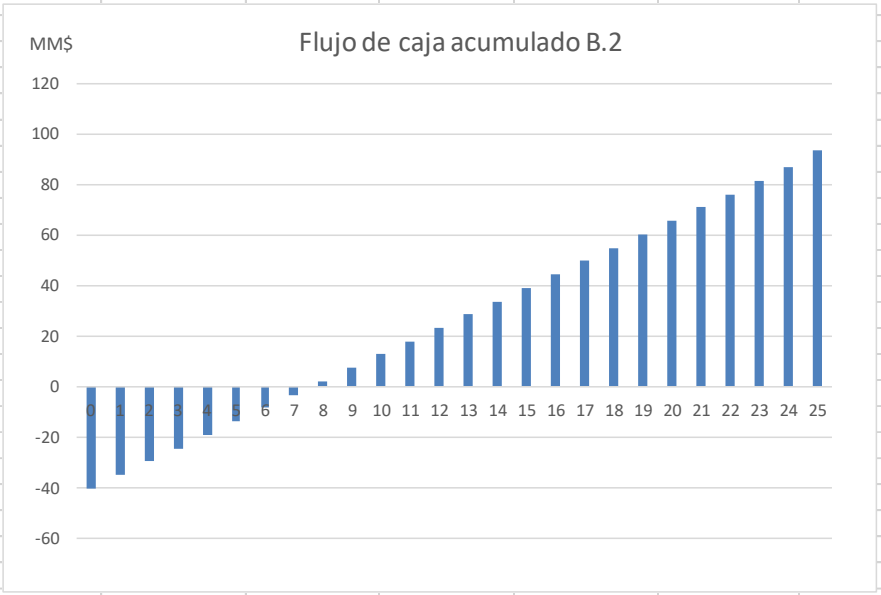
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016	158.016
7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
7.426.761	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**	**7.426.761**
-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016
7.268.745	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
6.518.745	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**
1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000	1.608.000
4.910.745	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**
294.800	241.200	187.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.615.945	**4.669.545**	**4.723.145**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**	**4.910.745**
-1.153.986	-1.167.386	-1.180.786	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686
3.461.959	**3.502.159**	**3.542.359**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**	**3.683.059**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048
7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761	7.426.761
-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016	-158.016
7.268.745	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**	**7.268.745**
750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
6.518.745	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**	**6.518.745**
-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-1.227.686	-14.988
5.291.059	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**6.503.757**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.291.059	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**5.291.059**	**6.503.757**
12.710.589	18.001.648	23.292.707	28.583.766	33.874.825	39.165.884	44.456.942	49.748.001	55.039.060	60.330.119	65.621.178	70.912.237	76.203.296	81.494.355	86.785.414	93.289.170

4.- Simulación deuda

Concepto	Unidades	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Deuda Inicial				20.100.000	18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000
Amortización deuda				-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000
Deuda final				18.760.000	17.420.000	16.080.000	14.740.000	13.400.000	12.060.000	10.720.000	9.380.000	8.040.000
Deuda media				19.430.000	18.090.000	16.750.000	15.410.000	14.070.000	12.730.000	11.390.000	10.050.000	8.710.000
Intereses deuda				-777.200	-723.600	-670.000	-616.400	-562.800	-509.200	-455.600	-402.000	-348.400



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producción de la planta (MWh)	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2
	149071,8868	140633,8555	132673,4486	125163,6307	118078,8969	111395,1858	105089,7979	99141,31875	93529,54599	88235,42075	83240,96297	78529,21035
LCOE	0,019901213											

2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
8.040.000	6.700.000	5.360.000												
-1.340.000	-1.340.000	-1.340.000												
6.700.000	5.360.000	4.020.000												
7.370.000	6.030.000	4.690.000												
-294.800	-241.200	-187.600												

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	158016,2	3950405	
74084,16071	69890,71765	65934,63929	62202,4899	58681,59424	55359,99457	52226,40997	49270,19808	46481,31895	43850,30089	41368,20839	39026,61169	36817,5582	2019977,363	