



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA UN PARQUE DE ENERGÍA EÓLICA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.

PROVINCIA DE CASTELLÓN

MEMORIA

Trabajo Final de Grado

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2016/2017

Autor: Ignacio Arnal Palacios

Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín

Valencia, Junio de 2017



Estudio de Alternativas para un parque de Energía Eólica en la Comunidad Valenciana
Provincia de Castellón



ÍNDICE MEMORIA:

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO	7
2.	LOCALIZACIÓN.....	12
3.	ANTECEDENTES	14
4.	METODOLOGÍA.....	18
5.	SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR ÓPTIMO.....	24
5.1.	COMPARATIVA DE LOS AEROGENERADORES	25
5.1.1.	DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE VIENTOS	25
5.1.2.	ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE POTENCIA CORREGIDAS.	27
5.1.3.	CURVAS DE PRODUCCIÓN	29
5.2.	ANÁLISIS ECONOMICO	33
5.2.1.	Flujo de Caja	36
5.2.2.	Valor Actual Neto (VAN).....	38
5.2.3.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	40
5.2.4.	PayBack	42
5.3.	Síntesis de Resultados.....	45
6.	EVALUACIÓN DE LAS ZONAS VIABLES	46
6.1.	CRITERIO AMBIENTAL.....	46
6.1.1.	Lugares de Interés Comunitario (LICs)	47
6.1.2.	Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs)	48
6.1.3.	Proximidad a zonas protegidas.	49
6.2.	CRITERIO LOGÍSTICO & OTROS CRITERIOS	49
6.2.1.	Parques Eólicos Existentes	49
6.2.2.	Potencia Mínima de los Parques Eólicos.....	52
6.2.3.	Líneas eléctricas Existentes	52
6.2.4.	Disposición mínima de los aerogeneradores	54
6.2.5.	Plan Eólico de la Comunidad Valenciana	56
6.3.	SELECCIÓN DE ZONAS VIABLES	57
6.3.1.	Zonas viables Toro y Alto Palancia.	59
6.3.2.	Espadilla.....	63
6.3.3.	Benicàssim-Oropesa	66
6.3.4.	Sierra de Engarcerán	68
6.3.5.	Benasal	70

6.3.6.	Ports	75
6.3.7.	Bajo Maestrazgo.....	77
6.3.8.	Alto Maestrazgo	81
7.	CONCLUSIONES	86
8.	LINEAS FUTURAS	88
9.	REFERENCIAS.....	89

ÍNDICE FIGURAS:

Figura 1.	Fuente de la electricidad en España, febrero 2014 (Fuente: Informe WWF).	9
Figura 2.	Generación eólica y aportación a la cobertura de la demanda en España.	10
Figura 3.	Ubicación de Provincia de Castellón.	12
Figura 4.	Mapa de las zonas establecidas por el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana. (Imagen extraída del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana).	15
Figura 5.	Mapa de eólico de España. (Fuente IDAE.)	16
Figura 6.	Aplicativo IDAE	17
Figura 7.	Esquema de la metodología del proyecto.....	18
Figura 8.	Primera parte de la metodología del proyecto.	18
Figura 9.	Segunda parte de la metodología del proyecto.	20
Figura 10.	Aerogenerador Enercon E-141 EP4 (4MW). (Fuente: http://www.enercon.de)	21
Figura 11.	Aerogenerador Enercon E-101 (3.05MW). (Fuente: http://www.enercon.de)	21
Figura 12.	Aerogenerador Gamesa G128 (5MW). (Fuente: http://www.gamesacorp.com).....	22
Figura 13.	Aerogenerador Gamesa G132 (3.3MW). (Fuente: http://www.gamesacorp.com)... ..	22
Figura 14.	Tercera parte de la metodología del proyecto.....	23
Figura 15.	Cuarta parte de la metodología del proyecto.	23
Figura 16.	Quinta parte de la metodología del proyecto.....	24
Figura 17.	Parámetros Weibull de la distribución estadística de vientos.	26
Figura 18.	Descripción gráfica del límite de Betz.	28
Figura 19.	Lugares de Interés Comunitario de la Provincia de Castellón.....	47
Figura 20.	Lugares de Interés Comunitario de la Provincia de Castellón.....	48
Figura 21.	Mapa eólico de la Provincia de Castellón.....	50
Figura 22.	Mapa eólico meridional de la Provincia de Castellón.	50
Figura 23.	Mapa eólico de la Provincia de Castellón.....	51
Figura 24.	Mapa eólico septentrional de la Provincia de Castellón.	51
Figura 25.	Sistema eléctrico ibérico. Enero de 2016.....	53
Figura 26.	Dimensionamiento de los aerogeneradores.....	54
Figura 27.	Características del aerogenerador Gamesa G-132.....	55
Figura 28.	Distancia mínima entre aerogeneradores.....	55
Figura 29.	Zonas del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana.	56
Figura 30.	Organigrama del procedimiento a seguir.....	58
Figura 31.	Zonas Potenciales.....	58

Figura 32. Zonas potenciales. Toro y Alto Palancia destacado.	59
Figura 33. Zonas potenciales. Detalle de Toro y Alto Palancia.	59
Figura 34. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Toro y Alto Palancia.....	60
Figura 35. Zonas potenciales. Toro y Alto Palancia.....	60
Figura 36. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona potencial del Toro y Alto Palancia.....	61
Figura 37. Mapa eléctrico de la zona potencial del Toro y Alto Palancia.....	62
Figura 38. Zonas Potenciales. Espadilla.....	63
Figura 39. Zonas Potenciales. Detalle Espadilla.	63
Figura 40. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Espadilla.	64
Figura 41. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs y zona límite de 1km, zona Espadilla.....	64
Figura 42. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona Espadilla.	65
Figura 43. Zonas Potenciales. Benicàssim-Oropesa	66
Figura 44. Zonas Potenciales. Detalle Benicàssim-Oropesa.....	66
Figura 45. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Benicàssim-Oropesa.....	67
Figura 46. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs, proximidad a la zona Benicàssim-Oropesa.....	67
Figura 47. Zonas potenciales. Sierra Engarcerán.	68
Figura 48. Zonas potenciales. Detalle Sierra Engarcerán.....	69
Figura 49. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona de la Sierra Engarcerán.....	69
Figura 50. Zonas potenciales. Zona Benasal.....	70
Figura 51. Zonas potenciales. Detalle Benasal.....	71
Figura 52. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona de Benasal.....	71
Figura 53. Zonas potenciales. Área de estudio zona de Benasal.	72
Figura 54. Zonas potenciales. Área de estudio zona de Benasal. Criterio distancia mínima a zonas protegidas	72
Figura 55. Zonas potenciales. Vista aérea zona de Benasal.....	73
Figura 56. Zonas potenciales. Mapa eléctrico de la zona potencial de Benasal.	74
Figura 57. Zonas potenciales. Zona de Ports.....	75
Figura 58. Zonas potenciales. Detalle zona de Ports.....	75
Figura 59. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs en la Zona de Ports.	76
Figura 60. Zonas potenciales. Zona del Bajo Maestrazgo	77
Figura 61. Zonas potenciales. Detalle zona del Bajo Maestrazgo	77
Figura 62. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona del Bajo Maestrazgo	78
Figura 63. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs y distancia mínima en la zona del Bajo Maestrazgo.....	78
Figura 64. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona del Bajo Maestrazgo.....	79
Figura 65. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona “A” del Bajo Maestrazgo	79
Figura 66. Zonas potenciales. Mapa eléctrico zona del Bajo Maestrazgo	80
Figura 67. Zonas potenciales. Zona del Alto Maestrazgo.....	81
Figura 68. Zonas potenciales. Detalle zona del Alto Maestrazgo	82
Figura 69. Zonas potenciales. Detalle zona del Alto Maestrazgo	82
Figura 70. Zonas potenciales. Detalle límite distancia mínima zona del Alto Maestrazgo.....	83
Figura 71. Zonas potenciales. Detalle límite distancia mínima zona del Alto Maestrazgo.....	84
Figura 72. Zonas potenciales. Mapa eléctrico zona del Alto Maestrazgo.....	85

ÍNDICE TABLAS:

Tabla 1. Características emplazamiento distribución estadística de vientos.....	26
Tabla 2. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Enercon E-126.	29
Tabla 3. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Enercon E-101.	30
Tabla 4. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Gamesa G-128.	31
Tabla 5. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Gamesa G-132.	31
Tabla 6. Supuestos de partida Enercon E-126.....	34
Tabla 7. Supuestos de partida Enercon E-101.....	34
Tabla 8. Supuestos de partida Gamesa G-128	35
Tabla 9. Supuestos de partida Gamesa G-128	35
Tabla 10. VAN Enercon E-126.....	39
Tabla 11. VAN Enercon E-101.....	39
Tabla 12. VAN Gamesa G-128	39
Tabla 13. VAN Gamesa G-132	39
Tabla 14. VAN y TIR Enercon E-126.....	40
Tabla 15. VAN y TIR Enercon E-101.....	41
Tabla 16. VAN y TIR Gamesa G-128.....	41
Tabla 17. VAN y TIR Gamesa G-132.....	41
Tabla 18. PayBack Enercon E-126	42
Tabla 19. PayBack Enercon E-101	43
Tabla 20. PayBack Gamesa G-128.....	43
Tabla 21. PayBack Gamesa G-132	44
Tabla 22. Características de los parques eólicos ya existentes de la zona meridional de la Provincia de Castellón (Fuente: AFE).	50
Tabla 23. Características de los parques eólicos ya existentes de la zona septentrional de la Provincia de Castellón (Fuente: AFE).	51
Tabla 24. Distancias en la zona potencial del Toro y Alto Palancia.....	61
Tabla 25. Distancias en la zona potencial Espadilla	65
Tabla 26. Distancias en la zona potencial de Benasal	73
Tabla 27. Distancias en la zona potencial del Bajo Maestrazgo.....	80
Tabla 28. Distancias en la zona potencial del Alto Maestrazgo	84

ÍNDICE GRÁFICOS:

Gráfico 1. Evolución de la potencia instalada procedente de energía eólica en España (Fuente: REE (16/07/2014)).....	10
Gráfico 2. Distribución estadística de vientos.....	26
Gráfico 3. Curvas de Potencia.	27
Gráfico 4. Curva de producción Enercon E-126.	29
Gráfico 5. Curva de producción Enercon E-101.	30
Gráfico 6. Curva de producción Gamesa G-128.	30
Gráfico 7. Curva de producción Gamesa G-132.	31
Gráfico 8. Curvas de Producción.	32
Gráfico 9. Flujo de Caja Enercon E-126.	36
Gráfico 10. Flujo de Caja Enercon E-101.	37
Gráfico 11. Flujo de Caja Gamesa G-128.....	37
Gráfico 12. Flujo de Caja Gamesa G-132.....	38

ÍNDICE ANEJOS:

Anejo I. Producción de los Aerogeneradores.

Anejo II. Análisis Económico.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento y transformada en otras formas de energía útiles para las actividades humanas. La cantidad de energía generada, tiene una relación directa con la velocidad del viento, la cual varía con la altura y depende del terreno. Es la energía renovable más madura y desarrollada. Se trata de una fuente de energía limpia e inagotable, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero y preserva el medioambiente.

El emplazamiento, las características constructivas y las características del viento, son fundamentales para una óptima obtención de la energía eólica.

La energía eólica ha sido empleada durante cientos de años a la hora de realizar diversas actividades de todo tipo. Hoy en día, es una gran fuente de energía ante el aumento de demanda energética en todo el mundo. Siendo una energía renovable, es una opción más que imprescindible para competir de manera económica y respetuosa con el medio ambiente contra el resto de fuentes energéticas que proceden de recursos limitados y combustibles fósiles.

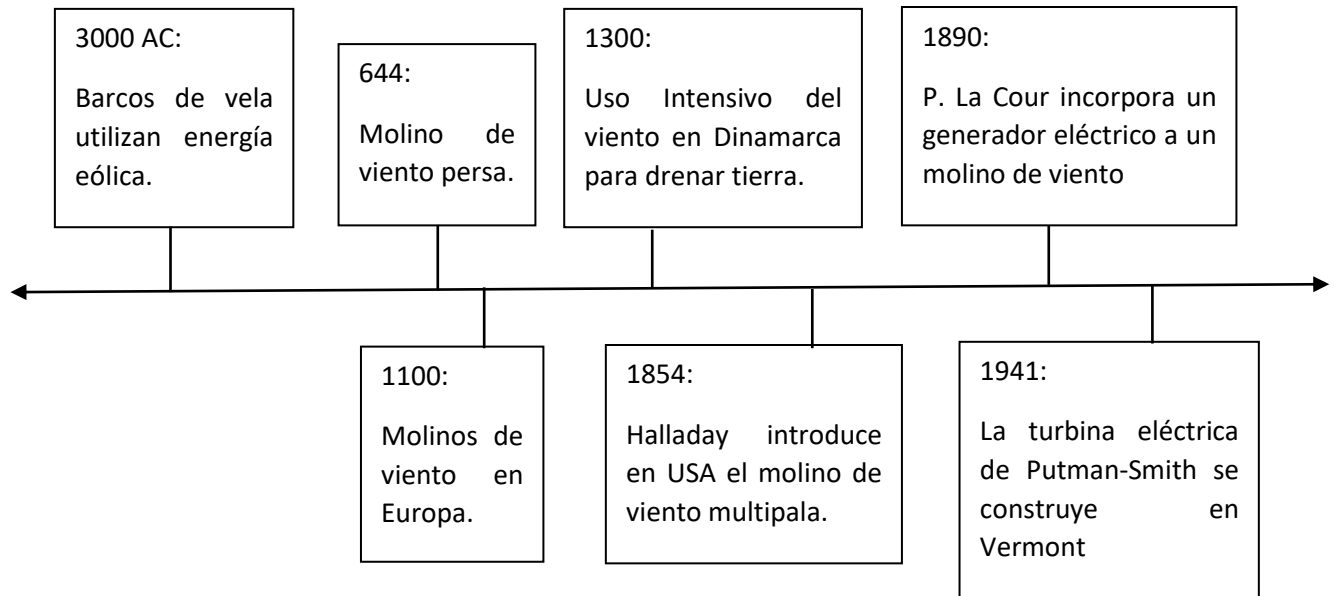
Las últimas inversiones tecnológicas han hecho de la energía eólica, una fuente de energía renovable mucho más rentable y competitiva.

Es una de las energías más antiguas junto a la energía térmica. El viento como fuerza motriz se ha utilizado desde la antigüedad. Así, ha movido a barcos impulsados por velas o ha hecho funcionar la maquinaria de los molinos al mover sus aspas. Sin embargo, tras una época en la que se fue abandonando, a partir de los años ochenta del siglo XX este tipo de energía limpia experimentó un renacimiento.

La energía eólica crece de forma imparable ya en el siglo XXI, en algunos países más que en otros, pero sin duda alguna en España existe un gran crecimiento, siendo uno de los primeros países, por debajo de Alemania a nivel europeo o de Estados Unidos a escala mundial.

El auge del aumento de parques eólicos se debe a las condiciones favorables de viento, sobre todo en Andalucía que ocupa un puesto principal, entre los que se puede destacar el Golfo de Cádiz, ya que el recurso de viento es excepcional.

Algunos hitos en la historia de la energía eólica:



Como se describe en el artículo de Erenovable, si buscamos la forma más antigua de utilizar la energía posiblemente la más antigua sea la energía eólica. En el año 3.000 a.C. los primeros transportes movidos por el viento ya surcaban nuestros mares, eran las primeras embarcaciones a vela. Barcos como los que se utilizaban en Mesopotamia o en el antiguo Egipto con velas adaptadas al tipo de vientos.

Se conoce de la existencia de los primeros molinos de viento al rededor del siglo VII en Sistán, Afganistán. Se trataban de unos molinos con eje vertical y ocho velas realizadas con diferentes tejidos que se utilizaban para moler grano o sacar agua de los pozos.

Primeros molinos de viento al rededor del siglo VII en Sistán

En Europa no se utilizaron hasta bien entrado el siglo XII, localizándose su uso tanto en Francia como en Inglaterra. Con la primera revolución industrial y la aparición de la máquina a vapor, las utilizations de los molinos de viento dejaron de ser rentables, ahora el proceso de molienda se hacía más rápido y mecánico.

La utilización de la energía eólica volvió a reinventarse en los primeros años del siglo XIX. Se trataba de una máquina que, portando un generador eléctrico a un molino, sería capaz de transformar esa energía eólica en electricidad. Este fue el primer aerogenerador, pero en 1802, la tecnología no había avanzado lo suficiente teniendo que pasar cuarenta años para que, con la invención de la dinamo, el primer aerogenerador pudiera funcionar.

Aerogeneradores en el mundo de corriente alterna en Vester Egesborg, Dinamarca

En 1888 se creó la primera turbina eólica capaz de generar electricidad. Este hecho abrió todo un campo a la investigación dando lugar en Dinamarca en 1890 con la puesta en funcionamiento de la primera máquina creada específicamente para generar electricidad aprovechando la fuerza del viento.

En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos sobre la superficie terrestre suponen una fuente de energía cada vez más barata y competitiva. A pesar de su crecimiento anual del 24,8% desde 1990, la energía eólica representa sólo el 3% de las energías renovables suministradas en 2013, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

La energía eólica en España es una fuente de energía eléctrica renovable que ha sido pionera a nivel mundial, produciendo en 2007 el 2 % de la electricidad eólica mundial, y convirtiéndose en líder en investigación y desarrollo de esta tecnología. Representa el 27'2% del total de la energía eléctrica suministrada en España, medido en febrero del año 2014.

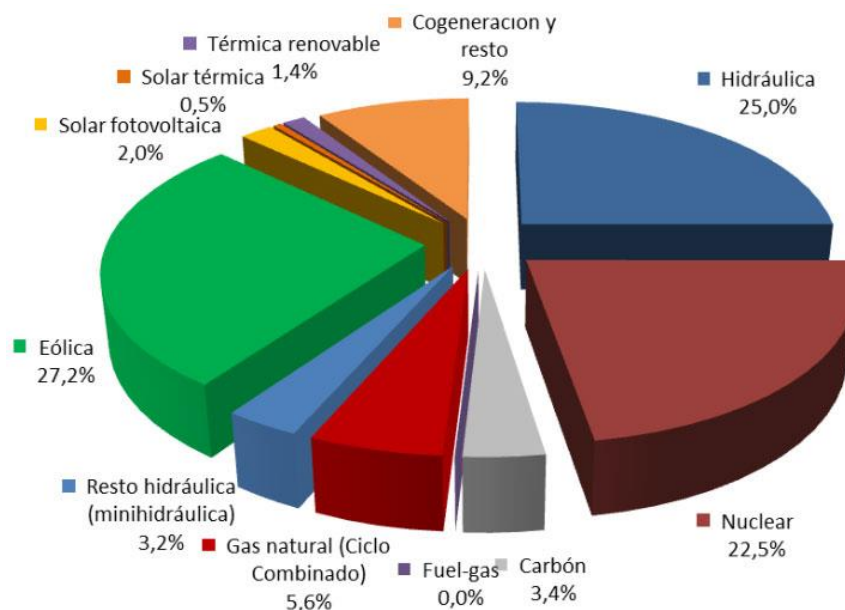


Figura 1. Fuente de la electricidad en España, febrero 2014 (Fuente: Informe WWF).

En la siguiente gráfica se puede observar la generación eólica desde el 1 de enero hasta el 30 de abril del año 2016 y su aportación a la cobertura de la demanda en España:

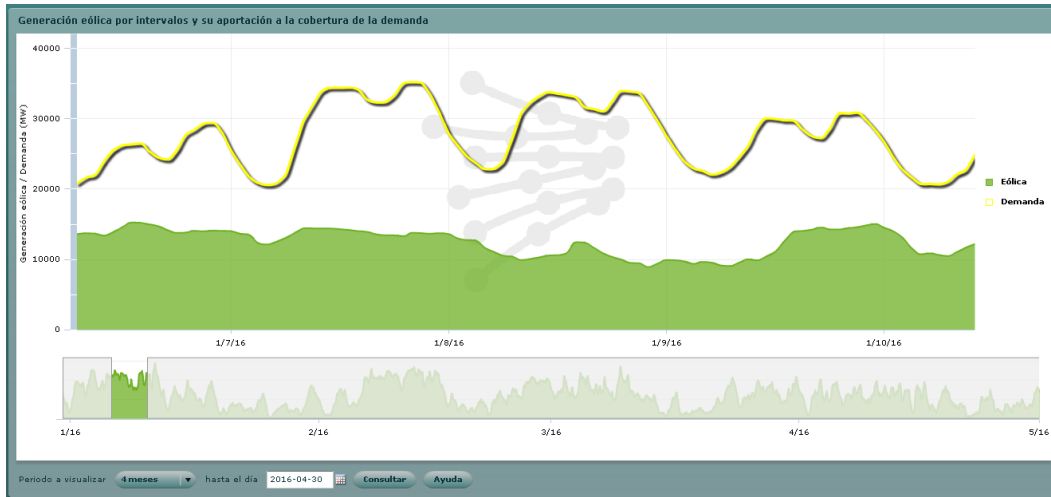


Figura 2. Generación eólica y aportación a la cobertura de la demanda en España.

Se observan tramos en los que la energía eólica llega a cubrir hasta más del 50% del total de la demanda, lo que da una idea de la importancia que tiene y que va a tener esta fuente de energía en los próximos años.

Desde la década de 2000 ha sufrido un gran aumento, incentivada por una legislación que estimulaba fuertemente las investigaciones y las inversiones en este sector (RD 661/2007) mediante primas.

Desde mediados de los años 90, la evolución de la potencia instalada eólica ha aumentado desde un 1,54 % en 1998, a un 21 % del total, en 2012:

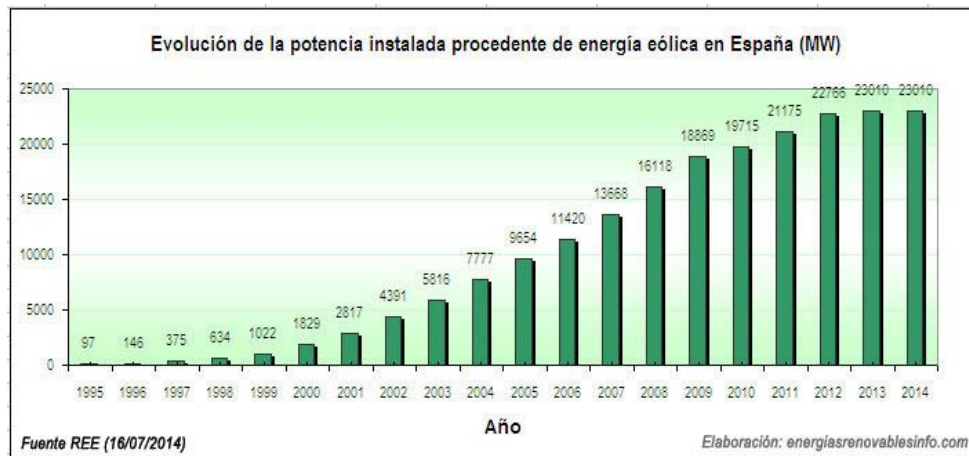


Gráfico 1. Evolución de la potencia instalada procedente de energía eólica en España (Fuente: REE (16/07/2014)).

El objetivo principal del presente proyecto, consiste en localizar los mejores emplazamientos posibles para la construcción de un parque eólico, así como estudiar el funcionamiento y rentabilidad de diferentes aerogeneradores para la construcción de dichos parques, con el objetivo principal de obtener la capacidad energética de la provincia de Castellón en base a unos criterios determinados, y saber con qué aerogenerador sería conveniente realizar el diseño de los parques eólicos, además de conocer la influencia que tiene el viento en la elección de dichos emplazamientos.

Para ello va a ser necesario estudiar diferentes zonas de la provincia de Castellón, analizar diferentes emplazamientos viables en cada una de las zonas y averiguar la capacidad energética de las zonas finalmente seleccionadas. Además, se comparará la productividad y rendimiento de varios aerogeneradores y se realizará un análisis económico de los mismo. Por último, se justificará la influencia de la velocidad del viento en los aerogeneradores y se obtendrán las conclusiones oportunas acerca de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto.

De forma resumida, el objetivo principal será el **potencial eólico** de alto rendimiento económico en la provincia de Castellón (MW de instalación adicional) con la tecnología actual disponible.

Para ello nuestro estudio constará de diferentes fases como la selección de emplazamientos potenciales de la provincia de Castellón, calcular la capacidad energética de cada uno de los emplazamientos elegidos y una selección basada en la tecnología actual del aerogenerador más eficiente.

El aspecto económico abarca estudios de flujos de caja, de VAN, TIR y PayBacks, para los emplazamientos se consideran criterios energéticos relacionados con la velocidad del viento, criterios ambientales, todos ellos relacionados con las zonas protegidas, y los criterios logísticos mayoritariamente basados en las ubicaciones y posibles emplazamientos.

2. LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizará en la provincia de Castellón, provincia perteneciente a la Comunidad Valenciana. La provincia de Castellón limita con Cataluña por el norte, más concretamente con Tarragona, por el sur, limita con la capital de la Comunidad Valenciana, Valencia, por el oeste nos encontramos su límite con la provincia de Teruel, por último nos encontramos el mar Mediterráneo limítrofe por el este.

Situada en el este de la península ibérica, la provincia de Castellón, dispone de una superficie total de 6632 km². La población total en 2016 fue de un total de 579.245 habitantes, por tanto, tenemos una densidad de población de 87,81 habitantes por cada kilómetro cuadrado. La gran mayoría de esta población (30%) se encuentra en la capital de esta provincia, Castellón y su área metropolitana.



Figura 3. Ubicación de Provincia de Castellón.



La provincia es montañosa en su interior, donde las estribaciones del Sistema Ibérico conforman las comarcas naturales del Maestrazgo por el norte y la Sierra de Espadán por el sur. Además, entre ambas encontramos al pico de Peñagolosa (que da nombre al macizo del mismo nombre) y que con 1813 msnm es la segunda cima más alta de la Comunidad.

Otras alturas principales de la provincia son la Peña Salada (1581 msnm), el Pina (1405 msnm), el Encanadé (1393 msnm) y la Muela de Ares (1318 msnm). La provincia cuenta con una estrecha zona costera en la que destacan como accidentes geográficos la península de Peñíscola, el cabo de Oropesa del Mar y el entrante de Almenara. La mayor parte de la población habita en la franja costera, mientras que el interior montañoso se encuentra prácticamente despoblado.

La vegetación propia se caracteriza por pinar y matorral de tipo mediterráneo, y los dos ríos más importantes de la provincia son el Mijares y el Palancia.

A la provincia de Castellón también pertenecen las Islas Columbretes, archipiélago deshabitado situado a 56 km de la costa.

3. ANTECEDENTES

Cabe mencionar como base de la argumentación, redacción y realización del proyecto, a la asignatura de Aprovechamientos Hidráulicos y energéticos impartida en el Grado de Ingeniería civil (Pérez Martín 2016) . Por otra parte, destacar también otros Trabajos Finales de Grado del curso 2014/2015, los cuales sirven como complemento de este.

En relación con lo expuesto anteriormente, y debido a mi situación se añade el Trabajo Final de Grado realizado por Rafael Ramón-Llin Pla en el curso 2015/2016 con título: *“Estudio de alternativas para un parque de energía eólica en la Comunidad Valenciana. Provincia de Valencia¹.”* Algunas partes del mismo se hicieron de manera cooperativa en equipo por los miembros Rafael Ramón-Llin Pla e Ignacio Arnal Palacios.

Otro aspecto fundamental en la redacción de este proyecto es el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, el cual tiene por objeto regular la instalación de parques eólicos en las zonas calificadas como aptas para dicho fin de acuerdo con lo que se establece en el capítulo correspondiente a las normas sobre Clasificación del territorio de la Comunidad Valenciana según su aptitud para ser soporte de instalaciones eólicas.

El Plan Eólico de la Comunidad Valenciana tiene la naturaleza de plan de acción territorial de carácter sectorial de los regulados en la Ley 6/1989, de 7 de julio, de la Generalitat Valenciana, de Ordenación del Territorio de la Comunidad Valenciana, y en el Decreto 201/1998, de 15 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento de la Comunidad Valenciana.

La implantación y concreción del funcionamiento de los distintos parques eólicos que se aprueben en ejecución y desarrollo del Plan Eólico Valenciano se realizará mediante la formulación de planes energéticos y planes especiales de ordenación de las zonas para la protección, integración y funcionalidad de las redes de infraestructuras eólicas, conforme a lo establecido en los artículos 12.E, 24, 27, 37 y 38 de la Ley 6/1994, de 15 de noviembre, de la Generalitat Valenciana, Reguladora de la Actividad Urbanística, en relación con los artículos 2.E, 86.2.B, 88, 91, 149 y 168 del Reglamento de Planeamiento de la Comunidad Valenciana, aprobado por Decreto 201/1998, de 15 de diciembre, del Gobierno Valenciano.

Los derechos, obligaciones y cargas de los promotores de las actuaciones en su calidad de agentes de la administración de la Generalitat Valenciana, serán los que se especifiquen en los planes especiales de los parques eólicos y planes energéticos que se formulen y aprueben definitivamente para las áreas o zonas homogéneas previstas en el Plan Eólico Valenciano.

Los planes especiales de ordenación de las zonas para la implantación de parques eólicos como instrumentos de planificación territorial y urbanística, podrán formularse en cualquier clase de suelo de las zonas previstas en el Plan Eólico Valenciano, en cumplimiento de los cometidos que le son propios y en los términos previstos en el

artículo 24 de la Ley Reguladora de la Actividad Urbanística (LRAU), resolviendo la concreta localización de la instalación de las redes de infraestructuras eólicas precisas para la producción de energía eléctrica en la Comunidad Valenciana, especificando el régimen urbanístico aplicable dentro del área ordenada y adaptando las medidas de protección territorial y medioambiental exigibles para su correcto funcionamiento.

Por otra parte, se destacan como fuentes de información, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Organismo adscrito al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través de la Secretaría de Estado de Energía, de quien depende orgánicamente.

Su objetivo es el de contribuir a la consecución de los objetivos que tiene España en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono constituye el marco estratégico de su actividad.

En este sentido, el IDAE lleva a cabo acciones de difusión y formación, asesoramiento técnico, desarrollo de programas específicos y financiación de proyectos de innovación tecnológica y carácter replicable. Así mismo, el Instituto lidera una intensa actividad internacional en el marco de distintos programas europeos y cooperación con terceros países.

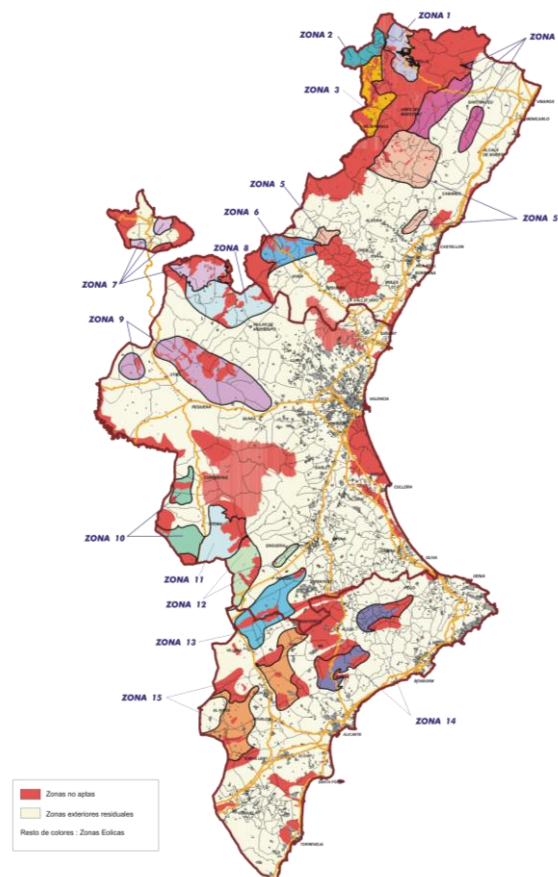


Figura 4. Mapa de las zonas establecidas por el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana. (Imagen extraída del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana).

Por último, destacar fuentes de información, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Organismo adscrito al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través de la Secretaría de Estado de Energía, de quien depende orgánicamente.

Su objetivo es el de contribuir a la consecución de los objetivos que tiene España en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono constituye el marco estratégico de su actividad.

En este sentido, el IDAE lleva a cabo acciones de difusión y formación, asesoramiento técnico, desarrollo de programas específicos y financiación de proyectos de innovación tecnológica y carácter replicable. Así mismo, el Instituto lidera una intensa actividad internacional en el marco de distintos programas europeos y cooperación con terceros países.



Figura 5. Mapa de eólico de España. (Fuente IDAE.)

Como introducción también al estudio que se ha realizado posteriormente, cabe destacar la información obtenida a través de este portal informático y de su aplicativo.

El aplicativo del IDEA permite conocer una gran cantidad de datos en relación al viento, pero no solo esto, permite conocer las coordenadas de cualquier punto interesante, permite medir distancias, entre otras muchas aplicaciones.

Además, permite medir el viento en diversas alturas, y en diferentes ciclos estacionales, junto a esto también permite conocer las velocidades de viento y también la dirección en la que este incide.

No solo esto, dispone también de múltiples capas, como por ejemplo algunas relacionadas con el medio ambiente como pueden ser los LICs o las ZEPAs

A continuación, se muestran una serie de imágenes de las diferentes oportunidades que nos brinda este aplicativo:

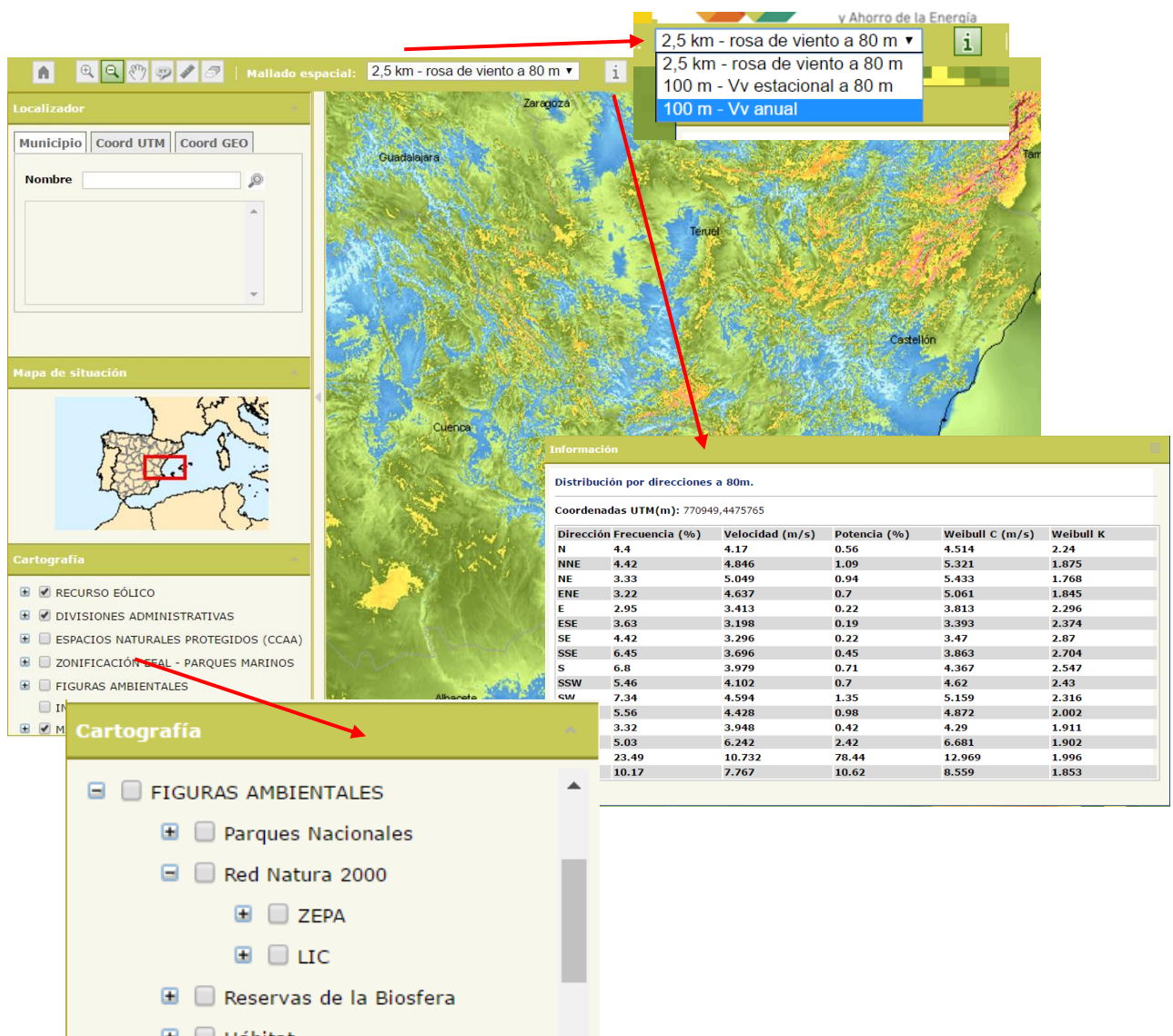


Figura 6. Aplicativo IDAE

4. METODOLOGÍA

Emplearemos un resumen jerárquico para una mejor comprensión de los pasos establecidos en el estudio realizado, los cuales se detallarán y explicarán posteriormente:

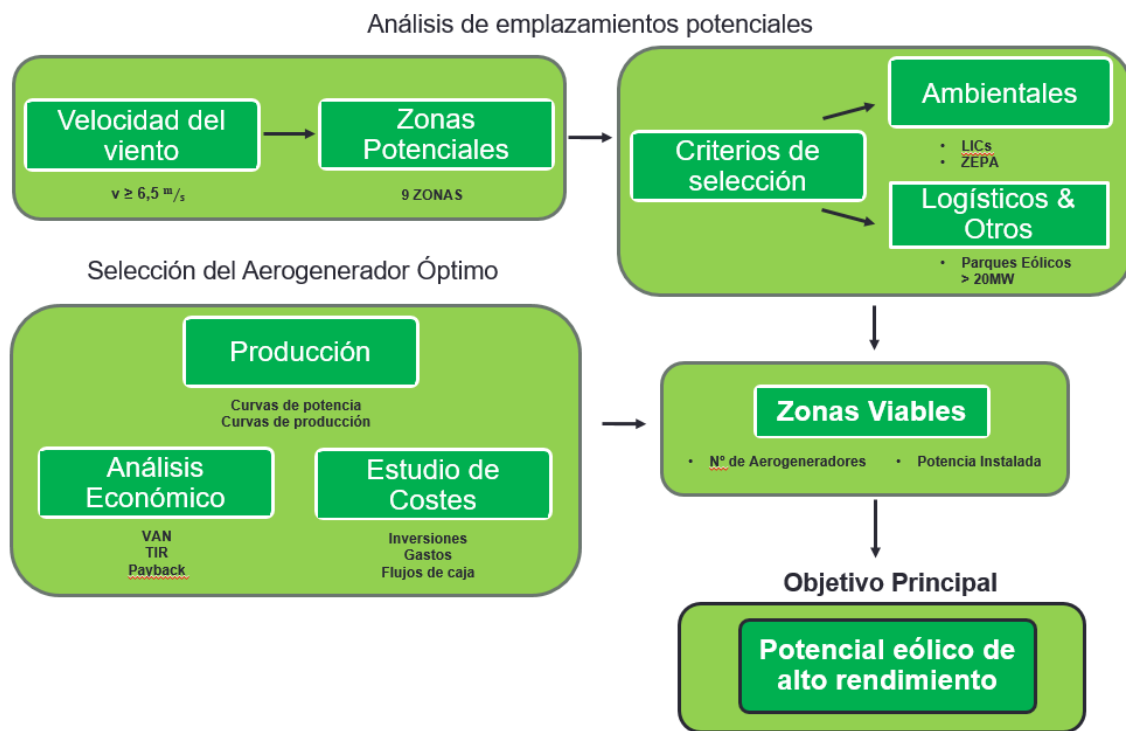


Figura 7. Esquema de la metodología del proyecto.

A continuación, se expondrá de forma más detallada cada uno de los bloques expuestos anteriormente:

1.

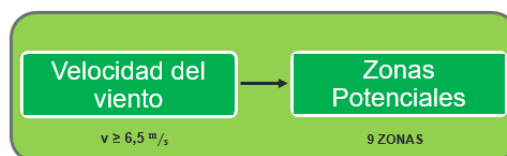


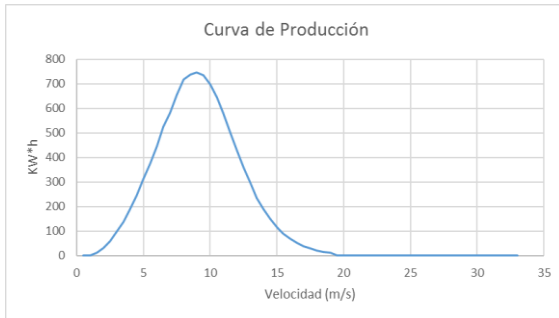
Figura 8. Primera parte de la metodología del proyecto.

En primer lugar, se ha realizado una preselección de zonas de la Provincia de Castellón, calificando las zonas como potenciales mediante un criterio energético basado en la velocidad del viento. Una velocidad de viento $> 6,5\text{m/s}$, justificación que se muestra a continuación tras el estudio en conjunto realizado en el Trabajo Final de Grado:

“Estudio de alternativas para un parque de energía eólica en la Comunidad Valenciana. Provincia de Valencia¹.”

Un estudio económico, el estudio del VAN y el TIR, en una misma situación, pero con diferentes velocidades y dos tipos diferentes de aerogeneradores (Gamesa G128 (5 MW) y el Gamesa G132 (3,3MW)), refleja una mayor rentabilidad directa conforme esa velocidad del viento aumenta:

1.1. Para una velocidad de entre 5.5 – 6.0 m/s:



Gamesa G128 (5MW)

VAN (r=10%)	-598.950 €
TIR	8%

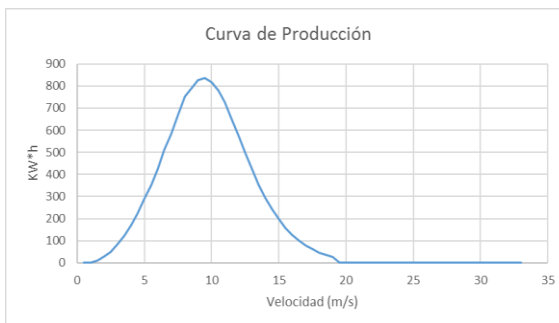
Velocidad (m/s)	5,75
A (m/s)	6,48
K (m/s)	1,843

Producción (MWh/año)	11126
Nº horas equivalentes	2519
Factor de utilización	29%

Gamesa G132 (3,3MW)

VAN (r=10%)	90.857 €
TIR	10%

1.2. Para una velocidad de entre 6.0-6.5 m/s:



Gamesa G128 (5MW)

VAN (r=10%)	132.741 €
TIR	10%

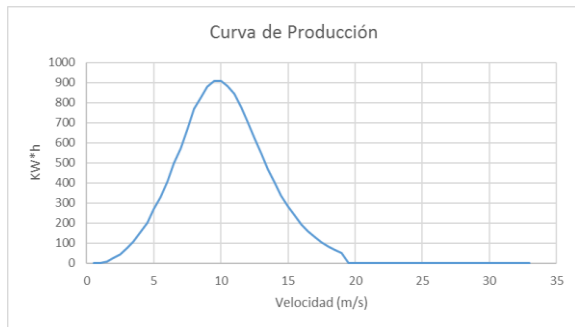
Velocidad (m/s)	6,29
A (m/s)	7,09
K (m/s)	1,845

Producción (MWh/año)	12918
Nº horas equivalentes	2925
Factor de utilización	33%

Gamesa G132 (3,3MW)

VAN (r=10%)	583.549 €
TIR	11%

1.3. Para una velocidad de entre 6.5-7.0 m/s:



Velocidad (m/s)	6,81
A (m/s)	7,68
K (m/s)	1,858

Producción (MWh/año)	14541
Nº horas equivalentes	3292
Factor de utilización	38%

Gamesa G128 (5MW)

VAN (r=10%)	795.703 €
TIR	12%

Gamesa G132 (3,3MW)

VAN (r=10%)	1.011.986 €
TIR	13%

Como se puede observar, existe una relación directa entre la rentabilidad y la velocidad del viento, incluso entre distintos aerogeneradores. En nuestro caso, se propone el límite en velocidades de 6,5 m/s, por lo tanto, preseleccionaremos las zonas con velocidades iguales o superiores a la anterior.

2.



Figura 9. Segunda parte de la metodología del proyecto.

En esta segunda parte, se seleccionará el aerogenerador más óptimo en función de tres aspectos fundamentales. Los aerogeneradores que se compararán serán un total de cuatro, los cuales se han seleccionado fijándose en su propia ficha técnica, las cuales indican que son perfectos para vientos medios, y tal y como hemos mencionado en el punto anterior, con un criterio energético de velocidad superior a los 6,5 m/s, estos cuatro aerogeneradores que se muestran a continuación son a priori la mejor elección:

E-126 EP4 (4,2MW) (Enercon 2017a):



E-126 EP4

Overview of technical details

Rated power	4,200 kW
Rotor diameter	141 m
Hub height in meter	99 / 129 / 135 / 159
Wind class (IEC)	IEC/EN IIA
WEC concept	Gearless, variable speed, single blade adjustment

Figura 10. Aerogenerador Enercon E-141 EP4 (4MW). (Fuente: <http://www.enercon.de>)

E-101 (3.05 MW) (ENERCON 2017b):



E-101

ENERCON's E-101/3 MW is designed for Wind Class IIA zones. With a hub height of up to 149 m – a good option for inland sites.

Overview of technical details

Rated power	3.050 kW
Rotor diameter	101 m
Hub height in meter	99 / 124 / 135 / 149
Wind zone (DIBt)	WZ3, WZ4 GK I
Wind class (IEC)	IEC/EN IIA
WEC concept	Gearless, variable speed, single blade adjustment

Figura 11. Aerogenerador Enercon E-101 (3.05MW). (Fuente: <http://www.enercon.de>)

G-128 (5 MW) (GAMESA 2017a):



Figura 12. Aerogenerador Gamesa G128 (5MW). (Fuente: <http://www.gamesacorp.com>)

G-132 (3.3 MW) (GAMESA 2017b):



Figura 13. Aerogenerador Gamesa G132 (3.3MW). (Fuente: <http://www.gamesacorp.com>)

3.



Figura 14. Tercera parte de la metodología del proyecto.

En esta tercera parte se establecerán dos criterios más, que restringirán las zonas preseleccionadas anteriormente, y cuya finalidad principal será la de establecer las zonas viables más eficientes para la colocación del aerogenerador elegido previamente.

Dividiremos estos criterios en dos grupos principales: Criterios ambientales y criterios logísticos además de otros relacionados.

Por la parte que corresponde a los criterios ambientales se destacarán aspectos como las zonas ocupadas por LICs o ZEPAs o su proximidad a ellas, y por otro lado en los criterios logísticos se establecerán bases como la potencia mínima que deberán tener los parques eólicos, etc...

4.



Figura 15. Cuarta parte de la metodología del proyecto.

En esta parte ya estarán establecidas las zonas más viables, seleccionadas a través de la suma de los criterios mencionados anteriormente, así mismo, será en esta parte donde se determine la potencia instalada en cada una de las zonas viables y el número de aerogeneradores correspondientes a cada zona.

5.



Figura 16. Quinta parte de la metodología del proyecto.

Para terminar, concluiremos con un análisis de todos los apartados anteriores, obteniendo finalmente la resolución a nuestro objetivo principal, obtener el potencial eólico de alto rendimiento económico en la provincia de Castellón (MW de instalación adicional) con la tecnología actual disponible.

Además se realizara una comparativa con el Trabajo Final de Grado realizado por Rafael Ramon-Llin Pla entre las provincias de Valencia y Castellón, ambas provincias de la Comunidad Valenciana. En la búsqueda de la mejor metodología posible, tambien se ha recurrido como fuente informativa al trabajo realizado por Fowweather (2015).

Finalmente y como síntesis del propio trabajo se extraerán unas conclusiones.

5. SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR ÓPTIMO

El objetivo principal de este punto es la búsqueda del aerogenerador más óptimo entre 4 diferentes opciones de aerogeneradores. Estos aerogeneradores se han elegido a través de las fichas técnicas de cada uno de ellos puesto que según sus fabricantes son los más óptimos para las zonas que van a ser objeto de estudio y que más se adaptan a nuestras restricciones, es decir, los que bajo descripción técnica son los más adecuados para las zonas de vientos medios.

Los aerogeneradores elegidos pertenecen a dos tipos de empresas diferentes: Gamesa y Enercon.

Por un lado, los convertidores de energía eólica ENERCON se caracterizan por su concepto de accionamiento sin engranajes innovador que, entre otras cosas, sirve para subrayar el poder único de su innovación. El diseño eléctrico básico de cualquier tipo de ENERCON WEC es idéntico. El rotor está conectado directamente, es decir, sin caja de cambios intermedia, a la multi-polo, generador anular eléctricamente excitado. La energía eléctrica producida por el generador se alimenta a través de un convertidor de potencia a gran escala en la red eléctrica. El propio sistema de convertidor consta de un rectificador, un circuito intermedio y varios convertidores. La principal ventaja del generador anular es que está completamente desacoplado de la red. Esto permite un

alto nivel de variabilidad de la velocidad del rotor y, a su vez permite un diseño más robusto mecánicamente con menos partes móviles.

Por otro lado, la tecnología que incorporan los aerogeneradores Gamesa lidera el mercado a través de: la utilización de tecnología de paso y velocidad variable; un tren de potencia con eje principal apoyado en dos rodamientos, multiplicadora de tres etapas y un generador asíncrono doblemente alimentado; el uso de un bastidor monopieza que posibilita un comportamiento mecánico estable; un sistema de giro reforzado y una tecnología de diseño de pala, que permite capturar el máximo de energía y que incorpora los últimos avances en su proceso de fabricación, como la utilización de la fibra de carbono en sus modelos más avanzados. Además, las turbinas diseñadas y fabricadas por Gamesa incorporan soluciones que incluyen dispositivos de soporte a huecos de tensión, y, adicionalmente, los aerogeneradores Gamesa disponen de una serie de herramientas de control que permiten anticiparse a los requerimientos crecientes de los operadores de sistema eléctrico internacionales.

5.1. COMPARATIVA DE LOS AEROGENERADORES

Para la comparativa de los aerogeneradores nos basaremos principalmente en tres aspectos fundamentales de ellos, la rentabilidad, la productividad, y la fiabilidad. En la búsqueda de alcanzar los máximos valores de estos deberemos de estudiar los siguientes condicionantes y elegir en base a los resultados de los mismos:

- Seleccionar un emplazamiento adecuado
- Estudiar la distribución estadística de vientos
- Análisis de las curvas de potencia y producción
- Número de horas equivalentes
- Análisis económico (Flujo de caja, VAN, TIR, ...)

5.1.1. DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE VIENTOS

El estudio de la distribución estadística de vientos nos será útil para el cálculo de la producción de energía de cada aerogenerador. Es una función que sigue una distribución Weibull, por lo que se requieren ciertos parámetros los cuales se han obtenido a través del aplicativo informático de la página web del IDAE, parámetros que se muestran a continuación en la siguiente imagen:

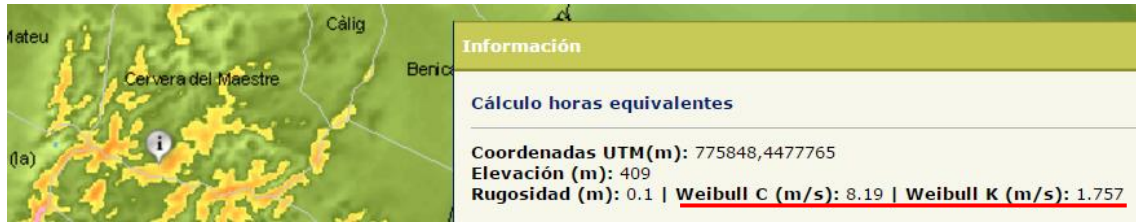


Figura 17. Parámetros Weibull de la distribución estadística de vientos.

Con estos parámetros hemos obtenido la distribución estadística de vientos de las 9 zonas, obteniendo el siguiente gráfico:

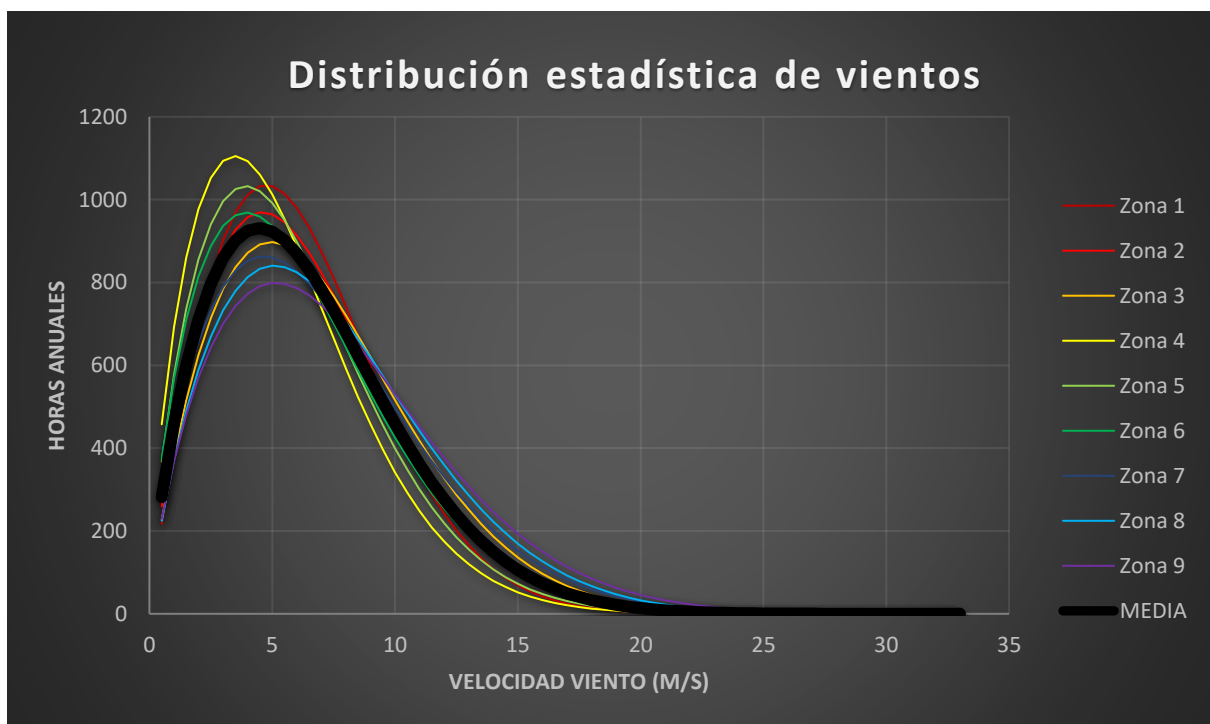


Gráfico 2. Distribución estadística de vientos.

Como se puede observar en la imagen se realizó la distribución estadística de vientos para las 9 zonas. En base a tener una muestra representativa de todas las zonas se seleccionó la media de ella para la toma de datos que nos servirá a la hora de seleccionar nuestra mejor opción de aerogenerador obteniendo los siguientes parámetros:

C (m/s)	7,36
K	1,73
Rugosidad (m)	0,1
Pérdidas (%)	15

Tabla 1. Características emplazamiento distribución estadística de vientos.

Estos son los parámetros que se han utilizado para el cálculo de la producción energética de nuestro aerogenerador.

5.1.2. ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE POTENCIA CORREGIDAS.

Con las curvas de potencia corregidas lo que se pretende es visualizar de una manera gráfica y analítica la potencia que los aerogeneradores son capaces de producir en función de la velocidad a la que están sometidos.

En la siguiente grafica podremos observar la potencia generada por nuestros 4 aerogeneradores en función de la velocidad del viento, podremos visualizar también la potencia del viento y estudiaremos que ocurre con el límite de Betz:

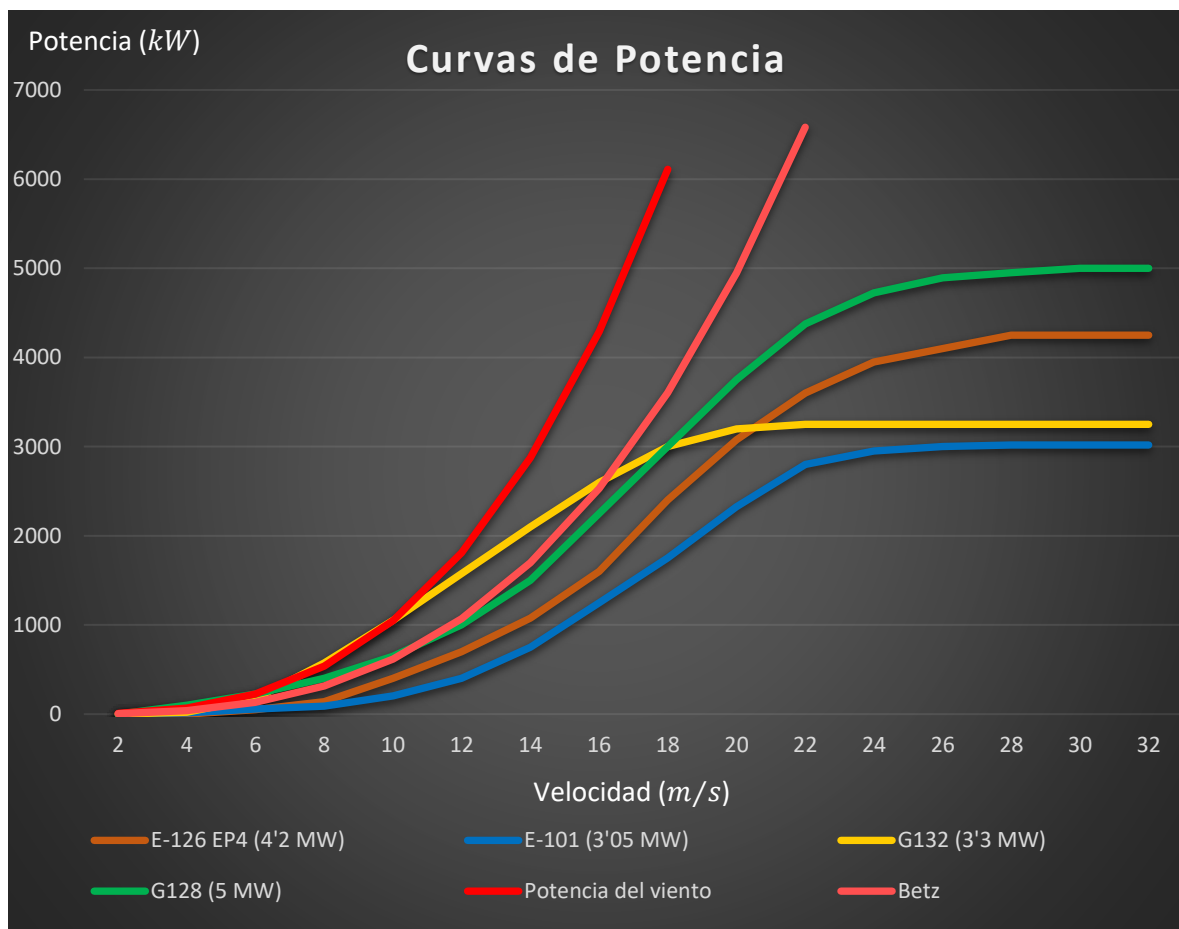


Gráfico 3. Curvas de Potencia.

El límite de Betz establece un límite sobre la energía que puede extraerse del aprovechamiento de la energía cinética del viento, por un aerogenerador convertida en energía mecánica en su eje.

Este valor, es el máximo valor de la potencia contenida en el tupo de corriente del aire que es capaz de extraer el rotor de una aeroturbina. Una turbina eólica puede convertir en energía mecánica como máximo un 59,26 % de la energía cinética del viento que incide sobre ella.

La teoría de Betz es una simplificación ya que no tiene presente algunos aspectos existentes en la práctica como resistencia aerodinámica de las palas, pérdida de energía por turbulencia de la estela, la compresibilidad del aire y la propia interferencia entre las palas.

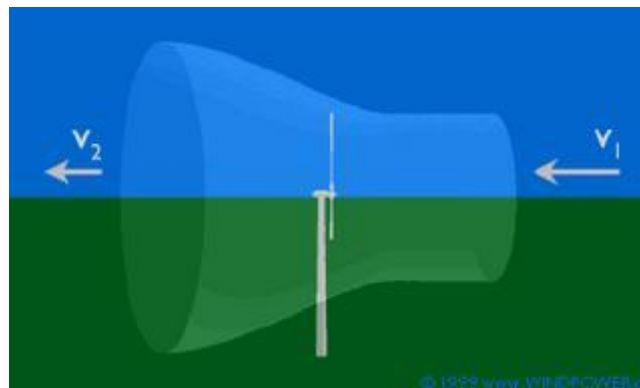


Figura 18. Descripción gráfica del límite de Betz.

De tal forma, y tal y como se puede visualizar en el gráfico 2, tres de nuestros aerogeneradores no cortan la curva que simboliza el límite de Betz, pero en el caso del Gamesa G132 (3,3 MW) sí que corta.

Como bien se ha descrito en el límite de Betz hay ciertos factores que este no tiene en cuenta, y es donde este aerogenerador destaca sobre los demás debido a las innovaciones aerodinámicas que este contiene, permite un mejor aprovechamiento de la energía cinética que obtiene a diferencia del resto.

Así mismo, estas curvas de potencias se han obtenido directamente de las fichas técnicas de los aerogeneradores, proporcionadas a través de los fabricantes de las mismas.

Como síntesis de las curvas de potencia, se puede comprobar fácilmente como el Gamesa G132 (3,3 MW) es capaz de conseguir potencias superiores a velocidades de viento medias.

5.1.3. CURVAS DE PRODUCCIÓN

Por último, para poder calcular la producción de cada aerogenerador, se debe obtener el número de horas al año que sopla el viento para cada velocidad, mediante la Weibull acumulada. De esta manera, multiplicando las diferentes horas para cada velocidad, por sus correspondientes valores de la curva corregida de cada aerogenerador, se puede obtener cuál será la producción energética para cada velocidad, y, en consecuencia, la curva de producción energética de cada aerogenerador.

Además, una vez obtenida la producción de cada aerogenerador, también se puede calcular el número equivalentes de horas al año que estará en funcionamiento el aerogenerador, y su factor de uso, que nos da el aprovechamiento de cada aerogenerador.

De modo que, estos han sido los valores obtenidos para cada aerogenerador analizado:

- **ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):**

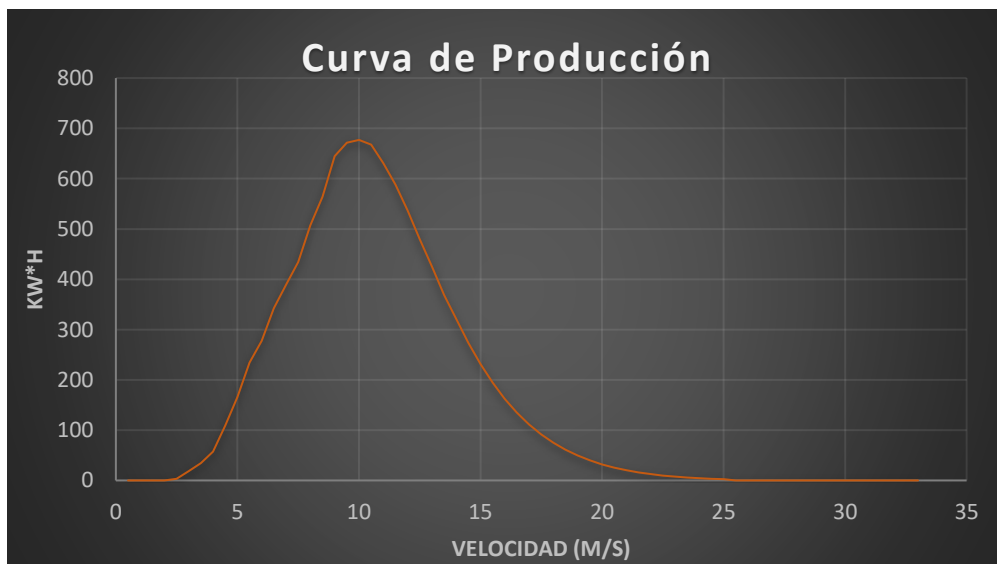


Gráfico 4. Curva de producción Enercon E-126.

Producción (MWh/año)	10714,56
Nº horas equivalentes	2880,03
Factor de utilización	32,88%

Tabla 2. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Enercon E-126.

▪ **ENERCON E-101 (3.05 MW):**

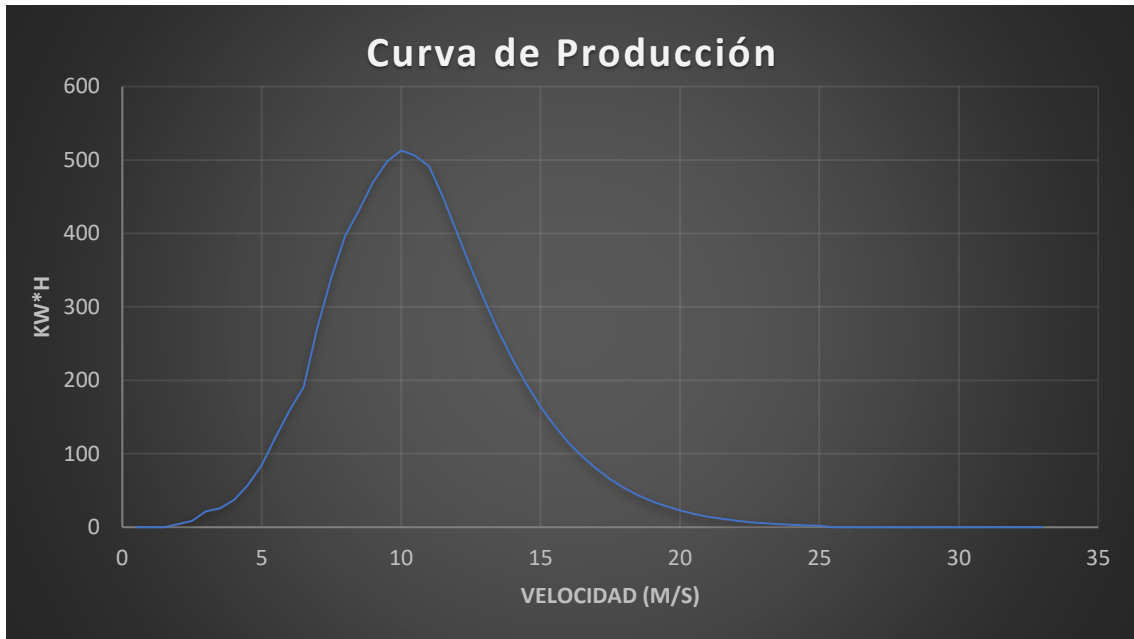


Gráfico 5. Curva de producción Enercon E-101.

Producción (MWh/año)	7754,76
Nº horas equivalentes	2866,64
Factor de utilización	32,72%

Tabla 3. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Enercon E-101.

▪ **GAMESA G-128 (5 MW):**

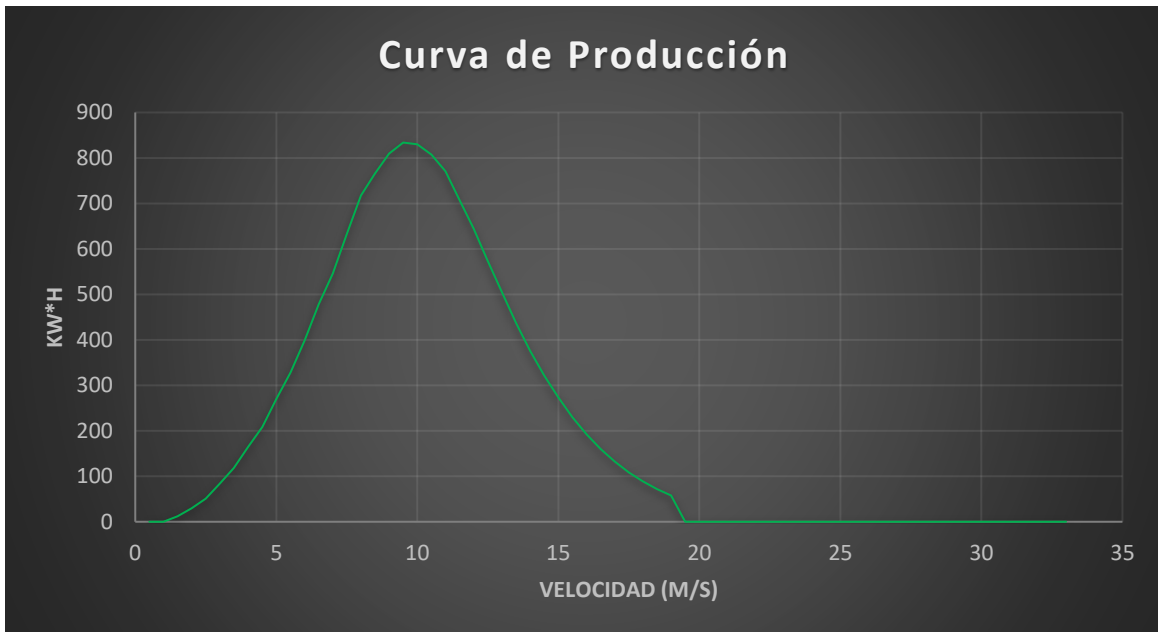


Gráfico 6. Curva de producción Gamesa G-128.

Producción (MWh/año)	13730,77
Nº horas equivalentes	3085,58
Factor de utilización	35,22%

Tabla 4. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Gamesa G-128.

▪ **GAMESA G-132 (3,3MW):**

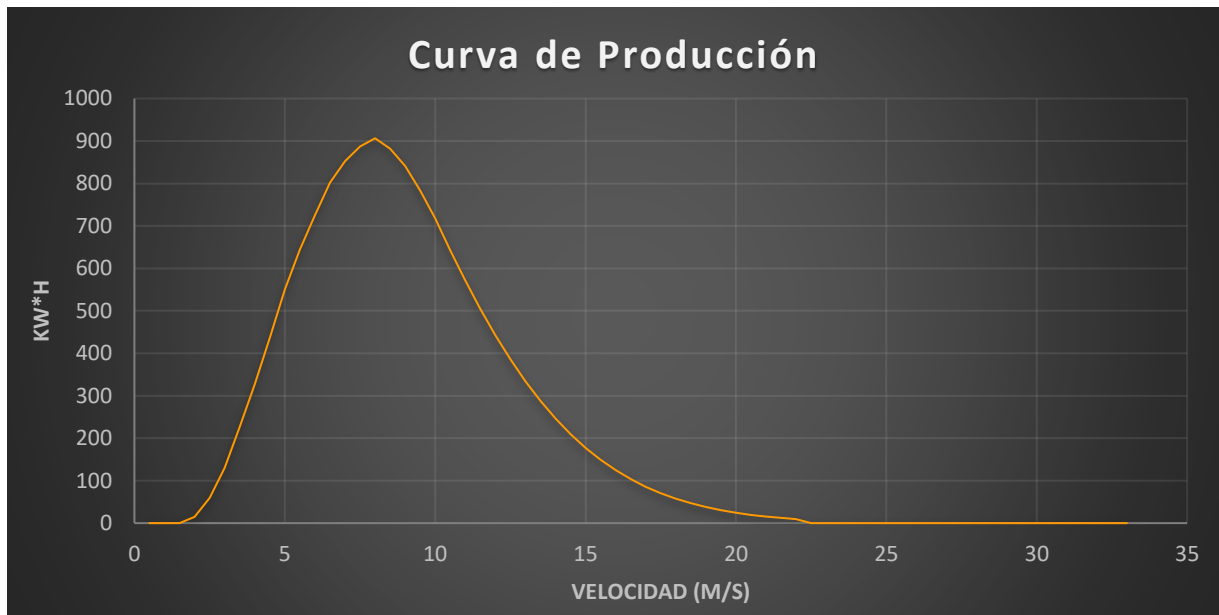


Gráfico 7. Curva de producción Gamesa G-132.

Producción (MWh/año)	14372,88
Nº horas equivalentes	4904,78
Factor de utilización	55,99%

Tabla 5. Producción, horas equivalentes y factor de utilización de Gamesa G-132.

Una vez expuestos todos los resultados obtenidos se destacan los siguientes aspectos:

La producción energética de los aerogeneradores varía entre los 7000 MWh/año y los 15000 MW/h al año, destacando por encima de los demás el Gamesa G-132 con una producción de 14373 MWh/año superando por poco al Gamesa G-128 en poco más de 1000MWh/año.

A pesar de tener una potencia menor, el Gamesa G-132 trabaja mucho mejor con velocidades bajas, obteniendo de estas una producción mucho mayor, viéndose reflejada en el número de horas equivalentes.

Este aerogenerador destaca también en el factor de utilización, nuevamente se ve favorecido por los vientos medios y por tanto esto se refleja en una rentabilidad mayor. La diferencia de entorno a un 20% muestra la rentabilidad de este aerogenerador frente a sus competidores, y permite observar, una vez más, su gran eficacia en vientos medios.

Así mismo y a modo de resumen, podemos concluir que el aerogenerador Gamesa G-132 es superior a sus competidores en todos sus aspectos, este aerogenerador ya se está produciendo en serie, aunque su novedad no ha permitido realizar estudios que verifiquen realmente esta información y la información propiamente facilitada por la empresa.

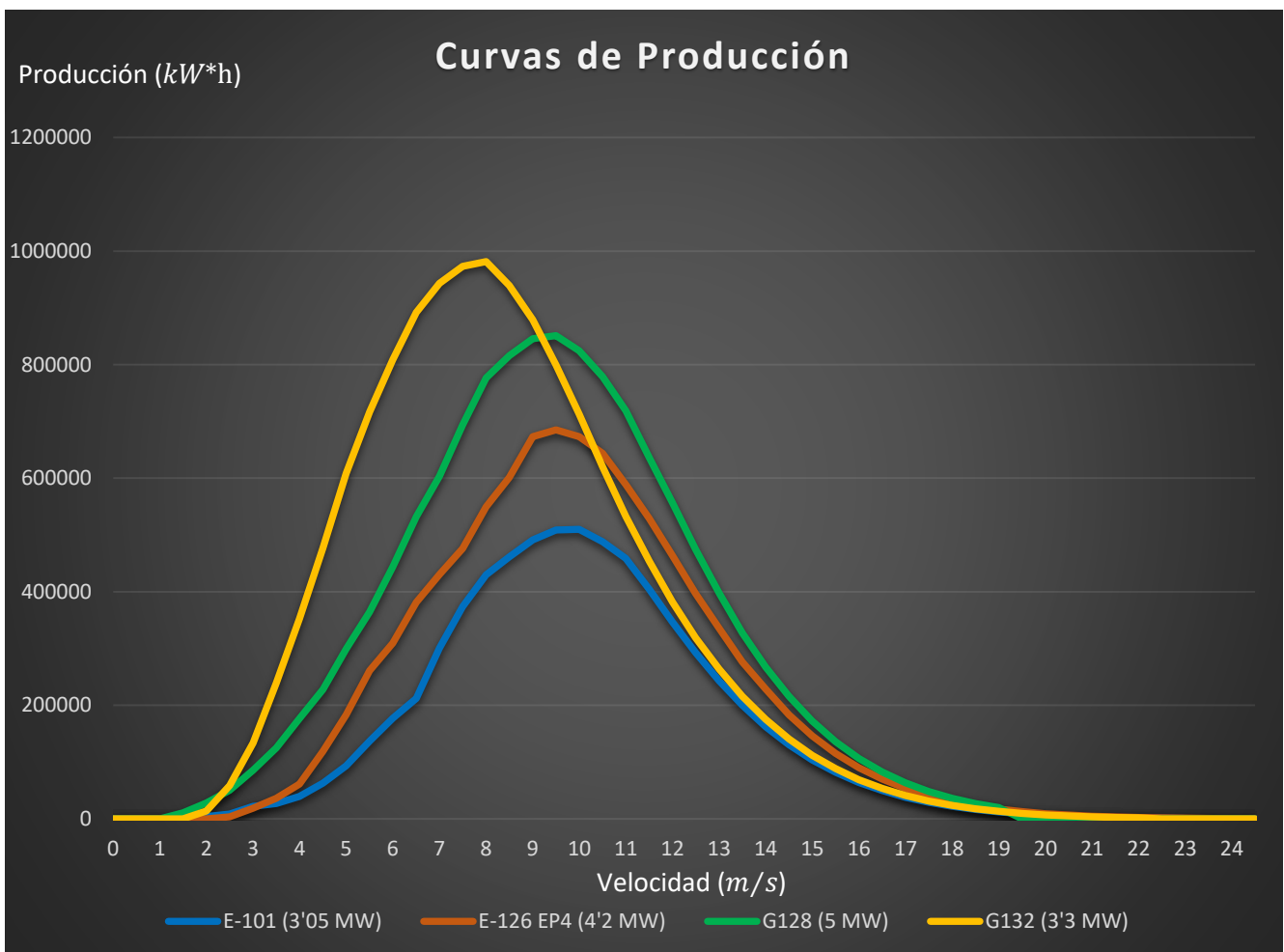


Gráfico 8. Curvas de Producción.

5.2. ANALISIS ECONOMICO

Una vez realizado el análisis energético, se procede a realizar el análisis económico, cuya finalidad es la de seguir buscando la mejor rentabilidad posible que ofrecen nuestros cuatro aerogeneradores, para ello se van a estudiar 4 aspectos económicos fundamentales, donde, a partir de los resultados de los mismo, se analizaran, y se obtendrá junto con las conclusiones anteriores el aerogenerador que se empleará en el resto del estudio.

Los cuatro aspectos que se analizan son los siguientes:

- FLUJO DE CAJA
- VAN
- TIR
- PAYBACK

El análisis de estos puntos permitirá conocer los gastos y beneficios de cada aerogenerador y, por tanto, obtener de forma numérica la rentabilidad que pueden ofrecer cada uno de los aerogeneradores.

Para realizar los cálculos de los aspectos económicos mencionados anteriormente, se han determinado los siguientes supuestos de partida:

- Inversión inicial → 1.000.000 €/MW
- Ingresos → 45€ MW/h
- Gastos de Explotación → 5% Ingresos Anuales

- Vida útil del parque eólico → 25 Años

De forma individualizada para cada uno de estos aerogeneradores se han obtenido los siguientes resultados:

▪ **ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):**

Potencia Nominal	4200kW
Inversión	4.200.000€
Producción (MW/h)	9736,70
Ingresos	438.151,5€
Gastos	21.907,57€

Tabla 6. Supuestos de partida Enercon E-126.

▪ **ENERCON E-101 EP4 (3MW):**

Potencia Nominal	3050kW
Inversión	3.050.000 €
Producción (MW/h)	7032,60
Ingresos	316.467€
Gastos	15.823,35€

Tabla 7. Supuestos de partida Enercon E-101.

▪ **GAMESA G-128 (5MW):**

Potencia Nominal	5000kW
Inversión	5.000.000 €
Producción (MW/h)	12820,71
Ingresos	576.931,95€
Gastos	28.846,59€

Tabla 8. Supuestos de partida Gamesa G-128

▪ **GAMESA G-132 (3.3MW):**

Potencia Nominal	3300kW
Inversión	3.300.000 €
Producción (MW/h)	14109,07
Ingresos	634908,15€
Gastos	31.745,41€

Tabla 9. Supuestos de partida Gamesa G-128

5.2.1. Flujo de Caja

Los flujos de caja son las variaciones de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado para una empresa, es decir, la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa. Su objetivo es proveer información relevante sobre los ingresos y egresos de efectivo de una empresa durante un periodo de tiempo. Es un estado financiero dinámico y acumulativo.

Una vez definido el concepto, se procede a calcular el flujo de caja para cada aerogenerador obteniendo los siguientes resultados:

- **ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):**

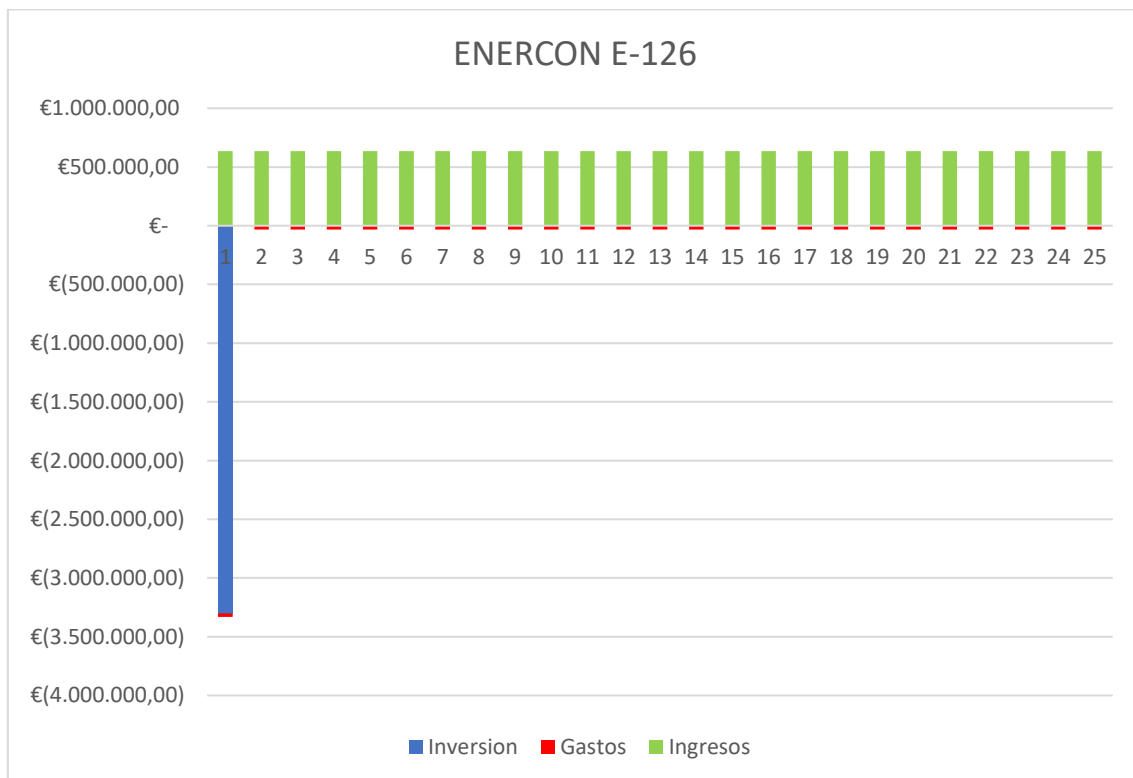


Gráfico 9. Flujo de Caja Enercon E-126.

▪ **ENERCON E-101 EP4 (3MW)**

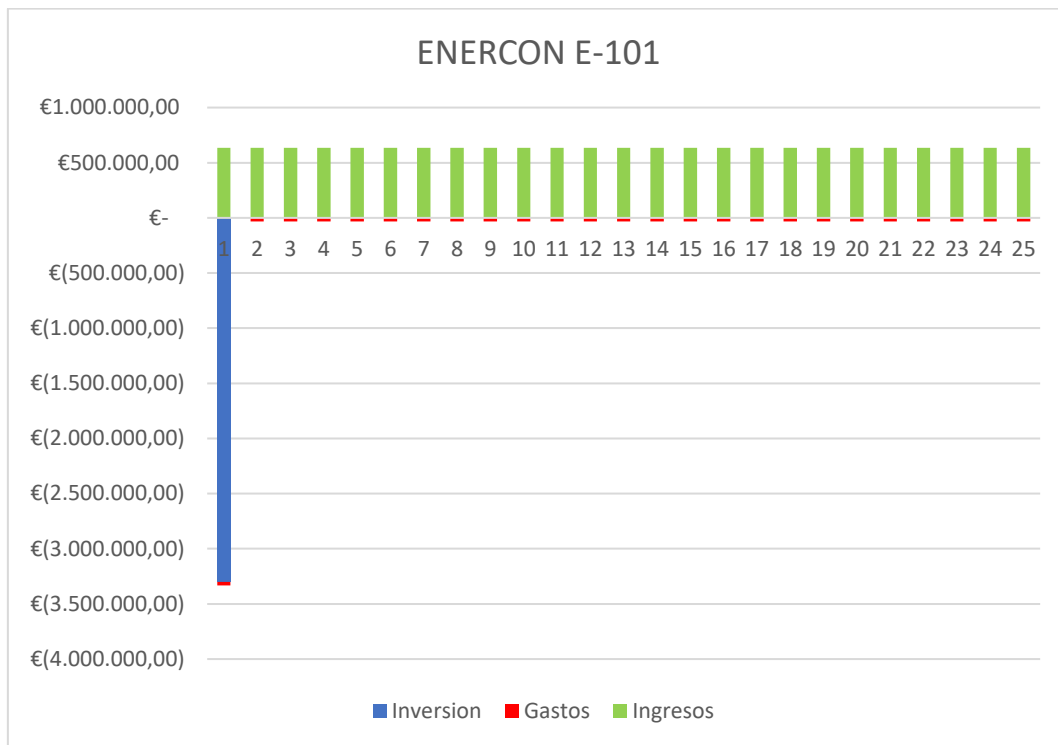


Gráfico 10. Flujo de Caja Enercon E-101.

▪ **GAMESA G-128 (5MW):**

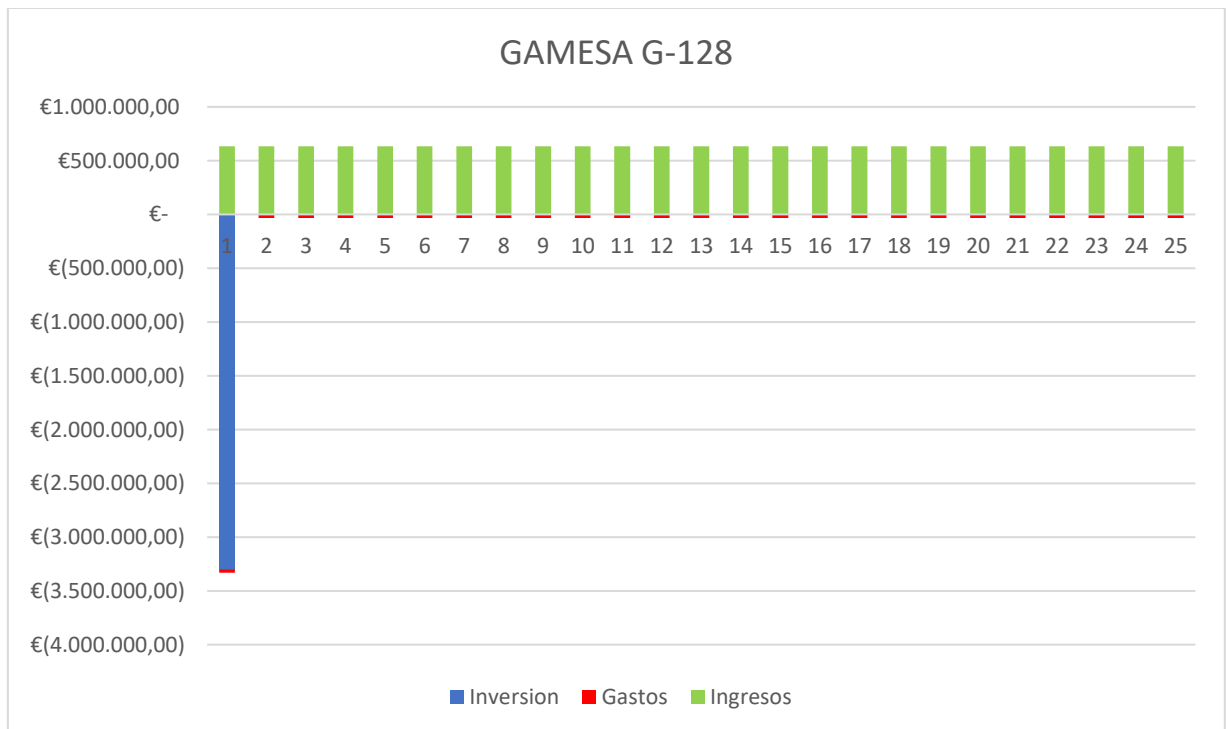


Gráfico 11. Flujo de Caja Gamesa G-128.

▪ **GAMESA G-132 (3.3MW):**

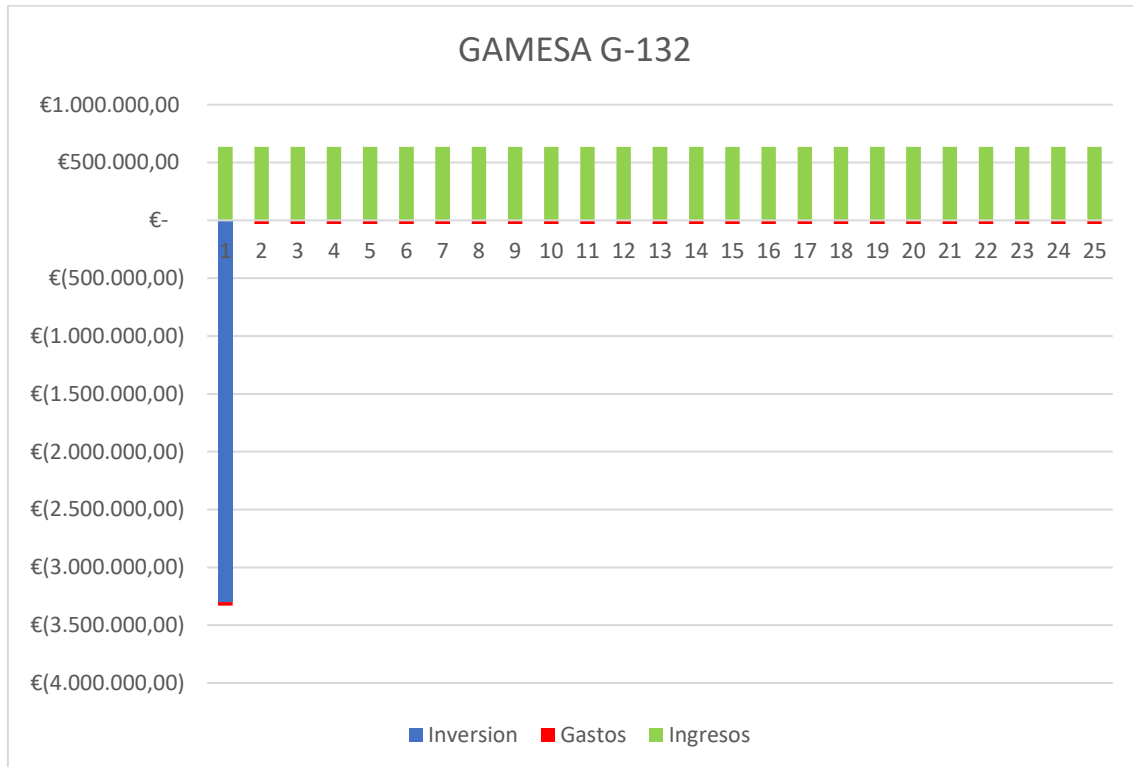


Gráfico 12. Flujo de Caja Gamesa G-132.

5.2.2. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un método que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión y calcular su diferencia. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en unidades monetarias. Analíticamente, se expresa como la diferencia entre el desembolso inicial y el valor actualizado de los cobros y pagos futuros, mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I$$

Donde “ V_t ” son los flujos netos de caja de cada periodo; “ r ” el tipo de descuento; “ t ” el número de años que dura la inversión; y, por último, “ I ” la inversión inicial realizada.

Para el conjunto de los 4 aerogeneradores se ha tomado $r=4$ y $t=25$ años y los resultados obtenidos han resultado ser los siguientes:

- ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):

VAN	2.302.595,95 €
R (%)	4

Tabla 10. VAN Enercon E-126

- ENERCON E-101 EP4 (3MW):

VAN	1.646.679,13 €
R (%)	4

Tabla 11. VAN Enercon E-101

- GAMESA G-128 (5MW):

VAN	3.562.233,31 €
R (%)	4

Tabla 12. VAN Gamesa G-128

- GAMESA G-132 (3.3MW):

VAN	6.122.656,54 €
R (%)	4

Tabla 13. VAN Gamesa G-132

5.2.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en términos relativos, es decir, en porcentaje. Analíticamente se calcula despejando el tipo de descuento “r” que iguala el VAN a cero. Se ha calculado mediante la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Donde “Vt” son los flujos netos de caja de cada periodo; “r” el tipo de descuento; “t” el número de años que dura la inversión; y, por último, “I” la inversión inicial realizada.

Para el conjunto de los 4 aerogeneradores se ha tomado r=4 y t=25años y los resultados obtenidos han resultado ser los siguientes:

Los resultados que se han obtenido son los siguientes:

- **ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):**

VAN	2.302.595,95 €
R (%)	4
T	25 años
TIR	9%

Tabla 14. VAN y TIR Enercon E-126

▪ **ENERCON E-101 EP4 (3MW):**

VAN	1.646.679,13 €
R (%)	4
T	25 años
TIR	9%

Tabla 15. VAN y TIR Enercon E-101

▪ **GAMESA G-128 (5MW):**

VAN	3.562.233,31 €
R (%)	4
T	25 años
TIR	10%

Tabla 16. VAN y TIR Gamesa G-128

▪ **GAMESA G-132 (3.3MW):**

VAN	6.122.656,54 €
R (%)	4
T	25 años
TIR	18%

Tabla 17. VAN y TIR Gamesa G-132

5.2.4. PayBack

El PayBack es un método estático para la evaluación de inversiones y se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Para obtenerlo, si los flujos de caja no son iguales habrá que ir restando a la inversión inicial los flujos de caja de cada año, en cambio, si son iguales, la fórmula es la siguiente:

$$\text{PAYBACK} = I/V$$

Donde “I” es la inversión inicial; y “V” es el valor del flujo de caja.

Los resultados obtenidos del cálculo del PayBack son los siguientes:

- **ENERCON E-126 EP4 (4.2MW):**

AÑOS	PAYBACK
1	-3.300.000,00 €
2	-2.899.765,45 €
3	-2.514.924,54 €
4	-2.144.885,20 €
5	-1.789.078,15 €
6	-1.446.955,98 €
7	-1.117.992,35 €
8	-801.681,18 €
9	-497.535,81 €
10	-205.088,35 €
11	76.111,14 €
12	346.495,25 €
13	606.479,99 €
14	856.465,30 €
15	1.096.835,80 €
16	1.327.961,28 €
17	1.558.127,33 €

Tabla 18. PayBack Enercon E-126

▪ **ENERCON E-101 EP4 (3MW):**

AÑOS	PAYBACK
1	-3.300.000,00 €
2	-3.010.919,57 €
3	-2.732.957,61 €
4	-2.465.686,50 €
5	-2.208.695,05 €
6	-1.961.587,89 €
7	-1.723.984,84 €
8	-1.495.520,38 €
9	-1.275.843,01 €
10	-1.064.614,77 €
11	-861.510,69 €
12	-666.218,31 €
13	-478.437,17 €
14	-297.878,38 €
15	-124.264,17 €
16	42.672,58 €
17	203.188,68 €
18	357.531,09 €
19	505.937,25 €
20	648.635,48 €
21	785.845,32 €

Tabla 19. PayBack Enercon E-101

▪ **GAMESA G-128 (5MW):**

AÑOS	PAYBACK
1	-3.300.000 €
2	-2.772.994,85 €
3	-2.266.259,12 €
4	-1.779.013,23 €
5	-1.310.507,57 €
6	-860.021,36 €
7	-426.861,53 €
8	-10.361,71 €
9	390.118,90 €
10	775.196,40 €
11	1.145.463,23 €
12	1.501.489,03 €
13	1.843.821,53 €
14	2.172.987,39 €
15	2.489.493,03 €
16	2.793.825,38 €

Tabla 20. PayBack Gamesa G-128

▪ **GAMESA G-132 (3.3MW):**

AÑOS	PAYBACK
1	-3.300.000 €
2	-2.720.035,83 €
3	-2.162.377,97 €
4	-1.626.168,49 €
5	-1.110.582,45 €
6	-614.826,64 €
7	-138.138,37 €
8	320.215,74 €
9	760.940,85 €
10	1.184.714,99 €
11	1.592.190,12 €
12	1.983.993,14 €
13	2.360.726,80 €
14	2.722.970,72 €
15	3.071.282,17 €
16	3.406.197,03 €
17	3.728.230,55 €
18	4.037.878,16 €
19	4.335.616,25 €
20	4.621.902,87 €
21	4.897.178,48 €
22	5.161.866,55 €
23	5.416.374,32 €
24	5.661.093,33 €
25	5.896.400,07 €

Tabla 21. PayBack Gamesa G-132

5.3. Síntesis de Resultados

A continuación, se propone establecer unas pequeñas conclusiones de cada uno de los apartados estudiados:

En cuanto a los resultados obtenidos en los flujos de cajas se puede observar que los aerogeneradores de Gamesa, producen unos gastos superiores a los gastos producidos por los aerogeneradores Enercon, pero en cambio, son los Gamesa con los cuales se obtienen mayores beneficios. En cuanto a esta relación, parece que la rentabilidad en los Gamesa es mayor, pero analicemos los siguientes resultados.

En cuanto a los valores de VAN obtenidos, existe una gran diferencia no entre los fabricantes en sí, pero si existen diferencias entre el Gamesa G-132 y el resto de sus competidores, con un VAN muy superior, de entorno a los 2.500.000€ con su siguiente competidor, el Gamesa G-128.

Siguiendo con la misma pauta, y examinando los valores del TIR, nuevamente es el Gamesa G-132 el que ha obtenido el mejor resultado con una diferencia del 8% frente a su máximo competidor, nuevamente el Gamesa G-128 quien apenas marca una diferencia con sendos Enercon.

Por ultimo y analizando el PayBack, podemos observar como el Gamesa G-132 comienza a ser rentable en 8 años, mientras que el Gamesa G-128 es rentable a partir del noveno año, mientras que la rentabilidad es más tardía en los aerogeneradores Enercon.

Como conclusión final, y englobando todos los datos y síntesis anteriores, podemos afirmar que el Gamesa G-132 es el más rentable entre todas las opciones planteadas, se muestra por tanto como la innovación y la novedad, las mejoras tecnológicas están dejando atrás otros aerogeneradores, también rentables, pero a mayor largo plazo en vientos medios. La producción de este aerogenerador prevista para el primer trimestre del año 2017.

Por lo tanto, emplearemos el aerogenerador Gamesa G-132 en el resto del estudio, para calcular la potencia adicional instalable en las zonas viables de la provincia de Castellón.

6. EVALUACIÓN DE LAS ZONAS VIABLES

Tras la preselección de las 9 zonas tras el criterio energético basado en una velocidad del viento superior a los 6,5 m/, consideraremos dos criterios más para obtener el máximo número de zonas viables donde instalar el aerogenerador Gamesa G-132. Estos criterios se agruparán en dos principales bloques, criterios ambientales y criterios logísticos entre otros:

Por parte de los criterios ambientales estableceremos límites en cuanto a los siguientes aspectos:

- LICs
- ZEPAs
- Proximidad a zonas protegidas

En cuanto a los criterios logísticos se identificarán como tales:

- Parques eólicos existentes
- Parques eólicos con una potencia mínima
- Proximidad a líneas eléctricas
- Plan Eólico de la Comunidad Valenciana

A continuación, se describen los criterios anteriores de una forma mucho más detallada:

6.1. CRITERIO AMBIENTAL

Además de buscar la máxima productividad posible, cualquier construcción de ingeniería civil, y en concreto, los parques de aerogeneradores, deben satisfacer una serie de condiciones medioambientales. Es por eso que, el siguiente criterio consiste en localizar las diferentes zonas protegidas que se encuentran en la provincia de Valencia, para poder seleccionar aquellos emplazamientos que, además de ser de elevada productividad, sean respetuosos con el medio ambiente. Para ello, se han analizado, por un lado, los Espacios Naturales Protegidos y, por otro lado, las zonas de la Red Natura 2000.

6.1.1. Lugares de Interés Comunitario (LICs)

Los Lugares de Interés Comunitario son zonas de Europa designadas de interés comunitario por su potencial contribución a restaurar el hábitat natural, incluyendo los ecosistemas y la biodiversidad de la fauna y flora silvestres. En la siguiente figura facilitada por la Generalitat Valenciana, Conselleria d'Infraestructures, Territori y Medi Ambient, se pueden ver los LICs de la Provincia de Castellón:

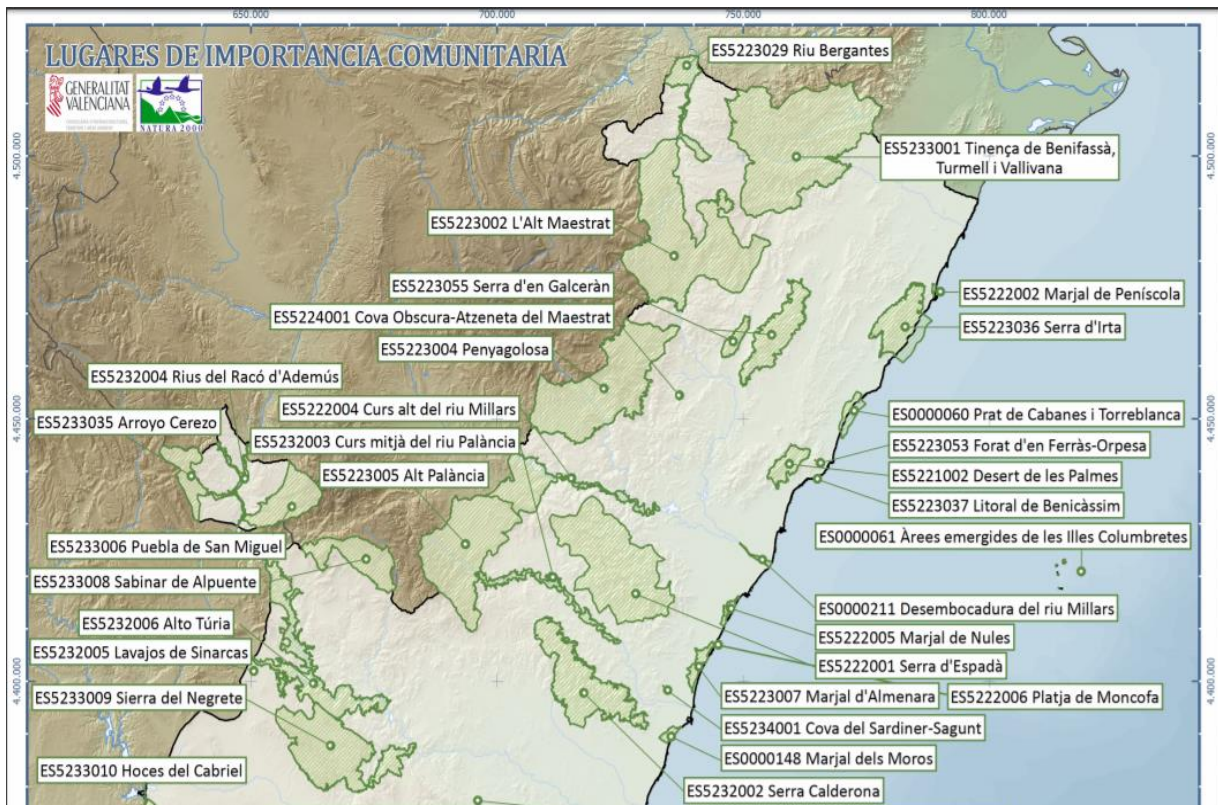


Figura 19. Lugares de Interés Comunitario de la Provincia de Castellón.

En la Comunidad Valenciana, la lista propuesta incluye un total de 94 lugares de interés comunitario, con una superficie total de 685.862 Ha. 624.153 Ha (26,1 % del territorio de la Comunidad Valenciana) corresponden a medios terrestres, mientras que 61.709 Ha afectan a áreas marinas. De los 94 lugares declarados, 21 pertenecen a la provincia de Castellón.

6.1.2. Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs)

Una Zona de Especial Protección para las Aves, es una categoría de área protegida catalogada por los estados miembros de la Unión Europea como zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción. En la siguiente figura facilitada por la Generalitat Valenciana, Conselleria d'Infraestructures, Territori y Medi Ambient, se pueden ver las ZEPAs de la Provincia de Castellón

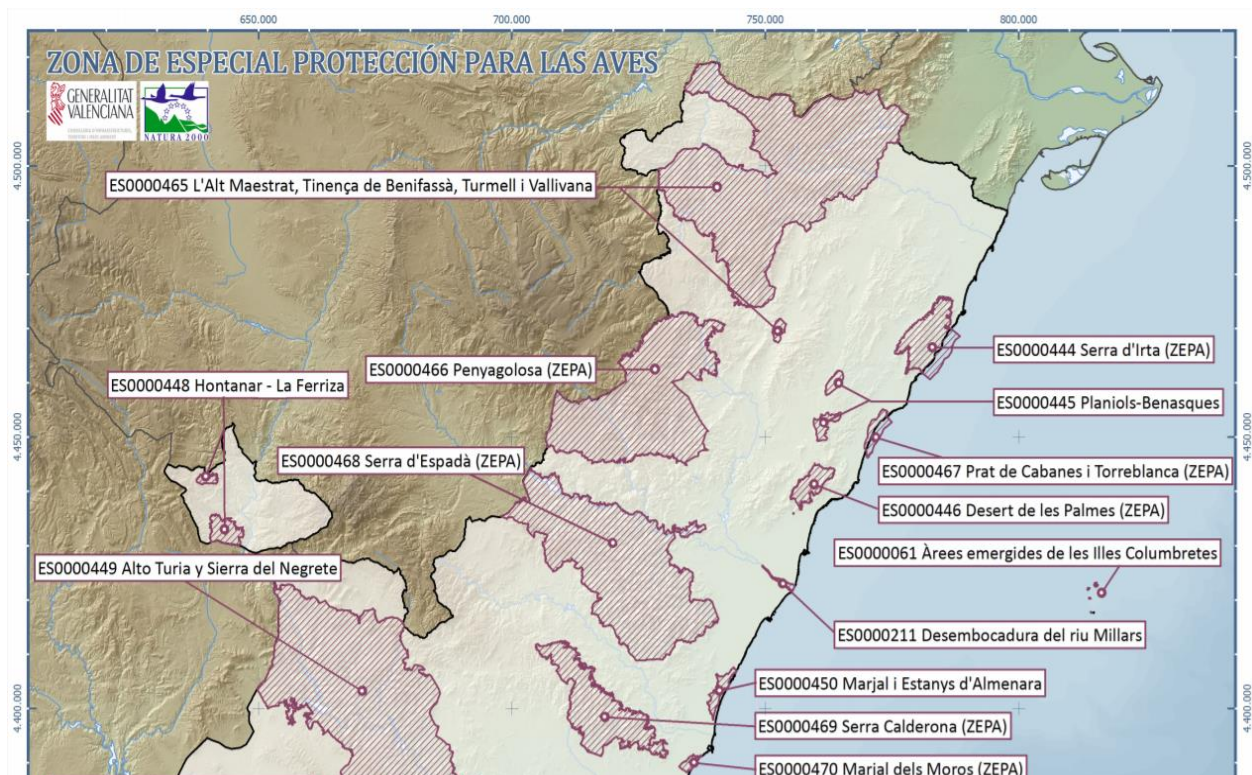


Figura 20. Lugares de Interés Comunitario de la Provincia de Castellón.

En las zonas de protección se prohíbe o limita la caza de aves, en sus fechas y sus técnicas; se regula la posible comercialización; y los estados están obligados a actuar para conservar las condiciones medioambientales requeridas para el descanso, reproducción y alimentación de las aves.

6.1.3. Proximidad a zonas protegidas.

Este criterio se ha establecido con la finalidad de respetar al máximo las zonas protegidas o mencionadas anteriormente, el compromiso de este proyecto con él está claramente reflejado y defendido en este proyecto.

La distancia mínima en la que se dispondrá un aerogenerador o cualquier tipo de obra necesaria para la puesta del mismo se establecerá en una distancia superior a 1km en la zona limítrofe más próxima a la zona protegida.

6.2. CRITERIO LOGÍSTICO & OTROS CRITERIOS

Lo que se pretende en este apartado, es considerar otros tipos de aspectos que puedan condicionar la ubicación del parque eólico, a groso modo, estos aspectos abarcan desde zonas donde existan parques eólicos, considerar zonas próximas a líneas eléctricas ya existentes...

Otro aspecto que se detallará más adelante es la capacidad energética mínima que se dispondrá, de forma resumida, no será lógico crear un parque eólico de uno o dos aerogeneradores, por ello se establecerá un mínimo siguiendo unas bases.

Por último, también tendremos que considerar el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, el cual por ejemplo establece unos mínimos con los cuales se considera un parque eólico, un parque eólico, entre otros muchos de los q hablaremos posteriormente.

6.2.1. Parques Eólicos Existentes

Comprobaremos que la zona donde se pretende colocar el parque eólico no esté ya ocupada por un parque eólico existente. De manera que se ha procedido a buscar la ubicación de todos los parques eólicos ya existentes en la provincia de Valencia para, por un lado, poder ubicarlos en los posteriores análisis detallados de las zonas que se van a realizar, y, por otro lado, para conocer cuáles son sus características, con el fin de tener una idea orientativa sobre las futuras características que podría tener la construcción de un parque eólico.

A continuación, se muestra un listado de todos los parques eólicos ya existentes en la Provincia de Castellón y su ubicación:



Figura 21. Mapa eólico de la Provincia de Castellón.



Figura 22. Mapa eólico meridional de la Provincia de Castellón.

Parque eólico	Sociedad promotora	Termino municipal	Provincia	Potencia instalada MW	Nº de aerogeneradores	Potencia unitaria KW	Marca del aerogenerador	Modelo
Mazorrall y Rajola	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	Barracas y El Toro	Castellón	28,05	33	850	GAMESA	G-52
Alto Casillas I	ENEL GREEN POWER ESPAÑA	Barracas y Viver	Castellón	30	15	2000	GAMESA	G-87
Alto Palancia I	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	Barracas y Viver	Castellón	26	6 y 7	2000	GAMESA	G-80 / G-87
Alto Palancia II	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	Barracas y Viver	Castellón	46	8 y 15	2000	GAMESA	G-80 / G-87
Alto Palancia III	Corporación Acciona Eólica	Barracas y Viver	Castellón	32	16	2000	GAMESA	G-87

Tabla 22. Características de los parques eólicos ya existentes de la zona meridional de la Provincia de Castellón (Fuente: AEE).



Figura 23. Mapa eólico de la Provincia de Castellón.



Figura 24. Mapa eólico septentrional de la Provincia de Castellón.

Parque eólico	Sociedad promotora	Termino municipal	Provincia	Potencia instalada MW	Nº de aerogeneradores	Potencia unitaria KW	Marca del aerogenerador	Modelo
Folch I	RENOMAR	Castellfort	Castellón	49,5	33	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Folch II	RENOMAR	Castellfort	Castellón	15	10	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Arriello	RENOMAR	Castellfort, Vilafranca del Cid y Ares del Maestre	Castellón	49,5	33	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Refoyas	RENOMAR	Forcall y Todolella	Castellón	49,5	33	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Torre Miró I	RENOMAR	Morella	Castellón	49,5	33	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Torre Miró II	RENOMAR	Morella	Castellón	49,5	33	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Manzanera	RENOMAR	Olocau del Rey	Castellón	25,5	17	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500
Muela de Todolella	RENOMAR	Olocau del Rey y Todolella	Castellón	40,5	27	1500	ACCIONA WIND POWER	AW 77/1500

Tabla 23. Características de los parques eólicos ya existentes de la zona septentrional de la Provincia de Castellón (Fuente: AEE).

De forma resumida en este apartado podemos destacar que la mínima potencia para un parque eólico es de 15MW, y que la suma total de potencias de todos los parques eólicos es de un total de 586,55 MW.

El máximo de potencia instalada por cada parque eólico es de 49,5MW y esto es debido a una serie de subvenciones que se ofrecían a los parques eólicos cuya potencia máxima no fueran superiores a esta.

6.2.2. Potencia Mínima de los Parques Eólicos

Como se ha visto en el apartado anterior, la mayoría de los parques eólicos tenían una potencia similar y entorno a los 49,5MW, y se ha observado que el mínimo potencial instalado es de 15MW, por lo tanto se ha considerado que para nuestro proyecto y basándonos en los parques eólicos ya existentes, el parque eólico a disponer nunca tendrá una potencia instalada inferior a 20MW, aunque se aceptarán pequeñas variaciones siempre y cuando nunca sea inferior a 15MW donde si esto ocurre, no se denominará como zona viable la zona donde se dispondría.

6.2.3. Líneas eléctricas Existentes

Un elemento importante desde el punto de vista económico es que los posibles emplazamientos estén próximos a alguna línea eléctrica ya construida, para poder proceder a la distribución de la energía eléctrica generada.

En el caso de que no exista ninguna línea eléctrica o subestación relativamente próxima a la ubicación del parque, sería conveniente realizar un análisis más exhaustivo para determinar si la construcción del parque eólico en dicho emplazamiento es rentable, o, por el contrario, la energía que se va a producir no compensa con el desembolso económico que se va a realizar, no solo para la construcción del parque, si no para la construcción de una línea eléctrica capaz de transportar la energía generada para su posterior consumo.

A continuación, se muestra el mapa del sistema eléctrico ibérico elaborado en enero del 2016 y facilitado por la Red Eléctrica de España (REE), donde se puede apreciar que es bastante densa y, se puede deducir que difícilmente un posible emplazamiento quede excluido únicamente por este criterio.

Cabe destacar las líneas rojas, que se corresponden con tensiones de 400 kV, las líneas verdes, que se corresponden con tensiones de 220 kV, las líneas azules, que se corresponden con tensiones de 150-220 kV, y, por último, las líneas negras, que se corresponden con tensiones de 60-110 kV, todas ellas importantes para el transporte de la energía eléctrica que produzca un futuro parque eólico.



Figura 25. Sistema eléctrico ibérico. Enero de 2016

6.2.4. Disposición mínima de los aerogeneradores

Para el cálculo de la capacidad energética de los aerogeneradores es necesario conocer la distancia entre aerogeneradores para evitar interferencias entre ellos.

Estos espaciamientos configuran la geometría del parque y determinan las pérdidas aerodinámicas del parque, o pérdidas por su configuración. En estas pérdidas influye lo que se denomina la sombra que un aerogenerador provoca sobre el aerogenerador que le sigue, por lo que debe mantenerse una distancia mínima entre uno y otro. Esto lo provoca la conocida estela aerodinámica. Una turbina que se encuentre detrás de otra podrá extraer menos energía por ser la velocidad menor debido a la estela que se forma, o, dicho de otra manera, por la sombra aerodinámica de una turbina sobre otra. Lo expuesto ocurre en los parques eólicos donde la interferencia de una turbina sobre otra trae como resultado una disminución de la energía extraída. A este fenómeno se le conoce como pérdidas aerodinámicas del parque.

Un espaciamiento muy cercano de las turbinas permite instalar más turbinas en el sitio, pero reducirá la energía promedio captada por cada turbina en el parque eólico. Las pérdidas aerodinámicas pueden reducirse optimizando la geometría del parque eólico. Diferentes distribuciones de tamaños de turbinas, la forma general, el tamaño de la distribución y el espaciamiento dentro del parque eólico influyen sobre los efectos de la estela, que reduce la captación de energía.

En resumen, cuando existe un viento con una dirección predominante, en general se recomienda una distribución en filas alineadas, con separación transversal (perpendicular a la del viento dominante) entre turbinas de tres a cinco veces el diámetro del rotor, y de cinco a nueve veces el diámetro del rotor en dirección del viento dominante. Cuando el viento tiene frecuentes cambios de dirección con respecto a la velocidad predominante, los aerogeneradores se colocan al tresbolillo.

Para evitar el efecto sombra entre unos aerogeneradores y otros, los aerogeneradores deberán de respetar las siguientes distancias:

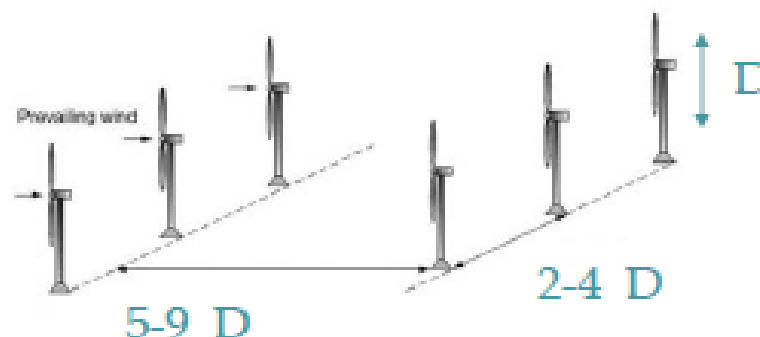


Figura 26. Dimensionamiento de los aerogeneradores.

Como se ha decidido en apartados anteriores, en este estudio se emplea el aerogenerador Gamesa G-132 de 3,3MW cuyas características son las siguientes:

GAMESA 3.3 MW	
G132-3.3 MW	
ROTOR	
Diametro	132 m
Área de barrido	13.685 m ²
Velocidad de giro	6,82 - 10,9 rpm
PALAS	
Número de palas	3
Longitud	64,5 m
Perfil	Gamesa
Material	Fibra de vidrio reforzada con resina de epoxy o poliéster

Figura 27. Características del aerogenerador Gamesa G-132

Por tanto, y de forma individualizada para nuestro aerogenerador tomando D=132m se toma una distancia mínima entre aerogeneradores de 400m.

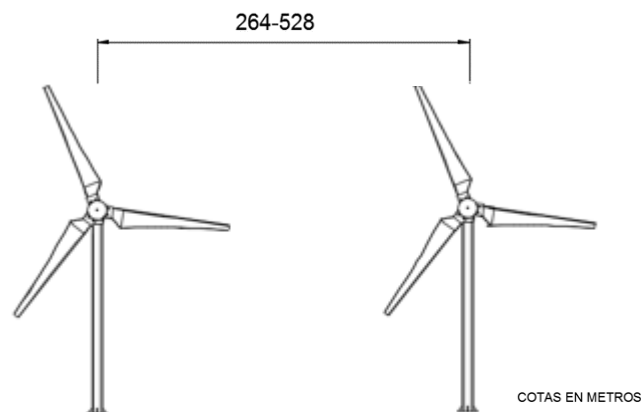


Figura 28. Distancia mínima entre aerogeneradores

6.2.5. Plan Eólico de la Comunidad Valenciana

El Plan Eólico de la Comunidad Valenciana tiene por objeto regular la instalación de parques eólicos en las zonas calificadas como aptas. La fecha de entrada en vigor de este plan está fechada en el día 31 de Julio del año 2001.

Establecer las bases que regirán en el procedimiento de autorización para la instalación de parques eólicos en la Comunidad Valenciana, es una de sus principales funciones.

El Plan Eólico de la Comunidad Valenciana consta de 15 zonas divididas entre las provincias de Castellón, Valencia y Alicante, como se puede ver en la siguiente figura:

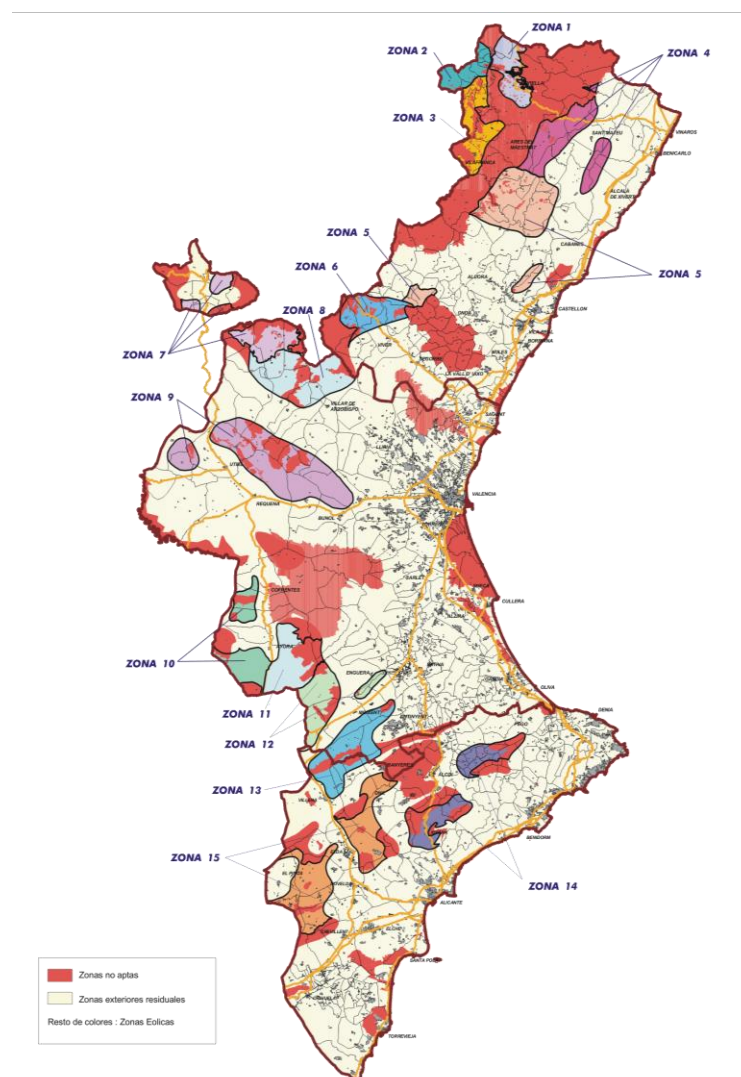


Figura 29. Zonas del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana.

A la provincia de Castellón le corresponden 6 zonas, de la zona 1 a la 6.

Si bien este plan es interesante comentarlo, no se ha establecido como un elemento determinante a la hora de seleccionar un emplazamiento determinado, ya que, al tratarse de un acuerdo de un gobierno, este puede verse modificado con el paso de los años, apareciendo zonas nuevas, eliminando zonas actuales, e incluso suprimiéndose por completo.

6.3. SELECCIÓN DE ZONAS VIABLES

Una vez definidos todos los criterios de selección en los apartados anteriores junto con la preselección de zonas bajo el criterio energético de vientos medios superiores a los 6,5m/s se procede a la selección de las zonas viables.

Para ello, y para una mejor comprensión del formato y del procedimiento se realizará un pequeño resumen del procedimiento que se va a seguir.

De las nueve zonas preseleccionadas se estudiará una a una, de una forma mucho más detenida y con una mayor calidad, es decir a una escala mucho más reducida cuya finalidad es la de ser lo más preciso posible en la toma de decisiones.

Estas decisiones estarán marcadas por cada uno de los criterios establecidos anteriormente, se comenzará con una criba de criterios medioambientales, es decir, en el momento en el que no se cumpla alguno de los criterios medioambientales, no se estudiarán el resto de criterios puesto que la zona en cuestión no cumple uno de los requisitos mínimos para denominarla como zona viable, y por tanto la descartaremos independientemente de los resultados de posteriores criterios, por tanto el proceso a seguir será el siguiente:

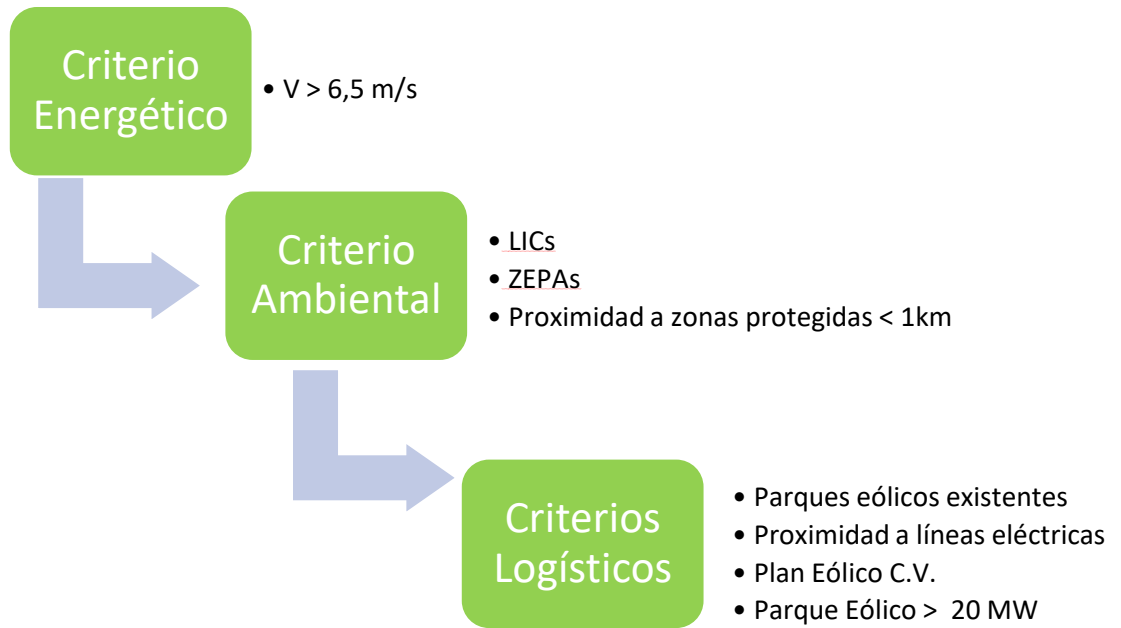


Figura 30. Organigrama del procedimiento a seguir.

Siguiendo al organigrama anterior, mostramos nuevamente el mapa de las 9 zonas que se van a estudiar:

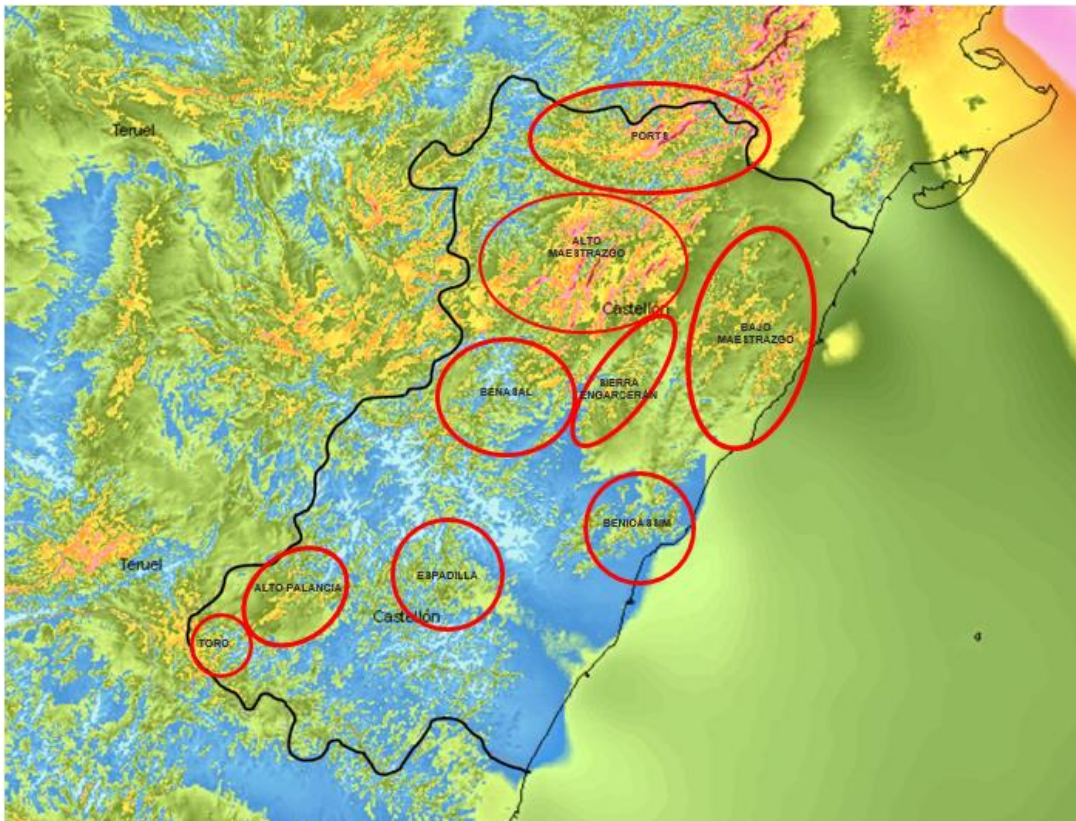


Figura 31. Zonas Potenciales

6.3.1. Zonas viables Toro y Alto Palancia.

Para comenzar el estudio de las zonas viables, comenzaremos por la zona potencial más meridional e iremos analizando poco a poco de norte a sur todas las zonas marcadas en la Figura 21

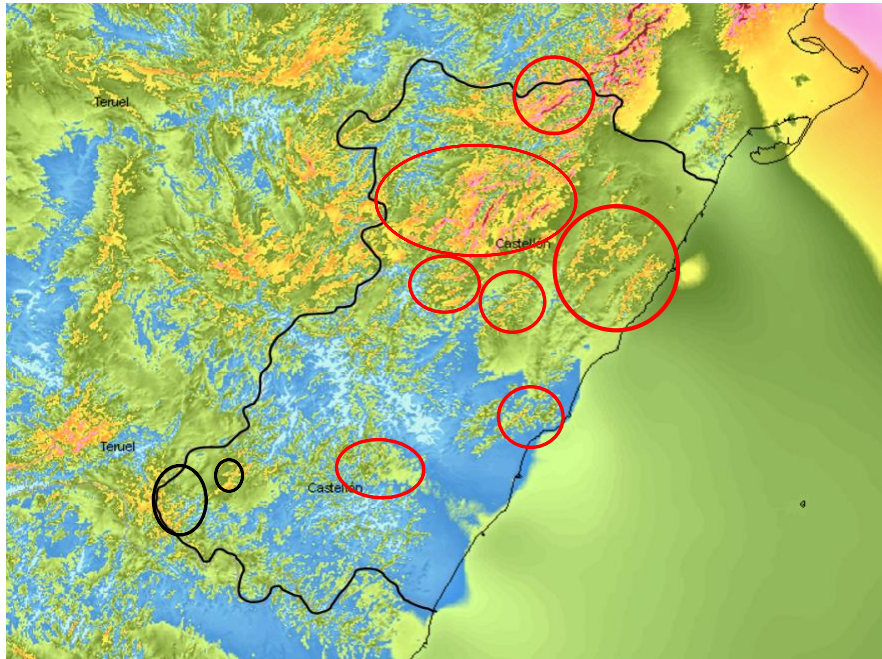


Figura 32. Zonas potenciales. Toro y Alto Palancia destacado.

Nos encontramos en la zona a la cual vamos a denominar la zona del Toro y Alto Palancia, la cual vamos a poder observar de forma más definida en la siguiente imagen:

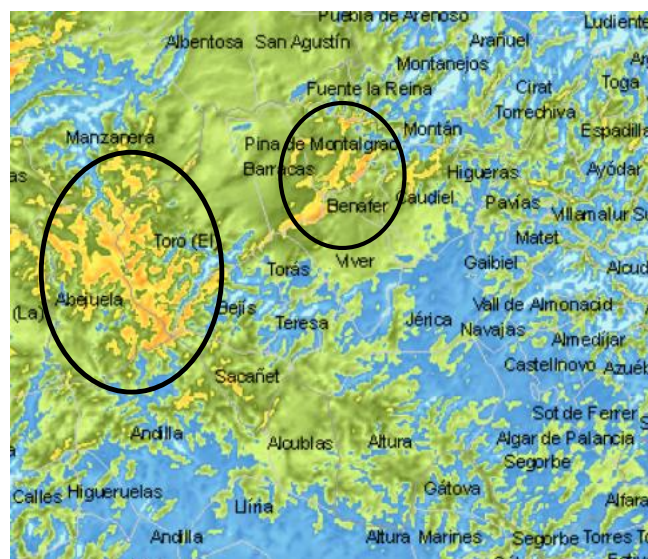


Figura 33. Zonas potenciales. Detalle de Toro y Alto Palancia.

Aplicando los criterios ambientales:

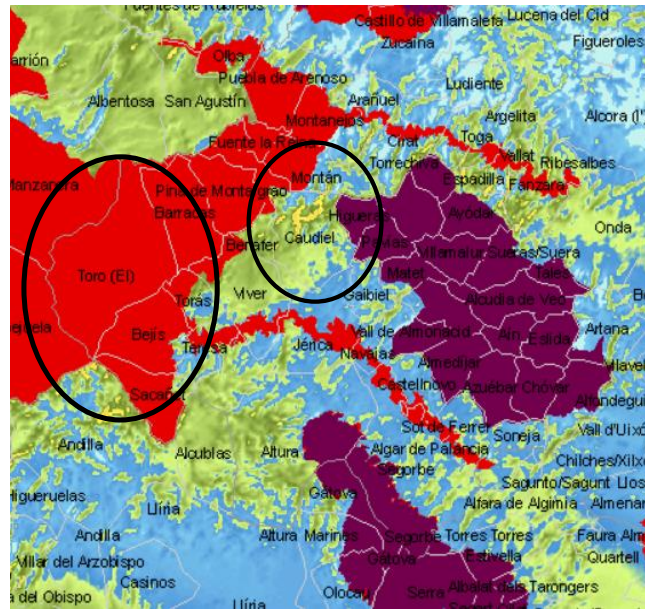


Figura 34. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Toro y Alto Palancia.

Como se puede observar en la imagen, gran parte de la superficie está ocupada por los LICs y ZEPAs, con sus respectivas capas rojas y morada, pero existe una zona destacada exenta de estas capas como se muestra a continuación:

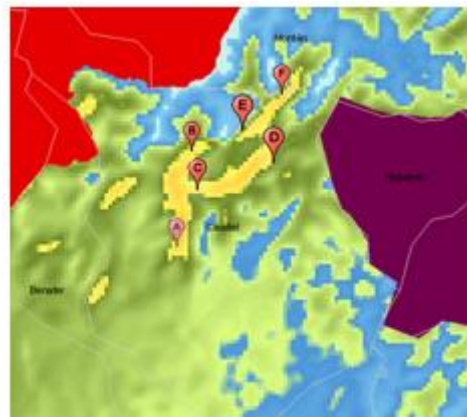


Figura 35. Zonas potenciales. Toro y Alto Palancia.

La Figura 25 muestra una zona que cumple todos los criterios ambientales, no se sitúa sobre una superficie protegida por la Red Natura 2000, ni por los LICs ni ZEPAs. Y además la distancia hasta los límites de estas zonas es muy superior a la distancia mínima establecida de 1km. Por lo tanto, esta zona cumple todos los requisitos medioambientales. Se procede a comprobar su viabilidad logística:

Para complementar la Figura 25, se ofrece una imagen aérea de la zona detallada mediante letras para una mejor comprensión y ubicación de las zonas:

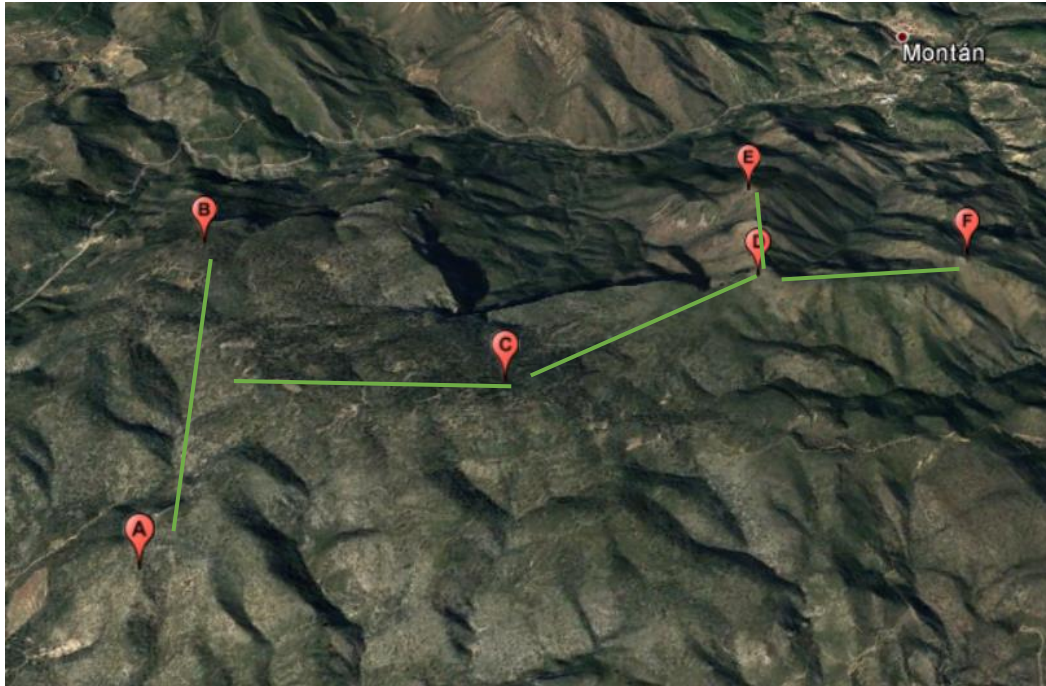


Figura 36. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona potencial del Toro y Alto Palancia.

Comenzamos a comprobar su viabilidad logística a partir del criterio de la que la capacidad potencial del parque sea superior a los 20MW, para ello veremos qué cantidad de aerogeneradores caben en esta superficie, superficie de unos 3km² aproximadamente.

Las distancias entre los puntos son las siguientes:

A-B	2200m
AB-C-D	2750m
D-E	764m
D-F	1050m

Tabla 24. Distancias en la zona potencial del Toro y Alto Palancia

Se calcula el número de aerogeneradores máximos a disponer:

Distancia mínima entre aerogeneradores: 400m

Distancia total del emplazamiento: 6764m

$$N^{\circ} \text{ aerogeneradores} = \frac{6764}{400} \approx 17 \text{ aerogeneradores}$$

$$\text{Capacidad energética} = N^{\circ} \text{ aerogeneradores} * \text{Pot. unit.} = 17 * 3.3 = 56.1 \text{ MW} > 20\text{MW}$$

Por lo tanto, esta zona cumple con lo establecido, sigamos con el resto de criterios.

Esta zona está exenta de estar ocupada por otro parque eólico y bajo los condicionantes del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, podría ser considerado un parque eólico.

En cuanto a las líneas eléctricas, como se puede observar en la siguiente imagen, existen líneas cercanas, por lo tanto, y a modo de resumen de todos los criterios logísticos, esta zona cumple todos los criterios, y, por tanto, podemos considerarla una zona de alto potencial completamente viable para la ejecución de un parque eólico.



Figura 37. Mapa eléctrico de la zona potencial del Toro y Alto Palancia.

6.3.2. Espadilla

Siguiendo el patrón anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona de Espadilla por su proximidad a la misma:

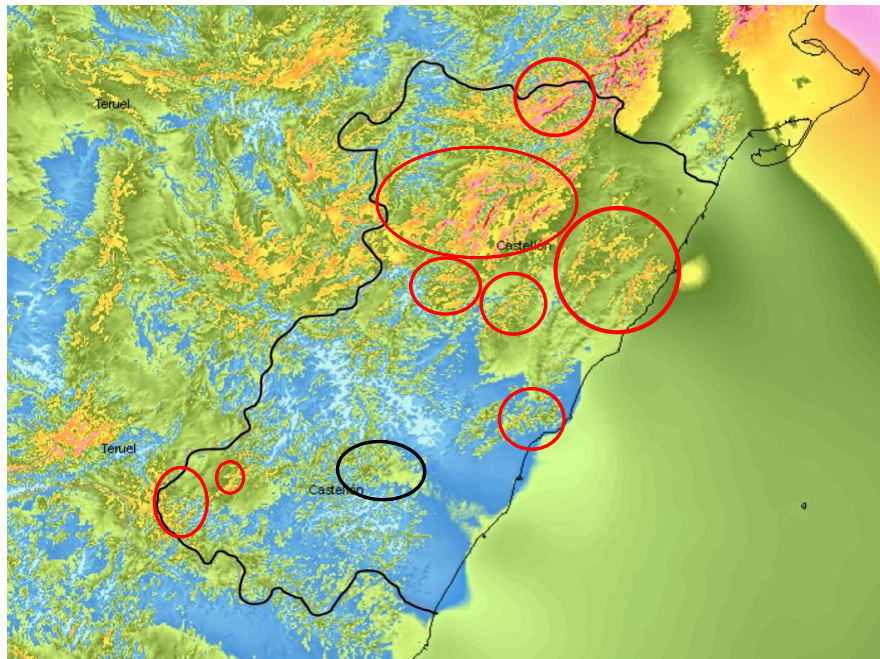


Figura 38. Zonas Potenciales. Espadilla.

Nos encontramos en la zona a la cual vamos a denominar la zona de Espadilla, la cual vamos a poder observar de forma más definida en la siguiente imagen:



Figura 39. Zonas Potenciales. Detalle Espadilla.

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:



Figura 40. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Espadilla.

Como podemos observar existen pequeñas zonas, libres de ser zonas clasificadas como LICs o ZEPAs, comprobemos su distancia a las zonas que sí que están clasificadas como tal para comprobar que no están a una distancia inferior al kilómetro establecido

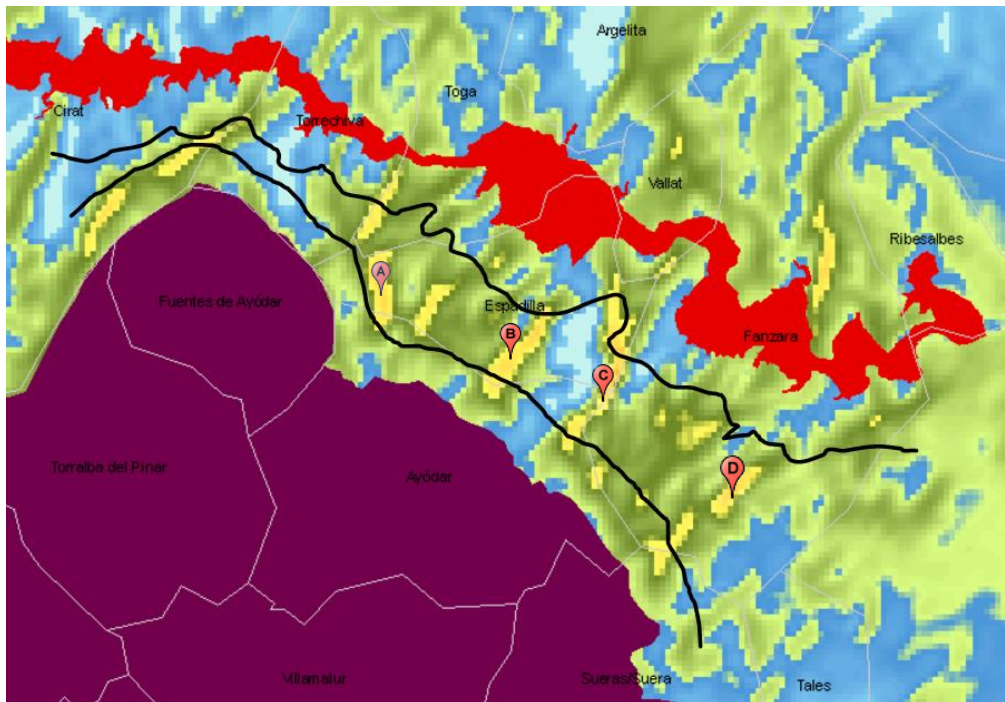


Figura 41. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs y zona límite de 1km, zona Espadilla.

Como podemos observar, nuestro límite acota mucho más la zona, a pesar de esto, veamos si la superficie disponible es suficiente para albergar un parque eólico que cumpla el resto de criterios que faltan.

Para complementar la Figura 30, se ofrece una imagen aérea de la zona detallada mediante letras para una mejor comprensión y ubicación de las zonas:



Figura 42. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona Espadilla.

A	375m
B	550m
C	680m
D	520m

Tabla 25. Distancias en la zona potencial Espadilla

Se calcula el número de aerogeneradores máximos a disponer:

Distancia mínima entre aerogeneradores: 400m

Distancia total del emplazamiento: 2125m

$$N^{\circ} \text{ aerogeneradores} = \frac{2125}{400} \approx 5 \text{ aerogeneradores}$$

$$\text{Capacidad energética} = N^{\circ} \text{ aerogeneradores} * \text{Pot. unit.} = 5 * 3.3 = 16.5 \text{ MW} < 20\text{MW}$$

Por lo tanto, y al no cumplir este criterio, se descarta esta zona como posible zona viable para la creación de un parque eólico.

El resto de criterios, por tanto, carecen de importancia para comprobar la viabilidad.

6.3.3. Benicàssim-Oropesa

Siguiendo el patrón anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona de Benicàssim-Oropesa por su proximidad a la misma:

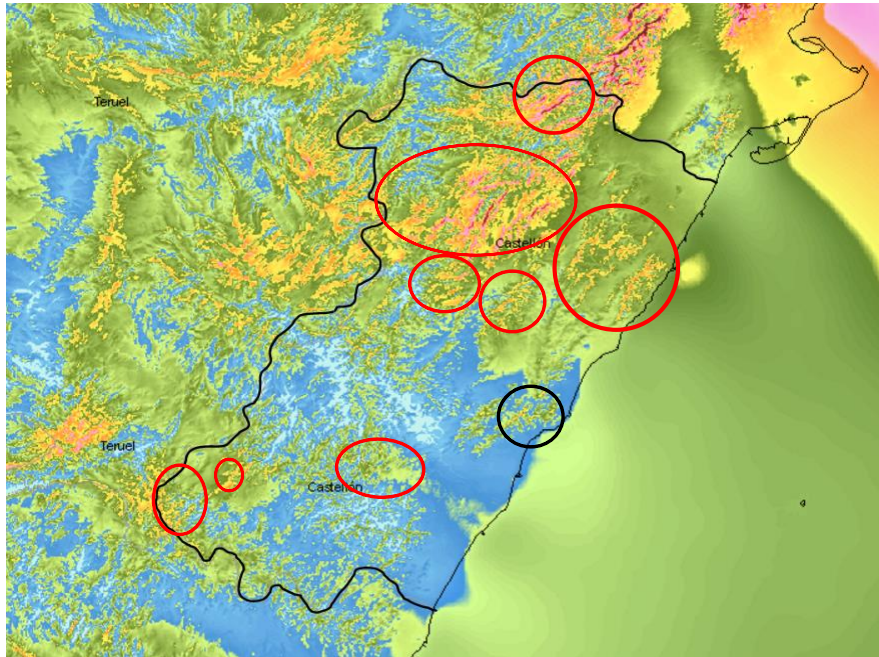


Figura 43. Zonas Potenciales. Benicàssim-Oropesa

Para realizar un mejor análisis de la zona se procede a ampliar la misma, para conseguir un mejor detalle de la zona a estudiar y mejorar la precisión para obtener unos datos mucho más fiables. A continuación, se muestra la zona ampliada:

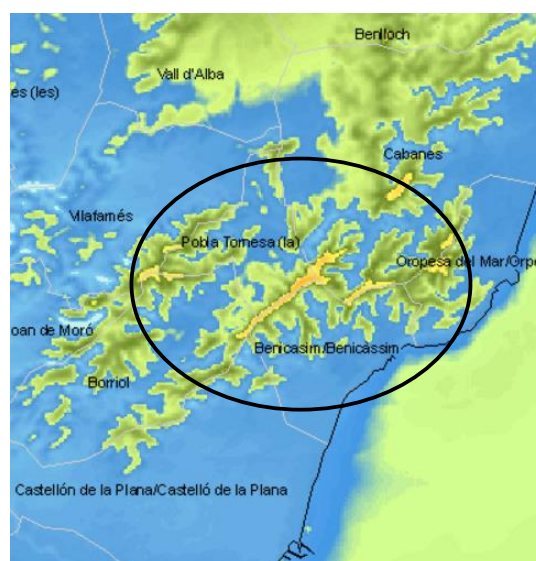


Figura 44. Zonas Potenciales. Detalle Benicàssim-Oropesa

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:

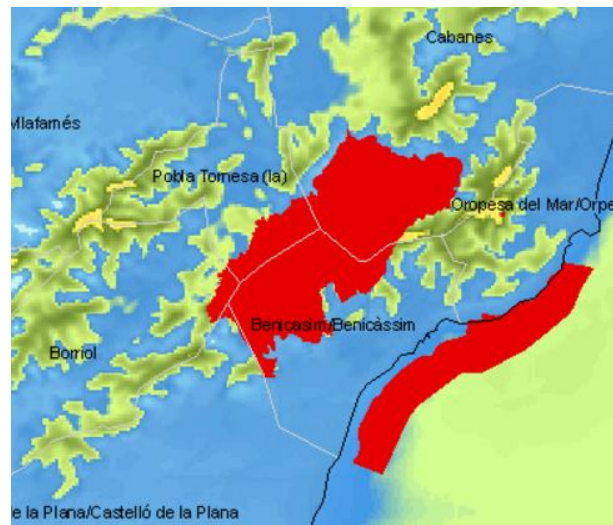


Figura 45. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs zona Benicàssim-Oropesa

Como podemos observar existen pequeñas zonas, libres de ser zonas clasificadas como LICs o ZEPAs, comprobemos su distancia a las zonas que sí que están clasificadas como tal para comprobar que no están a una distancia inferior al kilómetro establecido.



Figura 46. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs, proximidad a la zona Benicàssim-Oropesa

La distancia señala con una línea negra, a la zona con velocidad superior a los 6,5 m/s, es superior al kilómetro, por lo tanto, podemos considerar el resto de zonas como aptas ante los criterios ambientales.

A continuación, se estudiarán los criterios logísticos.

En cuanto a los criterios logísticos, se comenzará por el que a simple vista parece ser el más restrictivo de todos, comprobar si en la superficie disponible es posible crear un parque eólico de capacidad potencial superior a los 20MW.

En este caso la superficie disponible no es lo suficientemente grande para disponer un parque eólico de tal potencial, por lo tanto, esta zona queda también descartada como zona de alto potencial eólico viable para la construcción de un parque eólico.

6.3.4. Sierra de Engarcerán

Siguiendo el patrón anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona de la sierra de Engarcerán por su proximidad a la misma:

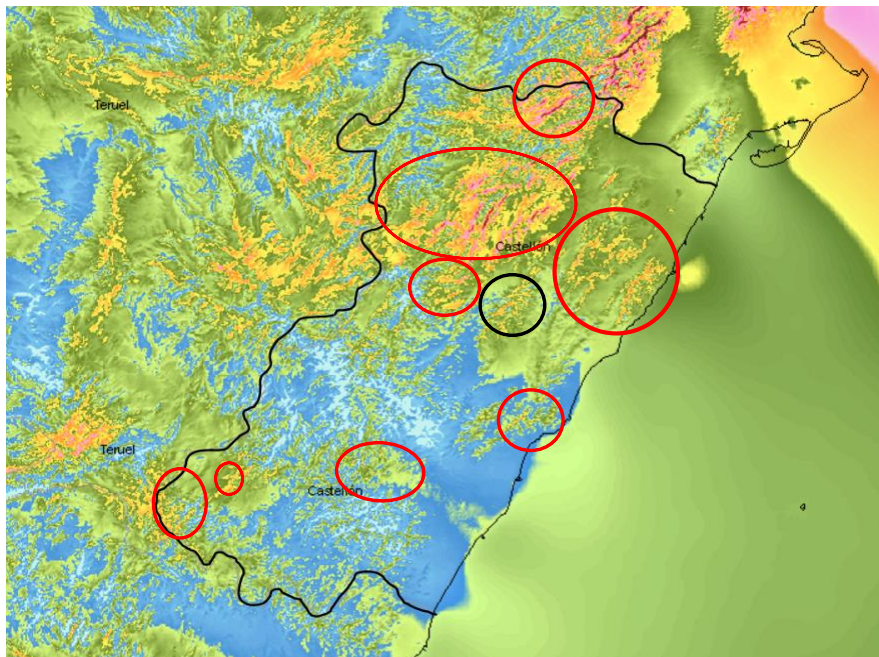


Figura 47. Zonas potenciales. Sierra Engarcerán.

Para realizar un mejor análisis de la zona se procede a ampliar la misma, para conseguir un mejor detalle de la zona a estudiar y mejorar la precisión para obtener unos datos mucho más fiables. A continuación, se muestra la zona ampliada:

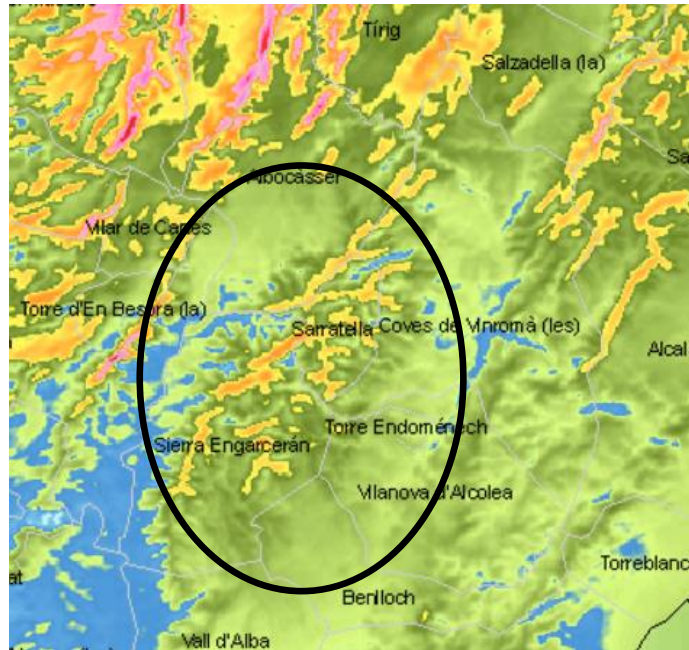


Figura 48. Zonas potenciales. Detalle Sierra Engarcerán.

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:

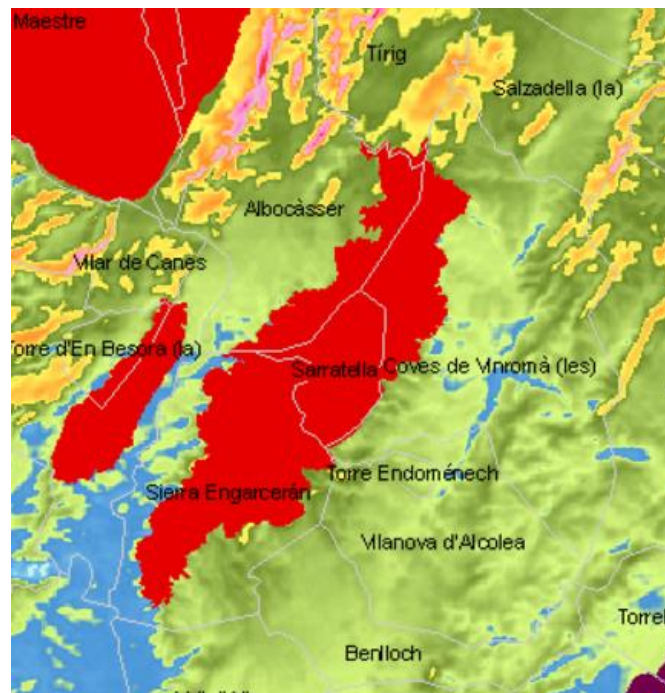


Figura 49. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona de la Sierra Engarcerán.

Como se puede apreciar perfectamente en la Figura 38, toda la superficie con velocidades superiores a los 6,5m/s, marcada por colores amarillentos, esta clasificada como una zona de interés comunitario, más bien conocida como LIC.

Así pues, esta zona queda completamente descartada para continuar su estudio como zona de viable para la construcción de un parque eólico.

Cabe destacar que no existe ninguna pequeña zona cercana, que no se encuentre sobre una superficie protegida, con la que continuar el estudio en esta zona, por ello y basándonos simplemente en el criterio ambiental, descartamos esta zona como se ha mencionado anteriormente sin la necesidad de comprobar si esta cumple los criterios logísticos.

Procedemos a continuar el estudio con la siguiente zona.

6.3.5. Benasal

Continuando con la metodología anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona de Benasal por su proximidad a la misma:

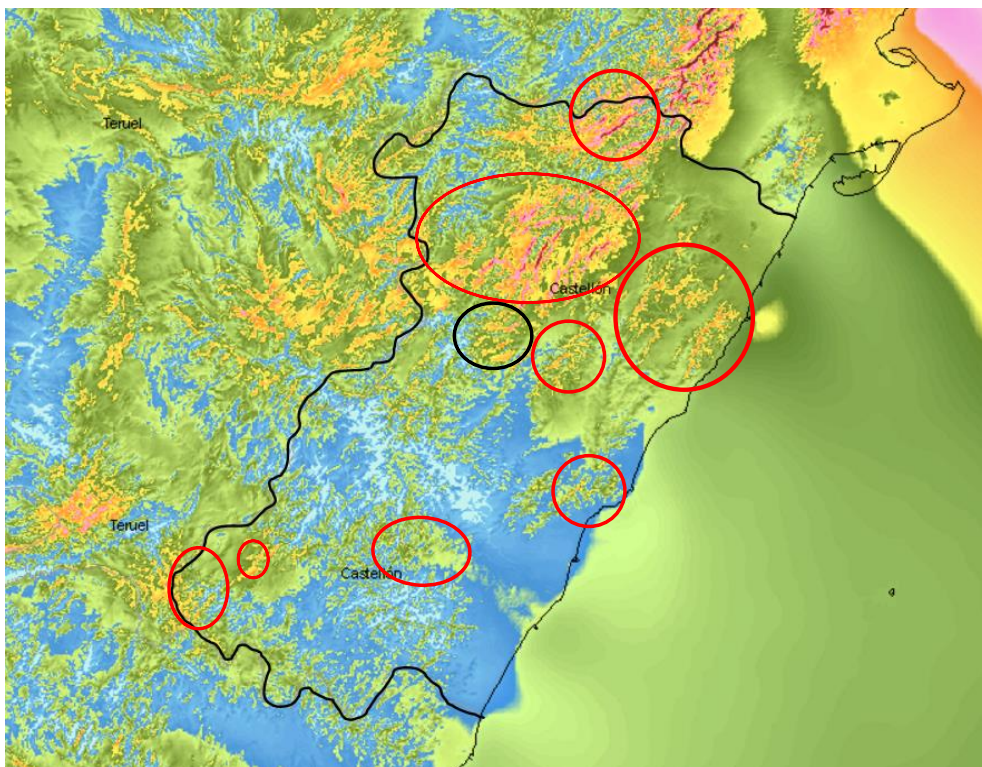


Figura 50. Zonas potenciales. Zona Benasal

Para realizar un mejor análisis de la zona se procede a ampliar la misma, para conseguir un mejor detalle de la zona a estudiar y mejorar la precisión para obtener unos datos mucho más fiables. A continuación, se muestra la zona ampliada:

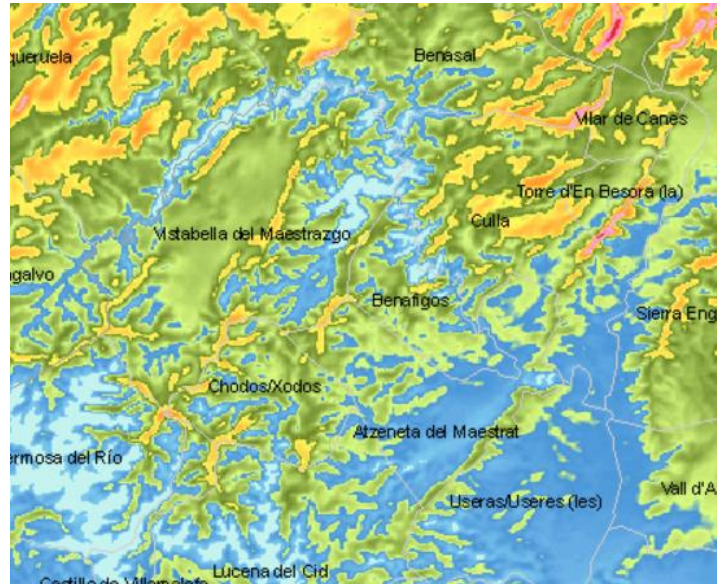


Figura 51. Zonas potenciales. Detalle Benasal.

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:

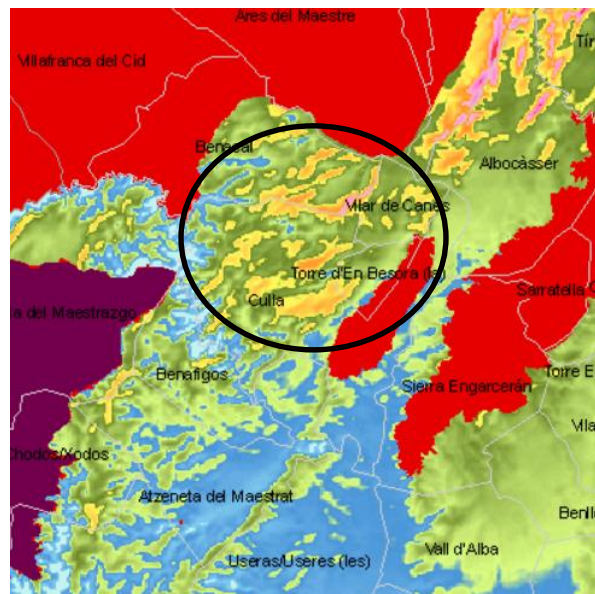


Figura 52. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona de Benasal.

Como se puede observar en la imagen anterior, existe una zona exenta de ser clasificada tanto como LIC o como ZEPA. Esta zona ocupa una superficie aproximada de 29 km², esta superficie, que se mostrará en la siguiente imagen, será la zona a estudiar por el resto de criterios para comprobar su viabilidad en la construcción de parque eólico.

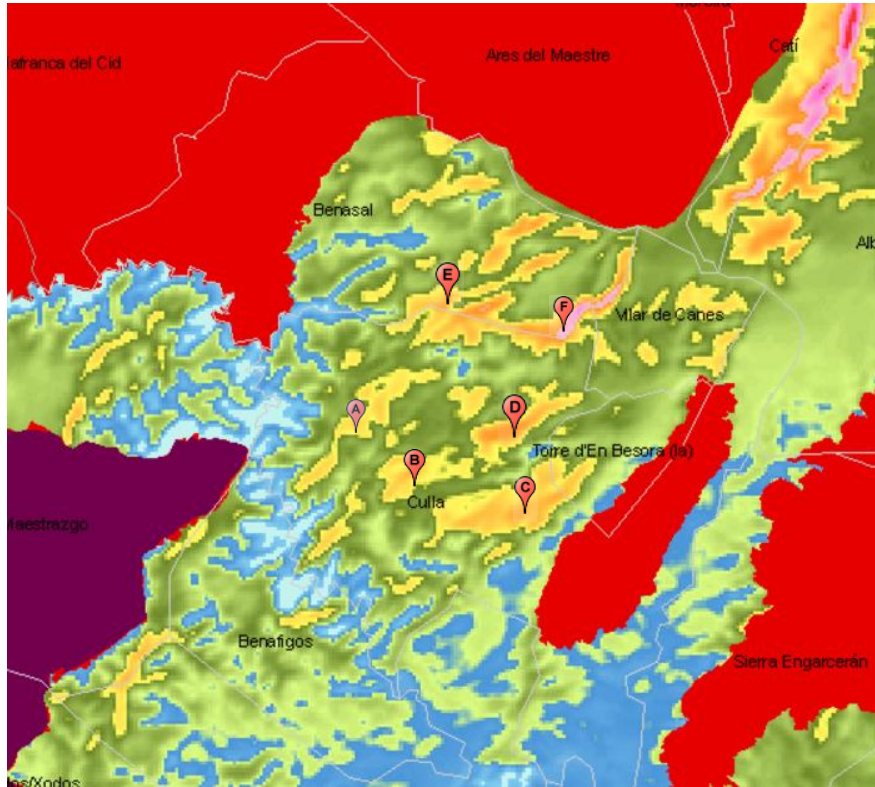


Figura 53. Zonas potenciales. Área de estudio zona de Benasal.

El siguiente y último criterio ambiental a estudiar en esta zona, es la distancia que existe entre las zonas de capacidad energética óptimas y las zonas clasificadas como LICs y ZEPAs, se ha comprobado, tal y como se muestra en la imagen siguiente, que nuestro límite apenas afecta a una diminuta área en las zonas de capacidades energéticas aceptables superiores, por lo tanto, existe una gran superficie de estudio a la que aplicar el resto de criterios logísticos que faltan.

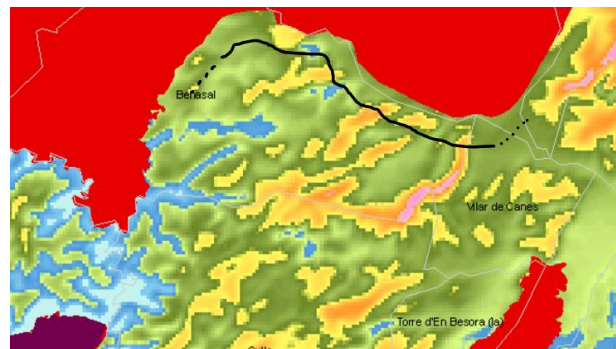


Figura 54. Zonas potenciales. Área de estudio zona de Benasal. Criterio distancia mínima a zonas protegidas

Siguiendo con el estudio, se procede a la comprobación de los criterios logísticos, para complementar este estudio y con la finalidad de tener una mejor perspectiva de la zona, se complementa con una imagen aérea de la zona:

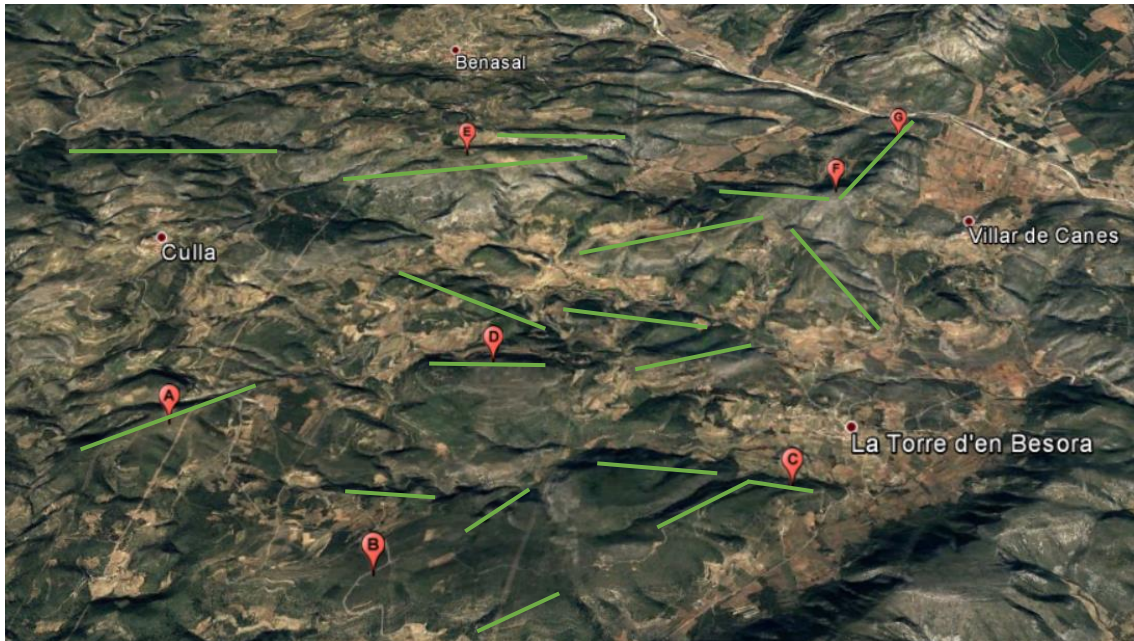


Figura 55. Zonas potenciales. Vista aérea zona de Benasal.

Comenzamos a comprobar su viabilidad logística a partir del criterio de la que la capacidad potencial del parque sea superior a los 20MW, para ello veremos qué cantidad de aerogeneradores caben en esta superficie, superficie de unos 3km² aproximadamente.

Las distancias entre los puntos son las siguientes:

A	1800m
B	5150m
C	3000m
D	4410m
E	5360m
F	13180m

Tabla 26. Distancias en la zona potencial de Benasal

Se calcula el número de aerogeneradores máximos a disponer:

Distancia mínima entre aerogeneradores: 400m

Distancia total del emplazamiento: 32900m

$$N^{\circ} \text{ aerogeneradores} = \frac{32900}{400} \approx 82 \text{ aerogeneradores}$$

$$\text{Capacidad energética} = N^{\circ} \text{ aerogeneradores} * \text{Pot. unit.} = 82 * 3.3 = 271.425\text{MW} > 20\text{MW}$$

Como bien se puede observar, esta zona cumple con holgura el criterio potencial, por consiguiente, seguimos con el resto de criterios.

Esta zona está exenta de estar ocupada por otro parque eólico y bajo los condicionantes del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, podría ser considerado un parque eólico.

Por último, y en relación a las líneas eléctricas existentes, acudiendo al mapa ofrecido por la REE, y tal y como se muestra en la siguiente imagen, existen líneas eléctricas lo suficientemente próximas para considerar que esta zona cumple este criterio.

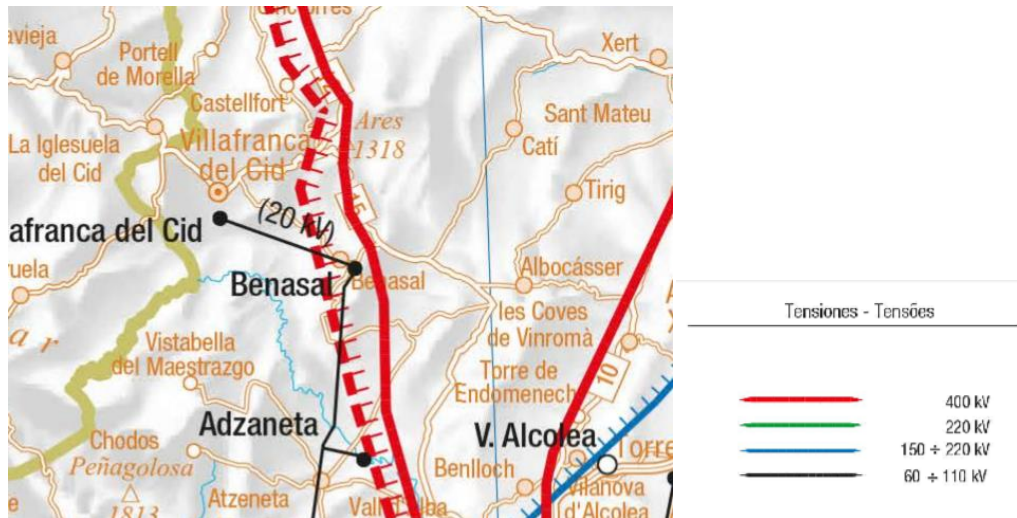


Figura 56. Zonas potenciales. Mapa eléctrico de la zona potencial de Benasal.

En vista de los resultados obtenidos en la aplicación de los diferentes criterios, la zona potencial de Benasal, cumple todos los criterios, por tanto, se considera esta zona como zona de alta viabilidad para la construcción de un parque eólico.

Se procede a estudiar la siguiente zona.

6.3.6. Ports

Siguiendo con la metodología anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona de Ports por su proximidad a la misma:

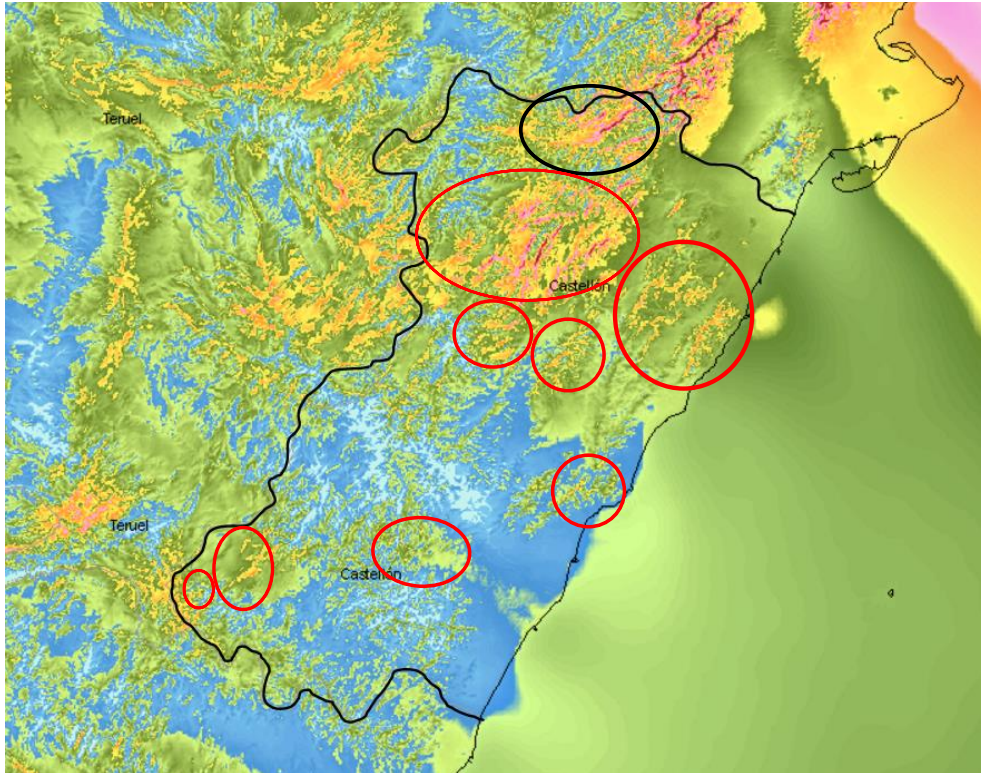


Figura 57. Zonas potenciales. Zona de Ports.

Nos encontramos en la zona a la cual vamos a denominar la zona de Ports, la cual vamos a poder observar de forma más definida en la siguiente imagen:

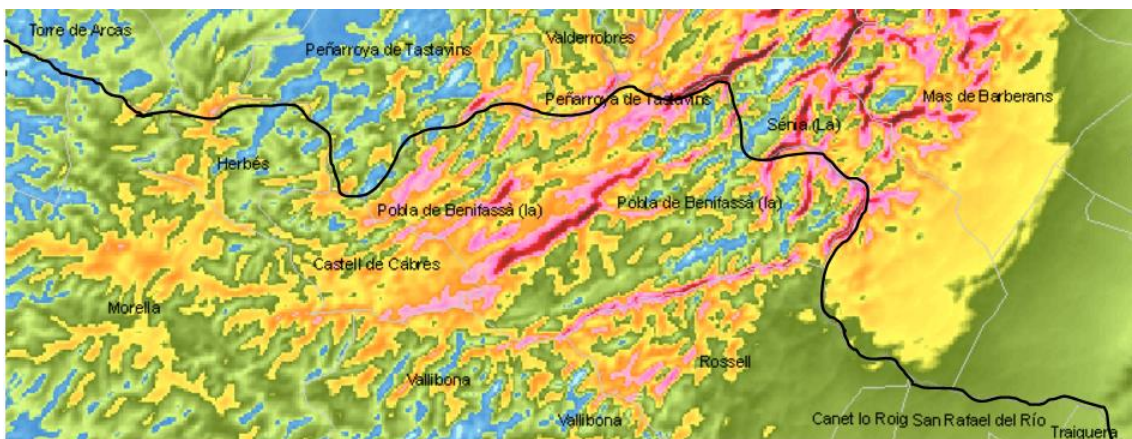


Figura 58. Zonas potenciales. Detalle zona de Ports.

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:



Figura 59. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs en la Zona de Ports.

Como se puede apreciar perfectamente en la Figura 47, toda la superficie con velocidades superiores a los 6,5m/s, marcada por colores amarillentos, está clasificada como una zona de interés comunitario, más bien conocida como ZEPA.

Las zonas que no están sobre una zona protegida son limítrofes con las mismas, por tanto, tampoco cumple nuestro criterio de distancia mínima a zonas protegidas superior al kilómetro de distancia.

Dicho esto, podemos afirmar, que, sin la necesidad de comprobar la viabilidad de la zona frente a los criterios logísticos, la zona de Ports no es viable ambientalmente, y por tanto esta zona queda descartada como zona viable para la construcción de un parque eólico.

6.3.7. Bajo Maestrazgo

Siguiendo con el patrón anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona del Bajo Maestrazgo por su proximidad a la misma:

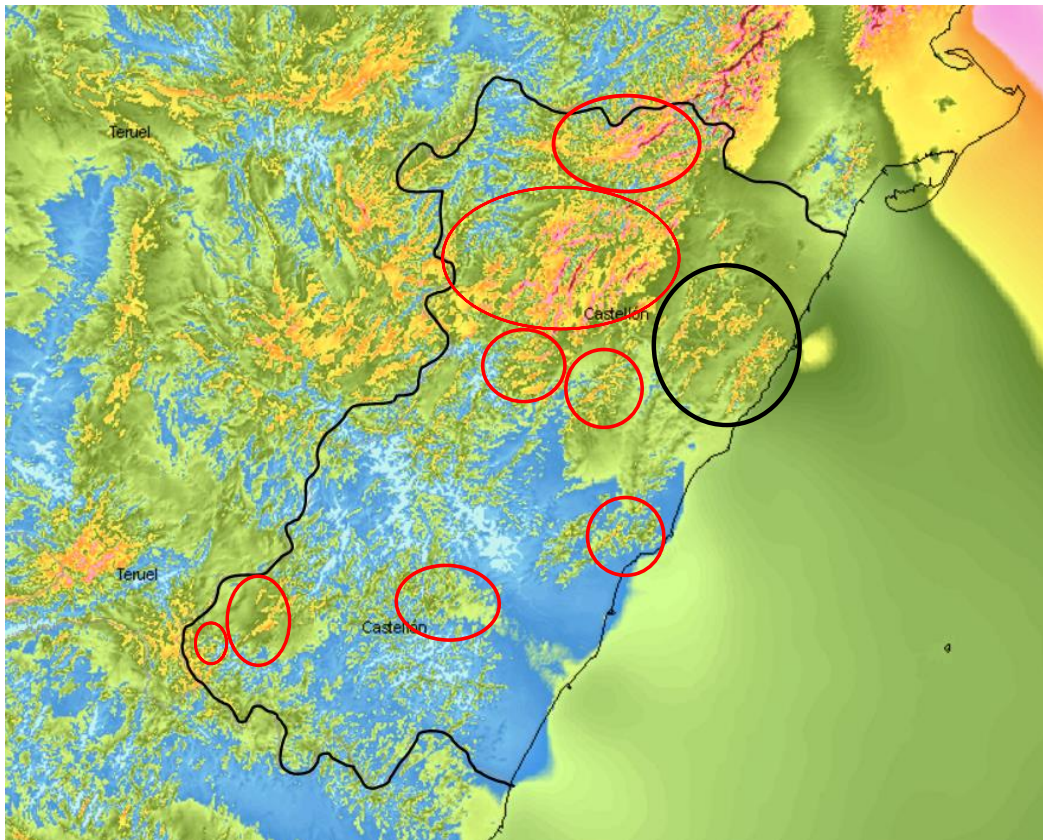


Figura 60. Zonas potenciales. Zona del Bajo Maestrazgo

Nos encontramos en la zona a la cual vamos a denominar la zona de Ports, la cual vamos a poder observar de forma más definida en la siguiente imagen:

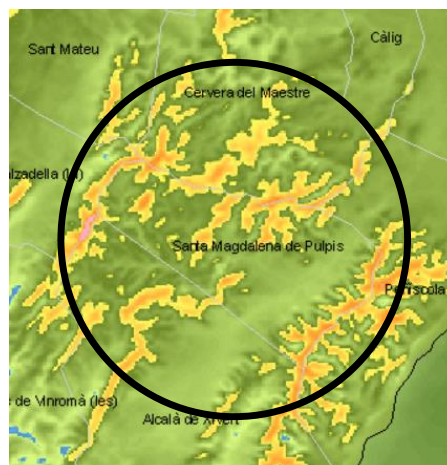


Figura 61. Zonas potenciales. Detalle zona del Bajo Maestrazgo

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:



Figura 62. Zonas potenciales. LICs y ZEPAs de la zona del Bajo Maestrazgo

Como se puede observar en la imagen anterior, existe una zona exenta de ser clasificada tanto como LIC o como ZEPA. Esta zona ocupa una superficie aproximada de 48 km², esta superficie, que se mostrará en la siguiente imagen, será la zona a estudiar por el resto de criterios para comprobar su viabilidad en la construcción de parque eólico.

El siguiente y ultimo criterio ambiental a estudiar en esta zona, es la distancia que existe entre las zonas de capacidad energética optimas y las zonas clasificadas como LICs y ZEPAs. Tal y como se muestra a continuación, en la imagen se puede observar como este límite no afecta a nuestra zona energéticamente óptima.

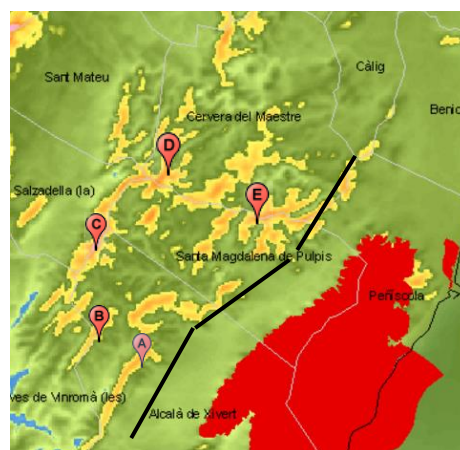


Figura 63. Zonas potenciales. LICs, ZEPAs y distancia mínima en la zona del Bajo Maestrazgo

Siguiendo con el estudio, se procede a la comprobación de los criterios logísticos, para complementar este estudio y con la finalidad de tener una mejor perspectiva de la zona, se complementa con una imagen aérea de la zona:



Figura 64. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona del Bajo Maestrazgo

Comenzamos a comprobar su viabilidad logística a partir del criterio de la que la capacidad potencial del parque sea superior a los 20MW, para ello veremos qué cantidad de aerogeneradores caben en esta superficie, superficie de unos 3km² aproximadamente.

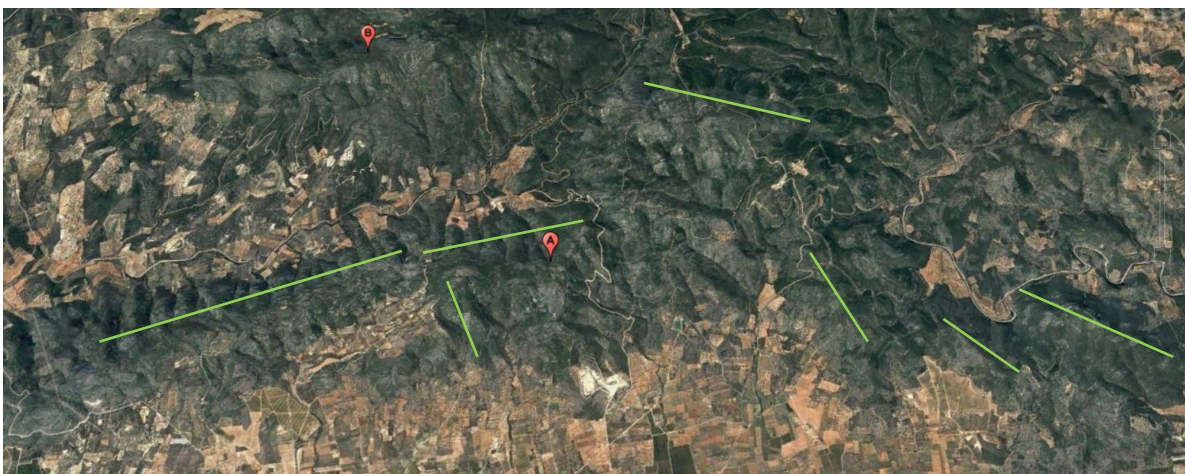


Figura 65. Zonas potenciales. Vista aérea de la zona "A" del Bajo Maestrazgo

Las distancias entre los puntos son las siguientes:

A	9100m
B	3800m
C	13600m
D	8450m
E	9120m

Tabla 27. Distancias en la zona potencial del Bajo Maestrazgo

Se calcula el número de aerogeneradores máximos a disponer:

Distancia mínima entre aerogeneradores: 400m

Distancia total del emplazamiento: 44070m

$$N^{\circ} \text{ aerogeneradores} = \frac{44070}{400} \approx 110 \text{ aerogeneradores}$$

$$\text{Capacidad energética} = N^{\circ} \text{ aerogeneradores} * \text{Pot. unit.} = 110 * 3.3 = 363.57 \text{ MW} > 20 \text{ MW}$$

Como bien se puede observar, esta zona cumple con holgura el criterio potencial, por consiguiente, seguimos con el resto de criterios.

Esta zona está exenta de estar ocupada por otro parque eólico y bajo los condicionantes del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, podría ser considerado un parque eólico.

Por último, y en relación a las líneas eléctricas existentes, acudiendo al mapa ofrecido por la REE, y tal y como se muestra en la siguiente imagen, existen líneas eléctricas lo suficientemente próximas para considerar que esta zona cumple este criterio.



Figura 66. Zonas potenciales. Mapa eléctrico zona del Bajo Maestrazgo

En vista de los resultados obtenidos en la aplicación de los diferentes criterios, la zona potencial del Bajo Maestrazgo, cumple todos los criterios, por tanto, se considera esta zona como zona de alta viabilidad para la construcción de un parque eólico.

Se procede a estudiar la siguiente y última zona.

6.3.8. Alto Maestrazgo

Siguiendo con el patrón anterior, se procede a estudiar la viabilidad de la zona a la cual hemos denominado la zona del Alto Maestrazgo por su proximidad a la misma:

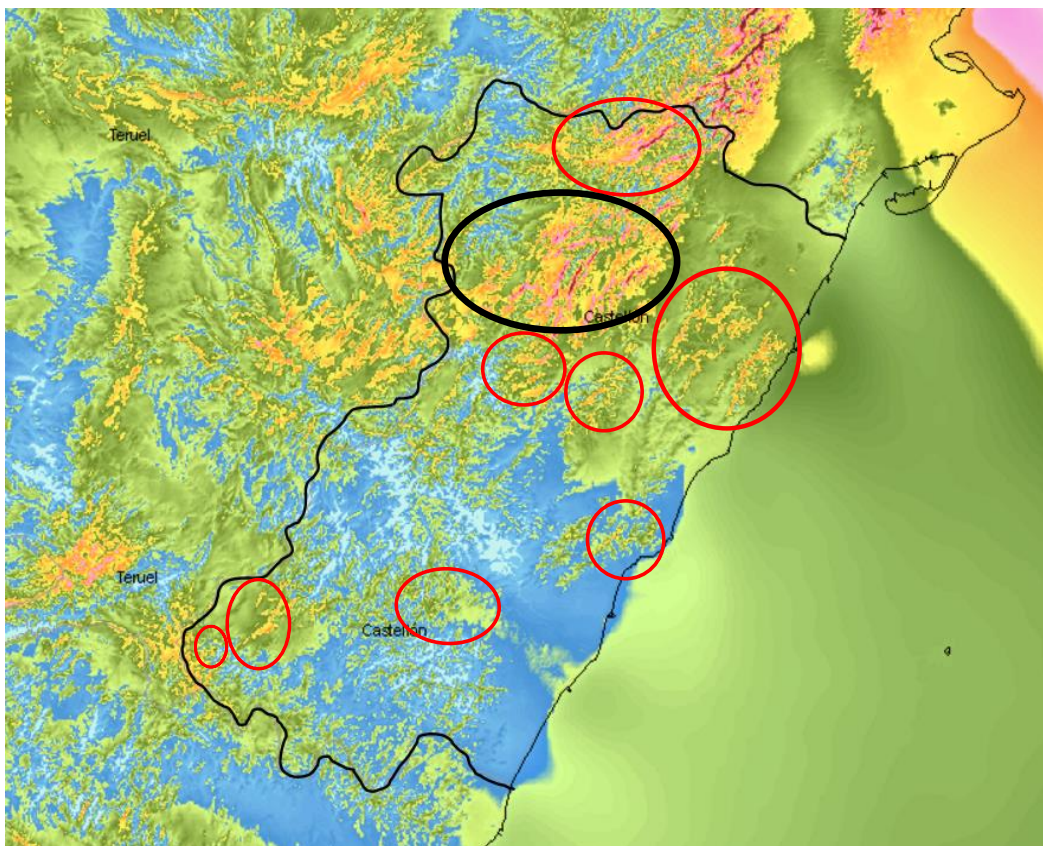


Figura 67. Zonas potenciales. Zona del Alto Maestrazgo

Nos encontramos en la zona a la cual vamos a denominar la zona del Alto Maestrazgo la cual vamos a poder observar de forma más definida en la siguiente imagen:

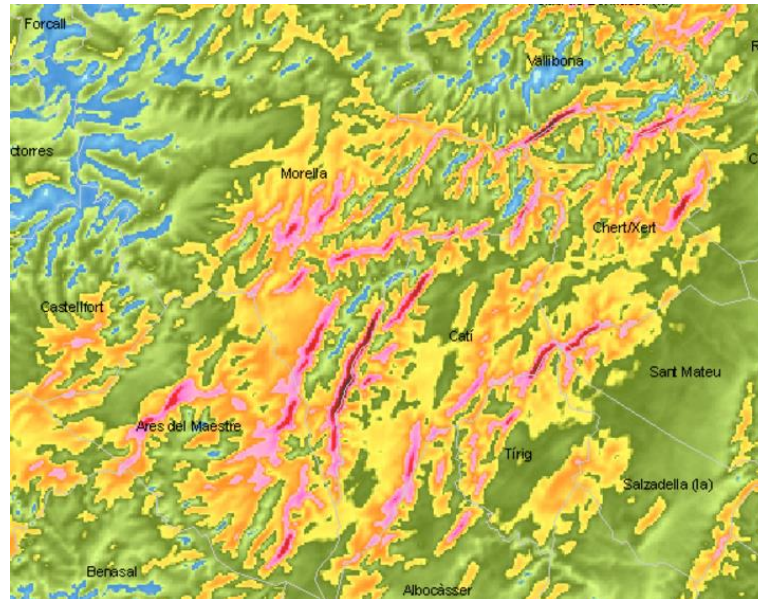


Figura 68. Zonas potenciales. Detalle zona del Alto Maestrazgo

Aplicando los criterios ambientales y superponiendo las capas de LICs y ZEPAs:

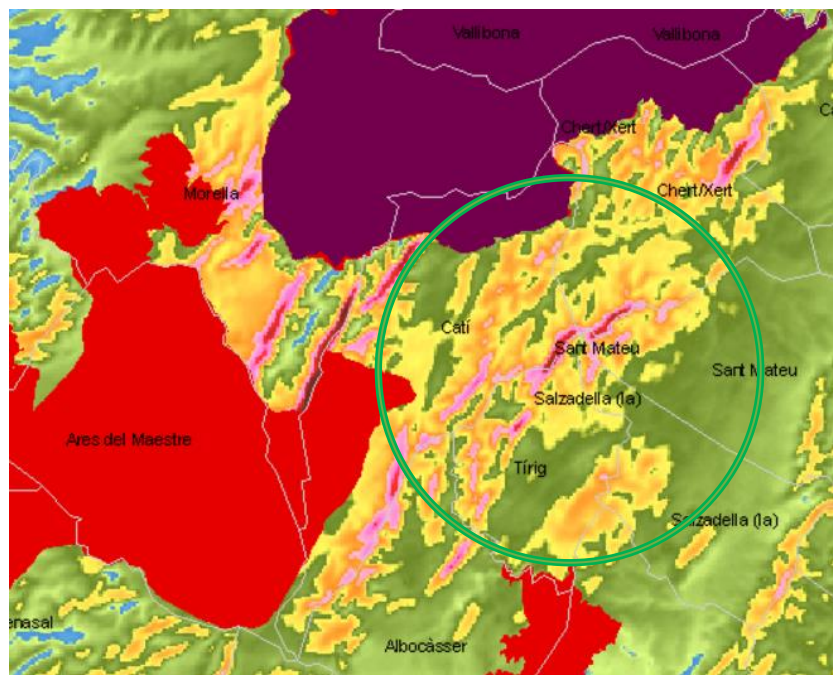


Figura 69. Zonas potenciales. Detalle zona del Alto Maestrazgo

Como se puede observar en la imagen anterior, existe una zona exenta de ser clasificada tanto como LIC o como ZEPA. Esta zona ocupa una superficie aproximada de 48 km², esta superficie, que se mostrará en la siguiente imagen, será la zona a estudiar por el resto de criterios para comprobar su viabilidad en la construcción de parque eólico.

Analizando la zona redondeada en verde según se muestra en la Figura 56, se mostrará en la siguiente imagen el perímetro de 1km establecido como distancia mínima para completar el análisis medioambiental, y descartar las ultimas zonas donde no sea viable la construcción del parque eólico por este ultimo criterio.

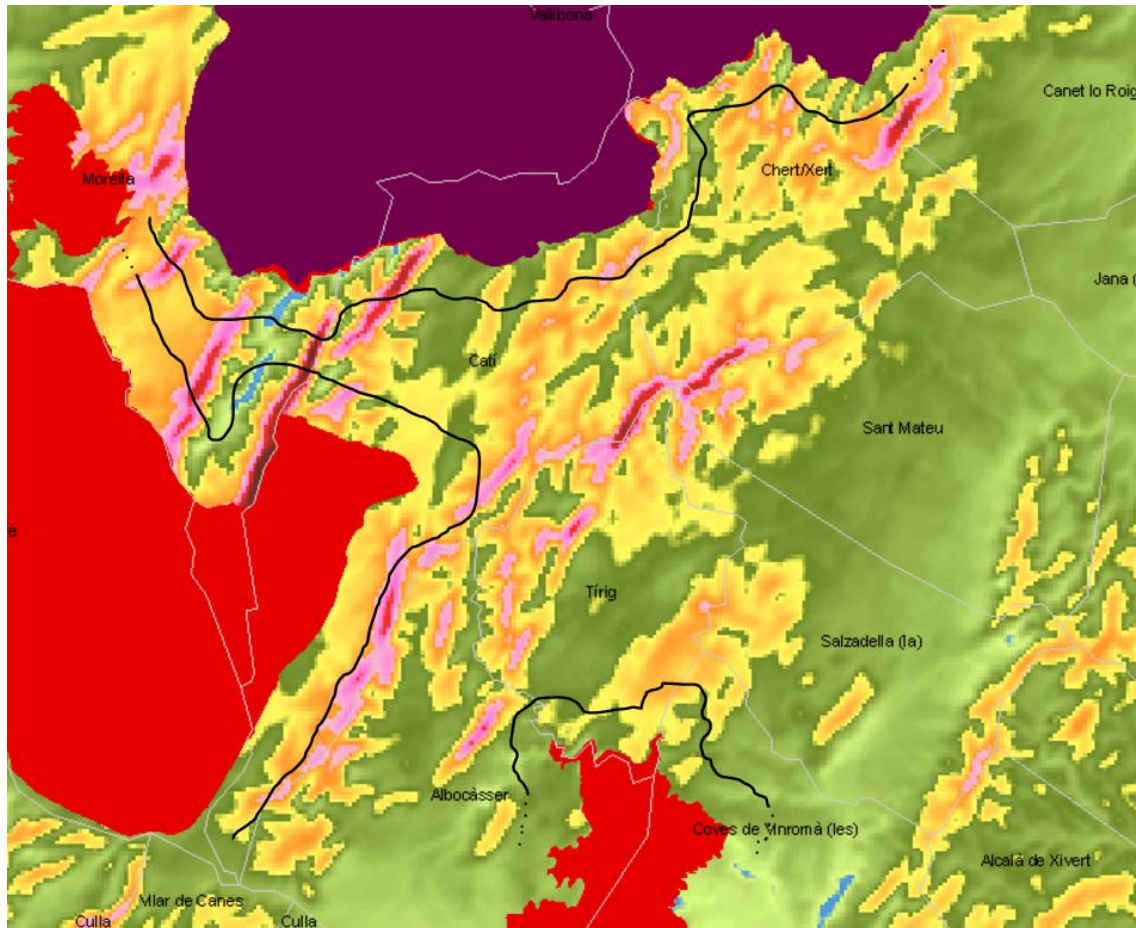


Figura 70. Zonas potenciales. Detalle límite distancia mínima zona del Alto Maestrazgo.

Tras analizar la imagen anterior, se observa como existe una gran superficie, concretamente de 121km², que cumple holgadamente los criterios ambientales, así pues, se procede al análisis logístico de la misma, siguiendo las pautas de zonas anteriores.

Para facilitar el estudio logístico de la zona, se complementa con una imagen aérea de la zona:

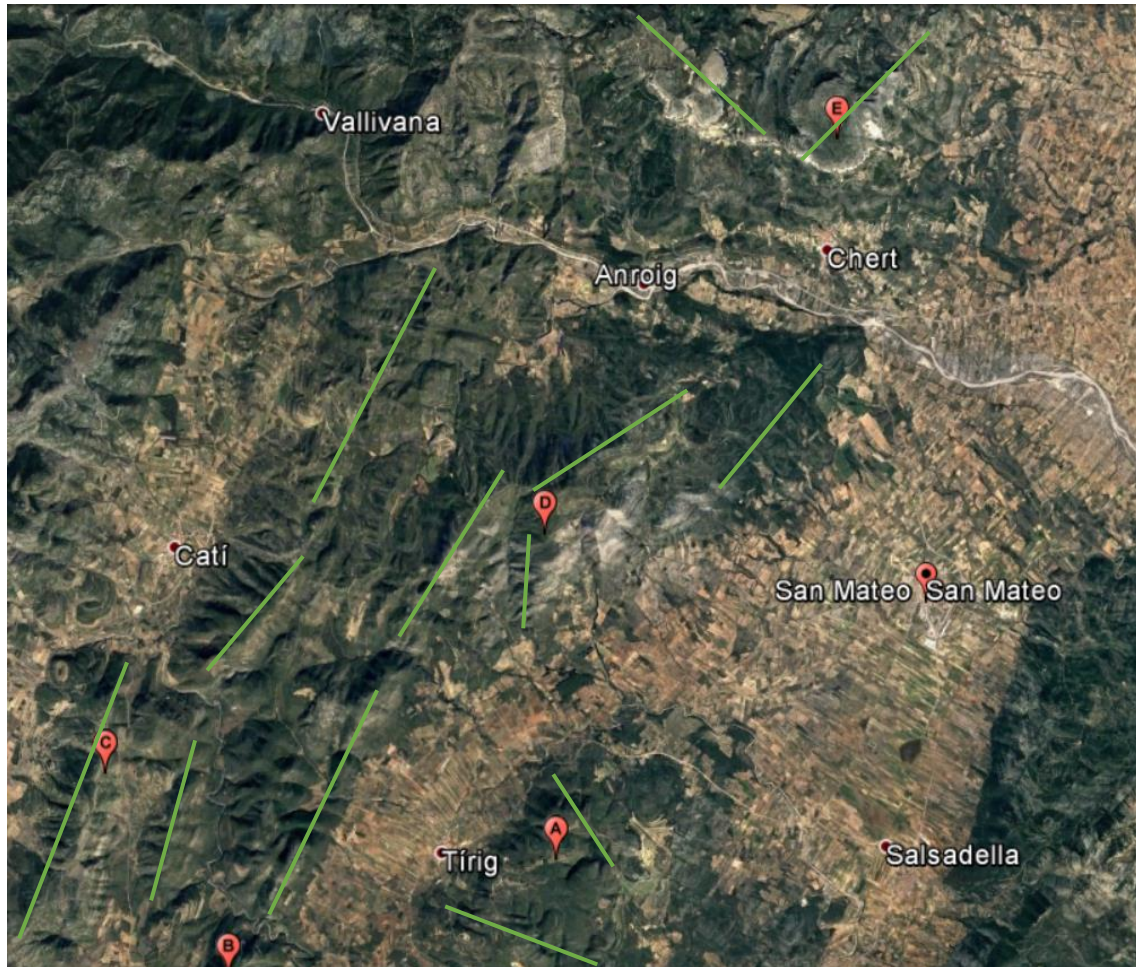


Figura 71. Zonas potenciales. Detalle límite distancia mínima zona del Alto Maestrazgo.

Comenzamos a comprobar su viabilidad logística a partir del criterio de la que la capacidad potencial del parque sea superior a los 20MW, para ello veremos qué cantidad de aerogeneradores caben en esta superficie, superficie de unos 3km² aproximadamente.

Las distancias entre los puntos son las siguientes:

A	2800m
B	9370m
C	13240m
D	14100m
E	7000m

Tabla 28. Distancias en la zona potencial del Alto Maestrazgo

Se calcula el número de aerogeneradores máximos a disponer:

Distancia mínima entre aerogeneradores: 400m

Distancia total del emplazamiento: 46510m

$$N^{\circ} \text{ aerogeneradores} = \frac{46510}{400} \approx 116 \text{ aerogeneradores}$$

$$\text{Capacidad energética} = N^{\circ} \text{ aerogeneradores} * \text{Pot. unit.} = 116 * 3.3 = 383.7 \text{ MW} > 20 \text{ MW}$$

Como bien se puede observar, esta zona cumple con holgura el criterio potencial, por consiguiente, seguimos con el resto de criterios.

Esta zona está exenta de estar ocupada por otro parque eólico y bajo los condicionantes del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, podría ser considerado un parque eólico.

Por último, y en relación a las líneas eléctricas existentes, acudiendo al mapa ofrecido por la REE, y tal y como se muestra en la siguiente imagen, existen líneas eléctricas lo suficientemente próximas para considerar que esta zona cumple este criterio.



Figura 72. Zonas potenciales. Mapa eléctrico zona del Alto Maestrazgo

7. CONCLUSIONES

Para concluir con el presente proyecto, se procede a realizar un resumen de todo el procedimiento que se ha seguido, destacando los aspectos más importantes, los resultados obtenidos y se trazaran una serie de conclusiones.

Por una parte, tras comenzar con una introducción seguida del objetivo principal de este estudio, el cual se recalca como, conocer el potencial eólico de alto rendimiento económico en la Provincia de Castellón (MW de instalación adicional) con la tecnología actual disponible, el estudio se divide en dos partes fundamentales: seleccionar el aerogenerador óptimo entre 4 opciones, y por otra parte, analizar la provincia de Castellón para encontrar las zonas viables para la construcción de un parque eólico y por tanto conocer su potencial eólico con el aerogenerador elegido anteriormente.

Así pues, comenzando por la elección del aerogenerador, se proponen 4 tipos diferentes de aerogeneradores, los cuales bajo su ficha técnica y bajo la descripción de sus desarrolladores, presentaban los mejores condicionantes para trabajar en vientos medios. Para la elección del mismo se realizaron diversos estudios tanto productivos como económicos, se estudiaron diversas características de los mismos, como su producción o sus rendimientos, y por lo que a la parte más económica respecta, se realizaron estudios como los flujos de cajas, VAN, TIR... de los mismos.

Según los datos obtenidos, se verifica que el Gamesa G-132 de 3,3MW es la opción más rentable con un VAN de 6.122.656,54€ donde se busca una rentabilidad del 4%, con un TIR del mismo del 18%, frente a sus competidores, también rentables, pero en menor medida como es el Gamesa G-128 de 5MW con un VAN de 3.562.233,31€ y la misma rentabilidad del 4% junto con un TIR del 10%. De este modo y algo más alejados en relación a las rentabilidades de los Gamesa se encuentran los Enercon, de los cuales la opción más rentable ha sido el Enercon E-126 de 4,2 MW con un VAN de 2.302.595,95€ con la misma rentabilidad del 4% y un TIR del 9%, y en último lugar se encuentra el Enercon E-101 de 3,05MW con un VAN del 1.646.679,13€, su rentabilidad del 4% con un TIR del 9%.

Como se puede observar todas las opciones son en mayor o en menor medida rentables, pero existe una clara superioridad del Gamesa G-132 de 3,3MW, y por tanto es el aerogenerador elegido para su uso en el resto del estudio, ofreciendo un PayBack de entorno a los 7-8 años.

En cuanto a la parte relacionada con las zonas más viables de la Provincia de Castellón, se recalca el empleo de tres tipos principales de criterios:

Criterio energético, mediante el cual se establece que la velocidad mínima en la que se dispondrá un emplazamiento será de 6,5 m/s, tal y como se define en los antecedentes, y tal y como se estudió de manera cooperativa en el Trabajo de Final de Grado de

Ramón-Llin Pla. Se puede observar en este criterio la importancia que tiene el viento en relación a la productividad de los aerogeneradores.

En referencia al criterio ambiental, su principal objetivo es evitar localizar posibles emplazamientos potenciales en zonas protegidas por su importancia ecológica y medioambiental, en este ámbito, se recogen zonas protegidas según la Red Natura 2000, LICs y ZEPAs. Además, para proteger la integridad de estas zonas, y respaldar el compromiso de este proyecto con el medio ambiente, se establece un círculo de seguridad respecto a estas zonas superior a 1km, es decir, no solo no podremos ubicar el parque eólico en zonas protegidas, sino que además se establece un límite a estas zonas.

Por lo que al criterio logístico se refiere, se abarcan temas como las aptitudes de las zonas para considerarlas zonas viables, como por ejemplo, que la superficie disponible sea suficiente para albergar un parque eólico de 20Mw de potencia mínima, que además este se encuentre en una zona próxima a líneas eléctricas con el fin de favorecer la viabilidad económica del proyecto, que cumpla con los criterios establecidos por el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana, y también, que el emplazamiento no esté ya ocupado por otro parque eólico.

El cumplimiento de todos y cada uno de ellos permite obtener el conjunto de zonas viables para la construcción del parque eólico. El criterio energético ha permitido distinguir 9 zonas de un potencial energético óptimo. Estas zonas se han visto reducidas en 5, gracias a los criterios ambientales y logísticos. Por tanto el conjunto de zonas viables totales suma un total de 4 zonas, la zona del Toro y Alto Palancia agrupadas por su proximidad, la zona de Benasal, y las zonas del Bajo Maestrazgo, y Alto Maestrazgo.

La suma de todas estas zonas junto con el aerogenerador seleccionado ofrece un potencial eólico sin explotar a la provincia de Castellón de 1130MW, lo que a grandes rasgos supone un abastecimiento extra a un 30% más de la población. En la actualidad, existe una potencia instalada de 586,55MW que abastece a un 20% de la población.

Comparando los resultados obtenidos junto con los resultados que se obtuvieron en el Trabajo Final de Grado de Ramón-Llin Pla, la potencia adicional instalable en la Provincia de Valencia fue de 1200MW, pudiendo triplicar la potencia existente en la provincia. Comparando las potencias, podemos observar que no existe una gran diferencia, pero se puede destacar que la superficie potencial disponible en la provincia de Valencia es superior a la de la Provincia de Castellón, pero en cambio la disponible en Castellón posee un potencial energético superior a la de Valencia. Otro aspecto destacable y positivo es el empleo de diferentes aerogeneradores en ambos proyectos, lo que resalta un gran abanico de soluciones perfectamente viable y adecuadas a las necesidades de cada uno.

Como síntesis final y aspecto crítico, la velocidad del viento es el aspecto más importante y decisivo en lo que a parques eólicos se refiere. Una velocidad de viento potencial, indica una rentabilidad prácticamente asegurada para un parque eólico.

8. LINEAS FUTURAS

Para finalizar este proyecto, quiero hablar de sus posibilidades en el futuro.

Sin duda, el aspecto más importante, y el cual sería objeto de estudio, sería el estudio de viabilidad para zonas con viento menor, pero rentable, tal y como se refleja en el estudio de la velocidad de viento en el Trabajo Final de Grado de Ramón-Llin Pla, es decir para velocidades comprendidas entre los 6m/s y los 6,5m/s.

Obviamente la rentabilidad será menor, pero no por ello deja de ser viable económicamente. Una vez explotadas las zonas viables que han sido objeto de estudio en este trabajo, se puede observar claramente en el mapa, como existe una superficie interesante que comprende estas velocidades inferiores.

Además, las tecnologías en aerogeneradores están mejorando cada vez más, incluyendo nuevos aerogeneradores, con nuevas formas aerodinámicas y multitud de mejoras en su versatilidad.

Por otro lado, la crisis económica vivida en España a lo largo de estos años, ha disminuido también la demanda energética, lo cual ha afectado también a la inversión en este tipo de energías, dicho esto, otra visión futurista sería el estudio del uso de esta fuente de energía renovable, en vistas a una recuperación económica cuya finalidad principal sería la de evitar al país, su dependencia a los combustibles fósiles.

La versatilidad que esta energía ofrece, es fantástica, además de ser respetuosa con el medio ambiente y por supuesto, una fuente de energía inagotable.

9. REFERENCIAS

(RD 661/2007) Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. «BOE» núm. 126, de 26 de mayo de 2007, páginas 22846 a 22886 (41 págs.).

AIE. Agencia Internacional de la Energía [En línea]. Recuperado el 4 de junio del 2017 de <https://www.iea.org/>

Agenergía. La energía eólica. Principios básicos y tecnología. [En línea]. Recuperado el 4 de mayo del 2017 de http://www.agenergía.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272455_eolica_ALeCuona.pdf

AEE. Asociación Empresarial Eólica. “Mapa eólico de la Comunidad Valenciana” [En línea]. Recuperado el 4 de junio del 2017 de <https://www.aeeolica.org/es/map/comunidad-valenciana/>

Foweather, (2015). Edward Foweather “Diseño de un parque de energía eólica. Aplicación en Caler a de León, Badajoz”. Trabajo Final de Grado, Grado en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Valencia.

Enercon 2017b. “Enercon E-101-3’05MW” [En línea]. Recuperado el 2 de junio del 2017 de <http://www.enercon.de/produkte/ep-3/e-101/>

Enercon 2017a. “Enercon E-126 EP4-4’2MW” [En línea]. Recuperado el 2 de junio del 2017 de <http://www.enercon.de/de/produkte/ep-4/e-126-ep4/>

Erenovable. Qué es, cómo funciona y las ventajas y desventajas de la energía eólica [En línea]. Recuperado el 3 de junio del 2017 de <http://erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/>

Gamesa 2017b. “Gamesa G128-3’3MW” [En línea]. Recuperado el 2 de junio del 2017 de <http://www.gamesacorp.com/es/productos-servicios/aerogeneradores/catalogo/gamesa-33-mw.html>

Gamesa 2017a. “Gamesa G132-5MW” [En línea]. Recuperado el 2 de junio del 2016 de <http://www.gamesacorp.com/es/productos-servicios/aerogeneradores/catalogo/productos-y-servicios-aerogeneradores-catalog.html>

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía Aplicativo del Atlas Eólico [En línea]. Recuperado el 15 de mayo de 2017 de <http://atlaseolico.idae.es/>



Pérez Martín, (2016). "T.2 Energías renovables. Energía eólica" en Aprovechamientos hidráulicos y energéticos, asignatura optativa de 4º del Grado en Ingeniería Civil, pp. 1-42.

Ramon-Llin Pla, (2016). Rafel Ramon-Llin Pla "Estudio de alternativas para un parque de energía eólica en la Comunidad Valenciana. Provincia de Valencia.". Trabajo Final de Grado, Grado en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Valencia.

REE. Redes eléctricas de España [En línea]. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de <http://www.ree.es/es/>

