

ANÁLISIS DEL RECURSO. ATLAS EÓLICO DE ESPAÑA

ESTUDIO TÉCNICO
PER 2011-2020



IDAIE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

ANÁLISIS DEL RECURSO. ATLAS EÓLICO DE ESPAÑA

Coordinador de la edición de Estudios Técnicos PER 2011-2020:

Jaume Margarit i Roset, Director de Energías Renovables de IDAE

Título: Análisis del recurso. Atlas eólico de España.

Estudio Técnico PER 2011-2020

Madrid, 2011

Dirección: José Vidal (Meteosim Truewind)

Autores:

Meteosim Truewind: Joan Aymamí, Alejandro García, Oriol Lacave, Llorenç Lledó, Miguel Mayo, Santi Parés

Coordinación y revisión IDAE: Víctor Olmos, Juan José Romero, Juan Ramón Ayuso

El presente estudio ha sido promovido por el IDAE en el marco de la elaboración del Plan de Energías Renovables (PER) en España 2011-2020. Aunque el IDAE ha supervisado la realización de los trabajos y ha aportado sus conocimientos y experiencia para su elaboración, los contenidos de esta publicación son responsabilidad de sus autores y no representan necesariamente la opinión del IDAE sobre los temas que se tratan en ella.

ÍNDICE

4	Introducción
6	Definición de la estructura global del trabajo
9	Metodología
20	Resultados. Mapas de recurso eólico
25	Resultados de la modelización
29	Estimación del potencial eólico de España
192	Productos finales del estudio

1 Introducción

Este documento constituye el Informe Final del Consultor, Meteosim Truewind S.L., elaborado con el objetivo de exponer sus actividades en la realización de la Consultoría denominada “Estudio del recurso eólico y elaboración de un mapa eólico de España” –encargado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), organismo dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio–, así como de presentar los alcances y resultados logrados en el cumplimiento de las tareas especificadas en el correspondiente contrato.

IDAE ha creído necesario elaborar un estudio del recurso eólico de España con la fiabilidad suficiente para permitir la evaluación del potencial eólico disponible a nivel de planificación, incluyendo la explotación de sus resultados mediante un sistema de información geográfica de consulta pública, cuyo ámbito de aplicación sea todo el territorio nacional, incluyendo las aguas interiores y una banda litoral marina adicional de 24 millas náuticas. La utilización de criterios uniformes facilita la comparación entre los resultados obtenidos en distintas zonas del país.

Para realizar el Atlas Eólico de España se ha recurrido a un modelo de simulación meteorológica y de prospección del recurso eólico a largo plazo, estudiando su interacción con la caracterización topográfica de España, sin llevar a cabo una campaña de mediciones específica. En cambio, sí se han utilizado datos reales del recurso para la validación de los resultados de la herramienta de simulación adoptada.

Los métodos convencionales para estudiar el potencial eólico en grandes extensiones requieren una larga y costosa campaña de medidas, la cual depende de la instalación de un gran número de torres meteorológicas perteneciente a una red homogénea de prospección. Asimismo, los modelos convencionales de flujos de viento son poco precisos ante regímenes de viento variables y territorios de orografía compleja.

Las modernas técnicas de modelización mesoescales y microescalares ofrecen una solución muy efectiva a estos problemas: combinan eficazmente la utilización de un sofisticado modelo de simulación atmosférica, capaz de reproducir los patrones de viento a gran escala, con un modelo de viento microescalar que responda a las características del terreno y a la topografía. De esta manera, se pueden llevar a cabo estudios del potencial eólico en regiones extensas con un nivel de aproximación

aceptable. Además, hay que destacar que no son necesarias mediciones reales del recurso eólico in situ para conseguir resultados razonables, si bien los datos de torres meteorológicas son imprescindibles para confirmar el potencial eólico previsto en un emplazamiento concreto. En definitiva, la modelización atmosférica mesoescalar y microescalar reduce notablemente el coste y el tiempo necesarios para identificar y evaluar zonas potencialmente prometedoras para la implantación de proyectos eólicos.

Este proyecto de IDAE ha sido desarrollado por Meteosim Truewind, compañía pionera a nivel mundial en el desarrollo e investigación de técnicas de exploración del recurso eólico mediante el sistema de modelización meso y microescalar Mesomap. El primer Mesomap fue comercializado por AWS-Truewind en el año 1999, habiéndose aplicado con éxito, en los últimos 10 años, en diferentes regiones de más de 60 países en los cinco continentes.

2 Definición de la estructura global del trabajo

El estudio se ha estructurado en dos fases claramente diferenciadas:

- Estudio del recurso eólico en España.
- Integración de los resultados en una herramienta informática a disposición pública.

A continuación se detallan los contenidos de estas dos fases:

2.1 ESTUDIO DEL RECURSO EÓLICO EN ESPAÑA

El ámbito de aplicación es todo el territorio nacional (en tierra y mar) en el que sea posible la implantación de una instalación eólica: Península Ibérica; Zona marítima del dominio público marítimo terrestre (hasta 24 millas náuticas desde la línea de base); Islas Canarias; Islas Baleares; Ceuta y Melilla.

El estudio incluye los siguientes aspectos:

1. Estudio del recurso eólico terrestre a nivel nacional.

Los resultados de este análisis se entregan mediante la elaboración del presente Informe que incluye, entre otros, los siguientes aspectos:

- Descripción de la metodología utilizada (modelo de simulación, condiciones de contorno, obtención de información, etc.)
- Validación de resultados.
- Mapas del recurso eólico a las alturas típicas de los bujes de los grandes aerogeneradores actuales. Las alturas escogidas han sido 60, 80 y 100 m. Adicionalmente, se han incluido mapas del recurso eólico a 30 m con el objeto de que sirvan de referencia para la implantación de pequeños aerogeneradores.
- Mapas de las zonas con restricciones a la implantación eólica.

2. Análisis específico del recurso eólico en cada Comunidad y Ciudad Autónoma.

Cada uno de estos apartados incluye mapas eólicos específicos, delimitación de zonas con alto potencial eólico –en términos de velocidad media, densidad energética y horas equivalentes estimadas–, extensión que cada región dispone dentro de cada banda del recurso, zonas con restricciones a la implantación eólica, y cualquier información adicional considerada de interés.

También se incluye un apartado final que resume los resultados obtenidos en las Comunidades y Ciudades Autónomas.

3. Análisis del potencial de la eólica marina.

En particular, el ámbito de estudio del dominio público marítimo-terrestre en el que se ha analizado el potencial eólico marino existente ha sido la banda litoral marina de 24 millas náuticas desde la línea de base recta (que contiene el mar territorial y la zona contigua), incluyendo las aguas interiores.

Dentro de cada apartado, se ha realizado el cálculo del potencial eólico global y por comunidades y Ciudades Autónomas, así como de las zonas marítimas, tras considerar algunas restricciones generales tanto de índole técnica como medioambientales.

2.2 INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS EN UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

El alcance de este trabajo también incluye el suministro de una aplicación en entorno Web –integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG)–, en un servidor externo al IDAE, para el acceso público a través de la Web corporativa del IDAE. Esta herramienta permitirá al usuario navegar por la cartografía digital generada –de la mayor calidad posible– de España y su dominio público marítimo-terrestre, y conocer los datos del recurso eólico estimados para cada punto de información generado en el mapa.

Las capas de información que incluye el mapa son las siguientes:

- Medioambiental, indicando las áreas con restricciones medioambientales para la implantación de parques eólicos (ZEPAs, Parques Naturales, etc.).
- Divisiones administrativas (provincias, municipios).
- Mapa Topográfico Nacional, a diferentes escalas:
 - MTN 1:1.000.000
 - MTN 1:200.000
 - MTN 1:50.000
 - MTN 1:25.000

La información que suministra el mapa para cada nodo con resolución del mallado 100 m es la siguiente:

- Datos geográficos y superficiales:
 - Coordenadas UTM.
 - Elevación.
 - Rugosidad.
- Datos del recurso eólico:
 - Velocidad del viento media anual a 30, 60, 80 y 100 m.
 - Parámetros de Weibull medios anuales a 30, 60, 80 y 100 m.
 - Velocidad del viento media estacional a 80 m.
 - Parámetros de Weibull medios estacionales a 80 m.
 - Posibilidad de que el usuario introduzca su propia curva de potencia para el cálculo de la producción.

La información que suministra el mapa para cada nodo con resolución del mallado 2.500 m es la siguiente:

- Datos geográficos y superficiales:
 - Coordenadas UTM.
- Datos del recurso eólico:
 - Rosa de vientos, en frecuencia y densidad de energía.

3 Metodología

Las técnicas convencionales en el estudio del potencial eólico requieren mucho tiempo y, a menudo, dependen de la disponibilidad de costosas torres meteorológicas. Asimismo, los modelos convencionales de flujo de viento son poco precisos ante regímenes de viento muy variables, e incluso en zonas de terreno moderadamente complejo, su exactitud decae sustancialmente con la distancia a la torre de observación más cercana.

Las técnicas de modelización mesoescalares y microescalares ofrecen una solución muy efectiva a todos estos problemas. Combinando la utilización de un sofisticado modelo de simulación atmosférica, capaz de reproducir los patrones de viento a gran escala, con un modelo de viento microescalar que responda a las características del terreno y a la topografía, se pueden llevar a cabo estudios del potencial eólico en regiones extensas con un nivel de detalle imposible de alcanzar en el pasado. Además, hay que remarcar que no son necesarios datos de viento de entrada para conseguir resultados razonablemente precisos, a pesar de que los datos de torres meteorológicas son imprescindibles para confirmar el potencial eólico previsto en un punto concreto. La modelización atmosférica mesoescalar y microescalar reduce notablemente el coste y el tiempo necesarios para identificar y evaluar regiones potencialmente prometedoras para la implantación de proyectos eólicos.

Meteosim y AWS-TrueWind son líderes mundiales en el desarrollo y la investigación en técnicas de exploración del recurso eólico, utilizando para ello la modelización meso y microescalar. El primer MesoMap fue comercializado por AWS-TrueWind en 1999. En los últimos 10 años, MesoMap se ha aplicado en regiones de más de 60 países en los cinco continentes.

El objetivo de este proyecto es utilizar MesoMap para crear un mapa del recurso eólico en España con la fiabilidad suficiente para permitir la evaluación del potencial eólico disponible. Este objetivo se ha cumplido satisfactoriamente.

3.1 MODELOS

En el corazón del sistema MesoMap está el MASS (Mesoscale Atmospheric Simulation System), un modelo numérico de predicción del estado de la atmósfera que ha sido desarrollado en los últimos 20 años por Meso Inc. (socio de Meteosim Truewind S.L.) como herramienta de investigación, así como

plataforma de generación de productos meteorológicos comerciales. El MASS simula los fenómenos físicos fundamentales que gobiernan la atmósfera, incluyendo la conservación de la masa, la cantidad de movimiento y la energía (los principios básicos de la dinámica y termodinámica clásicas). También posee un módulo de energía cinética turbulenta que tiene en consideración la viscosidad y la estabilidad térmica de la cizalladura del viento. Como modelo dinámico, el MASS simula la evolución de las condiciones atmosféricas en pasos de tiempo del orden de pocos segundos. Esto genera una fuerte demanda de recursos computacionales, especialmente cuando se trabaja en resoluciones muy elevadas.

Finalmente, el MASS se acopla a un modelo más simple y rápido, WindMap. Se trata de un modelo de conservación de masa que simula el flujo de viento. Dependiendo de la extensión y la complejidad de la región y de las necesidades del cliente, WindMap se utiliza para mejorar la resolución espacial de las simulaciones del MASS para así tener en consideración los efectos del terreno y las variaciones locales de la superficie.

3.2 BASES DE DATOS

El modelo MASS utiliza diferentes tipos de bases de datos globales, geofísicos y meteorológicos. Las principales fuentes de datos son datos de reanálisis, radiosondeo, estaciones de superficie y características del suelo.

a) Bases de datos de reanálisis

La más importante base está constituida por los datos meteorológicos históricos referidos a una red tridimensional generados por el US National Center for Environmental Prediction (NCEP) y el National Center for Atmospheric Research (NCAR). Estos datos permiten obtener una instantánea de las condiciones meteorológicas en todo el globo a distintas alturas y a intervalos de 6 horas. Combinando los datos de radiosondeo, superficie y el reanálisis, se establecen las condiciones iniciales, así como las condiciones de contorno actualizadas para las simulaciones del modelo MASS. El MASS, por él mismo, determina la evolución de las condiciones atmosféricas. Como los datos de reanálisis tienen poco detalle, el MASS se ejecuta para toda una serie de simulaciones sucesivas, cada una de las cuales utiliza como entrada los datos de salida de la simulación precedente, hasta llegar al nivel de detalle deseado.

b) Bases de datos de radiosondeo y estaciones de superficie

Los radiosondeos y las estaciones de superficie constituyen las observaciones de la red sinóptica internacional. Las estaciones de superficie son numerosas aunque no suelen estar situadas en los emplazamientos con mayor relevancia eólica; muchas de ellas están ubicadas en aeropuertos u otras ubicaciones muy urbanizadas para facilitar su mantenimiento. Mucho más escasos son los radiosondeos, que no son más que estaciones meteorológicas en miniatura que se acoplan a un globo hinchado con un gas más ligero que el aire y que por consiguiente se eleva en la atmósfera registrando diferentes variables meteorológicas en su ascensión.

c) Bases de datos geofísicos

Las bases de datos geofísicos de entrada que se utilizan son, principalmente, la elevación y los usos del suelo, índice de vegetación y valores climatológicos de la temperatura del agua del mar.

Los datos de elevación utilizados en MesoMap han sido generados y compilados en un modelo de elevación digital del terreno (DEM) con una resolución nominal de 90 m en el marco del proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) por el National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) y la National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Los usos del suelo son de la base elaborada dentro del programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual se inicia el 27 de junio de 1985 en virtud de una decisión del Consejo de ministros de la Unión Europea (CE/338/85), a partir de la clasificación de imágenes Landsat Thematic Mapper, con una resolución de 100 m.

3.3 SISTEMAS DE CÁLCULO Y DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

El sistema MesoMap requiere una gran potencia de cálculo y de almacenamiento para poder generar los mapas de recurso eólico con una resolución espacial elevada y en un tiempo razonable. Para alcanzar este objetivo, se han utilizado un total de 56 procesadores y más de 3 Terabytes de datos.

Como cada día simulado por un procesador es completamente independiente del resto de días,

el proyecto se puede realizar en paralelo en este sistema 56 veces más deprisa que utilizando un solo procesador. Dicho de otro modo, un proyecto típico de MesoMap que tardaría más de dos años en completarse con un solo procesador, puede ser completado en dos semanas.

3.4 PROCESO DE GENERACIÓN DE LOS MAPAS DE POTENCIAL EÓLICO

El sistema MesoMap genera los mapas de potencial eólico en tres pasos. En primer lugar, el MASS simula las condiciones atmosféricas de 366 días seleccionados de entre un periodo de 15 años. Los días se eligen a través de un esquema aleatorio estratificado para que cada uno de los meses y estaciones del año estén igualmente representados en la muestra. Sólo el año es elegido de manera completamente aleatoria. Cada simulación genera el viento y otras variables meteorológicas (como pueden ser la temperatura, la presión, la humedad, la energía cinética turbulenta o el flujo de calor) en tres dimensiones en el dominio de integración, y la información se guarda en salidas horarias. Una vez realizadas las simulaciones, los resultados se compilan en archivos resumen, que constituyen la entrada al modelo WindMap en la segunda etapa de realización de los mapas. La etapa final es la simple transformación de estos resultados numéricos en mapas, lo que se hace con la ayuda de las herramientas que proporciona un sistema de información geográfica. Para este estudio se ha utilizado el software informático IDRISI (Clark Labs) y ArcMap 9.0 (ESRI) junto con código y aplicaciones propias del Consultor.

Tanto el viento medio anual como la densidad de potencia son productos finales del modelo de microescala, dado que éste ha sido elaborado por el Consultor y se ha orientado específicamente al estudio del recurso eólico, aunque el motivo último por el que son obtenidos estos parámetros es el hecho de que el viento y la densidad son variables primitivas del modelo de mesoescala. Esto quiere decir que son justamente las variables que se calculan por el MASS en toda la malla tridimensional en cada paso de integración. A partir de la velocidad del viento y la densidad del aire, es relativamente sencillo calcular la densidad de potencia, para cada instante de tiempo.

Los dos productos principales de todo este proceso son (1) mapas del viento medio y mapas de densidad de potencia a distintas alturas sobre el suelo (30, 60, 80 y 100 m), y (2) archivos de datos que contienen los parámetros de las distribuciones de frecuencias de la velocidad y dirección del viento. Los mapas y los datos de velocidades se comparan con observaciones realizadas en torres meteorológicas sobre la superficie terrestre o sobre el mar y, en caso de observarse discrepancias significativas, se pueden realizar ajustes a posteriori.

3.5 FACTORES QUE AFECTAN A LA PRECISIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE VIENTO MEDIO

Según la experiencia del Consultor, las fuentes más importantes de error en las estimaciones del potencial eólico mediante el sistema MesoMap pueden ser las siguientes:

- Escala finita de la red de simulación.
- Errores en las propiedades estimadas, como la rugosidad del terreno.
- Errores en las bases de datos de topografía y usos del suelo.

La escala finita de la red discreta de simulación produce una suavización de la orografía. Por ejemplo, una cordillera de 2.000 m sobre el nivel del mar sólo tiene 1.600 m para el modelo. Donde el flujo del viento es forzado por el terreno, esta suavización conlleva una subestimación de la velocidad del viento sobre la cordillera. Por el contrario, donde las montañas bloquean el flujo, esta suavización conduce a una sobreestimación del recurso eólico. El problema de la escala finita de la red de simulación se puede solventar aumentando la resolución de las simulaciones, pero con un elevado coste en el tiempo de cálculo.

Los errores en los datos topográficos y del suelo pueden, obviamente, afectar las estimaciones del potencial eólico. Mientras que los datos de elevación son generalmente muy fiables, los errores en los datos de los usos del suelo son más frecuentes como consecuencia de una mala clasificación de las imágenes aéreas y satelitales. Se ha estimado que la base de datos de 1 km de resolución utilizada en las simulaciones del MASS tiene una fiabilidad del 70%. La utilización de bases de datos del terreno y del suelo es mucho más precisa en la etapa de WindMap, permitiendo corregir estos errores introducidos en las simulaciones del MASS. La siguiente figura muestra la topografía resuelta por el modelo microescalar:

Figura 1. Topografía resuelta por el modelo de microescala



Aunque la base de datos de usos del suelo estuviese correctamente catalogada, existe siempre una incertidumbre en las propiedades físicas que deben ser asignadas a cada uno de los tipos, especialmente las referentes a la altura característica de la vegetación y el parámetro de rugosidad. La categoría bosque, por ejemplo, incluye distintas variedades de árboles, con distintas alturas, densidades y follaje, y otras características que afectan a la rugosidad de la superficie. Asimismo, la categoría cultivo puede incluir algunos edificios o árboles salteados, etc. Incertidumbres como esta se pueden superar incorporando más información de la región de interés a través de fotografías aéreas o trabajos de campo. Evidentemente, esto no ha sido factible en este proyecto ya que la región estudiada es muy extensa.

3.6 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROYECTO

Para poder llevar a cabo el presente proyecto, han sido necesarias importantes cantidades de recursos computacionales y humanos. El modelo de mesoescala se ha ejecutado por parte de los especialistas en predicción numérica del tiempo del Consultor durante 7 días completos en 56 procesadores ubicados en la sede del Consultor, utilizando una memoria de almacenamiento total cercana a los 500 GB. Previamente a ello, hubo que recopilar y procesar las bases de datos relevantes de las que se alimenta el modelo y que han sido descritas con anterioridad.

Posteriormente, se ejecutó el modelo microescalar, que por ser mucho más simple y emplear una salida limitada del modelo MASS, empleó recursos más modestos: 4 PCs de doble procesador con un tiempo de cálculo aproximado de dos días.

Finalmente, se elaboraron los mapas de velocidad media y densidad de potencia, junto con la multitud de parámetros adicionales y la cartografía de apoyo, con el software de ESRI ArcGIS Desktop.

En el presente proyecto se ha utilizado la configuración estándar de MesoMap. El MASS se ha ejecutado sobre las siguientes regiones anidadas:

- Paso de malla de la región exterior: 30 km.
- Paso de malla de la región intermedia: 10 km.
- Paso de malla de la región interior final: 2,5 km.

Como datos de entrada se han utilizado los datos meteorológicos y fisiográficos habituales: en el dominio exterior, se han incorporado los datos históricos de los reanálisis generados por NCEP/NCAR, radiosondeos, observaciones de superficie, y datos de temperatura del mar asimilados desde satélite. El programa Windmap ha acabado por ajustar las estimaciones del potencial eólico, reflejando así las distintas propiedades topográficas y de rugosidad, a partir de las bases citadas en la sección 3.2 con un paso de malla de 100 m.

El modelo microescalar WindMap ha sido ejecutado con una resolución de 100 m con la proyección UTM, zona 30N, datum WGS84, excepto en Canarias, donde se ha ejecutado con idéntica proyección, pero en la zona 28N.

Para obtener el parámetro de rugosidad a partir de los usos del suelo se ha utilizado la Tabla 1. Se estima que estos valores son los típicos para la región de interés, a pesar de que los valores de rugosidad para cada una de las clases pueden variar en un amplio rango dependiendo de las especificidades de cada localización.

Tabla 1. Valores de la rugosidad superficial para los distintos tipos de superficies

Descripción	Rugosidad (m)
Glaciares y nieves perpetuas	0,003
Cultivos	0,03
Prados y herbazales	0,05
Terrenos con arbustos	0,07
Bosques caducifolios	0,60
Bosques perennifolios y mixtos	0,75
Zonas urbanas	0,75

El parámetro de rugosidad no es la única propiedad superficial que tiene un efecto directo sobre las velocidades cerca del suelo. Donde existe una vegetación densa, por ejemplo, el viento puede penetrar por las copas, desplazando el aire estancado sobre el suelo, y reduciendo así la velocidad observada a una cierta altura. La altura del desplazamiento se define como la altura para la cual

el viento se hace nulo en la expresión logarítmica de la cizalladura del viento.

Esta expresión es la siguiente:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\ln\left(\frac{z_2 - d}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1 - d}{z_0}\right)}$$

En esta expresión d es la altura de desplazamiento, z_1 y z_2 son dos niveles diferentes donde se mide el viento (v_1 y v_2), y z_0 es la altura de la rugosidad (generalmente mucho menor a z_1 y z_2). Evidentemente, cuando $z_2 = d + z_0$, se cumple $v_2 = 0$.

Se considera generalmente que la altura de desplazamiento es de dos terceras o tres cuartas partes la altura de la vegetación. En este proyecto, se ha supuesto que la altura de desplazamiento era 10 veces el valor de la rugosidad, que a su vez se ha definido como el 75% de la altura máxima de la vegetación. Para los valores de rugosidad correspondientes a bosques caducifolios de rugosidad 0,6 m, resulta una altura de desplazamiento de 6 m.

El efecto de este desplazamiento en altura es el de reducir la velocidad del viento próximo a la superficie y, por tanto, aumentar la cizalladura del viento en las capas más bajas de la atmósfera. También puede reducir la velocidad del viento en pequeños claros de vegetación, ya que el suelo pasa a verse como una hondonada de profundidad d por debajo de las copas. El impacto de esta hondonada en la velocidad del viento disminuye a medida que su extensión (la del claro) es suficientemente grande como para que el flujo de viento alcance el equilibrio con la nueva altura efectiva. Por regla general, la extensión del claro tendría que ser, como mínimo, unas 20 veces la altura de desplazamiento para que el efecto fuera imperceptible en su centro, a pesar de que en ciertas condiciones la extensión mínima puede llegar a ser aún mayor.

Cálculo de horas equivalentes brutas (solo en herramienta GIS de uso interno)

La información de producción energética se suele sintetizar, en el campo de la energía eólica, en lo que se llaman *horas equivalentes*. Este término expresa el número de horas que debería funcionar el/los aerogenerador/es a su potencia nominal para producir la misma energía que en término medio

se produciría en un año. Sabiendo que un año tiene 8.760 horas, las horas equivalentes dan una buena referencia, sobre todo comparativa, del rendimiento de un parque eólico.

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo de mesoescala simula las condiciones atmosféricas horarias sobre la zona de interés para un año representativo del largo plazo. Por tanto, escalando con los valores de viento obtenidos en microescala, se puede generar una serie de viento para 8.760 horas de un año representativo para cada uno de los puntos del área de interés. Cruzando la frecuencia de cada una de las velocidades con la curva de potencia de un aerogenerador, se puede realizar una estimación de la producción media anual o de las horas equivalentes con la misma resolución que la modelización de microescala.

El Consultor ha elaborado mapas de horas equivalentes brutas, sin tener en cuenta las pérdidas por efecto estela, eléctricas, de disponibilidad del parque o de la línea eléctrica, etc. Para estimar las horas equivalentes de funcionamiento netas habría que aplicar un factor de corrección de pérdidas que, en general, supondría restar entre el 10 y el 20% del valor obtenido en horas brutas.

Para la generación de los mapas de horas equivalentes brutas se han utilizado cuatro curvas de potencia de aerogeneradores tipo representativos de las tres clases especificadas en la International Standard IEC 61400-1. Third Edition 2005-08. (Wind turbines – Part1: Design requirements. IEC, 2005), así como la curva de potencia tipo estimada para una máquina diseñada específicamente para parques eólicos marinos (denominada en este Estudio como clase offshore), que sería de aplicación en la banda litoral marina de estudio.

A continuación se muestran las curvas de potencia tipo empleadas –para una potencia nominal del aerogenerador de 2 MW en emplazamientos en tierra, y de 3 MW para emplazamientos marinos– a diferentes densidades del aire:

Tabla 2. Curva de potencia representativa de 2 MW (Clase I). Valores en kW

V (m/s)	Densidad (kg/m ³)						
	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,225	1,24
4	56,3	58,5	60,8	63,0	65,2	66,3	67,5
5	133	137	141	146	150	152	154
6	246	253	261	269	276	280	284
7	404	415	427	439	451	457	463
8	611	629	646	664	682	690	699
9	867	891	916	941	965	978	990
10	1.151	1.183	1.216	1.248	1.280	1.296	1.311
11	1.437	1.475	1.512	1.547	1.581	1.598	1.614
12	1.687	1.722	1.753	1.781	1.807	1.818	1.830
13	1.859	1.881	1.900	1.915	1.929	1.935	1.940
14	1.947	1.958	1.966	1.973	1.978	1.980	1.982
15	1.983	1.987	1.990	1.992	1.994	1.995	1.995
16	1.995	1.996	1.997	1.998	1.998	1.999	1.999
17	1.999	1.999	1.999	1.999	2.000	2.000	2.000
18	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
19	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
20	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
21	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
22	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
23	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
24	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
25	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Tabla 3. Curva de potencia representativa de 2 MW (Clase II). Valores en kWh

V (m/s)	Densidad (kg/m ³)						
	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,225	1,24
4	68	71	74	77	80	82	84
5	151	156	161	166	171	174	177
6	279	288	297	307	316	321	326
7	465	479	494	509	524	532	540
8	715	737	759	781	804	815	826
9	1.039	1.070	1.101	1.132	1.164	1.180	1.196
10	1.431	1.471	1.511	1.551	1.592	1.612	1.633
11	1.768	1.795	1.822	1.849	1.876	1.890	1.903
12	1.949	1.960	1.972	1.983	1.994	2.000	2.000
13	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
15	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
16	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
17	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
18	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
19	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
20	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
21	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
22	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
23	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
24	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
25	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Tabla 4. Curva de potencia representativa de 2 MW (Clase III). Valores en kW

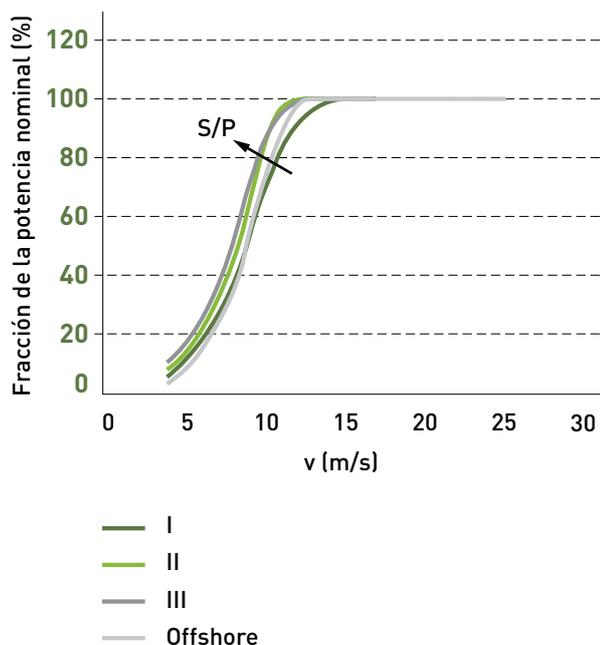
V (m/s)	Densidad (kg/m ³)						
	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,225	1,24
4	79	81	84	87	90	91	93
5	175	181	186	192	197	200	203
6	319	328	338	347	357	362	366
7	520	535	550	565	580	588	595
8	787	810	832	855	877	889	900
9	1.114	1.145	1.177	1.208	1.240	1.256	1.271
10	1.460	1.501	1.541	1.580	1.619	1.637	1.655
11	1.768	1.806	1.840	1.869	1.894	1.904	1.914
12	1.945	1.960	1.972	1.980	1.986	1.988	1.990
13	1.993	1.996	1.997	1.998	1.999	1.999	1.999
14	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
15	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
16	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
17	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
18	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
19	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
20	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
21	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
22	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
23	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
24	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
25	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Tabla 5. Curva de potencia representativa de 3 MW (Offshore). Valores en kW

V (m/s)	Densidad (kg/m ³)						
	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,225	1,24
4	56	58	60	62	65	66	67
5	174	180	186	192	197	200	203
6	350	360	370	380	390	394	399
7	588	604	620	636	651	659	666
8	906	931	955	979	1.003	1.014	1.026
9	1.312	1.347	1.382	1.417	1.451	1.467	1.484
10	1.807	1.855	1.902	1.948	1.994	2.016	2.039
11	2.324	2.375	2.425	2.475	2.523	2.547	2.571
12	2.734	2.770	2.805	2.840	2.874	2.891	2.908
13	2.944	2.956	2.967	2.979	2.990	2.995	3.001
14	2.997	2.998	2.999	2.999	3.000	3.000	3.000
15	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
16	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
17	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
18	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
19	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
20	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
21	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
22	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
23	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
24	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
25	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

En la siguiente figura podemos observar la forma de las cuatro curvas de potencia, a la densidad del aire normal al nivel del mar ($1,225 \text{ kg/m}^3$), normalizadas en potencia nominal para facilitar la comparación:

Figura 1.b. Curvas de potencia tipo empleadas en el estudio para densidad del aire $1,225 \text{ kg/m}^3$



Generalmente, las curvas de potencia de las máquinas diseñadas para emplazamientos de la clase inferior (III, en tierra firme, según la norma IEC-61.400-1), a igualdad de potencia nominal, al aumentar la velocidad de viento incidente extraen mayor potencia del aire, alcanzando la potencia nominal a velocidades inferiores (denominada velocidad nominal) y cesando la generación también a menores velocidades (denominada velocidad de corte).

Los aerogeneradores de clases inferiores se instalan en los emplazamientos con velocidades medias de viento más bajas y ráfagas máximas comprobadas históricamente moderadas. Ello permite incrementar la superficie barrida por el rotor y diseñar el conjunto de la máquina con un coste racional, obteniendo una elevada producción energética en comparación con las máquinas de clase más elevada.

Por el contrario, las máquinas de clases superiores (Clase I) están diseñadas para soportar las más altas solicitaciones en los emplazamientos con regímenes de viento más exigentes, siendo el área barrida por el rotor inferior. Aunque generan menos energía a velocidades de viento bajas, en parte se compensa

por el mayor aprovechamiento de la curva de potencia en los rangos altos de velocidad y la producción a velocidades de viento inalcanzables para la clase inferior (por haber superado su velocidad de corte). La velocidad de supervivencia que estas máquinas son capaces de soportar es más elevada que la de las clases inferiores.

El estudio exhaustivo del régimen local de vientos incidente y de los extremos estadísticos en el emplazamiento, así como de la turbulencia asociada a la corriente fluida y especialmente el análisis del perfil vertical de vientos, servirá para elegir la máquina con la clase más acertada para maximizar la generación eléctrica a largo plazo con un coste de inversión y de operación y mantenimiento razonable.

4 Resultados.

Mapas de recurso eólico

En este apartado se representa el recurso eólico existente en el territorio nacional, en términos de velocidad de viento media y densidad de potencia energética, como resultado de aplicar la metodología descrita.

A continuación, se indican las alturas de referencia consideradas:

- 30 m, pretendiendo que sirva de referencia para el recurso eólico aprovechable con aerogeneradores de pequeña potencia.
- 60, 80 y 100 m, que se consideran un rango de alturas de buje representativas de los aerogeneradores comerciales de media y gran potencia existentes en el mercado.

4.1 MAPAS DE VELOCIDADES

Para la representación visual, se ha utilizado una paleta de colores que pretende que pueda apreciarse rápidamente el nivel del recurso eólico disponible en cada zona:

- Bajo: velocidad de viento medio anual (v) < 5 m/s, en tonos azulados.
- Medio-bajo: $5 \text{ m/s} \leq v < 6,5 \text{ m/s}$, en tonos verdosos.
- Medio-alto: $6,5 \text{ m/s} \leq v < 8 \text{ m/s}$, en tonos amarillos y naranjas.
- Elevado: $v \geq 8 \text{ m/s}$, en tonos rosas y rojizos.

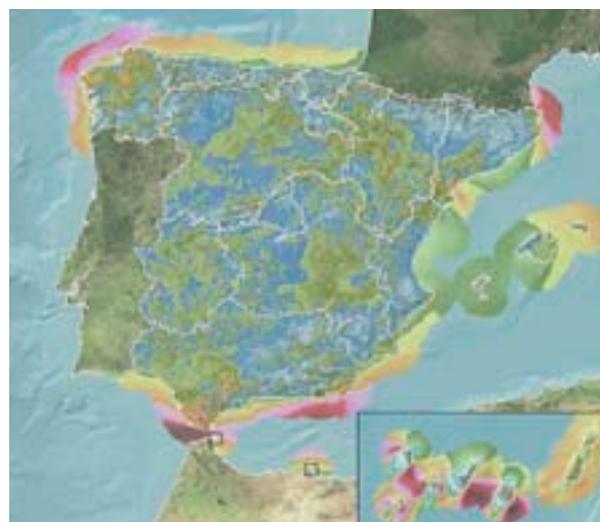
Figura 2. Viento medio anual a 30 m de altura



Viento medio a 30 m (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Figura 3. Viento medio anual a 60 m de altura



Viento medio a 60 m (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Figura 4. Viento medio anual a 80 m de altura



Viento medio a 80 m (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Figura 5. Viento medio anual a 100 m de altura



Viento medio a 100 m (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Analizando exclusivamente aquellas áreas del territorio que presentan velocidades medias anuales mayores de 6 m/s a 80 m, puede delimitarse, a grandes rasgos, el territorio útil disponible inicialmente para la explotación eólica. Ello permite además apreciar de una manera nítida las zonas más ventosas de España:

- Galicia, bajo la influencia de los frentes atlánticos, con máximos en su vértice noroeste, que disminuyen a medida que se avanza hacia el interior.
- El valle del Ebro, abrazando las Comunidades de Castilla y León, Navarra, Aragón y Cataluña, bajo la influencia del “Cierzo”, que se manifiesta con fuerza en las situaciones de viento del noroeste.
- Extremo nordeste de Cataluña y la isla de Menorca, bajo la influencia de fuertes vientos de componente norte, que reciben el nombre de “Tramontana”.
- Castilla-La Mancha, principalmente en el oeste de la provincia de Albacete, donde los vientos de poniente se canalizan en los límites del Sistema Ibérico y las Béticas.
- Islas orientales del archipiélago canario, por su exposición a los vientos “Alisios”, procedentes del nordeste.
- Sur de Andalucía, donde el Estrecho de Gibraltar canaliza los vientos de componente oeste.

La figura siguiente, a la que se le ha aplicado un filtro de velocidades medias anuales, permite distinguir visualmente las zonas referidas:

Figura 6. Distribución de las zonas con viento medio anual a 80 m de altura superior a 6 m/s



Viento medio a 80 m (m/s)

< 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

4.2 MAPAS DE DENSIDADES DE POTENCIA

Los mapas que se presentan a continuación describen la densidad de potencia total portada por el viento, a las mismas alturas de referencia utilizadas en los mapas de velocidad media anual. Se aprecian, como cabe esperar, las mismas zonas propicias a la instalación de parques eólicos que se observan en los mapas de viento medio (si bien corresponde puntualizar que la potencia depende del cubo de la velocidad y también existiría cierta influencia en función de la densidad del aire).

En este caso, el nivel mínimo recomendado para la rentabilidad de los proyectos eólicos con la tecnología disponible, podría situarse en unos 250 W/m², para los emplazamientos en tierra, y en unos 400 W/m² para localizaciones marinas.

Figura 7. Densidad de potencia media anual a 30 m de altura



Densidad de potencia a 30 m (W/m²)



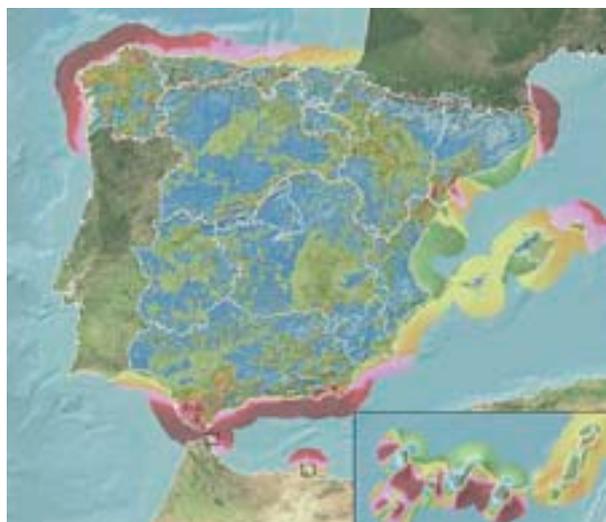
Figura 9. Densidad de potencia media anual a 80 m de altura



Densidad de potencia a 80 m (W/m²)



Figura 8. Densidad de potencia media anual a 60 m de altura



Densidad de potencia a 60 m (W/m²)



Figura 10. Densidad de potencia media anual a 100 m de altura



Densidad de potencia a 100 m (W/m²)

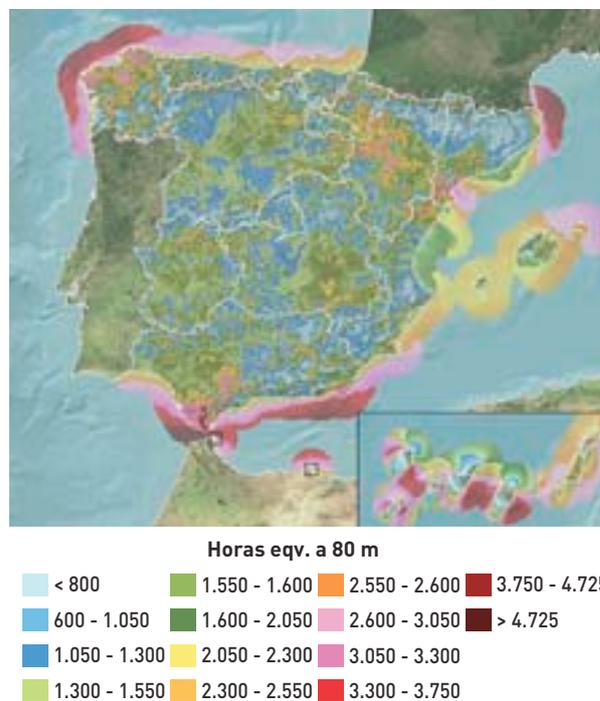


4.3 MAPAS DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO EQUIVALENTE

Finalmente, el mapa de horas equivalentes muestra la producción bruta estimada para un determinado modelo de aerogenerador. Cabe resaltar que estos resultados deben tomarse con muchas reservas, no sólo por los errores inherentes al método empleado, sino también por el hecho de que no todos los aerogeneradores son aptos para un emplazamiento específico, como ya se ha mencionado: los aerogeneradores se clasifican en clases reguladas por la International Electrotechnical Commission (IEC), según el régimen de vientos para el que están preparados, caracterizado por el viento medio anual, por la racha máxima de viento esperada en un periodo de tiempo, y por la turbulencia ambiental. La determinación de estos últimos factores exige un análisis muy concreto de cada emplazamiento, que no está al alcance de la metodología empleada en este estudio, por su carácter global.

Como ejemplo, en la siguiente figura se muestran los valores correspondientes a aplicar la curva de potencia tipo de clase I (descrita en la tabla 2).

Figura 11. Horas equivalentes brutas a 80 m de altura (Clase I)



5 Resultados de la modelización

Para contrastar los resultados de MesoMap, se ha utilizado información de diversas torres meteorológicas distribuidas por España, todas ellas a una altura mínima de 40 m. Dichos datos se procesaron en términos de valores medios anuales de velocidades (m/s), disponibilidad anual de datos (%), duración del periodo de medición (meses), altura de medición (m) y coordenadas del emplazamiento de cada uno de los puntos de medida. Los datos de las 47 estaciones fueron extrapolados, para poder compararlos con el estudio, al nivel común de 80 m. Los resultados de dicho contraste se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla 6. Comparación torres meteorológicas y modelización

Estación	VEL80 (m/s)	MM80 (m/s)	Sesgo (m/s)
1	5,34	6,16	0,82
2	7,82	8,09	0,27
3	5,78	6,65	0,87
4	7,29	6,97	-0,32
5	6,90	8,24	1,34
6	6,08	7,07	0,99
7	8,10	7,55	-0,55
8	7,72	6,9	-0,82
9	7,10	6,91	-0,19
10	7,40	7,02	-0,38
11	6,80	6,89	0,09
12	6,60	6,58	-0,02
13	7,68	7,91	0,23
14	7,20	7,08	-0,12
15	7,60	7,72	0,12
16	6,77	7,24	0,47
17	8,17	8,44	0,27

(Continuación)

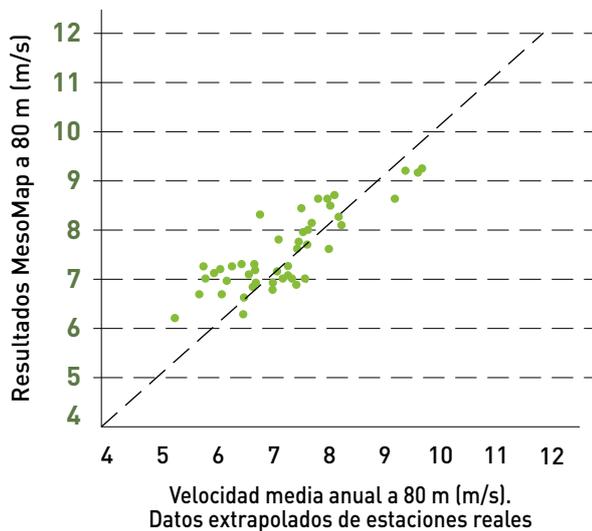
Estación	VEL80 (m/s)	MM80 (m/s)	Sesgo (m/s)
18	6,59	6,25	-0,34
19	7,55	6,83	-0,72
20	9,31	8,57	-0,74
21	8,35	8,06	-0,29
22	6,76	6,8	0,04
23	9,50	9,14	-0,36
24	7,76	7,95	0,19
25	8,09	8,58	0,49
26	8,32	8,19	-0,13
27	7,72	7,65	-0,07
28	9,76	9,14	-0,62
29	7,45	6,96	-0,49
30	6,82	7,17	0,35
31	7,54	7,57	0,03
32	7,63	8,34	0,71
33	7,41	7,22	-0,19
34	7,11	6,74	-0,37
35	6,67	7,03	0,36
36	9,82	9,21	-0,61
37	7,95	8,58	0,63
38	8,22	8,65	0,43
39	5,91	6,96	1,05
40	6,80	7,15	0,35
41	6,13	7,11	0,98

(Continuación)

Estación	VEL80 (m/s)	MM80 (m/s)	Sesgo (m/s)
42	6,37	7,2	0,83
43	7,21	7,76	0,55
44	6,52	7,23	0,71
45	6,19	6,63	0,44
46	5,86	7,2	1,34
47	6,28	6,91	0,63
Promedio	7,32	7,49	0,18

La comparativa muestra un sesgo promedio reducido, si bien es necesario analizar la desviación existente respecto a cada medida. Las siguientes gráficas, por su simplicidad, permiten extraer alguna conclusión genérica sobre los resultados. En primer lugar, se indica el comportamiento de la modelización respecto a las medidas:

Figura 12. Comparación entre los resultados de Mesomap y las mediciones eólicas reales extrapoladas a 80 m de altura, en términos de velocidad media anual. La línea muestra la previsión perfecta

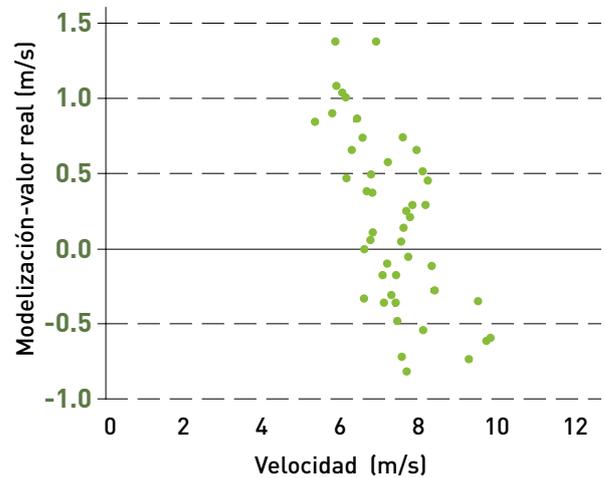


En general, la modelización con la resolución empleada permite localizar y distinguir los emplazamientos con un interesante recurso eólico, como muestra el seguimiento de la tendencia de las medidas.

La siguiente gráfica, que representa la dispersión del estudio (modelización-valor real extrapolado a

80 m de altura) en función de las velocidades, ilustra el comportamiento y alguna de las limitaciones de las técnicas de modelización:

Figura 13. Sesgo del modelo en función de la velocidad del viento, a 80 m de altura



Puede apreciarse la tendencia del modelo a sobreestimar los vientos bajos y a subestimar los vientos altos. Esto responde a una limitación inevitable de la técnica empleada, pues uno de los efectos de cualquier modelización es la suavización de los campos de cualquier magnitud, para representar en un único nodo todos los valores de su entorno. El MASS divide la atmósfera en un mallado tridimensional. En cada nodo de ese mallado, las variables toman un valor promedio que es representativo de un cubo alrededor de ese nodo, lo que conduce a una pérdida de información de los extremos. Este efecto es más pequeño cuanto mayor es la resolución microescalar, pero existe incluso en resoluciones tan altas como la de este estudio (mallado de 100 m).

En síntesis, se han extraído las siguientes conclusiones:

- Existen limitaciones inherentes a la metodología, que recomiendan prudencia en la aceptación incondicional de los resultados en un emplazamiento concreto, sobre todo ante previsiones del modelo de vientos bajos.
- El método presenta una especial utilidad para la prospección de las zonas con mayor recurso eólico.
- El estudio, en términos generales, permite obtener una aproximación razonable sobre el potencial eólico de grandes extensiones.
- Dado un emplazamiento concreto, el sistema permite estimar su recurso eólico en una fase inicial

de proyecto, pero para su determinación precisa deberán realizarse campañas de prospección "in situ" durante el tiempo suficiente (su duración dependería de la disponibilidad de medidas históricas fiables de referencia en estaciones cercanas, validadas previamente), mediante la instalación de una o varias torres meteorológicas (en función de la extensión y/o de la complejidad del terreno a evaluar) con la instrumentación precisa –calibrada según normas– situada lo más cerca posible de la altura del buje de los aerogeneradores que se prevén montar. Tras el procesamiento de los datos obtenidos y su posterior análisis se habrán reducido en gran medida las incertidumbres asociadas a la modelización, tanto desde el punto de vista de la extrapolación horizontal y vertical como temporal. La información eólica será básica para seleccionar el aerogenerador más adecuado al emplazamiento en cuestión y garantizar durante su vida útil la productividad e integridad estructural de los equipos, gracias al análisis de vientos extremos a partir de datos de ráfagas a largo plazo, y de intensidad de turbulencia para velocidades de viento elevadas.

6 Estimación del potencial eólico de España

6.1 EÓLICA TERRESTRE

6.1.1 Metodología empleada para la estimación del potencial eólico terrestre

Como parte del estudio, se ha realizado una estimación del potencial eólico total aprovechable en España, a partir de unos supuestos comunes a todo el territorio nacional. La mayor relevancia de este estudio proviene precisamente de que los criterios e hipótesis de partida considerados son los mismos para todas y cada una de las comunidades autónomas, por lo que permite realizar valoraciones sobre el potencial eólico existente en cada región. El conocimiento de los potenciales en cada comunidad y ciudad autónoma permite evaluar el potencial en el conjunto de España, como sumatorio de los resultados de cada región.

Hipótesis sobre el recurso eólico aprovechable en tierra

En primer lugar, se requiere definir qué se entiende en este estudio como recurso eólico aprovechable técnico-económicamente.

En este sentido, para filtrar las zonas con potencial eólico suficiente en el horizonte 2020, para emplazamientos en tierra, se han localizado las zonas que según el estudio presentan una velocidad media anual de 6 m/s a la altura de 80 m sobre el nivel del suelo.

Igualmente, tanto para el conjunto de España como para comunidad autónoma, se indica en una tabla la distribución de su superficie en función de la velocidad media del viento, en intervalos de 0,5 m/s.

Filtrado de zonas por motivos técnicos

Se considera potencial técnicamente aprovechable a la fracción del total que es realizable a nivel teórico por no existir impedimentos prácticos. En un estudio de microescala, a nivel de parque eólico, el número de estos impedimentos puede ser elevado y probablemente debe ser estudiado *in situ*.

Para el presente estudio, dada la extensión territorial, es conveniente emplear unos criterios generales para filtrar las ubicaciones en las que no es posible implantar una instalación eólica. Dichos criterios son:

- Altitud igual o superior a 2.000 m.s.n.m.
- Estar situado a una distancia menor de 500 m de una población.
- Encontrarse a una distancia menor de 100 m, respecto del eje de una carretera autonómica, o a menos de 200 m respecto del eje de una autopista, autovía o carretera nacional.
- Lagos o embalses (hidrología).
- Encontrarse a una distancia menor de 250 m de una línea de transporte eléctrico.

Cada uno de ellos, a nivel de proyecto deben analizarse y modificarse en función de las características específicas del emplazamiento, y de la normativa y condicionantes sectoriales que rijan en cada comunidad autónoma.

Además de estos criterios técnicos, existirían otros de carácter general que no han podido ser valorados con la información disponible: áreas restringidas para la seguridad nacional, servidumbres aeronáuticas, líneas eléctricas de distribución, fluviales, patrimonios culturales o arqueológicos, cotos y explotaciones mineras, etc.

Filtrado de zonas por motivos medioambientales

El filtrado por razones medioambientales tiene en cuenta la superficie ocupada por los Espacios Naturales Protegidos declarados por las Comunidades Autónomas. La determinación de estos enclaves tiene la finalidad fundamental de mantenerlos en condiciones especiales de preservación de la naturaleza, con una reducida presencia de actividad humana. En general, los Espacios Naturales Protegidos se corresponden con Reservas Naturales Integrales; Parques Nacionales, Regionales y Naturales; Monumentos Naturales; Áreas de gestión de hábitat/especies; Paisajes Protegidos y Áreas protegidas con recursos gestionados.

En este estudio también se muestra la cobertura de las zonas catalogadas como Red Natura 2000 –con la información disponible–, dado que algunas Comunidades Autónomas priorizan actualmente el desarrollo eólico en aquellas zonas que no estén catalogadas en estos espacios. Sin embargo, esta última restricción no ha sido considerada en el cálculo del potencial, al no ser de aplicación uniforme por todas las comunidades autónomas, y por la potencial compatibilidad, a priori, de estas zonas con la implantación de parques eólicos en tierra. La Red Natura 2000 está formada por las Zonas de Especial Conservación –ZEC’s– designadas por los Estados miembros con arreglo a las disposiciones de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de

mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la fauna y flora silvestres (conocida como Directiva Hábitat), y de las Zonas de Especial Protección para las Aves –ZEPA’s– establecidas en virtud de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres (Directiva Aves). En España, son las comunidades autónomas las competentes en la gestión de la Red Natura 2000.

Ratio de aprovechamiento eólico terrestre por unidad de superficie. Potencial eólico

Esta relación representa la hipótesis de mayor relevancia en la estimación del potencial eólico existente, pues permite cuantificar –en términos de potencia de generación eléctrica– el nivel de capacidad de aprovechamiento eólico que podría obtenerse en cada km² del territorio con un recurso suficiente.

Cabe resaltar que esta relación es sensible a la evolución tecnológica de los aerogeneradores, por lo que no se trata de un valor estable en el tiempo. Igualmente hay que tener en cuenta que el número de aerogeneradores que puedan implantarse en una superficie determinada depende de las condiciones orográficas de los emplazamientos disponibles con recurso eólico suficiente.

La Agencia Europea del Medio Ambiente EEA utiliza máquinas de 2 MW de potencia unitaria media de los aerogeneradores en tierra en el horizonte 2030¹. A finales de 2009 en España se encontraban en marcha más de 18.000 aerogeneradores, con una potencia media unitaria ligeramente superior al megavatio, si bien la potencia media unitaria de las máquinas puestas en servicio durante 2009 ya alcanzó los 2 MW. Teniendo en cuenta que, durante la próxima década, necesariamente tendrá lugar una significativa repotenciación del parque tecnológico nacional, se estima que la potencia media unitaria de 2 MW podría ser representativa del parque tecnológico existente en España en el horizonte 2020.

Tras considerar un área de afectación eólica para un parque eólico tipo en el horizonte 2020, se ha concluido que podría utilizarse una cifra en el entorno de los 4 MW por km², como representativa del ratio de aprovechamiento eólico terrestre por unidad de

superficie en España, que coincidiría con el valor propuesto por la EEA para orografías complejas, como sucede con buena parte del territorio nacional con recurso eólico aprovechable, e igualmente estaría en línea con los resultados de otros estudios de implantación eólica en terrenos complejos².

Aplicando este ratio a la superficie disponible con recurso eólico aprovechable, tras los filtrados de índole técnica y medioambiental, se ha estimado el potencial eólico tanto para España como para cada comunidad y ciudad autónoma.

Cabe insistir en las limitaciones que impone en los resultados de potencial eólico obtenidos la imposibilidad en este estudio de considerar otras restricciones, tanto aquellas que contemplen los órganos competentes en cada comunidad autónoma y las ordenanzas municipales, como otros condicionantes técnicos y la propia apreciación social sobre los parques eólicos, tanto para una instalación eólica específica, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

En cada apartado, tanto para el conjunto de España como para comunidad autónoma, se ha incluido una tabla de distribución de la superficie disponible tras los filtrados, en función de la velocidad media del viento a 80 m de altura, para intervalos de 0,5 m/s. Con ello se pretende potenciar la utilidad de este estudio, especialmente en el análisis de la superficie y potencial eólico disponible, aplicando distintas velocidades medias anuales de corte, para considerar la existencia de un recurso eólico técnico-económicamente aprovechable con criterios de eficiencia para el sistema. Sobre este particular, se incluye una figura con indicación de los resultados de potenciales eólicos para las siguientes “velocidades de corte”: 6,5 m/s, 7 m/s y 7,5 m/s.

Consideraciones sobre la producción asociada al potencial estimado en términos de potencia eléctrica

Otro resultado importante que concluye el estudio en cada apartado es la velocidad de viento media anual calculada para el global de la superficie disponible con recurso eólico aprovechable, tras aplicar los filtrados de índole técnica y medioambiental.

¹Europe’s onshore and offshore wind energy potential. EEA Technical report No 6/2009

²CESI, 2003. Valutazione delle prospettive esistenti in Italia, per la generazione elettrica da fonte eolica in ambiente montano d’alta quota. SFR-A3/023636

Con dicho dato, se ha realizado una estimación de la producción asociada al potencial eólico previamente calculado en términos de potencia eléctrica, al tiempo que se ofrece un rango de horas equivalentes medias representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en España y en cada comunidad autónoma.

La generación eléctrica de un parque eólico en un emplazamiento (E, en kWh/año) del que conocemos sus características eólicas más significativas, depende fundamentalmente de la relación Área barrida/Potencia nominal (S/P), para una potencia determinada, pudiendo obtenerse, en primera aproximación, a partir de la velocidad media anual del viento (v, en m/s) incidente sobre un único aerogenerador considerado como representativo del conjunto del parque eólico, tomando como referencia el diámetro del rotor (D, en m), y multiplicando por el número de aerogeneradores del parque (N), mediante la expresión siguiente:

$$E \approx N \left(2 - \frac{v-7}{4} \right) D^2 v^3$$

Esta fórmula aproximada sería válida para los aerogeneradores convencionales de paso y velocidad variable, situados a una altitud de entre 0 y 1.500 m sobre el nivel del mar, sometidos a un viento que sigue una distribución de Weibull con un factor de forma cercano a 2.

Si la relación S/P se acerca a 2,5, la formulación es especialmente útil para velocidades medias de viento comprendidas entre 7 y 10 m/s; mientras que cuando la relación S/P es cercana a 3, la mejor aproximación se obtiene para velocidades entre 6 y 8 m/s.

En la expresión están implícitamente consideradas todo tipo de pérdidas mediante un coeficiente global de corrección del 85%³. La energía así calculada no varía generalmente más de un 10% respecto a la que se obtendría en la práctica.

Por último, cabe resaltar la relatividad que presentan los valores de producción obtenible y de horas equivalentes netas representativas que se indican en cada apartado, debido tanto a la incertidumbre asociada a

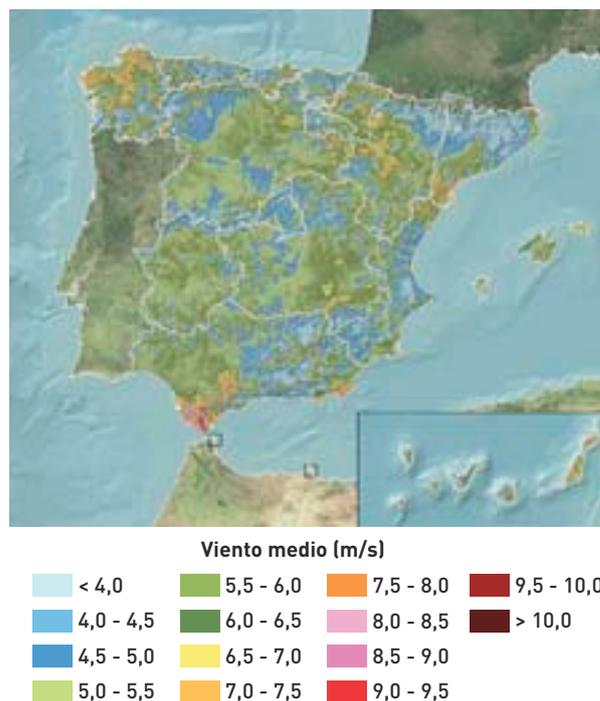
la metodología de cálculo empleada, como a su variabilidad con el *estado del arte* de la tecnología eólica en cada momento. En este estudio se han utilizado máquinas tipo basadas en los modelos comerciales existentes en la actualidad. La producción futura dependerá en cada horizonte temporal de la eficiencia de los aerogeneradores disponibles.

6.1.2 Resultados de eólica terrestre. Total España

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para el conjunto del territorio nacional.

En las siguientes tablas, se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia –ambos a 80 m de altura– de la superficie terrestre de España:

Figura 14. Distribución de la velocidad del viento, a 80 m de altura



³Pérdidas consideradas: indisponibilidad técnica, pérdidas electromagnéticas (incluidos aut oconsumos de la instalación), pérdidas por resaca provocadas por el resto de aerogeneradores, estado de conservación de las palas y mantenimiento de equipos, indisponibilidad por causas ajenas a la instalación (mantenimiento de la red eléctrica de evacuación y gestión técnica del sistema), operatividad de la turbina (estrategias de control, rearranques...) y ajuste de la curva de potencia del aerogenerador al emplazamiento

Tabla 7. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	34.610	6,84
4,0-4,5	41.484	8,19
4,5-5,0	80.842	15,97
5,0-5,5	119.226	23,55
5,5-6,0	111.429	22,01
6,0-6,5	62.245	12,30
6,5-7,0	27.929	5,52
7,0-7,5	13.500	2,67
7,5-8,0	7.332	1,45
8,0-8,5	3.796	0,75
8,5-9,0	1.831	0,36
9,0-9,5	922	0,18
9,5-10,0	490	0,10
>10,0	580	0,11
Total	506.215	100
> 6,0	118.625	23,43

Tabla 8. Distribución por rango de densidad de potencia, a 80 m de altura

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	14.424	2,85
70-100	25.790	5,09
100-150	100.780	19,91
150-200	149.903	29,61
200-250	100.082	19,77
250-300	47.707	9,42
300-350	23.433	4,63
350-400	13.901	2,75
400-450	8.662	1,71
450-500	5.772	1,14
500-600	6.947	1,37
600-700	3.853	0,76
700-800	2.057	0,41
>800	2.904	0,57
Total	506.215	100
>250	115.236	22,76

De esta tabla se desprende que casi una cuarta parte del territorio dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica o socio-ambiental.

Figura 15. Distribución de la densidad de potencia, a 80 m de altura



W/m ²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

En términos de densidad de potencia, se considera como referencia de recurso eólico aprovechable con la tecnología disponible –en el horizonte 2020– un valor de 250 W/m². Este límite inferior es equivalente al establecido previamente con la velocidad de 6 m/s en las siguientes condiciones:

1. Densidad del aire correspondiente al nivel medio del mar (1,225 kg/m³).
2. Las velocidades del viento siguen una distribución de Weibull con parámetro de forma 2 y parámetro de escala 6,77.

Por tanto, esta correspondencia se modifica al alejarse del nivel del mar y/o cuando la distribución de velocidades es diferente de Weibull con k=2. Esto implica que el porcentaje de territorio susceptible de su aprovechamiento eólico, a partir de uno u otro criterio, varíe de forma sensible dependiendo de la región estudiada. Esta circunstancia se pone de manifiesto en los análisis incluidos en los apartados dedicados a cada comunidad autónoma.

Para el conjunto de España, puede observarse en la tabla 8 que la superficie susceptible de su aprovechamiento eólico por el criterio de densidad de potencia (22,76%), está muy próximo al resultado obtenido tomando como criterio el de velocidad media anual (23,43%).

En el presente estudio, para los siguientes cálculos y la obtención de resultados, se ha considerado preferible utilizar el criterio de velocidad de viento en media anual.

A continuación, se introducen los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizan en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 16. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica



Viento medio a 80 m (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 9. Superficie afectada por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	3.579	502.636	99,29
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	77.336	428.879	84,72
Carreteras y zonas de sensibilidad	55.271	450.944	89,08
Hidrología	4.001	502.215	99,21
Líneas Eléctricas	12.757	493.458	97,48
Total^(*)	128.849	377.366	74,55

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 25,45% de la superficie total del territorio español se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponden a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 15,28% y un 10,92% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento –a 80 m de altura– de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 10. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
<4,0	12.310	22.300	4,41
4,0-4,5	13.766	27.718	5,48
4,5-5,0	24.697	56.145	11,09
5,0-5,5	30.467	88.759	17,53

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
5,5-6,0	24.792	86.637	17,11
6,0-6,5	12.425	49.820	9,84
6,5-7,0	5.133	22.797	4,50
7,0-7,5	2.368	11.132	2,20
7,5-8,0	1.349	5.982	1,18
8,0-8,5	670	3.126	0,62
8,5-9,0	357	1.474	0,29
9,0-9,5	207	715	0,14
9,5-10,0	122	368	0,07
>10,0	186	394	0,08
Total	128.849	377.366	74,55
> 6,0	22.817	95.808	18,93

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de España: 506.215 km².

Cabe resaltar que las zonas del territorio con rangos de viento bajos se ven más afectadas proporcionalmente por el filtrado de índole técnica, de manera que la pérdida de superficie disponible en emplazamientos con recurso eólico considerado aprovechable (superior a 6 m/s a 80 m de altura) es relativamente menor.

Tras la aplicación del filtrado técnico, todavía un 18,93% del territorio español (95.808 km²) dispondría de un recurso eólico superior a los 6 m/s –a 80 m de altura– de velocidad media anual.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por las comunidades autónomas como Espacios Naturales Protegidos (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 17. Distribución del viento, a 80 m de altura, y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio a 80 m (m/s)



Tabla 11. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible(*) (%)
<4,0	4.712	29.898	5,91
4,0-4,5	4.257	37.226	7,35
4,5-5,0	6.016	74.826	14,78
5,0-5,5	7.689	111.537	22,03
5,5-6,0	8.757	102.672	20,28
6,0-6,5	5.294	56.951	11,25
6,5-7,0	3.239	24.690	4,88
7,0-7,5	2.242	11.258	2,22
7,5-8,0	1.716	5.616	1,11
8,0-8,5	1.158	2.639	0,52

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible(*) (%)
8,5-9,0	732	1.099	0,22
9,0-9,5	447	475	0,09
9,5-10,0	272	218	0,04
>10,0	375	205	0,04
Total	46.907	459.308	90,73
> 6,0	15.475	103.150	20,38

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de España: 506.215 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por las comunidades autónomas –con la información disponible– ocupan 46.907 km², el 9,27% de la superficie total del territorio español.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 103.150 km², un 20,38% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio español afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles –a priori– con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 18. Distribución del viento, a 80 m de altura, y Red Natura 2000

Viento medio a 80 m (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 12. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
<4,0	12.671	21.939	4,33
4,0-4,5	12.909	28.575	5,64
4,5-5,0	21.098	59.744	11,80
5,0-5,5	30.110	89.116	17,60
5,5-6,0	29.207	82.222	16,24
6,0-6,5	17.220	45.025	8,89
6,5-7,0	9.196	18.733	3,70
7,0-7,5	5.259	8.242	1,63
7,5-8,0	3.350	3.982	0,79
8,0-8,5	2.072	1.725	0,34

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
8,5-9,0	1.189	641	0,13
9,0-9,5	686	236	0,05
9,5-10,0	400	89	0,02
>10,0	512	68	0,01
Total	145.878	360.337	71,18
> 6,0	39.884	78.741	15,55

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de España: 506.215 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa 145.878 km², el 28,82% del territorio español. De hecho, España es el país europeo que mayor superficie aporta a la Red Natura 2000: el 19% de ZEPAs y Lugares de Interés Comunitario (LICs, en proceso de cambio de catalogación a ZECs) de toda la Unión Europea se encuentran en España, lo que refleja la rica diversidad biológica nacional (fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino).

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 78.741 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supone un 15,55% del total del territorio español.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por las comunidades autónomas:

Figura 19. Distribución del viento, a 80 m, tras el filtrado de índole técnica y ENP



Viento medio a 80 m (m/s)



Tabla 13. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible ^(*) (%)
<4,0	15.779	18.831	3,72
4,0-4,5	16.974	24.510	4,84
4,5-5,0	29.389	51.453	10,16
5,0-5,5	36.658	82.568	16,31
5,5-6,0	32.013	79.416	15,69
6,0-6,5	16.843	45.402	8,97
6,5-7,0	7.825	20.104	3,97
7,0-7,5	4.201	9.299	1,84
7,5-8,0	2.729	4.603	0,91
8,0-8,5	1.605	2.191	0,43
8,5-9,0	938	893	0,18

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible ^(*) (%)
9,0-9,5	557	366	0,07
9,5-10,0	337	153	0,03
>10,0	470	110	0,02
Total	166.317	339.899	67,15
> 6,0	35.505	83.120	16,42

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de España: 506.215 km².

Unos 166.317 km² –el 32,85% del territorio español– se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. De los 339.900 km² restantes, el 24,45% (83.120 km²) dispone de un recurso eólico aprovechable en los términos estimados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 14. Resumen de la superficie disponible tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total España	506.215	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	118.625	23,43
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	95.808	18,93
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	83.120	16,42

Tras los filtrados, se concluye la disponibilidad de unos 83.120 km² –el 16,42% de la superficie nacional– con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y

costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 83.120 km² disponibles tras los filtrados para todo el Estado español, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,64 m/s.

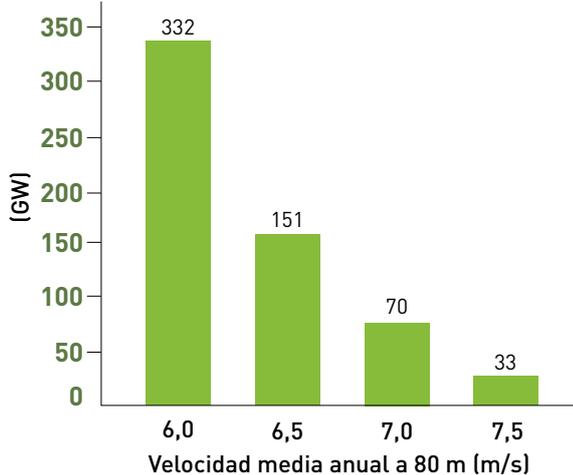
Estimación del potencial eólico disponible en España (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de España con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 332 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 151 GW (37.718 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 20. Potencial eólico estimado en España (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de cada comunidad autónoma en materia de planificación

energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.

- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante. De hecho, se requieren análisis históricos de vientos extremos (a partir de datos de ráfagas a largo plazo y de intensidad de turbulencia para velocidades de viento elevadas) para seleccionar el aerogenerador más adecuado en cada emplazamiento específico, de manera que se garantice, durante su vida útil, la productividad e integridad estructural de los equipos.

Debido a las dificultades mencionadas para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en el sistema eléctrico, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto para la cifra de potencial eólico obtenido en términos de potencia. Para ello, se ha tenido en cuenta que la velocidad

media anual estimada para los 83.120 km² disponibles en España tras los filtrados ronda los 6,64 m/s.

De este modo, se ha calculado el rango de horas anuales equivalentes medias netas –representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en España– en el rango de las 2.100 y 2.300 h.

Por tanto, el potencial eólico nacional, en términos de generación eléctrica neta, para los 332 GW instalables en tierra firme, se estima entre 700 y 750 TWh/año.

6.1.3 Resultados de eólica terrestre. Comunidades autónomas

6.1.3.1 Andalucía

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Andalucía, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Andalucía:

Figura 21. Distribución de la velocidad del viento, a 80 m de altura



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio andaluz que, a gran

escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Mitad sur de la provincia de Cádiz.
- Sierras interiores de Cádiz y Málaga.
- Cabo de Gata y Campo de Dalías, en Almería.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones repartidas por todo el territorio, fundamentalmente en la mitad oriental de Andalucía, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

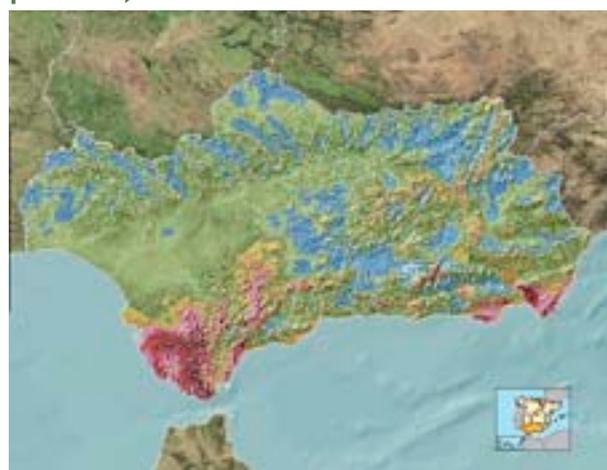
Tabla 15. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	5.523	6,30
4,0-4,5	7.890	9,01
4,5-5,0	13.484	15,39
5,0-5,5	18.936	21,61
5,5-6,0	20.795	23,74
6,0-6,5	9.444	10,78
6,5-7,0	4.231	4,83
7,0-7,5	2.620	2,99
7,5-8,0	2.079	2,37
8,0-8,5	1.262	1,44
8,5-9,0	591	0,67
9,0-9,5	314	0,36
9,5-10,0	185	0,21
>10,0	254	0,29
Total	87.610	100
> 6,0	20.981	23,95

(Continuación)

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 24% del territorio andaluz dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra en línea con la media española del 23,43%.

Figura 22. Distribución de la densidad de potencia, a 80 m de altura



W/m ²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 16. Distribución por rango de densidad de potencia, a 80 m de altura

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	1.001	1,14
70-100	3.194	3,65
100-150	14.925	17,04
150-200	25.316	28,90
200-250	18.842	21,51
250-300	7.933	9,06
300-350	4.308	4,92
350-400	2.834	3,23

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
400-450	2.009	2,29
450-500	1.490	1,70
500-600	2.220	2,53
600-700	1.575	1,80
700-800	857	0,98
>800	1.106	1,26
Total	87.610	100
>250	24.332	27,77

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 28% del territorio andaluz superaría dicha cifra (superior al 23,95% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), moderadamente por encima de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 23. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

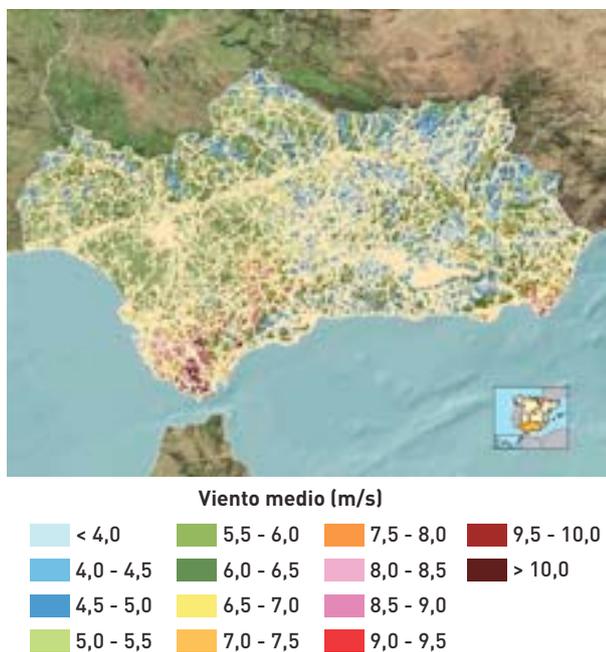


Tabla 17. Superficie afectada en Andalucía por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	621	86.989	99,29
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	9.562	78.048	89,09
Carreteras y zonas de sensibilidad	8.958	78.652	89,78
Hidrología	902	86.708	98,97
Líneas eléctricas	1.547	86.063	98,23
Total(*)	18.766	68.844	78,58

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 21,42% de la superficie total disponible en el territorio andaluz se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente inferior a la media nacional, 25,45%.

Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 10,91% y un 10,22% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 18. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible(*) (%)
<4,0	1.640	3.883	4,43
4,0-4,5	2.052	5.838	6,66
4,5-5,0	3.018	10.466	11,95
5,0-5,5	3.860	15.076	17,21
5,5-6,0	3.994	16.801	19,18
6,0-6,5	1.826	7.618	8,70
6,5-7,0	915	3.316	3,78
7,0-7,5	604	2.016	2,30
7,5-8,0	473	1.606	1,83
8,0-8,5	216	1.046	1,19
8,5-9,0	89	502	0,57
9,0-9,5	42	272	0,31
9,5-10,0	18	167	0,19
>10,0	19	235	0,27
Total	18.766	68.844	78,58
> 6,0	4.202	16.779	19,15

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Andalucía: 87.610 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 16.779 km² (un 19,15% del territorio andaluz) mantendría un recurso

eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es muy similar a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Andalucía como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 24. Distribución del viento, a 80 m de altura, y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 19. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
<4,0	1.473	4.050	4,62
4,0-4,5	1.321	6.569	7,50
4,5-5,0	1.900	11.584	13,22

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
5,0-5,5	2.675	16.261	18,56
5,5-6,0	3.609	17.186	19,62
6,0-6,5	1.990	7.454	8,51
6,5-7,0	950	3.282	3,75
7,0-7,5	684	1.936	2,21
7,5-8,0	615	1.464	1,67
8,0-8,5	415	847	0,97
8,5-9,0	288	302	0,34
9,0-9,5	205	109	0,12
9,5-10,0	137	48	0,05
>10,0	211	44	0,05
Total	16.474	71.136	81,20
> 6,0	5.495	15.486	17,68

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Andalucía: 87.610 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Andalucía, con la información disponible, ocupan 16.474 km², el 18,80% de la superficie total del territorio andaluz. Cabe resaltar que dicho porcentaje duplica la media nacional (9,27%), lo que muestra la importancia y riqueza medioambiental del territorio andaluz, con extensos enclaves singulares que requieren una protección especial de su biodiversidad.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 15.486 km², un 17,68% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio andaluz afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 25. Distribución del viento, a 80 m de altura, y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)



Tabla 20. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible(*) (%)
<4,0	2.293	3.230	3,69
4,0-4,5	2.345	5.546	6,33
4,5-5,0	3.677	9.807	11,19
5,0-5,5	4.947	13.989	15,97
5,5-6,0	6.842	13.953	15,93

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible(*) (%)
6,0-6,5	3.297	6.147	7,02
6,5-7,0	1.360	2.871	3,28
7,0-7,5	942	1.678	1,91
7,5-8,0	873	1.206	1,38
8,0-8,5	606	657	0,75
8,5-9,0	364	227	0,26
9,0-9,5	235	79	0,09
9,5-10,0	152	33	0,04
>10,0	225	29	0,03
Total	28.159	59.451	67,86
> 6,0	8.055	12.926	14,75

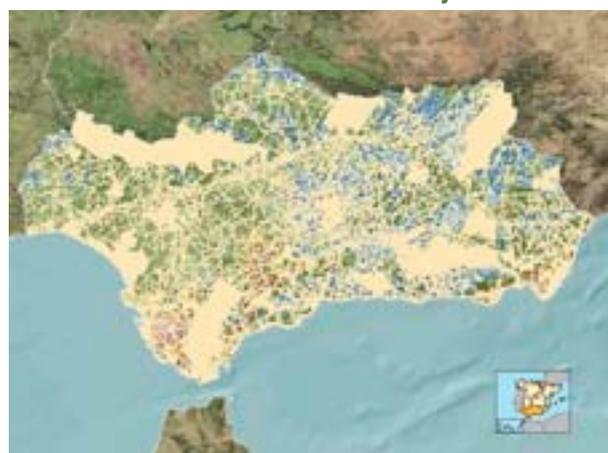
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Andalucía: 87.610 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 28.159 km² en Andalucía, el 32,14% de su territorio. Este porcentaje es ligeramente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 12.926 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 14,75% del total del territorio andaluz.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Andalucía, con la información disponible:

Figura 26. Distribución del viento, a 80 m, tras el filtrado de índole técnica y ENP

Tabla 21. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
<4,0	2.749	2.774	3,17
4,0-4,5	3.094	4.796	5,47
4,5-5,0	4.605	8.880	10,14
5,0-5,5	6.134	12.803	14,61
5,5-6,0	7.030	13.765	15,71
6,0-6,5	3.492	5.952	6,79
6,5-7,0	1.704	2.527	2,88
7,0-7,5	1.161	1.459	1,67
7,5-8,0	962	1.117	1,27
8,0-8,5	562	701	0,80
8,5-9,0	334	257	0,29
9,0-9,5	221	94	0,11

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible ^(*) (%)
9,5-10,0	144	41	0,05
>10,0	220	34	0,04
Total	32.410	55.200	63,01
> 6,0	8.799	12.182	13,91

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Andalucía: 87.610 km².

Unos 32.410 km² –el 36,99% del territorio andaluz– se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera moderadamente la media española, del 32,85%.

De los 55.200 km² restantes, el 13,91% de la superficie de Andalucía (12.182 km²) dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 22. Resumen de la superficie disponible en Andalucía tras la aplicación de los filtrados.

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Andalucía	87.610	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	20.981	23,95
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	16.779	19,15
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	12.182	13,91

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 12.182 km² –el 13,91% del territorio andaluz (frente al 16,42% de media española)– con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s

a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 12.182 km² disponibles tras los filtrados en Andalucía, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,76 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

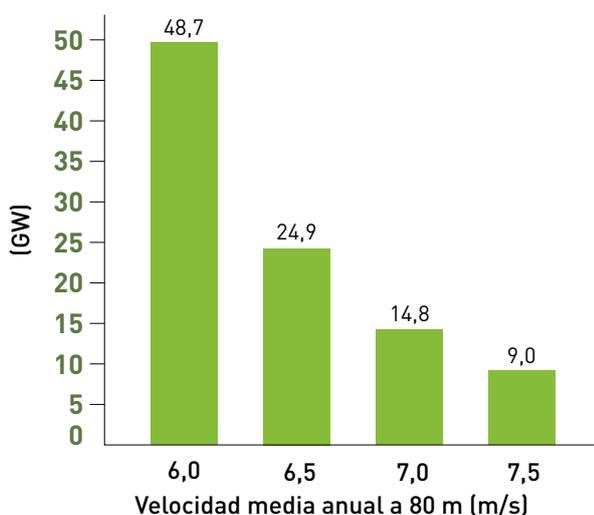
Estimación del potencial eólico disponible en Andalucía (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Andalucía con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 48,7 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 24,9 GW (6.230 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 27. Potencial eólico estimado en Andalucía (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Andalucía:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Andalucía en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Andalucía a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Andalucía para los 12.182 km² disponibles tras los filtrados es

de 6,76 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Andalucía, en el rango de las 2.200 y 2.400 h.

Por tanto, el potencial eólico en Andalucía –en términos de generación eléctrica neta– para los 48,7 GW instalables en tierra firme, se estima entre 107 y 117 TWh/año.

6.1.3.2 Aragón

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Aragón, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Aragón:

Figura 28. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio aragonés que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas

en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Valle del Ebro.
- Comarca de las Cinco Villas.
- Sierra del Moncayo.
- Zonas altas del Sistema Ibérico.
- Cordillera de los Pirineos.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 23. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	4.067	8,52
4,0-4,5	3.788	7,94
4,5-5,0	5.989	12,55
5,0-5,5	8.958	18,77
5,5-6,0	10.314	21,61
6,0-6,5	7.463	15,64
6,5-7,0	4.396	9,21
7,0-7,5	1.631	3,42
7,5-8,0	557	1,17
8,0-8,5	228	0,48
8,5-9,0	118	0,25
9,0-9,5	77	0,16
9,5-10,0	49	0,10
>10,0	96	0,20
Total	47.730	100
> 6,0	14.614	30,62

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 31% del territorio aragonés dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra moderadamente por encima de la media española del 23,43%.

Figura 29. Distribución de la densidad de potencia

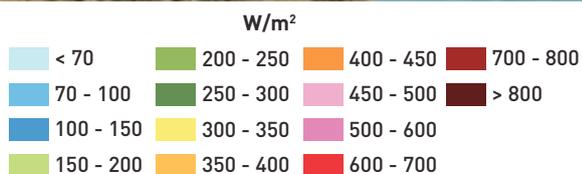


Tabla 24. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	2.341	4,90
70-100	2.800	5,87
100-150	8.190	17,16
150-200	10.234	21,44

(Continuación)

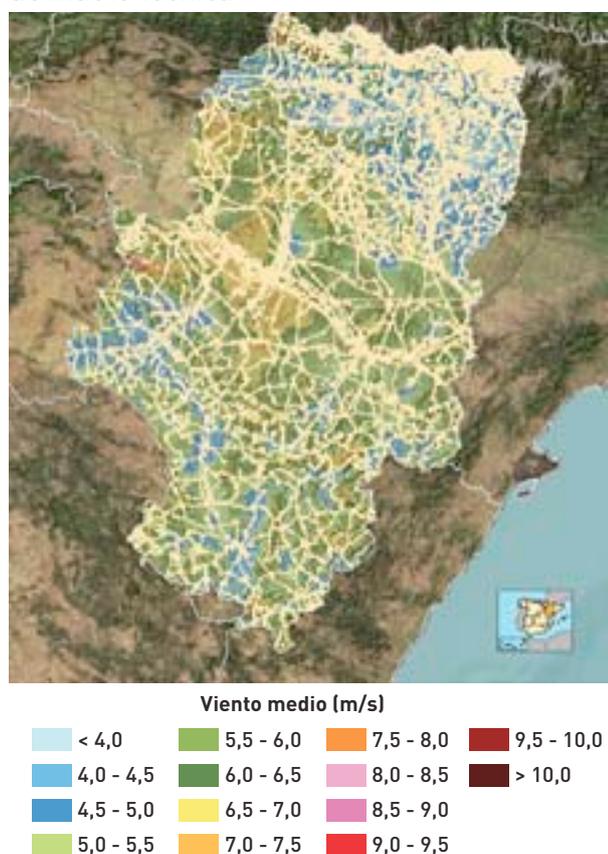
Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
200-250	9.886	20,71
250-300	6.501	13,62
300-350	3.456	7,24
350-400	1.848	3,87
400-450	924	1,94
450-500	488	1,02
500-600	422	0,88
600-700	193	0,40
700-800	119	0,25
>800	327	0,69
Total	47.730	100
>250	14.278	29,91

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 30% del territorio aragonés superaría dicha cifra (en línea con el 30,62% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), moderadamente por encima de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 30. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

Tabla 25. Superficie afectada en Aragón por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	979	46.751	97,95
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	3.762	43.968	92,12
Carreteras y zonas de sensibilidad	4.342	43.388	90,90
Hidrología	366	47.364	99,23
Líneas eléctricas	868	46.861	98,18
Total(*)	9.037	38.693	81,07

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 18,93% de la superficie total disponible en el territorio aragonés se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente inferior a la media nacional (25,45%). Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por carreteras y núcleos urbanos, respectivamente un 9,10% y un 7,88% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 26. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.196	2.871	6,01
4,0-4,5	939	2.849	5,97
4,5-5,0	1.169	4.820	10,10
5,0-5,5	1.599	7.359	15,42
5,5-6,0	1.701	8.613	18,05
6,0-6,5	1.113	6.350	13,30
6,5-7,0	646	3.750	7,86
7,0-7,5	220	1.411	2,96
7,5-8,0	124	433	0,91
8,0-8,5	90	138	0,29
8,5-9,0	66	53	0,11
9,0-9,5	52	25	0,05
9,5-10,0	37	12	0,02
>10,0	86	10	0,02
Total	9.037	38.693	81,07
> 6,0	2.433	12.181	25,52

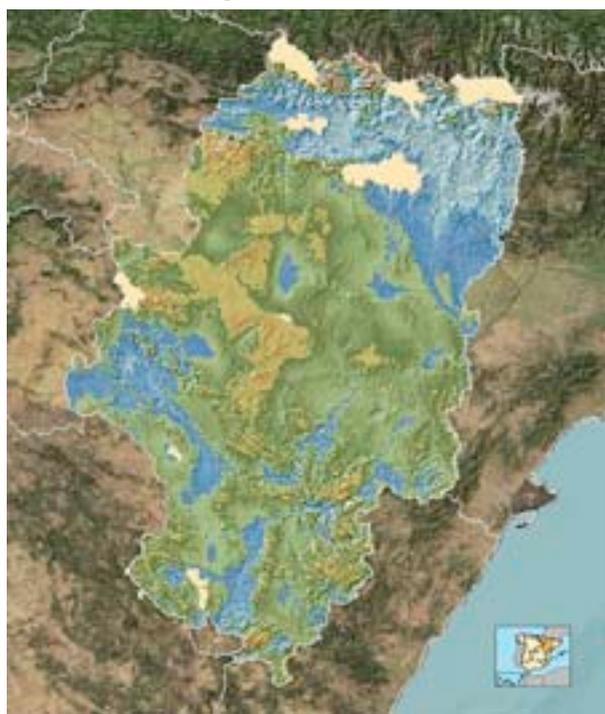
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Aragón: 47.730 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 12.181 km² (un 25,52% del territorio aragonés) mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es moderadamente superior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Aragón como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 31. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 27. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	124	3.943	8,26
4,0-4,5	167	3.621	7,59
4,5-5,0	215	5.774	12,10
5,0-5,5	206	8.752	18,34
5,5-6,0	166	10.148	21,26
6,0-6,5	151	7.311	15,32
6,5-7,0	115	4.281	8,97
7,0-7,5	91	1.540	3,23
7,5-8,0	78	479	1,00
8,0-8,5	65	163	0,34
8,5-9,0	49	69	0,14
9,0-9,5	39	39	0,08
9,5-10,0	28	21	0,04
>10,0	56	40	0,08
Total	1.550	46.179	96,75
> 6,0	672	13.942	29,21

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Aragón: 47.730 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la Comunidad Autónoma de Aragón, con la información disponible, ocupan 1.550 km², el 3,25% de la superficie total del territorio aragonés. Cabe resaltar los escasos Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Aragón, frente a la media nacional, del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 13.942 km², un 29,21% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio aragonés afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 32. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 28. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.088	2.978	6,24
4,0-4,5	1.018	2.770	5,80
4,5-5,0	1.489	4.500	9,43
5,0-5,5	2.158	6.800	14,25
5,5-6,0	2.753	7.561	15,84
6,0-6,5	2.230	5.233	10,96
6,5-7,0	1.421	2.975	6,23
7,0-7,5	716	915	1,92
7,5-8,0	300	257	0,54
8,0-8,5	153	74	0,16
8,5-9,0	91	27	0,06
9,0-9,5	63	14	0,03
9,5-10,0	42	7	0,01
>10,0	85	11	0,02
Total	13.607	34.122	71,49
> 6,0	5.101	9.513	19,93

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Aragón: 47.730 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 13.607 km² en Aragón, el 28,51% de su territorio. Este porcentaje es muy próximo a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 9.513 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 19,93% del total del territorio aragonés.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Aragón, con la información disponible:

Figura 33. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 29. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.300	2.767	5,80
4,0-4,5	1.068	2.719	5,70
4,5-5,0	1.339	4.650	9,74
5,0-5,5	1.751	7.207	15,10
5,5-6,0	1.820	8.494	17,80
6,0-6,5	1.214	6.248	13,09
6,5-7,0	714	3.682	7,71
7,0-7,5	266	1.365	2,86
7,5-8,0	159	398	0,83
8,0-8,5	116	111	0,23
8,5-9,0	84	34	0,07
9,0-9,5	65	12	0,02
9,5-10,0	46	3	0,01
>10,0	94	2	0,00
Total	10.038	37.692	78,97
> 6,0	2.759	11.855	24,84

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Aragón: 47.730 km².

Unos 10.038 km², el 21,03% del territorio aragonés, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje se sitúa ampliamente por debajo de la media española, del 32,85%.

De los 37.692 km² restantes, el 24,84% de la superficie de Aragón (11.855 km²) dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 30. Resumen de la superficie disponible en Aragón tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Aragón	47.730	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	14.614	30,62
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	12.181	25,52
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	11.855	24,84

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 11.855 km² (el 24,84% del territorio aragonés, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 11.855 km² disponibles tras los filtrados en Aragón, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,55 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

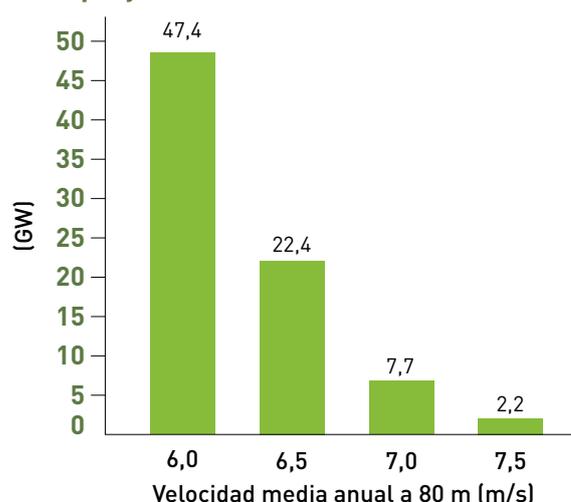
Estimación del potencial eólico disponible en Aragón (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Aragón con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 47,4 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 22,4 GW (5.607 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnico-económicamente viable:

Figura 34. Potencial eólico estimado en Aragón (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Aragón:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Aragón en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.

- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Aragón a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Aragón para los 11.855 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,55 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Aragón, en el rango de las 2.050 y 2.250 h.

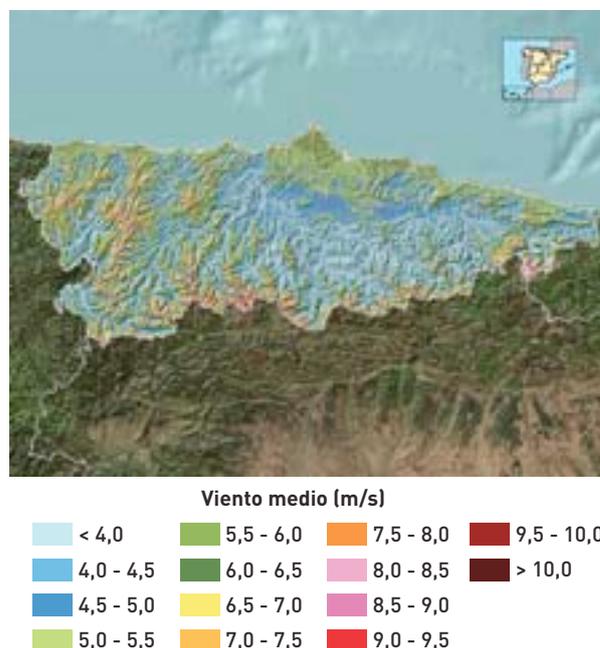
Por tanto, el potencial eólico en Aragón, en términos de generación eléctrica neta, para los 47,4 GW instalables en tierra firme, se estima entre 97 y 107 TWh/año.

6.1.3.3 Asturias

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para el Principado de Asturias, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Asturias:

Figura 35. Distribución de la velocidad del viento



Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio asturiano que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Occidente asturiano.
- Cordillera Cantábrica.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 31. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	1.681	15,84
4,0-4,5	1.464	13,80
4,5-5,0	1.782	16,79
5,0-5,5	1.784	16,81
5,5-6,0	1.464	13,80

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
6,0-6,5	958	9,03
6,5-7,0	578	5,45
7,0-7,5	359	3,38
7,5-8,0	220	2,07
8,0-8,5	143	1,34
8,5-9,0	87	0,82
9,0-9,5	48	0,45
9,5-10,0	26	0,25
>10,0	19	0,18
Total	10.611	100
> 6,0	2.436	22,96

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 23% del territorio asturiano dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtro de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje es muy similar a la media española del 23,43%.

Figura 36. Distribución de la densidad de potencia



W/m ²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 32. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	378	3,57
70-100	751	7,07
100-150	1.792	16,89
150-200	1.930	18,19
200-250	1.552	14,62
250-300	1.216	11,46
300-350	864	8,14
350-400	568	5,35
400-450	399	3,76
450-500	285	2,69
500-600	361	3,41
600-700	211	1,99
700-800	124	1,17
>800	180	1,70
Total	10.611	100
>250	4.208	39,66

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 40% del territorio asturiano superaría dicha cifra (muy superior al 22,96% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), casi el doble de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 37. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

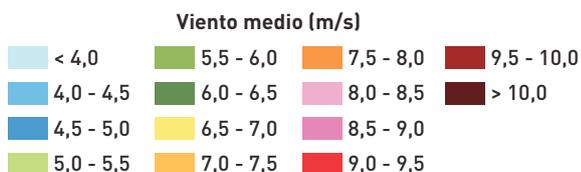


Tabla 33. Superficie afectada en Asturias por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	28	10.583	99,74
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	3.115	7.496	70,65
Carreteras y zonas de sensibilidad	2.009	8.602	81,06
Hidrología	29	10.582	99,73
Líneas eléctricas	245	10.367	97,70
Total(*)	4.138	6.473	61,00

[*] El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 39,00% de la superficie total disponible en el territorio asturiano se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es ampliamente superior a la media nacional (25,45%). Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 29,35% y un 18,94% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 34. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	904	777	7,33
4,0-4,5	685	779	7,34
4,5-5,0	799	983	9,26
5,0-5,5	749	1.035	9,76
5,5-6,0	533	930	8,77
6,0-6,5	272	686	6,46
6,5-7,0	102	476	4,49
7,0-7,5	46	312	2,94
7,5-8,0	19	200	1,89
8,0-8,5	12	131	1,23
8,5-9,0	7	80	0,75
9,0-9,5	4	44	0,42
9,5-10,0	2	24	0,23
>10,0	5	14	0,13
Total	4.138	6.473	61,00
> 6,0	468	1.968	18,55

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Asturias: 10.611 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 1.968 km² (un 18,55% del territorio asturiano) mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es muy próximo a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por el Principado de Asturias como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 38. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 35. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	407	12,00
4,0-4,5	270	11,25
4,5-5,0	295	14,01
5,0-5,5	307	13,92
5,5-6,0	276	11,20
6,0-6,5	221	6,95
6,5-7,0	178	3,77
7,0-7,5	136	2,10
7,5-8,0	98	1,15
8,0-8,5	73	0,66
8,5-9,0	51	0,34
9,0-9,5	30	0,17
9,5-10,0	19	0,07
>10,0	14	0,04
Total	2.374	77,63
> 6,0	819	15,24

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Asturias: 10.611 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por el Principado de Asturias, con la información disponible, ocupan 2.374 km², el 22,37% de la superficie total del territorio asturiano. Cabe resaltar que dicho porcentaje es dos veces y media superior al promedio nacional, del 9,27%, lo que muestra la importancia y riqueza medioambiental del territorio asturiano, con una gran variedad de ecosistemas que requieren una protección especial de su biodiversidad.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.617 km², un 15,24% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio asturiano afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 39. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

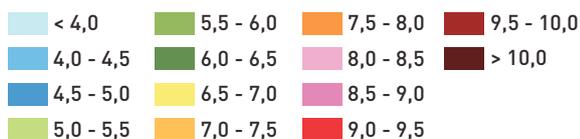


Tabla 36. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	589	1.093	10,30
4,0-4,5	460	1.004	9,46
4,5-5,0	519	1.263	11,90

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	543	1.241	11,69
5,5-6,0	446	1.018	9,60
6,0-6,5	328	630	5,94
6,5-7,0	246	332	3,13
7,0-7,5	173	186	1,75
7,5-8,0	121	99	0,93
8,0-8,5	88	54	0,51
8,5-9,0	60	27	0,26
9,0-9,5	36	12	0,11
9,5-10,0	22	5	0,04
>10,0	18	1	0,01
Total	3.648	6.963	65,62
> 6,0	1.091	1.345	12,68

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Asturias: 10.611 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 3.648 km² en Asturias, el 34,38% de su territorio. Este porcentaje es ligeramente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 1.345 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 12,68% del total del territorio asturiano.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas

declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por el Principado de Asturias, con la información disponible:

Figura 40. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)



Tabla 37. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.133	549	5,17
4,0-4,5	879	585	5,51
4,5-5,0	1.032	750	7,07
5,0-5,5	993	791	7,45
5,5-6,0	764	700	6,60
6,0-6,5	465	493	4,65
6,5-7,0	263	315	2,97
7,0-7,5	173	186	1,75
7,5-8,0	111	109	1,03

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	77	66	0,62
8,5-9,0	52	35	0,33
9,0-9,5	31	17	0,16
9,5-10,0	19	7	0,07
>10,0	15	4	0,03
Total	6.006	4.605	43,40
> 6,0	1.206	1.231	11,60

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Asturias: 10.611 km².

Unos 6.006 km², el 43,40% del territorio asturiano, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera significativamente la media española, del 32,85%.

De los 4.605 km² restantes, el 11,60% de la superficie de Asturias (1.231 km²) dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 38. Resumen de la superficie disponible en Asturias tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Asturias	10.611	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	2.436	22,96
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	1.968	18,55
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	1.231	11,60

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 1.231 km², el 11,60% del territorio asturiano (frente al 16,42% de media española), con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 1.231 km² disponibles tras los filtrados en Asturias, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,88 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

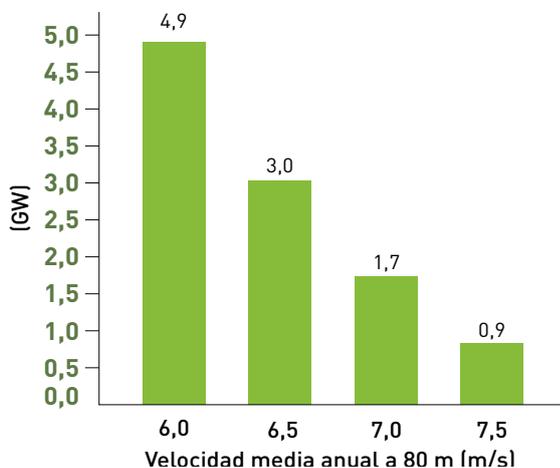
Estimación del potencial eólico disponible en Asturias (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Asturias con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 4,9 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 3,0 GW (738 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnico-económicamente viable:

Figura 41. Potencial eólico estimado en Asturias (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Asturias:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes del Principado de Asturias en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes –como Red Natura 2000–, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Asturias a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales

equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Asturias para los 1.231 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,88 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Asturias, en el rango de las 2.300 y 2.500 h.

Por tanto, el potencial eólico en Asturias en términos de generación eléctrica neta para los 4,9 GW instalables en tierra firme, se estima entre 11 y 12 TWh/año.

6.1.3.4 Islas Baleares

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para las Islas Baleares, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Baleares:

Figura 42. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio balear que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado

dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Menorca.
- Extremo nororiental de Mallorca.
- Sierra de Tramontana, en Mallorca.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 39. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	16	0,32
4,0-4,5	117	2,34
4,5-5,0	406	8,08
5,0-5,5	1.210	24,08
5,5-6,0	1.851	36,84
6,0-6,5	613	12,20
6,5-7,0	581	11,56
7,0-7,5	164	3,26
7,5-8,0	47	0,94
8,0-8,5	15	0,29
8,5-9,0	3	0,06
9,0-9,5	1	0,02
9,5-10,0	0	0,00
>10,0	0	0,00
Total	5.023	100
> 6,0	1.423	28,34

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 28% del territorio balear dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente

viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra moderadamente por encima de la media española del 23,43%.

Figura 43. Distribución de la densidad de potencia

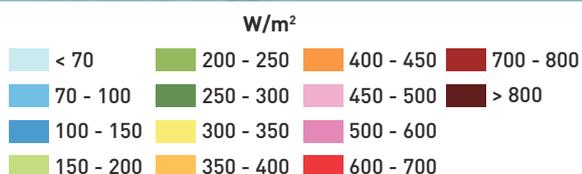


Tabla 40. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
<70	4	0,08
70-100	29	0,57
100-150	360	7,17
150-200	1.313	26,15
200-250	1.798	35,79
250-300	530	10,54
300-350	402	7,99
350-400	326	6,48
400-450	117	2,32
450-500	65	1,28

(Continuación)

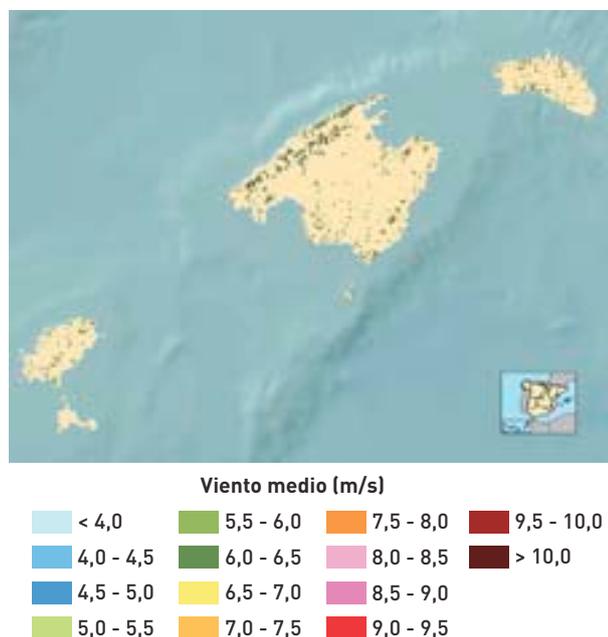
Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
500-600	55	1,10
600-700	18	0,36
700-800	6	0,11
>800	2	0,04
Total	5.023	100
>250	1.519	30,25

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, más de un 30% del territorio balear superaría dicha cifra (en línea con el 28,34% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), significativamente por encima de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 44. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

Tabla 41. Superficie afectada en Baleares por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	5.023	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	3.513	1.510	30,06
Carreteras y zonas de sensibilidad	490	4.533	90,24
Hidrología	7	5.016	99,87
Líneas eléctricas	417	4.607	91,71
Total(*)	3.672	1.351	26,89

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 73,11% de la superficie total disponible en el territorio balear se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra casi triplica la media nacional, 25,45%. Las limitaciones

que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos, que representan casi tres cuartas partes de la superficie total, un 69,94%, y carreteras, que afectan a un 9,76% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 42. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	11	5	0,10
4,0-4,5	91	26	0,53
4,5-5,0	320	85	1,70
5,0-5,5	980	230	4,58
5,5-6,0	1.434	417	8,30
6,0-6,5	395	218	4,33
6,5-7,0	356	224	4,47
7,0-7,5	70	94	1,88
7,5-8,0	12	35	0,70
8,0-8,5	2	13	0,25
8,5-9,0	1	3	0,05
9,0-9,5	0	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.672	1.351	26,89
> 6,0	836	587	11,69

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Baleares: 5.023 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 587 km², un 11,69% del territorio balear, mantendría un recurso

eólico aprovechable, superior a los 6 m/s a 80 m de altura de velocidad media anual (este porcentaje es significativamente inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Illes Balears como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 45. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 43. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	16	0,31
4,0-4,5	1	117	2,32
4,5-5,0	2	404	8,04

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	10	1.200	23,89
5,5-6,0	48	1.803	35,89
6,0-6,5	19	594	11,82
6,5-7,0	20	561	11,16
7,0-7,5	21	143	2,84
7,5-8,0	6	41	0,82
8,0-8,5	1	14	0,28
8,5-9,0	0	3	0,06
9,0-9,5	0	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	128	4.895	97,45
> 6,0	68	1.356	26,99

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Baleares: 5.023 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Illes Balears, con la información disponible (Banco de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino), ocupan 128 km², el 2,55% de la superficie total del territorio balear. Cabe resaltar que dicho porcentaje se sitúa sobre una cuarta parte del promedio nacional, del 9,27%, lo que muestra la escasez de Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Illes Balears.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.356 km², un 26,99% del territorio.

(Continuación)

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio balear afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 46. Distribución del viento y Red Natura 2000



Tabla 44. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	4	12	0,24
4,0-4,5	16	101	2,02
4,5-5,0	45	361	7,18
5,0-5,5	139	1.070	21,31
5,5-6,0	294	1.557	30,99

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
6,0-6,5	231	382	7,61
6,5-7,0	168	413	8,21
7,0-7,5	94	70	1,40
7,5-8,0	37	10	0,20
8,0-8,5	13	2	0,03
8,5-9,0	3	0	0,00
9,0-9,5	1	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	1.045	3.978	79,19
> 6,0	547	876	17,45

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Baleares: 5.023 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 1.045 km² en Baleares, el 20,81% de su territorio. Este porcentaje es significativamente inferior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 876 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 17,45% del total del territorio balear.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Illes Balears, con la información disponible:

Figura 47. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Tabla 45. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	12	4	0,09
4,0-4,5	92	26	0,51
4,5-5,0	322	84	1,68
5,0-5,5	984	226	4,50
5,5-6,0	1.457	393	7,83
6,0-6,5	405	208	4,15
6,5-7,0	367	213	4,25
7,0-7,5	82	82	1,64
7,5-8,0	16	31	0,62
8,0-8,5	2	12	0,24
8,5-9,0	1	2	0,05

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	0	0	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.740	1.283	25,55
> 6,0	874	550	10,95

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Baleares: 5.023 km².

Unos 3.740 km², el 74,45% del territorio balear, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es más de dos veces la media española, del 32,85%.

De los 1.283 km² restantes, el 10,95% de la superficie de las Islas Baleares, 550 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 46. Resumen de la superficie disponible en Baleares tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total de Baleares	5.023	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	1.423	28,34
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	587	11,69
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	550	10,95

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 550 km² (el 10,95% del territorio balear, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los

términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 550 km² disponibles tras los filtrados en Baleares, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,71 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

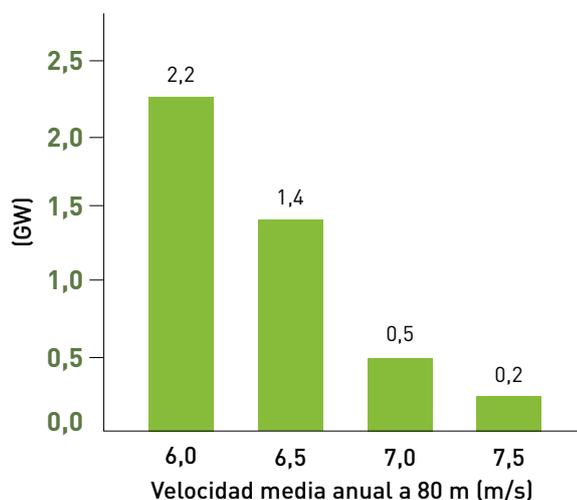
Estimación del potencial eólico disponible en Baleares (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Baleares con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 2,2 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 1,4 GW (342 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 48. Potencial eólico estimado en Baleares (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Baleares:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Illes Balears en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Baleares a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas

anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Baleares para los 550 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,71 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Baleares, en el rango de las 2.150 y 2.350 h.

Por tanto, el potencial eólico en Baleares, en términos de generación eléctrica neta, para los 2,2 GW instalables en tierra firme, se estima entre 4,7 y 5,2 TWh/año.

6.1.3.5 Islas Canarias

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Islas Canarias, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Canarias:

Figura 49. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio canario que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su

vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Sureste de las islas.
- Noroeste de las islas.
- Zonas altas de Fuerteventura, Lanzarote, La Gomera y El Hierro.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 47. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	1.394	18,71
4,0-4,5	500	6,72
4,5-5,0	505	6,78
5,0-5,5	479	6,44
5,5-6,0	703	9,43
6,0-6,5	1.016	13,63
6,5-7,0	1.042	13,99
7,0-7,5	717	9,63
7,5-8,0	469	6,29
8,0-8,5	298	4,00
8,5-9,0	166	2,23
9,0-9,5	84	1,12
9,5-10,0	40	0,54
>10,0	38	0,51
Total	7.450	100
> 6,0	2.854	51,94

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 52% del territorio canario dispondría de un

recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje es muy destacable, más del doble de la media española del 23,43%.

Figura 50. Distribución de la densidad de potencia

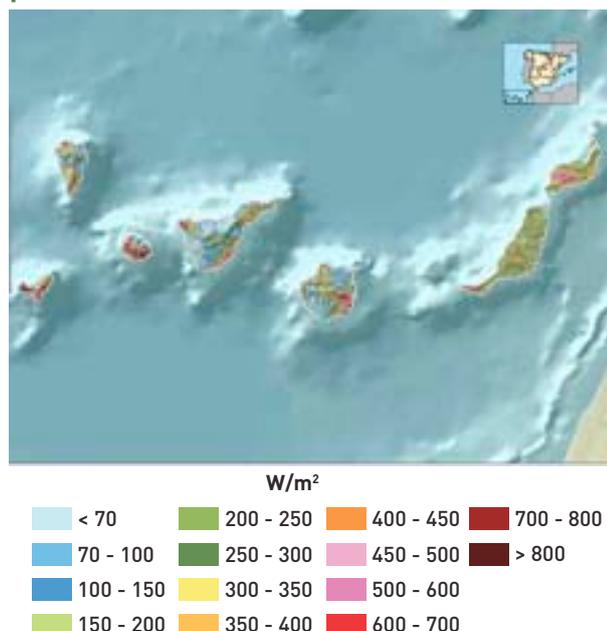


Tabla 48. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
<70	897	12,04
70-100	556	7,47
100-150	746	10,02
150-200	964	12,94
200-250	1.035	13,89
250-300	889	11,93
300-350	607	8,15
350-400	440	5,91
400-450	314	4,22

(Continuación)

Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
450-500	248	3,32
500-600	325	4,36
600-700	172	2,31
700-800	103	1,38
>800	154	2,06
Total	7.450	100
>250	2.363	43,64

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 44% del territorio canario superaría dicha cifra (ligeramente inferior al 51,94% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), duplicando la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 51. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

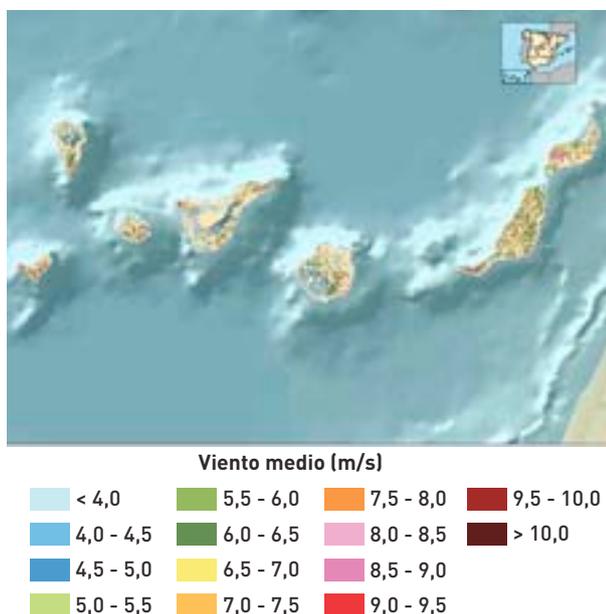


Tabla 49. Superficie afectada en Canarias por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	242	7.209	96,76
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	2.207	5.243	70,38
Carreteras y zonas de sensibilidad	1.388	6.062	81,37
Hidrología	6	7.444	99,92
Líneas eléctricas	293	7.158	96,07
Total(*)	3.178	4.272	57,34

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 42,66% de la superficie total disponible en el territorio canario se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra

supone más del doble de la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 29,62% y un 18,63% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 50. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	592	802	10,76
4,0-4,5	262	239	3,20
4,5-5,0	259	246	3,30
5,0-5,5	243	236	3,17
5,5-6,0	327	376	5,04
6,0-6,5	448	567	7,62
6,5-7,0	396	646	8,68
7,0-7,5	264	454	6,09
7,5-8,0	174	295	3,96
8,0-8,5	104	194	2,60
8,5-9,0	61	106	1,42
9,0-9,5	26	58	0,78
9,5-10,0	12	27	0,37
>10,0	11	27	0,37
Total	3.178	4.272	57,34
> 6,0	1.495	2.374	31,87

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Canarias: 7.450 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 2.374 km², un 31,87% del territorio canario, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de

altura, de velocidad media anual (este porcentaje es significativamente superior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Islas Canarias como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 52. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos

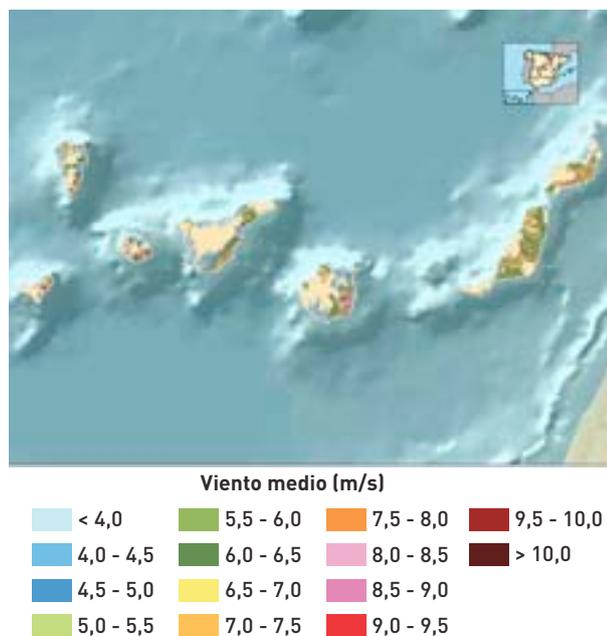


Tabla 51. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	590	803	10,78
4,0-4,5	239	261	3,51
4,5-5,0	250	255	3,42

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	230	250	3,35
5,5-6,0	287	415	5,57
6,0-6,5	278	738	9,90
6,5-7,0	332	710	9,53
7,0-7,5	270	448	6,01
7,5-8,0	207	262	3,51
8,0-8,5	157	141	1,89
8,5-9,0	87	79	1,06
9,0-9,5	45	38	0,51
9,5-10,0	25	15	0,20
>10,0	25	13	0,17
Total	3.023	4.428	59,43
> 6,0	1.426	2.443	32,80

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Canarias: 7.450 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Islas Canarias, con la información disponible, ocupan 3.023 km², el 40,57% de la superficie total del territorio canario. Cabe resaltar que dicho porcentaje cuadruplica la media nacional del 9,27%, lo que muestra la importancia y riqueza medioambiental del territorio canario, con una amplia variedad de enclaves singulares que requieren una protección especial de su biodiversidad.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 2.443 km², un 32,80% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio canario afectada por los espacios

incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 53. Distribución del viento y Red Natura 2000

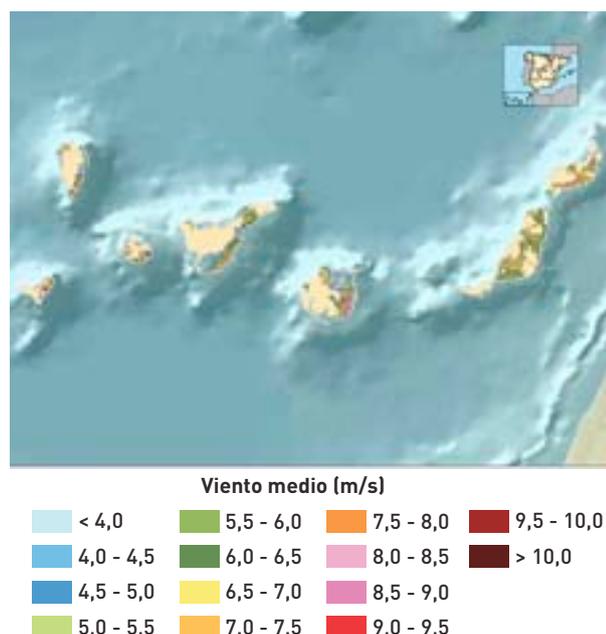


Tabla 52. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	778	615	8,26
4,0-4,5	260	241	3,23
4,5-5,0	273	232	3,11
5,0-5,5	266	213	2,86
5,5-6,0	361	341	4,58
6,0-6,5	398	618	8,29
6,5-7,0	440	602	8,08

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
7,0-7,5	334	383	5,14
7,5-8,0	229	240	3,22
8,0-8,5	163	135	1,81
8,5-9,0	91	76	1,01
9,0-9,5	48	36	0,48
9,5-10,0	26	14	0,18
>10,0	26	12	0,16
Total	3.695	3.755	50,41
> 6,0	1.756	2.113	28,37

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Canarias: 7.450 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 3.695 km² en Canarias, el 49,59% de su territorio. Este porcentaje supera muy ampliamente la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 2.113 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 28,37% del total del territorio canario.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Islas Canarias, con la información disponible:

Figura 54. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

Tabla 53. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.065	329	4,41
4,0-4,5	410	90	1,21
4,5-5,0	409	96	1,29
5,0-5,5	376	103	1,39
5,5-6,0	511	191	2,57
6,0-6,5	640	375	5,03
6,5-7,0	639	403	5,41
7,0-7,5	469	249	3,34
7,5-8,0	332	137	1,83
8,0-8,5	229	70	0,93
8,5-9,0	128	38	0,51

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	61	22	0,30
9,5-10,0	31	8	0,11
>10,0	31	7	0,09
Total	5.331	2.119	28,44
> 6,0	2.560	1.309	17,57

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Canarias: 7.450 km².

Unos 5.331 km², el 71,56% del territorio canario, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Si bien este porcentaje duplica la media española, del 32,85%, cabe destacar que de los 2.119 km² restantes, el 17,57% de la superficie de las Islas Canarias (1.309 km²) dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados, situándose por encima de la media nacional del 16,42%.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 54. Resumen de la superficie disponible en Canarias tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Canarias	7.450	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	2.854	51,94
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	2.374	31,87
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	1.309	17,57

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 1.309 km² (el 17,57% del territorio canario, frente al 16,42% de media española)

con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 1.309 km² disponibles tras los filtrados en Canarias, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 7,10 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

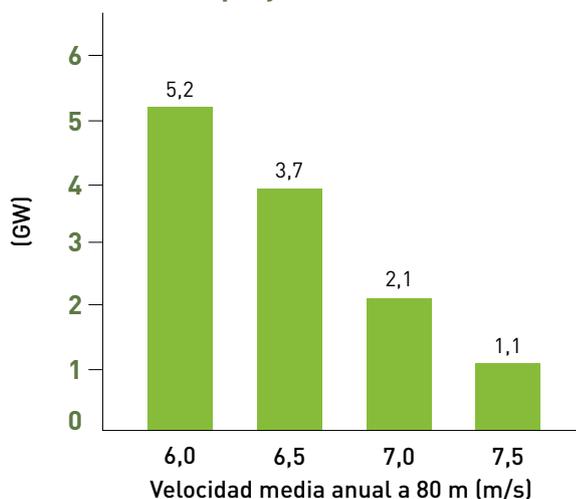
Estimación del potencial eólico disponible en Canarias (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Canarias con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 5,2 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 3,7 GW (934 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 55. Potencial eólico estimado en Canarias (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Canarias:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Islas Canarias en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Canarias a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando

que la velocidad media anual estimada en Canarias para los 1.309 km² disponibles tras los filtrados, es de 7,10 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Canarias, en el rango de las 2.450 y 2.650 h.

Por tanto, el potencial eólico en Canarias, en términos de generación eléctrica neta, para los 5,2 GW instalables en tierra firme, se estima entre 13 y 14 TWh/año.

6.1.3.6 Cantabria

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Cantabria, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Cantabria:

Figura 56. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio cántabro que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas

de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Comarca de Campoo.
- Comarcas de Asón-Agüera y Trasmiera.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 55. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	650	12,21
4,0-4,5	581	10,93
4,5-5,0	835	15,70
5,0-5,5	870	16,35
5,5-6,0	870	16,36
6,0-6,5	685	12,88
6,5-7,0	367	6,90
7,0-7,5	212	3,99
7,5-8,0	119	2,24
8,0-8,5	59	1,11
8,5-9,0	31	0,59
9,0-9,5	18	0,34
9,5-10,0	10	0,19
>10,0	10	0,20
Total	5.319	100
> 6,0	1.513	28,44

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 28% del territorio cántabro dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica

y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra moderadamente por encima de la media española del 23,43%.

Figura 57. Distribución de la densidad de potencia



Tabla 56. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	187	3,52
70-100	272	5,11
100-150	817	15,36
150-200	1.005	18,89
200-250	902	16,96
250-300	722	13,57
300-350	451	8,48
350-400	273	5,14
400-450	187	3,52
450-500	133	2,50

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
500-600	165	3,11
600-700	83	1,55
700-800	45	0,85
>800	76	1,43
Total	5.319	100
>250	2.136	40,16

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 40% del territorio cántabro superaría dicha cifra (ampliamente superior al 28,44% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), prácticamente el doble de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 58. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 57. Superficie afectada en Cantabria por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	18	5.301	99,66
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	2.713	2.606	48,99
Carreteras y zonas de sensibilidad	910	4.408	82,88
Hidrología	45	5.273	99,15
Líneas eléctricas	96	5.222	98,19
Total(*)	2.948	2.371	44,57

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 55,43% de la superficie total disponible en el territorio cántabro se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es aproximadamente el doble de la media nacional,

25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 51,01% y un 17,12% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 58. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	396	254	4,77
4,0-4,5	362	220	4,13
4,5-5,0	536	299	5,63
5,0-5,5	535	334	6,29
5,5-6,0	512	358	6,73
6,0-6,5	367	318	5,98
6,5-7,0	131	236	4,43
7,0-7,5	58	155	2,91
7,5-8,0	25	94	1,76
8,0-8,5	13	47	0,88
8,5-9,0	6	26	0,48
9,0-9,5	3	15	0,28
9,5-10,0	2	8	0,15
>10,0	3	8	0,14
Total	2.948	2.371	44,57
> 6,0	607	905	17,02

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cantabria: 5.319 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 905 km², un 17,02% del territorio cántabro, mantendría un

recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es similar a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Cantabria como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 59. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Tabla 59. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	60	590	11,08
4,0-4,5	61	520	9,78
4,5-5,0	91	745	14,00

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	83	787	14,80
5,5-6,0	81	789	14,84
6,0-6,5	56	628	11,81
6,5-7,0	42	325	6,10
7,0-7,5	34	179	3,36
7,5-8,0	24	95	1,79
8,0-8,5	14	45	0,85
8,5-9,0	9	22	0,42
9,0-9,5	6	12	0,23
9,5-10,0	2	8	0,15
>10,0	1	9	0,17
Total	565	4.753	89,37
> 6,0	189	1.323	24,88

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cantabria: 5.319 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Cantabria, con la información disponible, ocupan 565 km², el 10,63% de la superficie total del territorio cántabro. Este porcentaje está en línea con la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.323 km², un 24,88% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio cántabro afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con

la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 60. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 60. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	459	191	3,59
4,0-4,5	204	377	7,09
4,5-5,0	203	632	11,89
5,0-5,5	204	666	12,53
5,5-6,0	229	641	12,06
6,0-6,5	189	496	9,32
6,5-7,0	118	249	4,68
7,0-7,5	86	126	2,38
7,5-8,0	58	61	1,14
8,0-8,5	36	24	0,45

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,5-9,0	23	9	0,16
9,0-9,5	15	3	0,06
9,5-10,0	8	2	0,04
>10,0	9	2	0,03
Total	1.840	3.479	65,40
> 6,0	542	971	18,25

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cantabria: 5.319 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 1.840 km² en Cantabria, el 34,60% de su territorio. Este porcentaje es moderadamente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 971 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 18,25% del total del territorio cántabro.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Cantabria, con la información disponible:

Figura 61. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

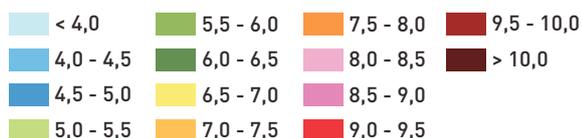


Tabla 61. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	437	212	3,99
4,0-4,5	404	178	3,34
4,5-5,0	590	245	4,60
5,0-5,5	587	282	5,31
5,5-6,0	568	302	5,68
6,0-6,5	410	275	5,16
6,5-7,0	167	200	3,77
7,0-7,5	86	127	2,39
7,5-8,0	44	75	1,40
8,0-8,5	23	36	0,68
8,5-9,0	12	19	0,36

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	7	10	0,20
9,5-10,0	4	6	0,12
>10,0	4	7	0,12
Total	3.345	1.974	37,11
> 6,0	758	755	14,19

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cantabria: 5.319 km².

Unos 3.345 km², el 62,89% del territorio cántabro, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje prácticamente duplica la media española, del 32,85%.

De los 1.974 km² restantes, el 14,19% de la superficie de Cantabria, 755 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 62. Resumen de la superficie disponible en Cantabria tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total de Cantabria	5.319	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	1.513	28,44
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	905	17,02
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	755	14,19

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 755 km² (el 14,19% del territorio cántabro, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los

términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 755 km² disponibles tras los filtrados en Cantabria, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 7,02 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

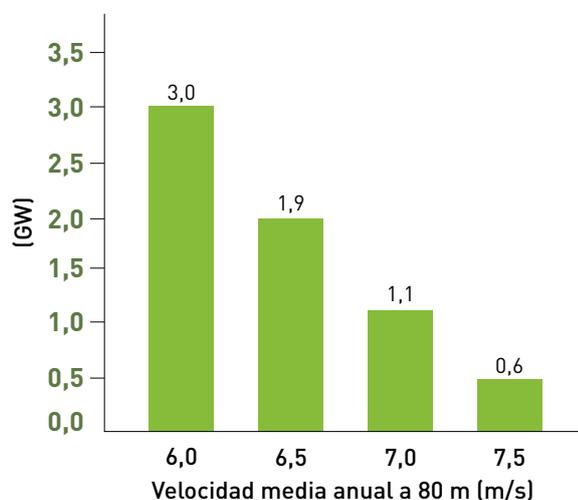
Estimación del potencial eólico disponible en Cantabria (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Cantabria con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 3,0 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 1,9 GW (480 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 62. Potencial eólico estimado en Cantabria (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Cantabria:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Cantabria en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Cantabria a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto,

considerando que la velocidad media anual estimada en Cantabria para los 755 km² disponibles tras los filtrados, es de 7,02 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Cantabria, en el rango de las 2.375 y 2.575 h.

Por tanto, el potencial eólico en Cantabria en términos de generación eléctrica neta para los 3,0 GW instalables en tierra firme, se estima entre 7,2 y 7,8 TWh/año.

6.1.3.7 Castilla y León

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Castilla y León, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Castilla y León:

Figura 63. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio castellano-leonés que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos

en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Cordillera Cantábrica.
- Norte de Burgos.
- Montes de León.
- Sierra de La Cabrera.
- Sistema Ibérico.
- Sistema Central.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 63. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	3.647	3,87
4,0-4,5	6.222	6,60
4,5-5,0	16.812	17,84
5,0-5,5	28.114	29,84
5,5-6,0	22.519	23,90
6,0-6,5	9.933	10,54
6,5-7,0	3.949	4,19
7,0-7,5	1.535	1,63
7,5-8,0	713	0,76
8,0-8,5	390	0,41
8,5-9,0	206	0,22
9,0-9,5	99	0,11
9,5-10,0	48	0,05
>10,0	33	0,03
Total	94.221	100
> 6,0	16.907	17,94

(Continuación)

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 18% del territorio castellano-leonés dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra ligeramente por debajo de la media española del 23,43%.

Figura 64. Distribución de la densidad de potencia


 W/m²

< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 64. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	1.329	1,41
70-100	3.727	3,96
100-150	23.995	25,47
150-200	34.399	36,51
200-250	18.234	19,35
250-300	6.057	6,43
300-350	2.708	2,87

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
350-400	1.366	1,45
400-450	767	0,81
450-500	487	0,52
500-600	563	0,60
600-700	292	0,31
700-800	145	0,15
>800	151	0,16
Total	94.221	100
>250	12.536	13,31

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, más de un 13% del territorio castellano-leonés superaría dicha cifra (inferior al 17,94% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), aproximadamente la mitad del promedio español del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 65. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

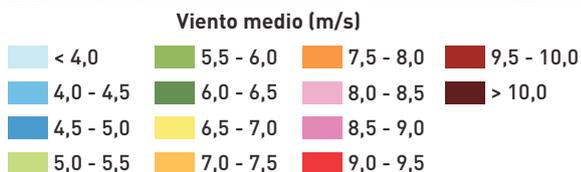


Tabla 65. Superficie afectada en Castilla y León por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	257	93.963	99,73
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	13.423	80.797	85,75
Carreteras y zonas de sensibilidad	11.911	82.310	87,36
Hidrología	563	93.658	99,40
Líneas eléctricas	3.027	91.194	96,79
Total(*)	23.929	70.292	74,60

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 25,40% de la superficie total disponible en el territorio castellano-leonés se ve afectado por la

aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es muy similar a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 14,25% y un 12,64% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 66. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.556	2.091	2,22
4,0-4,5	2.310	3.912	4,15
4,5-5,0	5.189	11.623	12,34
5,0-5,5	7.139	20.975	22,26
5,5-6,0	4.940	17.579	18,66
6,0-6,5	1.918	8.015	8,51
6,5-7,0	526	3.424	3,63
7,0-7,5	159	1.377	1,46
7,5-8,0	72	640	0,68
8,0-8,5	39	351	0,37
8,5-9,0	28	178	0,19
9,0-9,5	21	78	0,08
9,5-10,0	16	33	0,03
>10,0	16	17	0,02
Total	23.929	70.292	74,60
> 6,0	2.795	14.112	14,98

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla y León: 94.221 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 14.112 km², un 14,98% del territorio castellano-leonés, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es ligeramente inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Castilla y León como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 66. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 67. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	710	2.937	3,12
4,0-4,5	617	5.605	5,95
4,5-5,0	846	15.966	16,94
5,0-5,5	936	27.178	28,85
5,5-6,0	839	21.680	23,01
6,0-6,5	419	9.514	10,10
6,5-7,0	256	3.693	3,92
7,0-7,5	184	1.352	1,43
7,5-8,0	128	585	0,62
8,0-8,5	80	310	0,33
8,5-9,0	45	161	0,17
9,0-9,5	20	79	0,08
9,5-10,0	9	39	0,04
>10,0	9	24	0,03
Total	5.098	89.123	94,59
> 6,0	1.150	15.757	16,72

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla y León: 94.221 km².

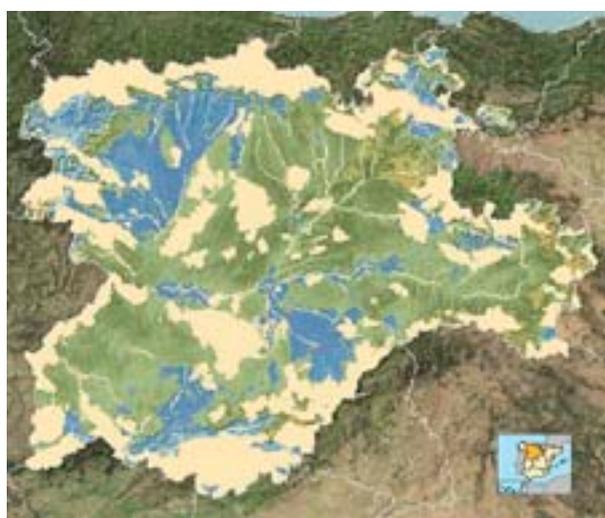
Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Castilla y León, con la información disponible, ocupan 5.098 km², el 5,41% de la superficie total del territorio castellano-leonés. Cabe resaltar los escasos Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Castilla y León, frente a la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 15.757 km², un 16,72% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio castellano-leonés afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 67. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 68. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	1.824	1.823	1,94
4,0-4,5	2.129	4.093	4,34
4,5-5,0	3.820	12.992	13,79
5,0-5,5	7.023	21.091	22,38

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,5-6,0	5.364	17.155	18,21
6,0-6,5	2.743	7.190	7,63
6,5-7,0	1.496	2.453	2,60
7,0-7,5	833	702	0,75
7,5-8,0	497	216	0,23
8,0-8,5	296	94	0,10
8,5-9,0	162	44	0,05
9,0-9,5	80	19	0,02
9,5-10,0	40	8	0,01
>10,0	29	4	0,00
Total	26.337	67.884	72,05
> 6,0	6.176	10.730	11,39

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla y León: 94.221 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 26.337 km² en Castilla y León, el 27,95% de su territorio, en línea con la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 10.730 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 11,39% del total del territorio castellano-leonés.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Castilla y León, con la información disponible:

Figura 68. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos


Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 69. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	2.022	1.626	1,73
4,0-4,5	2.785	3.437	3,65
4,5-5,0	5.863	10.948	11,62
5,0-5,5	7.913	20.201	21,44
5,5-6,0	5.614	16.905	17,94
6,0-6,5	2.276	7.657	8,13
6,5-7,0	748	3.202	3,40
7,0-7,5	308	1.228	1,30
7,5-8,0	170	542	0,58
8,0-8,5	101	289	0,31

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,5-9,0	60	147	0,16
9,0-9,5	32	67	0,07
9,5-10,0	20	29	0,03
>10,0	20	13	0,01
Total	27.932	66.289	70,35
> 6,0	3.734	13.173	13,98

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla y León: 94.221 km².

Unos 27.932 km², el 29,65% del territorio castellano-leonés, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje se sitúa ligeramente por debajo de la media española, del 32,85%.

De los 66.289 km² restantes, el 13,98% de la superficie de Castilla y León, 13.173 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 70. Resumen de la superficie disponible en Castilla y León tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Castilla y León	94.221	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	16.907	17,94
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	14.112	14,98
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	13.173	13,98

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 13.173 km² (el 13,98% del territorio castellano-leonés, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 13.173 km² disponibles tras los filtrados en Castilla y León, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,62 m/s, que es muy similar a la media nacional de 6,64 m/s.

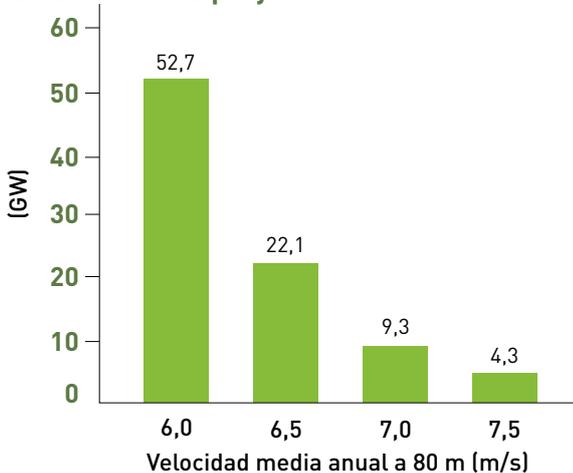
Estimación del potencial eólico disponible en Castilla y León (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Castilla y León con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 52,7 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 22,1 GW (5.516 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 69. Potencial eólico estimado en Castilla y León (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Castilla y León:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Castilla y León en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Castilla y León a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando

que la velocidad media anual estimada en Castilla y León para los 13.173 km² disponibles tras los filtros, es de 6,62 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Castilla y León, en el rango de las 2.100 y 2.300 h.

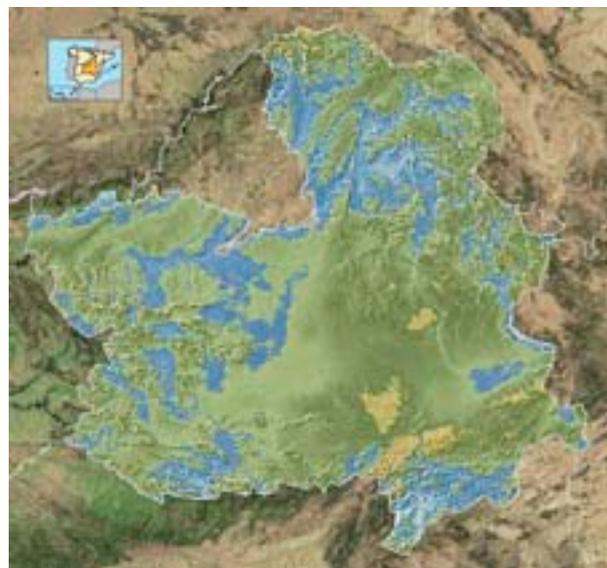
Por tanto, el potencial eólico en Castilla y León, en términos de generación eléctrica neta, para los 52,7 GW instalables en tierra firme, se estima entre 110 y 120 TWh/año.

6.1.3.8 Castilla-La Mancha

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Castilla-La Mancha:

Figura 70. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio castellano-manchego que, a gran escala, pueden considerarse

como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Provincia de Albacete y sur de Cuenca.
- Norte de Guadalajara.
- Montes de Toledo.

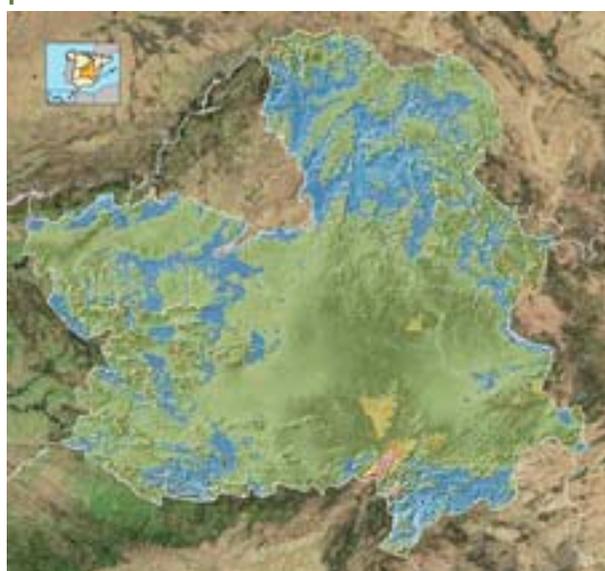
Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 71. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	1.387	1,75
4,0-4,5	4.641	5,84
4,5-5,0	12.612	15,88
5,0-5,5	23.193	29,21
5,5-6,0	20.939	26,37
6,0-6,5	12.512	15,76
6,5-7,0	3.069	3,86
7,0-7,5	768	0,97
7,5-8,0	209	0,26
8,0-8,5	58	0,07
8,5-9,0	16	0,02
9,0-9,5	5	0,01
9,5-10,0	2	0,00
>10,0	1	0,00
Total	79.411	100
> 6,0	16.640	20,95

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 21% del territorio castellano-manchego dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra aproximadamente a nivel de la media española del 23,43%. No obstante, destaca la escasez de zonas con un recurso eólico superior a 6.5 m/s de velocidad media anual: únicamente un 5,19%, frente al 11,13% de media nacional.

Figura 71. Distribución de la densidad de potencia



W/m²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 72. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
<70	665	0,84
70-100	3.026	3,81
100-150	15.068	18,98
150-200	30.504	38,41

(Continuación)

Densidad (W/m²)	Superficie (km²)	Superficie (%)
200-250	18.602	23,42
250-300	8.423	10,61
300-350	1.952	2,46
350-400	608	0,77
400-450	255	0,32
450-500	137	0,17
500-600	118	0,15
600-700	36	0,05
700-800	12	0,02
>800	6	0,01
Total	79.411	100
>250	11.547	14,54

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, alrededor de un 15% del territorio castellano-manchego superaría dicha cifra (moderadamente inferior al 20,95% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), notablemente por debajo de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 72. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

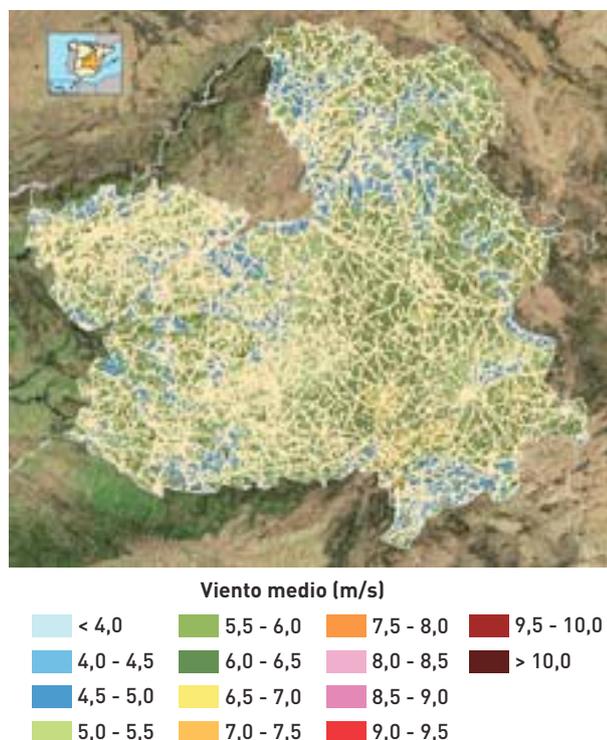


Tabla 73. Superficie afectada en Castilla-La Mancha por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	7	79.404	99,99
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	9.093	70.319	88,55
Carreteras y zonas de sensibilidad	6.491	72.920	91,83
Hidrología	520	78.892	99,35
Líneas eléctricas	1.107	78.304	98,61
Total(*)	15.139	64.272	80,94

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 19,06% de la superficie total disponible en el territorio castellano-manchego se ve afectado por la

aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente inferior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 11,45% y un 8,17% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 74. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	422	965	1,22
4,0-4,5	1.182	3.459	4,36
4,5-5,0	2.877	9.735	12,26
5,0-5,5	5.071	18.122	22,82
5,5-6,0	3.527	17.411	21,93
6,0-6,5	1.703	10.809	13,61
6,5-7,0	294	2.775	3,49
7,0-7,5	48	720	0,91
7,5-8,0	8	201	0,25
8,0-8,5	2	56	0,07
8,5-9,0	2	14	0,02
9,0-9,5	1	3	0,00
9,5-10,0	1	1	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	15.139	64.272	80,94
> 6,0	2.060	14.580	18,36

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla-La Mancha: 79.411 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 14.580 km², un 18,36% del territorio castellano-manchego, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es muy similar a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 73. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Tabla 75. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	142	1.246	1,57
4,0-4,5	243	4.398	5,54
4,5-5,0	443	12.169	15,32
5,0-5,5	667	22.526	28,37
5,5-6,0	807	20.131	25,35
6,0-6,5	579	11.933	15,03
6,5-7,0	213	2.855	3,60
7,0-7,5	76	692	0,87
7,5-8,0	33	176	0,22
8,0-8,5	17	41	0,05
8,5-9,0	7	10	0,01
9,0-9,5	2	2	0,00
9,5-10,0	1	1	0,00
>10,0	1	0	0,00
Total	3.230	76.181	95,93
> 6,0	929	15.711	19,78

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla-La Mancha: 79.411 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, con la información disponible, ocupan 3.230 km², el 4,07% de la superficie total del territorio castellano-manchego. Cabe resaltar que dicho porcentaje es dos veces inferior a la media nacional del 9,27%, lo que muestra la escasez de Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

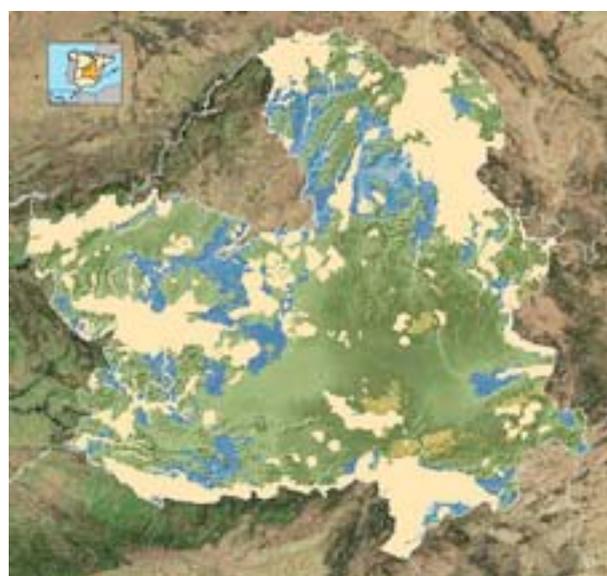
La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 15.711 km², un 19,78% del territorio.

(Continuación)

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio castellano-manchego afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 74. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 76. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	869	518	0,65
4,0-4,5	1.805	2.836	3,57
4,5-5,0	3.504	9.108	11,47
5,0-5,5	5.138	18.055	22,74

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,5-6,0	4.308	16.631	20,94
6,0-6,5	2.675	9.837	12,39
6,5-7,0	1.028	2.041	2,57
7,0-7,5	342	426	0,54
7,5-8,0	143	67	0,08
8,0-8,5	48	9	0,01
8,5-9,0	15	2	0,00
9,0-9,5	5	0	0,00
9,5-10,0	2	0	0,00
>10,0	1	0	0,00
Total	19.881	59.530	74,96
> 6,0	4.258	12.382	15,59

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla-La Mancha: 79.411 km².

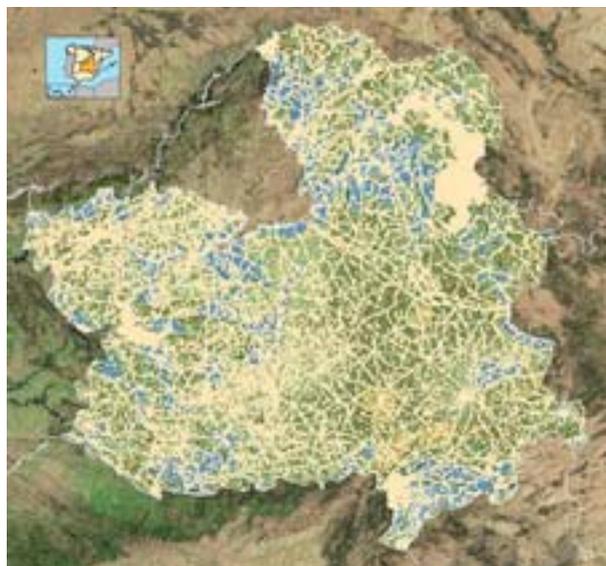
Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 19.881 km² en Castilla-La Mancha, el 25,04% de su territorio. Este porcentaje es ligeramente inferior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 12.382 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 15,59% del total del territorio castellano-manchego.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, con la información disponible:

Figura 75. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)



Tabla 77. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	535	852	1,07
4,0-4,5	1.381	3.259	4,10
4,5-5,0	3.258	9.354	11,78
5,0-5,5	5.668	17.526	22,07
5,5-6,0	4.269	16.670	20,99
6,0-6,5	2.256	10.255	12,91
6,5-7,0	501	2.568	3,23
7,0-7,5	122	646	0,81
7,5-8,0	40	169	0,21
8,0-8,5	17	41	0,05

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,5-9,0	7	10	0,01
9,0-9,5	2	2	0,00
9,5-10,0	1	1	0,00
>10,0	1	0	0,00
Total	18.057	61.354	77,26
> 6,0	2.947	13.693	17,24

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Castilla-La Mancha: 79.411 km².

Unos 18.057 km², el 22,74% del territorio castellano-mancheño, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje queda muy por debajo de la media española, del 32,85%.

De los 61.354 km² restantes, el 17,24% de la superficie de Castilla-La Mancha, 13.693 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 78. Resumen de la superficie disponible en Castilla-La Mancha tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total de Castilla-La Mancha	79.411	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	16.640	20,95
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	14.580	18,36
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	13.693	17,24

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 13.693 km² (el 17,24% del

territorio castellano-manchego, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 13.693 km² disponibles tras los filtrados en Castilla-La Mancha, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,38 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

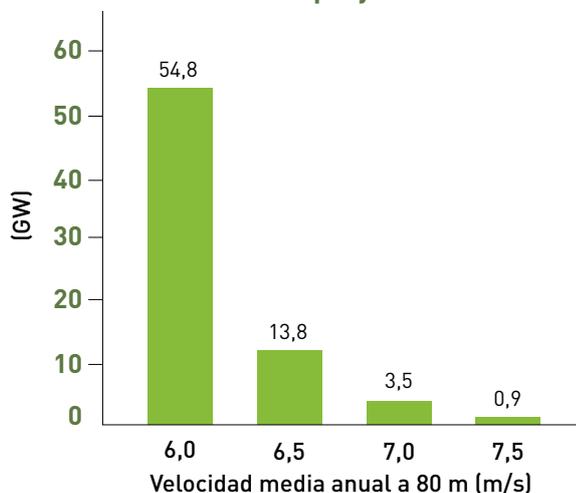
Estimación del potencial eólico disponible en Castilla-La Mancha (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Castilla-La Mancha con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 54,7 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 13,8 GW (3.438 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnico-económicamente viable:

Figura 76. Potencial eólico estimado en Castilla-La Mancha (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Castilla-La Mancha:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Castilla-La Mancha a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto,

considerando que la velocidad media anual estimada en Castilla-La Mancha para los 13.693 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,38 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Castilla-La Mancha, en el rango de las 1.925 y 2.125 h.

Por tanto, el potencial eólico en Castilla-La Mancha en términos de generación eléctrica neta para los 54,7 GW instalables en tierra firme, se estima entre 105 y 115 TWh/año.

6.1.3.9 Cataluña

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Cataluña, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Cataluña:

Figura 77. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio catalán que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas

en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Comarca del Alt Empordà.
- Montañas del interior de Tarragona.
- Área del Delta del Ebro.
- Cordillera de los Pirineos.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 79. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	9.050	28,10
4,0-4,5	4.291	13,32
4,5-5,0	4.869	15,12
5,0-5,5	3.958	12,29
5,5-6,0	3.361	10,44
6,0-6,5	2.673	8,30
6,5-7,0	1.664	5,17
7,0-7,5	1.001	3,11
7,5-8,0	574	1,78
8,0-8,5	307	0,95
8,5-9,0	187	0,58
9,0-9,5	111	0,34
9,5-10,0	66	0,20
>10,0	93	0,29
Total	32.204	100
> 6,0	6.676	20,73

(Continuación)

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 21% del territorio catalán dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje es ligeramente inferior a la media española del 23,43%.

Figura 78. Distribución de la densidad de potencia



W/m ²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 80. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	5.774	17,93
70-100	4.353	13,52
100-150	7.117	22,10
150-200	4.914	15,26
200-250	3.028	9,40
250-300	1.831	5,68

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
300-350	1.319	4,10
350-400	1.010	3,14
400-450	605	1,88
450-500	447	1,39
500-600	640	1,99
600-700	393	1,22
700-800	244	0,76
>800	529	1,64
Total	32.204	100
>250	7.019	21,80

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 22% del territorio catalán superaría dicha cifra (en línea con el 20,73% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), muy próxima a la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 79. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

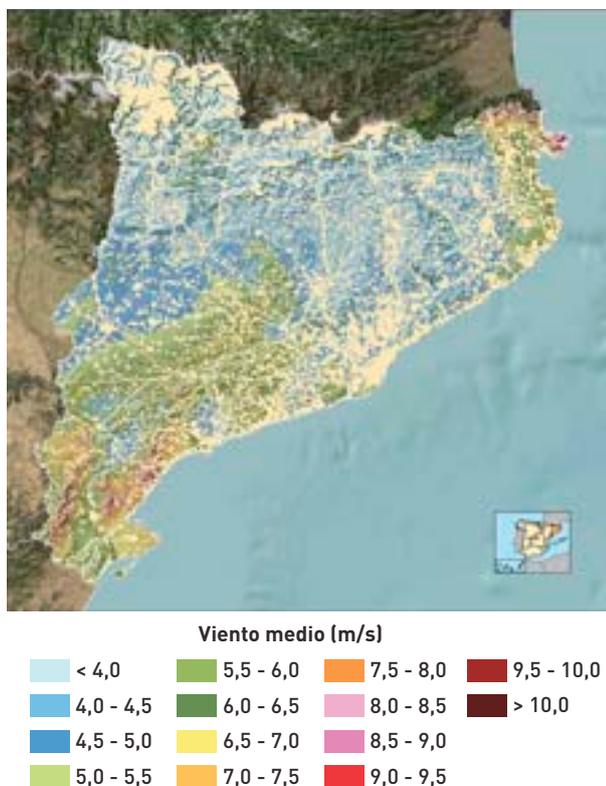


Tabla 81. Superficie afectada en Cataluña por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	1.352	30.852	95,80
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	6.539	25.665	79,69
Carreteras y zonas de sensibilidad	2.803	29.401	91,29
Hidrología	149	32.055	99,54
Líneas eléctricas	1.204	31.000	96,26
Total(*)	10.409	21.795	67,68

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 32,32% de la superficie total disponible en el territorio catalán se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente superior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 20,31% y un 8,71% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 82. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	2.668	6.382	19,82
4,0-4,5	1.387	2.904	9,02
4,5-5,0	1.702	3.166	9,83
5,0-5,5	1.320	2.638	8,19
5,5-6,0	1.128	2.233	6,93
6,0-6,5	873	1.801	5,59
6,5-7,0	522	1.143	3,55
7,0-7,5	314	687	2,13
7,5-8,0	200	374	1,16
8,0-8,5	113	194	0,60
8,5-9,0	68	119	0,37
9,0-9,5	44	67	0,21
9,5-10,0	28	38	0,12
>10,0	42	51	0,16
Total	10.409	21.795	67,68
> 6,0	2.203	4.473	13,89

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cataluña: 32.204 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 4.473 km², un 13,89% del territorio catalán, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual. Este porcentaje es moderadamente inferior a la media española, del 18,93%, debido a que las zonas del territorio catalán con rangos de viento altos se ven comparativamente más afectadas por el filtrado de restricciones técnicas.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Cataluña como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 80. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 83. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	621	8.429	26,17
4,0-4,5	233	4.059	12,60
4,5-5,0	214	4.655	14,45
5,0-5,5	196	3.762	11,68
5,5-6,0	214	3.147	9,77
6,0-6,5	224	2.449	7,60
6,5-7,0	191	1.473	4,58
7,0-7,5	167	834	2,59
7,5-8,0	126	449	1,39
8,0-8,5	95	212	0,66
8,5-9,0	74	113	0,35
9,0-9,5	46	65	0,20
9,5-10,0	29	37	0,11
>10,0	46	47	0,15
Total	2.475	29.729	92,32
> 6,0	997	5.679	17,63

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cataluña: 32.204 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Cataluña, con la información disponible, ocupan 2.475 km², el 7,68% de la superficie total del territorio catalán. Dicho porcentaje es ligeramente inferior a la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 5.679 km², un 17,63% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio catalán afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 81. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

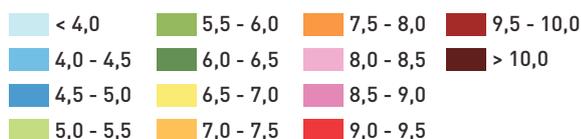


Tabla 84. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	2.611	6.439	19,99
4,0-4,5	1.159	3.132	9,73
4,5-5,0	1.307	3.562	11,06

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	1.217	2.740	8,51
5,5-6,0	1.015	2.346	7,28
6,0-6,5	849	1.824	5,66
6,5-7,0	661	1.003	3,12
7,0-7,5	470	530	1,65
7,5-8,0	318	256	0,80
8,0-8,5	221	86	0,27
8,5-9,0	154	33	0,10
9,0-9,5	98	13	0,04
9,5-10,0	59	6	0,02
>10,0	87	5	0,02
Total	10.226	21.978	68,25
> 6,0	2.917	3.758	11,67

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cataluña: 32.204 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 10.226 km² en Cataluña, el 31,75% de su territorio. Este porcentaje es ligeramente superior a la media nacional, del 28,82%.

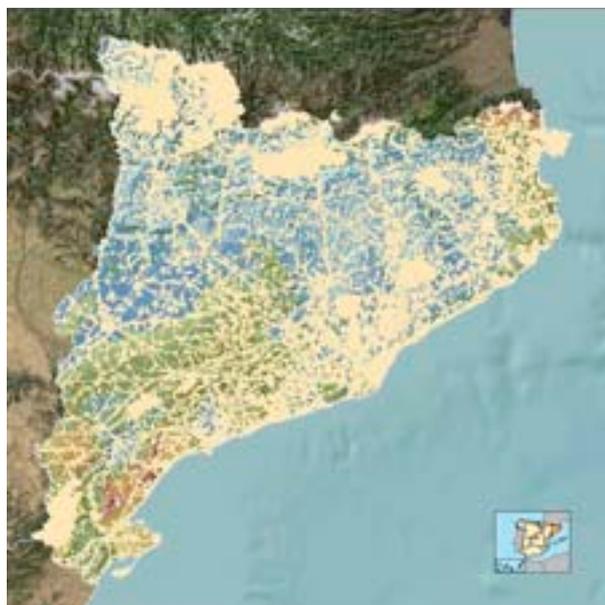
De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 3.758 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 11,67% del total del territorio catalán.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos

(ENP) por la comunidad autónoma de Cataluña, con la información disponible:

Figura 82. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 85. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	3.174	5.876	18,25
4,0-4,5	1.574	2.717	8,44
4,5-5,0	1.858	3.011	9,35
5,0-5,5	1.450	2.507	7,79
5,5-6,0	1.260	2.100	6,52
6,0-6,5	998	1.675	5,20
6,5-7,0	627	1.037	3,22
7,0-7,5	414	587	1,82

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
7,5-8,0	278	296	0,92
8,0-8,5	174	133	0,41
8,5-9,0	116	71	0,22
9,0-9,5	73	38	0,12
9,5-10,0	46	20	0,06
>10,0	71	21	0,07
Total	12.115	20.089	62,38
> 6,0	2.798	3.878	12,04

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Cataluña: 32.204 km².

Unos 12.115 km², el 37,62% del territorio catalán, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera moderadamente la media española, del 32,85%.

De los 20.089 km² restantes, el 12,04% de la superficie de Cataluña, 3.878 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 86. Resumen de la superficie disponible en Cataluña tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Cataluña	32.204	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	6.676	20,73
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	4.473	13,89
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	3.878	12,04

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 3.878 km² (el 12,04% del territorio catalán, frente al 16,42% de media española) con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 3.878 km² disponibles tras los filtrados en Cataluña, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,82 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

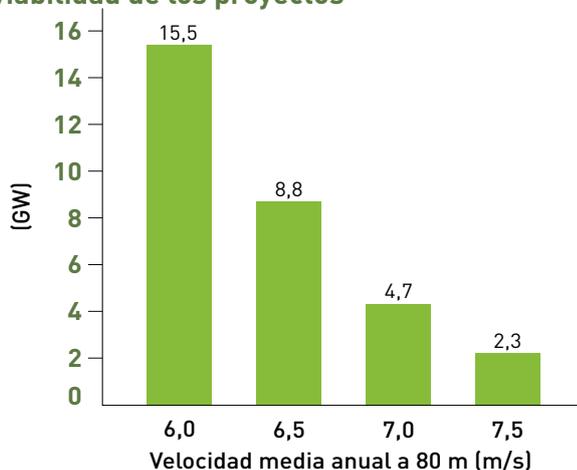
Estimación del potencial eólico disponible en Cataluña (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Cataluña con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 15,5 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 8,8 GW (2.203 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 83. Potencial eólico estimado en Cataluña (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Cataluña:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Cataluña en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Cataluña a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Cataluña para

los 3.878 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,82 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Cataluña, en el rango de las 2.250 y 2.450 h.

Por tanto, el potencial eólico en Cataluña en términos de generación eléctrica neta para los 15,5 GW instalables en tierra firme, se estima entre 35 y 38 TWh/año.

6.1.3.10 Comunidad Valenciana

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Comunidad Valenciana, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de la Comunidad Valenciana:

Figura 84. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio valenciano que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Mitad norte de Castellón.
- Zonas altas del interior de Valencia.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 87. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	1.542	6,63
4,0-4,5	2.754	11,84
4,5-5,0	6.373	27,39
5,0-5,5	5.754	24,73
5,5-6,0	3.672	15,78
6,0-6,5	1.902	8,17
6,5-7,0	727	3,12
7,0-7,5	310	1,33
7,5-8,0	131	0,56
8,0-8,5	62	0,27
8,5-9,0	25	0,11
9,0-9,5	10	0,04
9,5-10,0	3	0,01
>10,0	1	0,00
Total	23.266	100
> 6,0	3.171	13,63

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 14% del territorio valenciano dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra significativamente por debajo de la media española del 23,43%.

Figura 85. Distribución de la densidad de potencia



W/m ²		
< 70	200 - 250	400 - 450
70 - 100	250 - 300	450 - 500
100 - 150	300 - 350	500 - 600
150 - 200	350 - 400	600 - 700
		700 - 800
		> 800

Tabla 88. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	356	1,53
70-100	1.570	6,75
100-150	5.411	23,26
150-200	6.963	29,93

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
200-250	4.064	17,47
250-300	2.238	9,62
300-350	1.094	4,70
350-400	627	2,69
400-450	371	1,59
450-500	203	0,87
500-600	187	0,80
600-700	85	0,36
700-800	45	0,19
>800	52	0,22
Total	23.266	100
>250	4.902	21,07

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, alrededor de un 21% del territorio valenciano superaría dicha cifra (notablemente superior al 13,63% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), en línea con la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 86. Distribución del viento y filtrado de índole técnica


Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 89. Superficie afectada en la Comunidad Valenciana por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	23.266	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	7.355	15.910	68,39
Carreteras y zonas de sensibilidad	3.271	19.995	85,94
Hidrología	142	23.124	99,39
Líneas eléctricas	654	22.612	97,19
Total^(*)	9.230	14.036	60,33

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 39,67% de la superficie total disponible en el territorio valenciano se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es significativamente superior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 31,61% y un 14,06% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 90. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	847	695	2,99
4,0-4,5	1.181	1.573	6,76
4,5-5,0	3.098	3.275	14,08
5,0-5,5	2.233	3.520	15,13
5,5-6,0	1.109	2.563	11,02
6,0-6,5	513	1.389	5,97
6,5-7,0	161	566	2,43
7,0-7,5	54	256	1,10
7,5-8,0	19	112	0,48
8,0-8,5	8	54	0,23
8,5-9,0	4	21	0,09
9,0-9,5	2	9	0,04
9,5-10,0	0	3	0,01
>10,0	0	1	0,00
Total	9.230	14.036	60,33
> 6,0	761	2.410	10,36

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad Valenciana: 23.266 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 2.410 km², un 10,36% del territorio valenciano, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es muy inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Comunidad Valenciana como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 87. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 91. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	110	1.432	6,16
4,0-4,5	245	2.509	10,78
4,5-5,0	395	5.978	25,69
5,0-5,5	514	5.240	22,52
5,5-6,0	200	3.472	14,92
6,0-6,5	121	1.781	7,66
6,5-7,0	40	687	2,95
7,0-7,5	19	291	1,25
7,5-8,0	10	121	0,52
8,0-8,5	4	58	0,25
8,5-9,0	2	23	0,10
9,0-9,5	1	10	0,04
9,5-10,0	0	3	0,01
>10,0	0	1	0,00
Total	1.661	21.605	92,86
> 6,0	198	2.974	12,78

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad Valenciana: 23.266 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la Comunidad Valenciana, con la información disponible, ocupan 1.661 km², el 7,14% de la superficie total del territorio valenciano. Cabe resaltar que dicho porcentaje se sitúa ligeramente por debajo de la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 2.974 km², un 12,78% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio valenciano afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 88. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 92. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	380	1.162	5,00
4,0-4,5	659	2.095	9,00
4,5-5,0	1.146	5.227	22,46
5,0-5,5	1.446	4.308	18,52
5,5-6,0	1.173	2.498	10,74
6,0-6,5	790	1.112	4,78
6,5-7,0	408	319	1,37
7,0-7,5	195	115	0,49
7,5-8,0	89	42	0,18
8,0-8,5	44	18	0,08
8,5-9,0	18	7	0,03
9,0-9,5	7	3	0,01
9,5-10,0	2	1	0,00
>10,0	1	0	0,00
Total	6.358	16.908	72,67
> 6,0	1.553	1.619	6,96

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad Valenciana: 23.266 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 6.358 km² en la Comunidad Valenciana, el 27,33% de su territorio. Este porcentaje es muy próximo a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 1.619 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 6,96% del total del territorio valenciano.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Comunidad Valenciana, con la información disponible:

Figura 89. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 93. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	921	621	2,67
4,0-4,5	1.361	1.393	5,99
4,5-5,0	3.387	2.986	12,83
5,0-5,5	2.574	3.180	13,67
5,5-6,0	1.263	2.409	10,35
6,0-6,5	599	1.303	5,60
6,5-7,0	194	533	2,29
7,0-7,5	72	239	1,03
7,5-8,0	28	103	0,44
8,0-8,5	11	51	0,22
8,5-9,0	5	20	0,09
9,0-9,5	2	8	0,03
9,5-10,0	1	2	0,01
>10,0	0	1	0,00
Total	10.419	12.847	55,22
> 6,0	912	2.259	9,71

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad Valenciana: 23.266 km².

Unos 10.419 km², el 44,78% del territorio valenciano, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es significativamente superior a la media española, del 32,85%.

De los 12.847 km² restantes, el 9,71% de la superficie de la Comunidad Valenciana, 2.259 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 94. Resumen de la superficie disponible en la Comunidad Valenciana tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de la Comunidad Valenciana	23.266	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	3.171	13,63
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	2.410	10,36
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	2.259	9,71

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 2.259 km², el 9,71% del territorio valenciano frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 2.259 km² disponibles tras los filtrados en la Comunidad Valenciana, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,58 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

Estimación del potencial eólico disponible en la Comunidad Valenciana (GW)

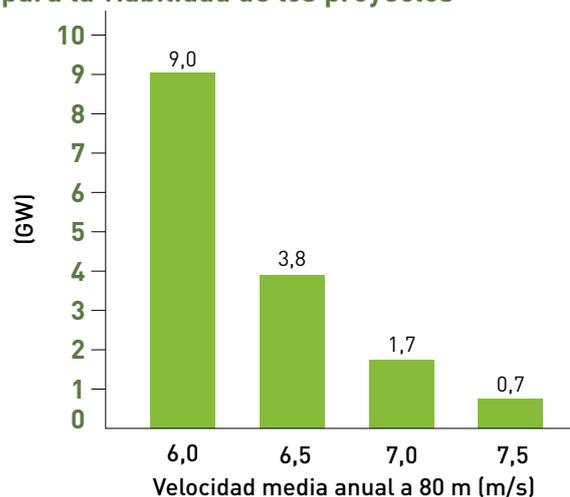
Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de la Comunidad Valenciana con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 9,0 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 3,8 GW (956 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad

media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 90. Potencial eólico estimado en la Comunidad Valenciana (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en la Comunidad Valenciana:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Comunidad Valenciana en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en la Comunidad Valenciana a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en la Comunidad Valenciana para los 2.259 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,58 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en la Comunidad Valenciana, en el rango de las 2.075 y 2.275 h.

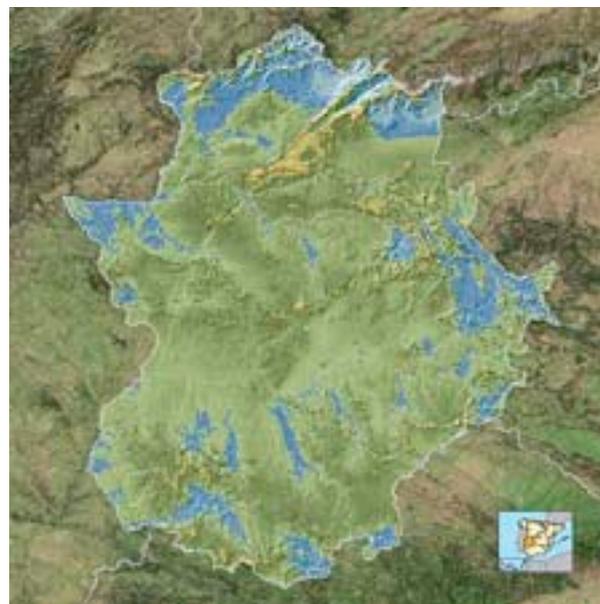
Por tanto, el potencial eólico en la Comunidad Valenciana en términos de generación eléctrica neta para los 9,0 GW instalables en tierra firme, se estima entre 19 y 21 TWh/año.

6.1.3.11 Extremadura

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Extremadura, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Extremadura:

Figura 91. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)		
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5
		9,5 - 10,0
		> 10,0

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio extremeño que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Sierras del norte de Cáceres.
- Comarcas de Tentudia y Sierra Suroeste, en Badajoz.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 95. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	810	1,94
4,0-4,5	1.557	3,73
4,5-5,0	4.763	11,43
5,0-5,5	13.541	32,49
5,5-6,0	14.028	33,66
6,0-6,5	5.188	12,45
6,5-7,0	1.215	2,91
7,0-7,5	367	0,88
7,5-8,0	142	0,34
8,0-8,5	51	0,12
8,5-9,0	14	0,03
9,0-9,5	3	0,01
9,5-10,0	0	0,00
>10,0	0	0,00
Total	41.679	100
> 6,0	6.981	16,75

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 17% del territorio extremeño dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra moderadamente por debajo de la media española del 23,43%.

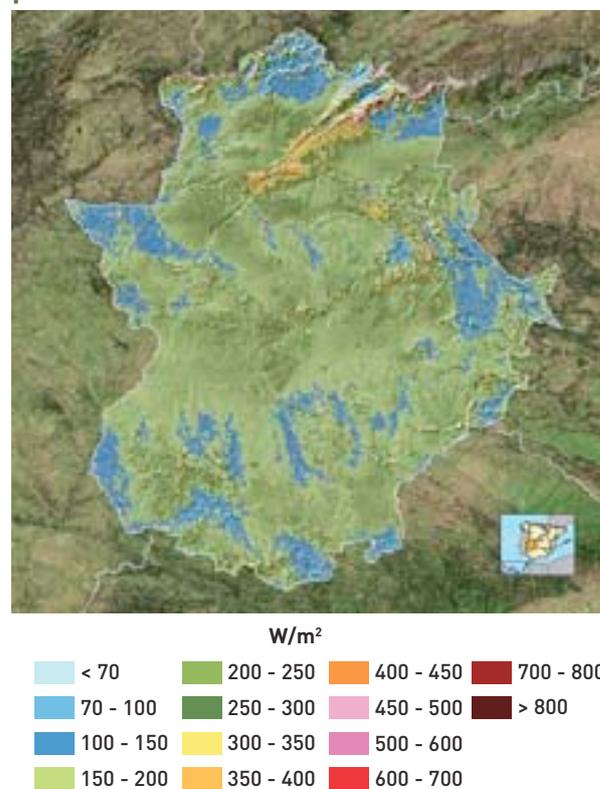
Figura 92. Distribución de la densidad de potencia


Tabla 96. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	153	0,37
70-100	830	1,99
100-150	6.926	16,62
150-200	18.093	43,41
200-250	11.066	26,55
250-300	2.674	6,41
300-350	976	2,34
350-400	431	1,03
400-450	205	0,49
450-500	119	0,29
500-600	117	0,28
600-700	49	0,12
700-800	19	0,05
>800	22	0,05
Total	41.679	100
>250	4.611	11,06

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, un 11% del territorio extremeño superaría dicha cifra (significativamente inferior al 16,75% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), aproximadamente la mitad del promedio español del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 93. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

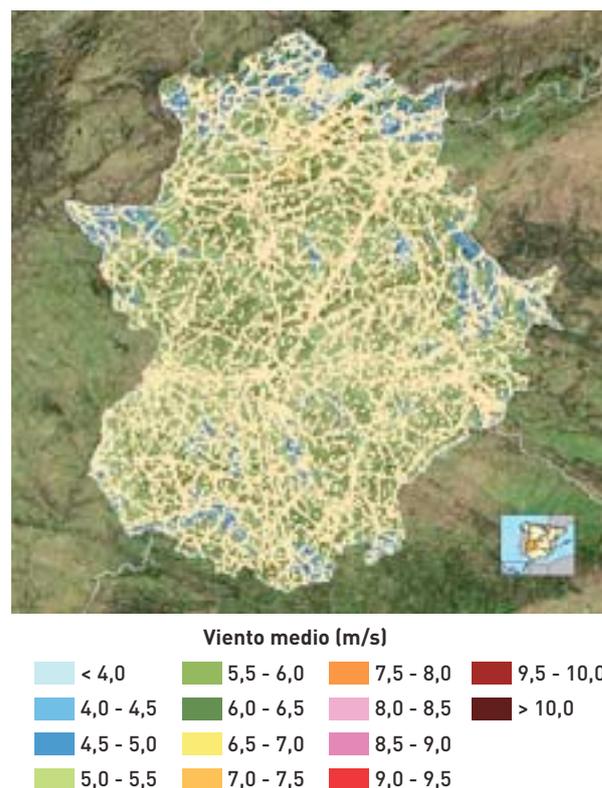


Tabla 97. Superficie afectada en Extremadura por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	24	41.655	99,94
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	3.733	37.945	91,04
Carreteras y zonas de sensibilidad	3.733	37.946	91,04

(Continuación)

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Hidrología	884	40.795	97,88
Líneas eléctricas	917	40.761	97,80
Total^(*)	8.364	33.315	79,93

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 20,07% de la superficie total disponible en el territorio extremeño se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente inferior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, en ambos casos un 8,96% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 98. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	238	572	1,37
4,0-4,5	392	1.164	2,79
4,5-5,0	1.017	3.746	8,99
5,0-5,5	2.798	10.743	25,77
5,5-6,0	2.751	11.277	27,06
6,0-6,5	927	4.261	10,22
6,5-7,0	178	1.037	2,49
7,0-7,5	39	328	0,79
7,5-8,0	13	129	0,31

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	6	45	0,11
8,5-9,0	3	10	0,02
9,0-9,5	1	2	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	8.364	33.315	79,93
> 6,0	1.167	5.813	13,95

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Extremadura: 41.679 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 5.813 km², un 13,95% del territorio extremeño, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es moderadamente inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Extremadura como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 94. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 99. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	20	790	1,90
4,0-4,5	106	1.451	3,48
4,5-5,0	300	4.463	10,71
5,0-5,5	965	12.576	30,17
5,5-6,0	1.319	12.710	30,49
6,0-6,5	306	4.882	11,71
6,5-7,0	85	1.130	2,71
7,0-7,5	32	335	0,80
7,5-8,0	12	129	0,31

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	2	49	0,12
8,5-9,0	1	13	0,03
9,0-9,5	0	3	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.148	38.531	92,45
> 6,0	439	6.541	15,69

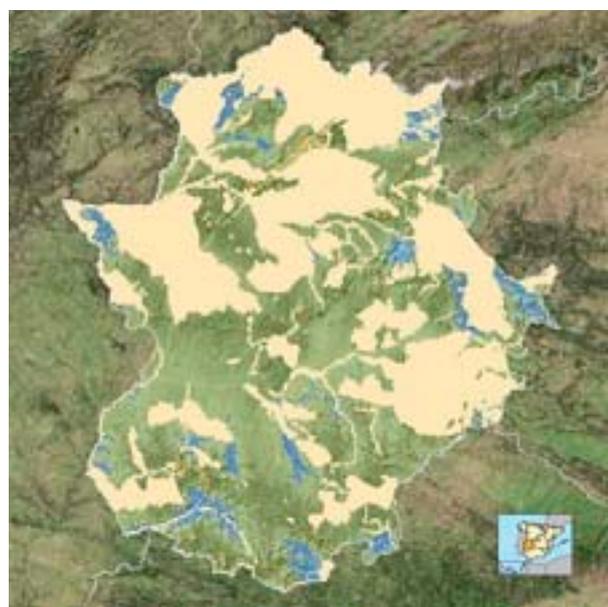
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Extremadura: 41.679 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Extremadura, con la información disponible, ocupan 3.148 km², el 7,55% de la superficie total del territorio extremeño. Dicho porcentaje se encuentra ligeramente por debajo de la media española del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 6.541 km², un 15,69% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio extremeño afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 95. Distribución del viento y Red Natura 2000

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 100. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	626	185	0,44
4,0-4,5	980	576	1,38
4,5-5,0	2.394	2.369	5,68
5,0-5,5	4.552	8.988	21,57
5,5-6,0	4.515	9.514	22,83
6,0-6,5	1.743	3.445	8,27
6,5-7,0	493	721	1,73
7,0-7,5	210	158	0,38
7,5-8,0	100	42	0,10

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	38	13	0,03
8,5-9,0	12	2	0,00
9,0-9,5	3	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	15.666	26.013	62,41
> 6,0	2.599	4.381	10,51

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Extremadura: 41.679 km².

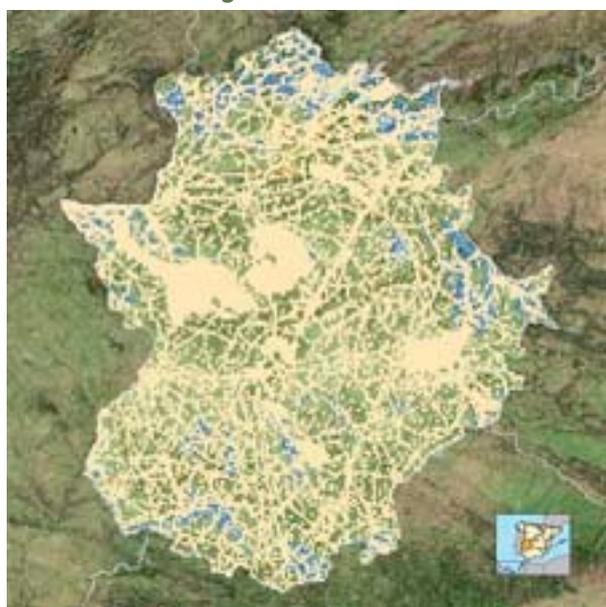
Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 15.666 km² en Extremadura, el 37,59% de su territorio. Este porcentaje es significativamente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 4.381 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 10,51% del total del territorio extremeño.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Extremadura, con la información disponible:

Figura 96. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)



Tabla 101. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	254	557	1,34
4,0-4,5	482	1.075	2,58
4,5-5,0	1.262	3.501	8,40
5,0-5,5	3.590	9.951	23,87
5,5-6,0	3.861	10.167	24,39
6,0-6,5	1.201	3.987	9,57
6,5-7,0	259	955	2,29
7,0-7,5	70	297	0,71
7,5-8,0	25	117	0,28

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	7	44	0,11
8,5-9,0	3	10	0,02
9,0-9,5	1	2	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	11.015	30.664	73,57
> 6,0	1.567	5.414	12,99

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Extremadura: 41.679 km².

Unos 11.015 km², el 26,43% del territorio extremeño, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es moderadamente inferior a la media española, del 32,85%.

De los 30.664 km² restantes, el 12,99% de la superficie de Extremadura, 5.414 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 102. Resumen de la superficie disponible en Extremadura tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total de Extremadura	41.679	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	6.981	16,75
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	5.813	13,95
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	5.414	12,99

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 5.414 km², el 12,99% del territorio extremeño frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 5.414 km² disponibles tras los filtrados en Extremadura, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,38 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

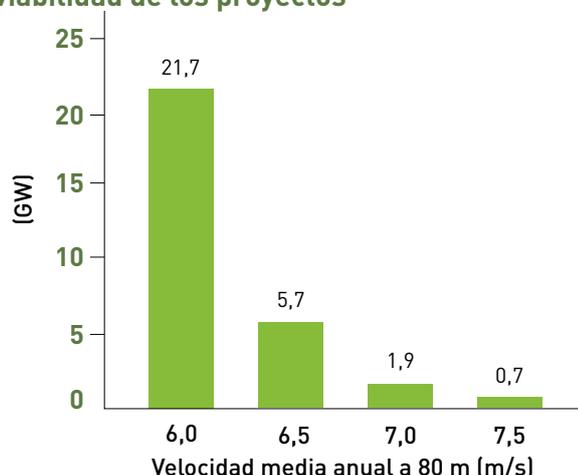
Estimación del potencial eólico disponible en Extremadura (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Extremadura con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 21,7 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 5,7 GW (1.427 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 97. Potencial eólico estimado en Extremadura (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Extremadura:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Extremadura en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Extremadura a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la

velocidad media anual estimada en Extremadura para los 5.414 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,38 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Extremadura, en el rango de las 1.925 y 2.125 h.

Por tanto, el potencial eólico en Extremadura en términos de generación eléctrica neta para los 21,7 GW instalables en tierra firme, se estima entre 42 y 46 TWh/año.

6.1.3.12 Galicia

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de Galicia, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Galicia:

Figura 98. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio gallego que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su

vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Cuadrante noroccidental.
- Mitad norte de Lugo.
- Sierras interiores de Orense y Pontevedra.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 103. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	1.828	6,16
4,0-4,5	1.998	6,74
4,5-5,0	3.019	10,18
5,0-5,5	3.906	13,16
5,5-6,0	4.719	15,90
6,0-6,5	4.948	16,68
6,5-7,0	4.017	13,54
7,0-7,5	2.764	9,32
7,5-8,0	1.508	5,08
8,0-8,5	619	2,09
8,5-9,0	231	0,78
9,0-9,5	77	0,26
9,5-10,0	25	0,08
>10,0	11	0,04
Total	29.669	100
> 6,0	14.199	47,86

De esta tabla, destaca extraordinariamente que el 48% del territorio gallego dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con

la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje duplica la media española del 23,43%.

Figura 99. Distribución de la densidad de potencia



W/m ²			
< 70	200 - 250	400 - 450	700 - 800
70 - 100	250 - 300	450 - 500	> 800
100 - 150	300 - 350	500 - 600	
150 - 200	350 - 400	600 - 700	

Tabla 104. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	370	1,25
70-100	916	3,09
100-150	3.018	10,17
150-200	4.066	13,70
200-250	4.801	16,18
250-300	4.566	15,39
300-350	3.580	12,07
350-400	2.667	8,99

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
400-450	1.958	6,60
450-500	1.315	4,43
500-600	1.378	4,64
600-700	571	1,93
700-800	254	0,86
>800	208	0,70
Total	29.669	100
>250	16.498	55,61

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 56% del territorio gallego superaría dicha cifra (moderadamente superior al 47,86% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), más del doble de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 100. Distribución del viento y filtrado de índole técnica



Viento medio (m/s)



Tabla 105. Superficie afectada en Galicia por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	1	29.667	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	2.412	27.257	91,87
Carreteras y zonas de sensibilidad	3.412	26.257	88,50
Hidrología	195	29.474	99,34
Líneas eléctricas	841	28.828	97,17
Total(*)	6.088	23.581	79,48

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 20,52% de la superficie total disponible en el territorio gallego se ve afectado por la aplicación de los

filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es moderadamente inferior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por carreteras y núcleos urbanos, respectivamente un 11,50% y un 8,13% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 106. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	532	1.296	4,37
4,0-4,5	570	1.428	4,81
4,5-5,0	804	2.215	7,47
5,0-5,5	973	2.933	9,88
5,5-6,0	1.045	3.674	12,38
6,0-6,5	914	4.034	13,60
6,5-7,0	643	3.374	11,37
7,0-7,5	381	2.383	8,03
7,5-8,0	162	1.346	4,54
8,0-8,5	46	573	1,93
8,5-9,0	11	219	0,74
9,0-9,5	4	73	0,25
9,5-10,0	1	24	0,08
>10,0	1	10	0,03
Total	6.088	23.581	79,48
> 6,0	2.164	12.036	40,57

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Galicia: 29.669 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 12.036 km², un 40,57% del territorio gallego, mantendría un recurso

eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje duplica la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de Galicia como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 101. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 107. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	261	1.567	5,28
4,0-4,5	230	1.768	5,96
4,5-5,0	317	2.702	9,11
5,0-5,5	372	3.534	11,91
5,5-6,0	462	4.256	14,35
6,0-6,5	469	4.479	15,10
6,5-7,0	414	3.603	12,14
7,0-7,5	338	2.426	8,18
7,5-8,0	266	1.242	4,19
8,0-8,5	172	447	1,51
8,5-9,0	89	141	0,48
9,0-9,5	39	38	0,13
9,5-10,0	17	8	0,03
>10,0	9	2	0,01
Total	3.456	26.213	88,35
> 6,0	1.814	12.386	41,75

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Galicia: 29.669 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de Galicia, con la información disponible, ocupan 3.456 km², el 11,65% de la superficie total del territorio gallego. Dicho porcentaje se sitúa ligeramente por encima de la media nacional del 9,27%, lo que muestra la importancia y riqueza medioambiental del territorio gallego, con extensos enclaves singulares que requieren una protección especial de su biodiversidad.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 12.386 km², un 41,75% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio gallego afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 102. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 108. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	254	1.574	5,31
4,0-4,5	228	1.771	5,97
4,5-5,0	319	2.700	9,10
5,0-5,5	375	3.531	11,90
5,5-6,0	469	4.249	14,32
6,0-6,5	478	4.471	15,07
6,5-7,0	417	3.599	12,13
7,0-7,5	342	2.421	8,16
7,5-8,0	269	1.239	4,18
8,0-8,5	175	444	1,50
8,5-9,0	90	140	0,47
9,0-9,5	39	38	0,13
9,5-10,0	17	8	0,03
>10,0	9	2	0,01
Total	3.482	26.187	88,26
> 6,0	1.837	12.362	41,67

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Galicia: 29.669 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 3.482 km² en Galicia, el 11,74% de su territorio. Este porcentaje se sitúa casi tres veces por debajo de la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 12.362 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 41,67% del total del territorio gallego.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de Galicia, con la información disponible:

Figura 103. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 109. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	737	1.090	3,68
4,0-4,5	758	1.240	4,18
4,5-5,0	1.062	1.957	6,60
5,0-5,5	1.288	2.618	8,82
5,5-6,0	1.446	3.273	11,03
6,0-6,5	1.333	3.615	12,18
6,5-7,0	1.011	3.006	10,13
7,0-7,5	695	2.069	6,97
7,5-8,0	412	1.096	3,69
8,0-8,5	209	410	1,38
8,5-9,0	98	133	0,45
9,0-9,5	42	36	0,12
9,5-10,0	18	7	0,02
>10,0	9	2	0,01
Total	9.118	20.551	69,27
> 6,0	3.826	10.373	34,96

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Galicia: 29.669 km².

Unos 9.118 km², el 30,73% del territorio gallego, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es ligeramente inferior a la media española, del 32,85%.

De los 20.551 km² restantes, el 34,96% de la superficie de Galicia, 10.373 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 110. Resumen de la superficie disponible en Galicia tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Galicia	29.669	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	14.199	47,86
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	12.036	40,87
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	10.373	34,96

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 10.373 km², el 34,96% del territorio gallego frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 10.373 km² disponibles tras los filtrados en Galicia, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,88 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

Estimación del potencial eólico disponible en Galicia (GW)

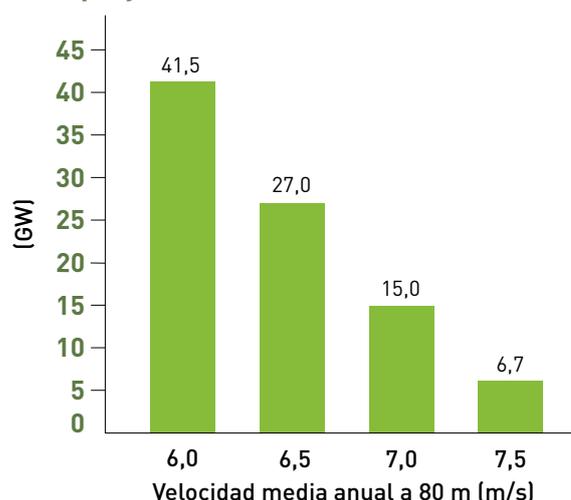
Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Galicia con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 41,5 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 27,0 GW (6.758 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad

media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 104. Potencial eólico estimado en Galicia (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Galicia:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de Galicia en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el

incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Galicia a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Galicia para los 10.373 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,88 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Galicia, en el rango de las 2.300 y 2.500 h.

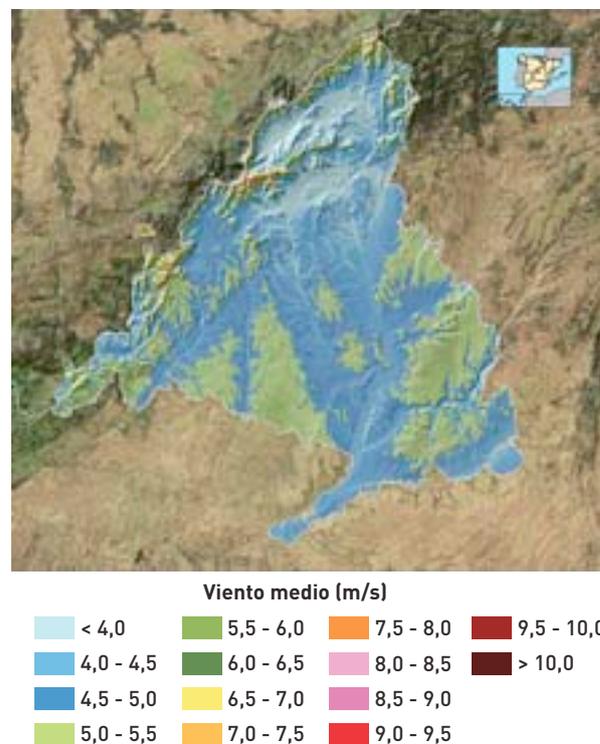
Por tanto, el potencial eólico en Galicia en términos de generación eléctrica neta para los 41,5 GW instalables en tierra firme, se estima entre 95 y 105 TWh/año.

6.1.3.13 Madrid

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Comunidad de Madrid, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de la Comunidad de Madrid:

Figura 105. Distribución de la velocidad del viento



Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio madrileño que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

– Sierras de Malagón, Guadarrama y Somosierra.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 111. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	760	9,47
4,0-4,5	1.715	21,38
4,5-5,0	2.709	33,77
5,0-5,5	1.990	24,80
5,5-6,0	530	6,61
6,0-6,5	135	1,68
6,5-7,0	80	0,99
7,0-7,5	52	0,64
7,5-8,0	29	0,36
8,0-8,5	14	0,18
8,5-9,0	6	0,08
9,0-9,5	3	0,03
9,5-10,0	0	0,00
>10,0	0	0,00
Total	8.023	100
> 6,0	319	3,97

De esta tabla destaca la escasez de zonas aprovechables para el desarrollo de parques eólicos en la Comunidad de Madrid: aproximadamente un 4% del territorio madrileño dispone de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje es seis veces inferior a la media española del 23,43%.

Figura 106. Distribución de la densidad de potencia

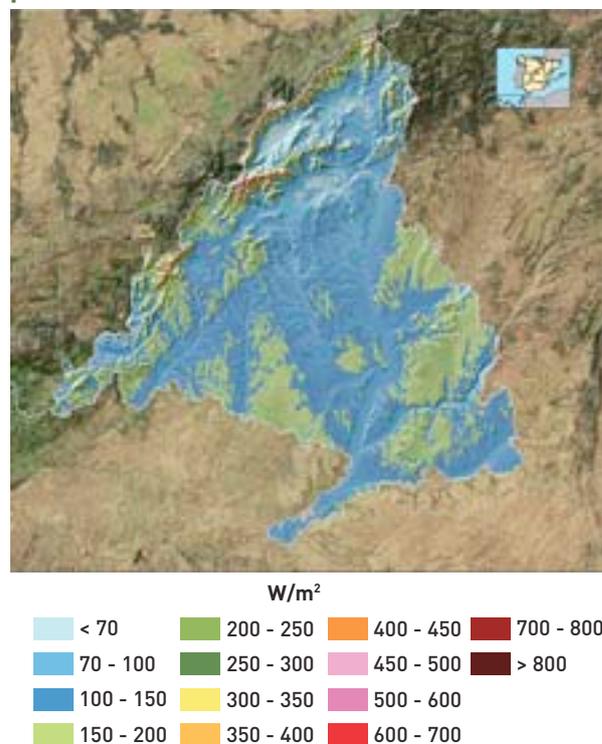


Tabla 112. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	244	3,05
70-100	1.009	12,57
100-150	3.992	49,76
150-200	2.001	24,94
200-250	410	5,11
250-300	119	1,49
300-350	77	0,96
350-400	56	0,70
400-450	36	0,45
450-500	24	0,30

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
500-600	28	0,34
600-700	15	0,18
700-800	7	0,09
>800	4	0,05
Total	8.023	100
>250	367	4,57

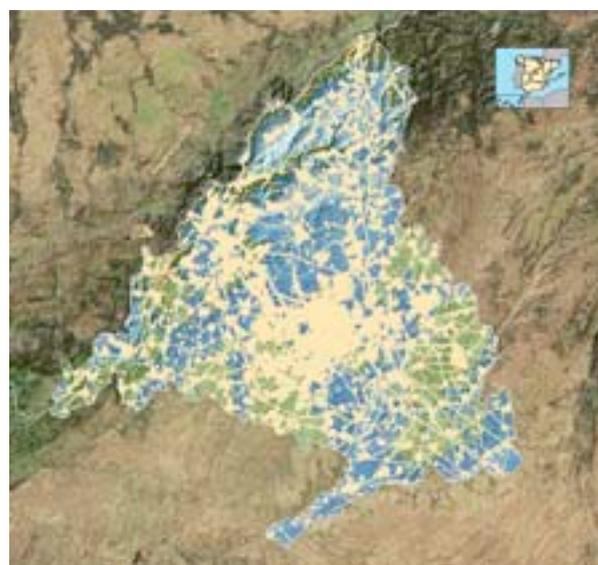
En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, menos de un 5% del territorio madrileño superaría dicha cifra (superior al 3,97% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), seis veces por debajo de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 107. Distribución del viento y filtrado de índole técnica



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 113. Superficie afectada en la Comunidad de Madrid por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	34	7.989	99,58
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	2.457	5.566	69,38
Carreteras y zonas de sensibilidad	1.162	6.861	85,52
Hidrología	73	7.950	99,09
Líneas eléctricas	579	7.444	92,78
Total^(*)	3.471	4.552	56,74

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 43,26% de la superficie total disponible en el territorio madrileño se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es casi el doble de la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 30,62% y un 14,48% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 114. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	320	439	5,48
4,0-4,5	746	969	12,08
4,5-5,0	1.341	1.368	17,05
5,0-5,5	837	1.153	14,37
5,5-6,0	154	376	4,69
6,0-6,5	23	112	1,40
6,5-7,0	15	64	0,80
7,0-7,5	13	39	0,49
7,5-8,0	9	20	0,24
8,0-8,5	6	8	0,10
8,5-9,0	3	3	0,04
9,0-9,5	2	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.471	4.552	56,74
> 6,0	72	247	3,08

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad de Madrid: 8.023 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 247 km², un 3,08% del territorio madrileño, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es seis veces inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Comunidad de Madrid como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 108. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos

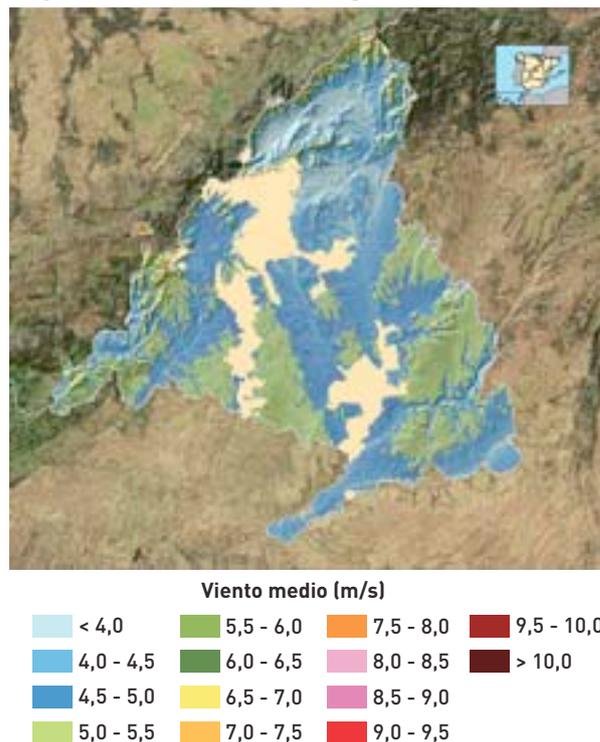


Tabla 115. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	103	657	8,19
4,0-4,5	335	1.380	17,20
4,5-5,0	450	2.260	28,17
5,0-5,5	159	1.831	22,82
5,5-6,0	34	496	6,18
6,0-6,5	20	114	1,43
6,5-7,0	16	64	0,80
7,0-7,5	9	43	0,53
7,5-8,0	6	23	0,29
8,0-8,5	4	11	0,13
8,5-9,0	2	5	0,06
9,0-9,5	1	2	0,02
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	1.138	6.885	85,82
> 6,0	57	262	3,26

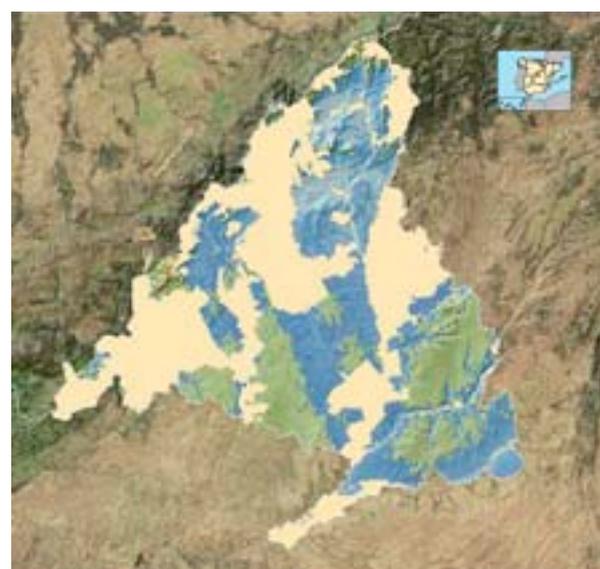
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad de Madrid: 8.023 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la Comunidad de Madrid, con la información disponible, ocupan 1.138 km², el 14,18% de la superficie total del territorio madrileño. Dicho porcentaje supera moderadamente la media nacional del 9,27%, lo que muestra la importancia y riqueza medioambiental del territorio madrileño, con extensos enclaves singulares que requieren una protección especial de su biodiversidad.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 262 km², un 3,26% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio madrileño afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 109. Distribución del viento y Red Natura 2000


Viento medio (m/s)



Tabla 116. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	328	432	5,38
4,0-4,5	790	925	11,53
4,5-5,0	1.219	1.491	18,58
5,0-5,5	711	1.279	15,94
5,5-6,0	192	338	4,21
6,0-6,5	83	51	0,64
6,5-7,0	51	29	0,36
7,0-7,5	31	21	0,26
7,5-8,0	19	10	0,13
8,0-8,5	10	4	0,05
8,5-9,0	5	2	0,02
9,0-9,5	2	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.441	4.582	57,11
> 6,0	201	118	1,47

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad de Madrid: 8.023 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 3.441 km² en la Comunidad de Madrid, el 42,89% de su territorio. Este porcentaje es significativamente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 118 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 1,47% del total del territorio madrileño.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Comunidad de Madrid, con la información disponible:

Figura 110. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

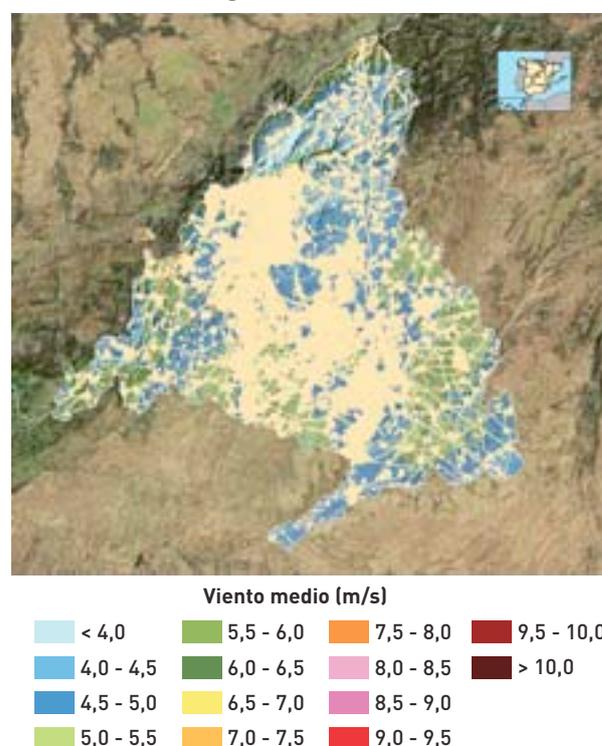


Tabla 117. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	386	373	4,65
4,0-4,5	951	764	9,53
4,5-5,0	1.614	1.095	13,65

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	934	1.056	13,17
5,5-6,0	183	347	4,32
6,0-6,5	41	93	1,17
6,5-7,0	27	52	0,65
7,0-7,5	18	34	0,42
7,5-8,0	12	17	0,21
8,0-8,5	7	8	0,09
8,5-9,0	3	3	0,04
9,0-9,5	2	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	4.179	3.843	47,91
> 6,0	111	208	2,59

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de la Comunidad de Madrid: 8.023 km².

Unos 4.179 km², el 52,08% del territorio madrileño, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera significativamente la media española, del 32,85%.

Tras la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental, se concluye la exigua disponibilidad de zonas apropiadas para la implantación de parques eólicos en la Comunidad de Madrid: un 2,59%, 208 km², de su territorio, seis veces menos que la media nacional del 16,42% en términos porcentuales, dispondría de un recurso eólico aprovechable.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 118. Resumen de la superficie disponible en la Comunidad de Madrid tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de la Comunidad de Madrid	8.023	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	319	3,97
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	247	3,08
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	208	2,59

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 208 km², el 2,59% del territorio madrileño frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 208 km² disponibles tras los filtrados en la Comunidad de Madrid, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,72 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

Estimación del potencial eólico disponible en la Comunidad de Madrid (MW)

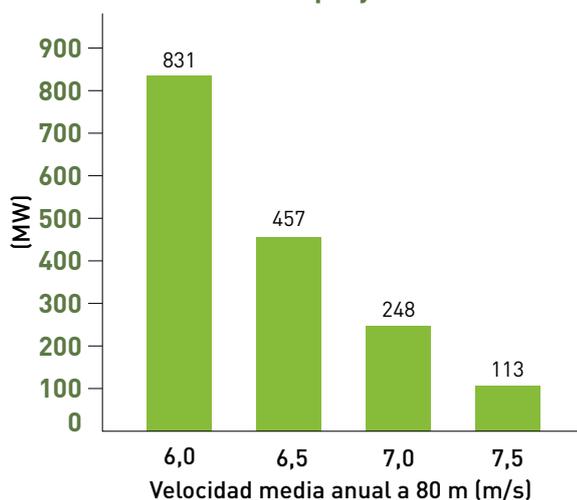
Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de la Comunidad de Madrid con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 831 MW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 457 MW (115 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad

media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 111. Potencial eólico estimado en la Comunidad de Madrid (en MW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en la Comunidad de Madrid:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Comunidad de Madrid en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.

- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

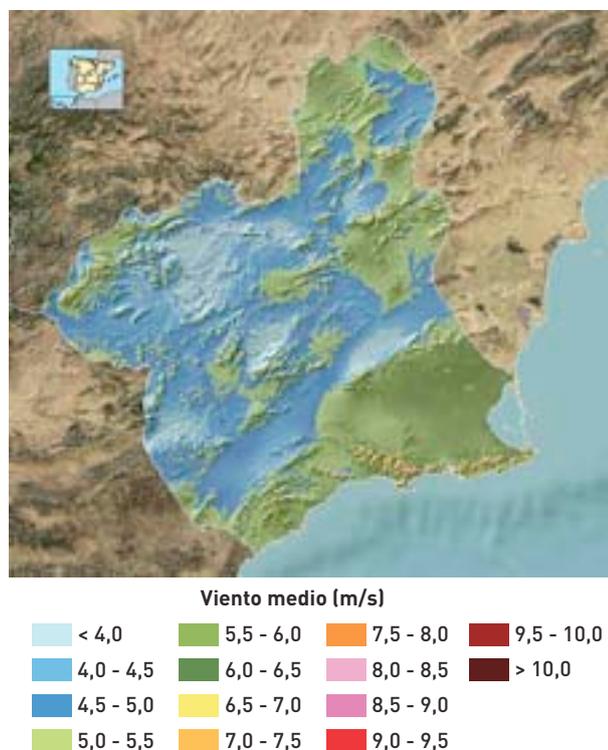
Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en la Comunidad de Madrid a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en la Comunidad de Madrid para los 208 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,72 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en la Comunidad de Madrid, en el rango de las 2.150 y 2.350 h.

Por tanto, el potencial eólico en la Comunidad de Madrid en términos de generación eléctrica neta para los 831 MW instalables en tierra firme, se estima entre 1,8 y 2,0 TWh/año.

6.1.3.14 Murcia

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Región de Murcia, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de la Región de Murcia:

Figura 112. Distribución de la velocidad del viento


Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio murciano que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Norte de Murcia y serranías Subbéticas.
- Campo de Cartagena.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 119. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	884	7,81
4,0-4,5	1.838	16,25
4,5-5,0	2.953	26,11
5,0-5,5	2.465	21,80
5,5-6,0	1.810	16,00
6,0-6,5	1.069	9,45
6,5-7,0	184	1,62
7,0-7,5	69	0,61
7,5-8,0	26	0,23
8,0-8,5	9	0,08
8,5-9,0	3	0,03
9,0-9,5	1	0,01
9,5-10,0	0	0,00
>10,0	0	0,00
Total	11.311	100
> 6,0	1.361	12,03

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 12% del territorio murciano dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje es aproximadamente la mitad del promedio español del 23,43%.

Figura 113. Distribución de la densidad de potencia

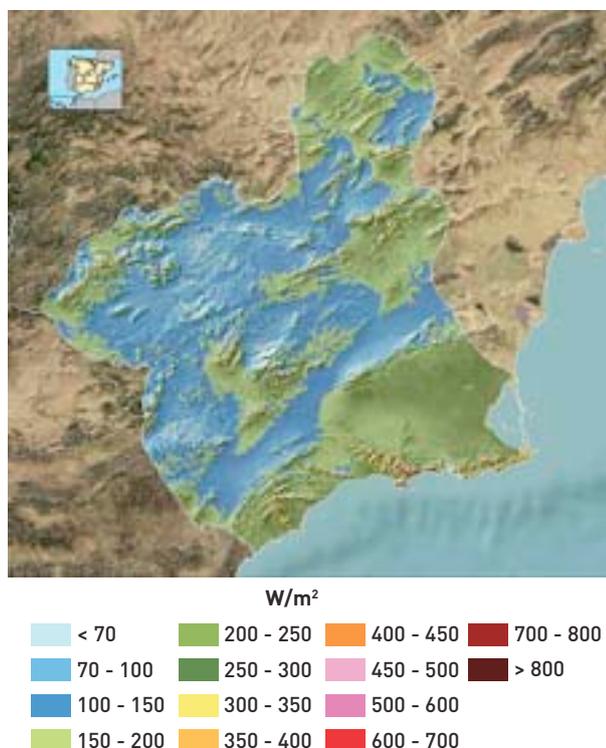


Tabla 120. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	213	1,88
70-100	1.293	11,43
100-150	3.697	32,69
150-200	2.912	25,74
200-250	1.818	16,07
250-300	960	8,48
300-350	214	1,89
350-400	94	0,83
400-450	50	0,44
450-500	27	0,24

(Continuación)

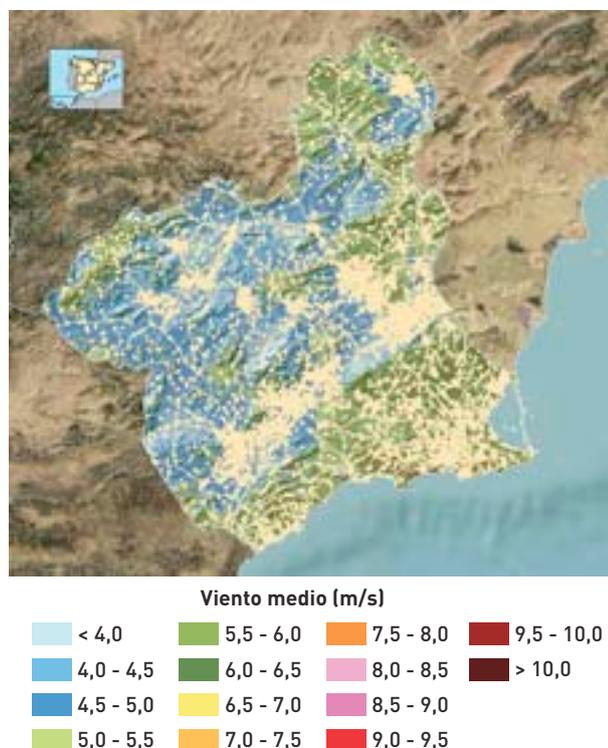
Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
500-600	23	0,20
600-700	7	0,06
700-800	3	0,02
>800	1	0,01
Total	11.311	100
>250	1.378	12,18

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 12% del territorio murciano superaría dicha cifra (en línea con el 12,03% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), aproximadamente la mitad del promedio español del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 114. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

Tabla 121. Superficie afectada en Murcia por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	11.311	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	3.179	8.132	71,89
Carreteras y zonas de sensibilidad	1.235	10.076	89,08
Hidrología	23	11.288	99,80
Líneas eléctricas	220	11.091	98,05
Total(*)	3.927	7.384	65,28

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 34,72% de la superficie total disponible en el territorio murciano se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es significativamente superior a la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 28,11% y un 10,92% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 122. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	305	579	5,12
4,0-4,5	666	1.172	10,36
4,5-5,0	1.065	1.887	16,69
5,0-5,5	757	1.708	15,10
5,5-6,0	654	1.156	10,22
6,0-6,5	425	644	5,69
6,5-7,0	39	145	1,28
7,0-7,5	11	58	0,51
7,5-8,0	4	22	0,19
8,0-8,5	0	9	0,08
8,5-9,0	0	3	0,03
9,0-9,5	0	1	0,01
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	3.927	7.384	65,28
> 6,0	479	882	7,80

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Murcia: 11.311 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 882 km², un 7,80% del territorio murciano, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es menor que la mitad del promedio español, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Región de Murcia como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 115. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Tabla 123. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	37	847	7,48
4,0-4,5	59	1.779	15,73
4,5-5,0	129	2.824	24,97
5,0-5,5	170	2.296	20,30
5,5-6,0	172	1.638	14,48
6,0-6,5	111	959	8,48
6,5-7,0	58	126	1,11
7,0-7,5	26	42	0,37
7,5-8,0	12	14	0,12
8,0-8,5	5	4	0,04
8,5-9,0	2	1	0,01
9,0-9,5	1	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	782	10.529	93,09
> 6,0	215	1.146	10,13

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Murcia: 11.311 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la Región de Murcia, con la información disponible, ocupan 782 km², el 6,91% de la superficie total del territorio murciano. Dicho porcentaje queda moderadamente por debajo de la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.146 km², un 10,13% del territorio.

(Continuación)

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio murciano afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 116. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 124. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	217	667	5,89
4,0-4,5	428	1.410	12,46
4,5-5,0	546	2.406	21,27

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	616	1.849	16,35
5,5-6,0	421	1.389	12,28
6,0-6,5	259	810	7,16
6,5-7,0	111	73	0,64
7,0-7,5	45	24	0,21
7,5-8,0	18	8	0,07
8,0-8,5	7	2	0,02
8,5-9,0	3	0	0,00
9,0-9,5	1	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	2.674	8.637	76,36
> 6,0	444	916	8,10

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Murcia: 11.311 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 2.674 km² en Murcia, el 23,64% de su territorio. Este porcentaje es moderadamente inferior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 916 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 8,10% del total del territorio murciano.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas

declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Región de Murcia, con la información disponible:

Figura 117. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)



Tabla 125. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	337	547	4,83
4,0-4,5	714	1.124	9,94
4,5-5,0	1.163	1.790	15,83
5,0-5,5	887	1.578	13,95
5,5-6,0	774	1.036	9,16
6,0-6,5	504	565	5,00
6,5-7,0	83	100	0,89

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
7,0-7,5	31	37	0,33
7,5-8,0	14	12	0,11
8,0-8,5	5	4	0,03
8,5-9,0	2	1	0,01
9,0-9,5	1	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	4.515	6.795	60,08
> 6,0	641	720	6,37

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Murcia: 11.311 km².

Unos 4.515 km², el 39,92% del territorio murciano, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es moderadamente superior a la media española, del 32,85%.

De los 6.795 km² restantes, el 6,37% de la superficie de Murcia, 720 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable con las consideraciones utilizadas, casi tres veces menos, en términos porcentuales, que la media nacional del 16,42%.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 126. Resumen de la superficie disponible en Murcia tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Murcia	11.311	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	1.361	12,03
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	882	7,80
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	720	6,37

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la menor disponibilidad de zonas apropiadas para la implantación de parques eólicos en la Región de Murcia: un 6,37% de su territorio, unos 720 km², casi tres veces menos que la media nacional del 16,42% en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 720 km² disponibles tras los filtrados en Murcia, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,35 m/s, que es inferior a la media nacional del 6,64 m/s.

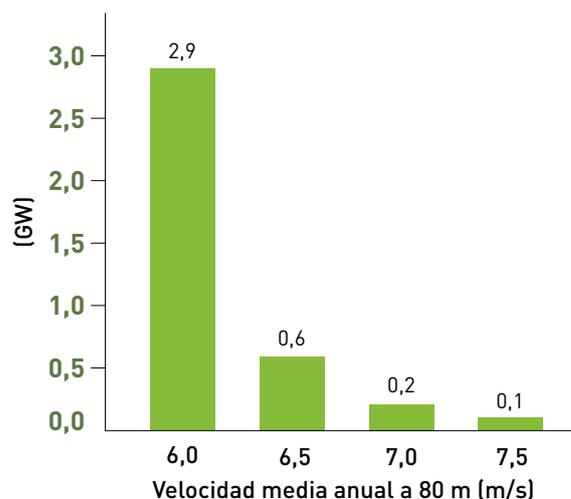
Estimación del potencial eólico disponible en Murcia (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Murcia con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 2,9 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 0,6 GW (155 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnico y económicamente viable:

Figura 118. Potencial eólico estimado en Murcia (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Murcia:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Región de Murcia en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.

- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Murcia a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Murcia para los 720 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,35 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en la Región de Murcia, en el rango de las 1.900 y 2.100 h.

Por tanto, el potencial eólico en Murcia en términos de generación eléctrica neta para los 2,9 GW instalables en tierra firme, se estima entre 5,5 y 6,0 TWh/año.

6.1.3.15 Navarra

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Comunidad Foral de Navarra, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Navarra:

Figura 119. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)			
< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio navarro que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Ribera del Ebro.
- Áreas montañosas del centro de Navarra.
- Cordillera de los Pirineos.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 127. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	237	2,28
4,0-4,5	564	5,43
4,5-5,0	1.246	12,00
5,0-5,5	1.488	14,33
5,5-6,0	1.902	18,32
6,0-6,5	2.411	23,22
6,5-7,0	1.203	11,59
7,0-7,5	586	5,64
7,5-8,0	344	3,31
8,0-8,5	201	1,94
8,5-9,0	105	1,01
9,0-9,5	51	0,49
9,5-10,0	25	0,24
>10,0	21	0,20
Total	10.384	100
> 6,0	4.947	47,64

De esta tabla se desprende que casi un 50% del territorio navarro dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje duplica la media española del 23,43%.

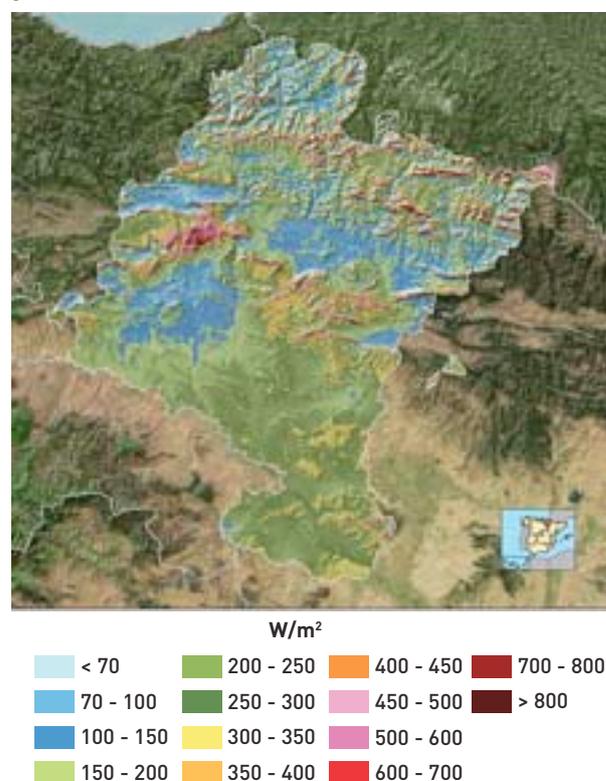
Figura 120. Distribución de la densidad de potencia


Tabla 128. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	127	1,22
70-100	478	4,60
100-150	1.775	17,10
150-200	1.928	18,56
200-250	2.061	19,84
250-300	1.903	18,33
300-350	819	7,89
350-400	421	4,06
400-450	264	2,55
450-500	180	1,73
500-600	215	2,07
600-700	102	0,98
700-800	51	0,49
>800	60	0,57
Total	10.384	100
>250	4.016	38,67

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 40% del territorio navarro superaría dicha cifra (significativamente inferior al 47,64% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), casi el doble de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 121. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

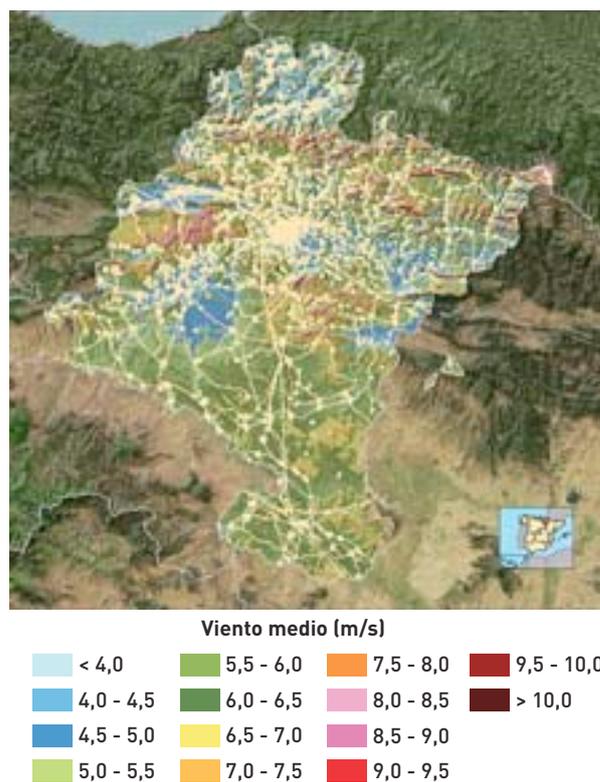


Tabla 129. Superficie afectada en Navarra por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	5	10.379	99,95
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	1.494	8.890	85,61
Carreteras y zonas de sensibilidad	1.283	9.102	87,65

(Continuación)

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Hidrología	49	10.336	99,53
Líneas eléctricas	174	10.211	98,33
Total(*)	2.442	7.943	76,49

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 23,51% de la superficie total disponible en el territorio navarro se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra está en línea con la media nacional, 25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 14,39% y un 12,3% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 130. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	108	129	1,24
4,0-4,5	241	323	3,11
4,5-5,0	459	787	7,58
5,0-5,5	444	1.044	10,05
5,5-6,0	471	1.431	13,78
6,0-6,5	471	1.940	18,68
6,5-7,0	145	1.059	10,19
7,0-7,5	60	526	5,06
7,5-8,0	22	322	3,10

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	9	192	1,85
8,5-9,0	5	100	0,97
9,0-9,5	3	48	0,47
9,5-10,0	2	23	0,22
>10,0	3	18	0,17
Total	2.442	7.943	76,49
> 6,0	719	4.228	40,72

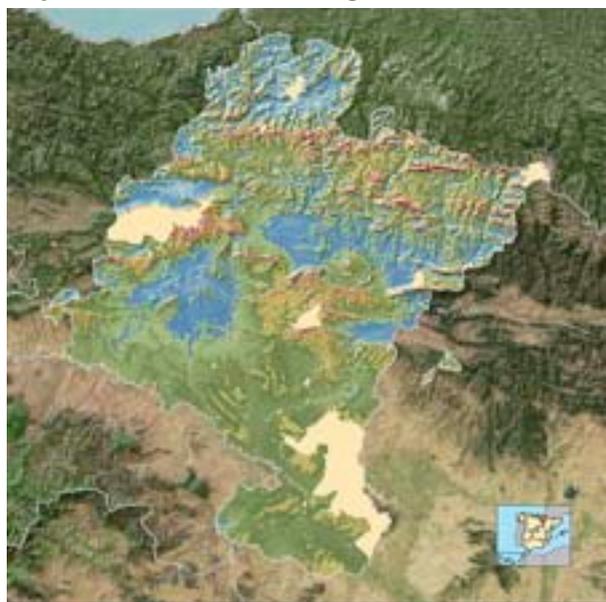
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Navarra: 10.384 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 4.228 km², un 40,72% del territorio navarro, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje duplica la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Comunidad Foral de Navarra como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 122. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 131. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	14	223	2,15
4,0-4,5	8	557	5,36
4,5-5,0	8	1.238	11,92
5,0-5,5	13	1.474	14,20
5,5-6,0	61	1.841	17,73
6,0-6,5	209	2.202	21,21
6,5-7,0	241	962	9,26
7,0-7,5	94	492	4,74
7,5-8,0	57	287	2,76

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	34	167	1,61
8,5-9,0	16	89	0,86
9,0-9,5	7	44	0,42
9,5-10,0	2	23	0,22
>10,0	2	19	0,18
Total	767	9.618	92,62
> 6,0	663	4.285	41,26

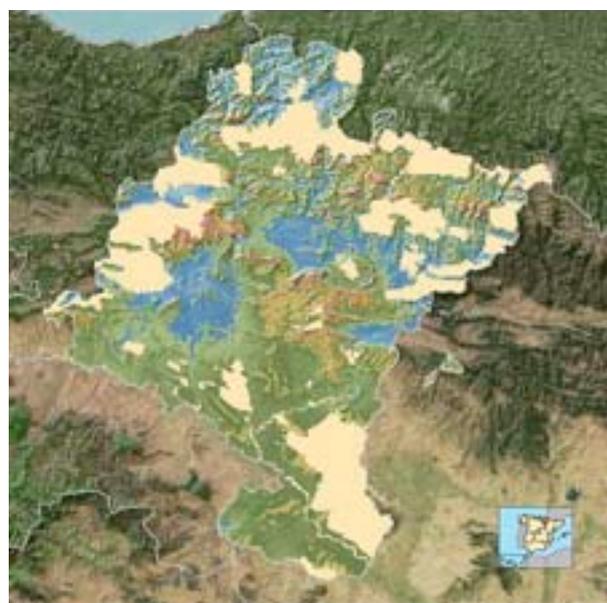
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Navarra: 10.384 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la Comunidad Foral de Navarra, con la información disponible, ocupan 767 km², el 7,38% de la superficie total del territorio navarro. Dicho porcentaje se sitúa ligeramente por debajo de la media nacional del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 4.285 km², un 41,26% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio navarro afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 123. Distribución del viento y Red Natura 2000

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 132. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	68	168	1,62
4,0-4,5	101	463	4,46
4,5-5,0	167	1.079	10,39
5,0-5,5	230	1.257	12,11
5,5-6,0	330	1.572	15,14
6,0-6,5	569	1.842	17,74
6,5-7,0	492	711	6,85
7,0-7,5	249	337	3,24
7,5-8,0	166	178	1,71

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	108	93	0,90
8,5-9,0	64	41	0,40
9,0-9,5	36	15	0,15
9,5-10,0	20	5	0,05
>10,0	18	2	0,02
Total	2.619	7.765	74,77
> 6,0	1.722	3.225	31,06

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de Navarra: 10.384 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 2.619 km² en Navarra, el 25,23% de su territorio. Este porcentaje es ligeramente inferior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 3.225 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 31,06% del total del territorio navarro.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Comunidad Foral de Navarra, con la información disponible:

Figura 124. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)



Tabla 133. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	120	117	1,12
4,0-4,5	248	317	3,05
4,5-5,0	466	780	7,51
5,0-5,5	455	1.033	9,95
5,5-6,0	525	1.377	13,26
6,0-6,5	663	1.748	16,84
6,5-7,0	376	828	7,97
7,0-7,5	149	436	4,20
7,5-8,0	77	267	2,57

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,0-8,5	41	160	1,54
8,5-9,0	20	85	0,82
9,0-9,5	9	42	0,40
9,5-10,0	3	22	0,21
>10,0	3	17	0,17
Total	3.157	7.228	69,60
> 6,0	1.343	3.605	34,71

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Navarra: 10.384 km².

Unos 3.157 km², el 30,40% del territorio navarro, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje es ligeramente inferior a la media española, del 32,85%.

De los 7.228 km² restantes, el 34,71%, 3.605 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 134. Resumen de la superficie disponible en Navarra tras la aplicación de los filtrados

	(km²)	(%)
Superficie terrestre total de Navarra	10.384	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	4.947	47,64
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	4.228	40,72
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	3.605	34,71

Tras los filtrados técnico y medioambiental, la superficie disponible con recurso eólico aprovechable es de

unos 3.605 km², el 34,71% del territorio navarro, duplicando la media española, del 16,42%, en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 3.605 km² disponibles tras los filtrados en Navarra, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,73 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

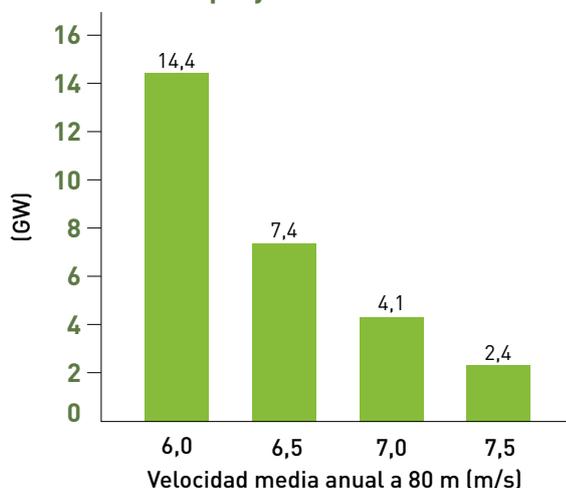
Estimación del potencial eólico disponible en Navarra (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Navarra con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 14,4 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 7,4 GW (1.857 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 125. Potencial eólico estimado en Navarra (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Navarra:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Comunidad Foral de Navarra en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Navarra a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales

equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Navarra para los 3.605 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,73 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Navarra, en el rango de las 2.175 y 2.375 h.

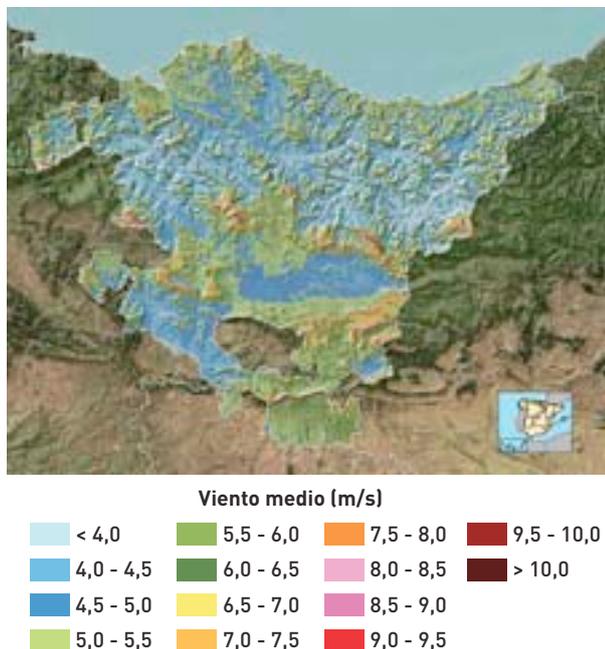
Por tanto, el potencial eólico en Navarra en términos de generación eléctrica neta para los 14,4 GW instalables en tierra firme, se estima entre 31 y 34 TWh/año.

6.1.3.16 País Vasco

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para el País Vasco, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre del País Vasco:

Figura 126. Distribución de la velocidad del viento



Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio vasco que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado

dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Montes Vascos.
- Franja litoral.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 135. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	677	9,37
4,0-4,5	1.045	14,46
4,5-5,0	1.527	21,13
5,0-5,5	1.482	20,49
5,5-6,0	1.066	14,75
6,0-6,5	635	8,79
6,5-7,0	373	5,16
7,0-7,5	221	3,06
7,5-8,0	106	1,47
8,0-8,5	52	0,71
8,5-9,0	24	0,34
9,0-9,5	12	0,17
9,5-10,0	5	0,07
>10,0	3	0,04
Total	7.230	100
> 6,0	1.432	19,80

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 20% del territorio vasco dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente

viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje se encuentra ligeramente por debajo de la media española del 23,43%.

Figura 127. Distribución de la densidad de potencia

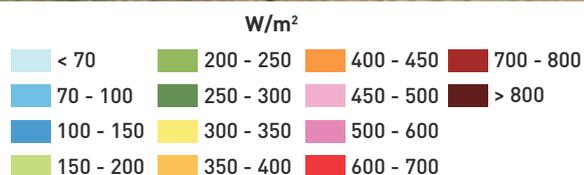


Tabla 136. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	228	3,15
70-100	640	8,85
100-150	1.887	26,10
150-200	1.916	26,50
200-250	1.053	14,56
250-300	604	8,36
300-350	351	4,85
350-400	200	2,76
400-450	124	1,72
450-500	78	1,08

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
500-600	83	1,14
600-700	34	0,47
700-800	15	0,21
>800	18	0,24
Total	7.230	100
>250	1.507	20,84

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 21% del territorio vasco superaría dicha cifra (en línea con el 19,80% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), ligeramente por debajo de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 128. Distribución del viento y filtrado de índole técnica



Viento medio (m/s)



Tabla 137. Superficie afectada en el País Vasco por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	7.230	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	2.072	5.158	71,34
Carreteras y zonas de sensibilidad	1.257	5.972	82,61
Hidrología	27	7.203	99,63
Líneas eléctricas	466	6.763	93,55
Total(*)	2.912	4.318	59,72

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 40,28% de la superficie total disponible en el territorio vasco se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es significativamente superior a la media nacional,

25,45%. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 28,66% y un 17,39% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 138. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	406	271	3,75
4,0-4,5	549	496	6,87
4,5-5,0	779	748	10,35
5,0-5,5	636	846	11,70
5,5-6,0	328	738	10,21
6,0-6,5	137	499	6,90
6,5-7,0	47	326	4,51
7,0-7,5	21	200	2,77
7,5-8,0	7	100	1,38
8,0-8,5	1	50	0,69
8,5-9,0	0	24	0,33
9,0-9,5	0	12	0,17
9,5-10,0	0	5	0,07
>10,0	0	3	0,04
Total	2.912	4.318	59,72
> 6,0	214	1.218	16,85

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total del País Vasco: 7.230 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 1.218 km², un 16,85% del territorio vasco, mantendría un recurso

eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es ligeramente inferior a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por el País Vasco como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible [fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008]:

Figura 129. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 139. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	32	646	8,93
4,0-4,5	105	941	13,01
4,5-5,0	125	1.403	19,40

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	138	1.344	18,58
5,5-6,0	140	926	12,81
6,0-6,5	94	542	7,49
6,5-7,0	68	305	4,22
7,0-7,5	47	175	2,42
7,5-8,0	28	78	1,08
8,0-8,5	14	38	0,52
8,5-9,0	5	19	0,26
9,0-9,5	2	10	0,14
9,5-10,0	1	4	0,06
>10,0	0	2	0,03
Total	797	6.433	88,98
> 6,0	258	1.173	16,23

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total del País Vasco: 7.230 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por el País Vasco, con la información disponible, ocupan 797 km², el 11,02% de la superficie total del territorio vasco. Dicho porcentaje es ligeramente superior a la media nacional, del 9,27%.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.173 km², un 16,23% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio vasco afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia

de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 130. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 140. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	38	640	8,85
4,0-4,5	99	946	13,09
4,5-5,0	187	1.340	18,54
5,0-5,5	264	1.218	16,85
5,5-6,0	262	804	11,12
6,0-6,5	200	435	6,02
6,5-7,0	182	191	2,64
7,0-7,5	133	89	1,23
7,5-8,0	73	33	0,46
8,0-8,5	41	11	0,15

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
8,5-9,0	20	4	0,05
9,0-9,5	11	1	0,02
9,5-10,0	5	0	0,00
>10,0	3	0	0,00
Total	1.517	5.712	79,01
> 6,0	667	764	10,57

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total del País Vasco: 7.230 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 1.517 km² en el País Vasco, el 20,99% de su territorio. Este porcentaje es significativamente inferior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 764 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 10,57% del total del territorio vasco.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por el País Vasco, con la información disponible:

Figura 131. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 141. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	425	253	3,50
4,0-4,5	605	440	6,09
4,5-5,0	861	666	9,21
5,0-5,5	738	744	10,29
5,5-6,0	442	624	8,64
6,0-6,5	218	418	5,78
6,5-7,0	109	264	3,65
7,0-7,5	65	156	2,16
7,5-8,0	34	72	1,00
8,0-8,5	15	36	0,50
8,5-9,0	6	18	0,25

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	2	10	0,14
9,5-10,0	1	4	0,06
>10,0	0	2	0,03
Total	3.521	3.709	51,30
> 6,0	450	982	13,58

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total del País Vasco: 7.230 km².

Unos 3.521 km², el 48,70% del territorio vasco, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera significativamente la media española, del 32,85%.

A pesar de lo anterior, de los 3.709 km² restantes, el 13,58% de la superficie del País Vasco, 982 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados, no muy lejos del 16,42% de media nacional.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 142. Resumen de la superficie disponible en el País Vasco tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total del País Vasco	7.230	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	1.432	19,80
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	1.218	16,85
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	982	13,58

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 982 km², el 13,58% del territorio vasco frente al 16,42% de media española,

con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 982 km² disponibles tras los filtrados en el País Vasco, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,92 m/s, que es superior a la media nacional de 6,64 m/s.

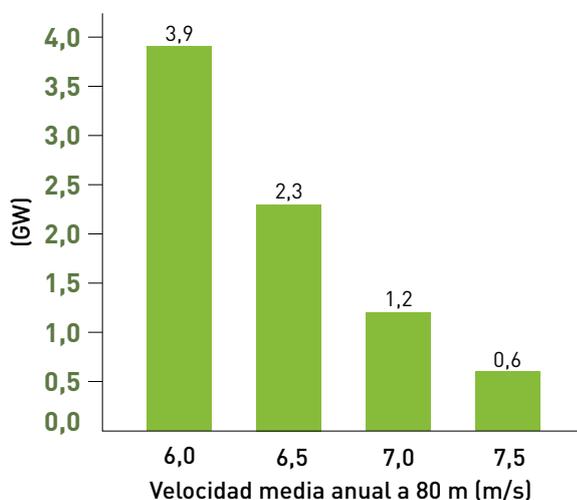
Estimación del potencial eólico disponible en el País Vasco (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total del País Vasco con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 3,9 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 2,3 GW (564 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 132. Potencial eólico estimado en el País Vasco (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en el País Vasco:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes del País Vasco en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en el País Vasco a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en el País Vasco para los 982 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,92 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas

anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en el País Vasco, en el rango de las 2.300 y 2.500 h.

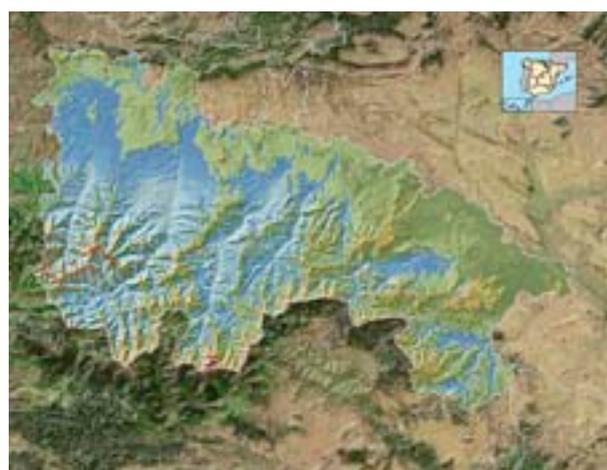
Por tanto, el potencial eólico en el País Vasco en términos de generación eléctrica neta para los 3,9 GW instalables en tierra firme, se estima entre 9,0 y 9,8 TWh/año.

6.1.3.17 La Rioja

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la comunidad autónoma de La Rioja, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de La Rioja:

Figura 133. Distribución de la velocidad del viento



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Esta figura permite identificar visualmente las zonas más ventosas del territorio riojano que, a gran escala, pueden considerarse como las más adecuadas en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estas áreas posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada:

- Ribera del Ebro.
- Sistema Ibérico.

Aparte de las zonas mencionadas, existen otras ubicaciones, repartidas por todo el territorio, en las que podrían tener cabida otras instalaciones eólicas.

Tabla 143. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	457	9,05
4,0-4,5	517	10,25
4,5-5,0	959	19,02
5,0-5,5	1.100	21,81
5,5-6,0	882	17,49
6,0-6,5	653	12,95
6,5-7,0	251	4,97
7,0-7,5	118	2,33
7,5-8,0	54	1,07
8,0-8,5	26	0,52
8,5-9,0	14	0,28
9,0-9,5	7	0,15
9,5-10,0	4	0,07
>10,0	2	0,03
Total	5.042	100
> 6,0	1.128	22,38

De esta tabla se desprende que aproximadamente un 22% del territorio riojano dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental. Este porcentaje está en línea con la media española del 23,43%.

Figura 134. Distribución de la densidad de potencia

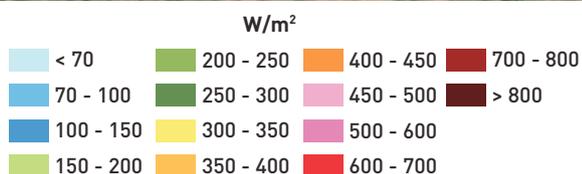


Tabla 144. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	156	3,10
70-100	348	6,89
100-150	1.062	21,06
150-200	1.446	28,68
200-250	931	18,47
250-300	538	10,68
300-350	246	4,88
350-400	127	2,52
400-450	72	1,44
450-500	42	0,84
500-600	42	0,84
600-700	18	0,35

(Continuación)

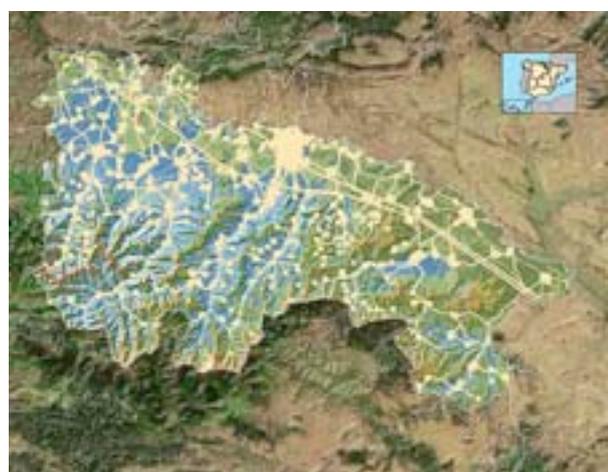
Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
700-800	7	0,14
>800	7	0,13
Total	5.042	100
>250	1.100	21,81

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi un 22% del territorio riojano superaría dicha cifra (en línea con el 22,38% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), muy próxima a la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 135. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 145. Superficie afectada en La Rioja por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	10	5.033	99,81
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	689	4.354	86,35
Carreteras y zonas de sensibilidad	604	4.438	88,01
Hidrología	23	5.020	99,55
Líneas eléctricas	103	4.939	97,96
Total(*)	1.176	3.866	76,67

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 23,33% de la superficie total disponible en el territorio riojano se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es ligeramente inferior a la media nacional, 25,45%.

Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 13,65% y un 11,99% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 146. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	168	289	5,73
4,0-4,5	150	367	7,27
4,5-5,0	264	695	13,78
5,0-5,5	292	808	16,02
5,5-6,0	179	702	13,93
6,0-6,5	94	559	11,09
6,5-7,0	14	237	4,69
7,0-7,5	4	114	2,26
7,5-8,0	1	53	1,05
8,0-8,5	2	25	0,49
8,5-9,0	2	12	0,24
9,0-9,5	3	5	0,10
9,5-10,0	2	1	0,03
>10,0	1	0	0,01
Total	1.176	3.866	76,67
> 6,0	123	1.006	19,95

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de La Rioja: 5.042 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 1.006 km², un 19,95% del territorio riojano, - mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m

de altura, de velocidad media anual (este porcentaje es similar a la media española, del 18,93%).

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la comunidad autónoma de La Rioja como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 136. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 147. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	7	449	8,91
4,0-4,5	20	497	9,86
4,5-5,0	38	921	18,27

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
5,0-5,5	49	1.051	20,84
5,5-6,0	42	840	16,65
6,0-6,5	27	625	12,40
6,5-7,0	20	231	4,57
7,0-7,5	14	104	2,05
7,5-8,0	10	44	0,88
8,0-8,5	6	21	0,41
8,5-9,0	4	10	0,21
9,0-9,5	3	5	0,10
9,5-10,0	2	2	0,04
>10,0	1	1	0,01
Total	241	4.801	95,21
> 6,0	86	1.042	20,67

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de La Rioja: 5.042 km².

Los Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de La Rioja, con la información disponible, ocupan 241 km², el 4,79% de la superficie total del territorio riojano. Cabe resaltar que dicho porcentaje es dos veces inferior a la media nacional, del 9,27%, aproximadamente a la mitad, lo que muestra la escasez de Espacios Naturales Protegidos declarados por la comunidad autónoma de La Rioja.

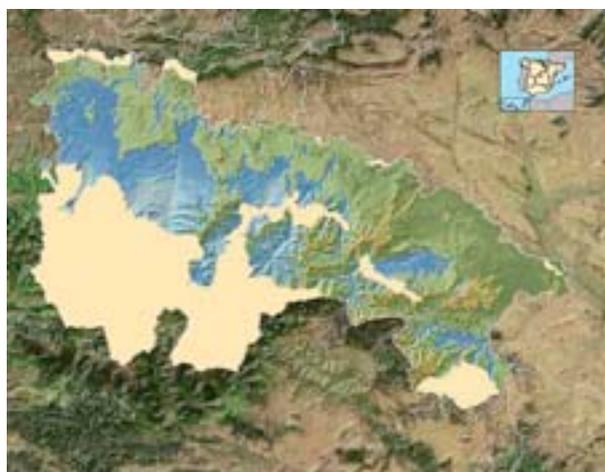
La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es de 1.042 km², un 20,67% del territorio.

(Continuación)

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio riojano afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 137. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 148. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	245	212	4,20
4,0-4,5	229	288	5,71
4,5-5,0	281	678	13,44
5,0-5,5	279	821	16,27
5,5-6,0	231	651	12,91

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
6,0-6,5	156	497	9,85
6,5-7,0	104	147	2,91
7,0-7,5	63	54	1,08
7,5-8,0	38	16	0,31
8,0-8,5	23	4	0,08
8,5-9,0	13	1	0,02
9,0-9,5	7	0	0,01
9,5-10,0	4	0	0,00
>10,0	2	0	0,00
Total	1.675	3.367	66,78
> 6,0	410	719	14,25

[*] Los porcentajes se refieren a la extensión total de La Rioja: 5.042 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 1.675 km² en La Rioja, el 33,22% de su territorio. Este porcentaje es moderadamente superior a la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 719 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 14,25% del total del territorio riojano.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado y por las zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la comunidad autónoma de La Rioja, con la información disponible:

Figura 138. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

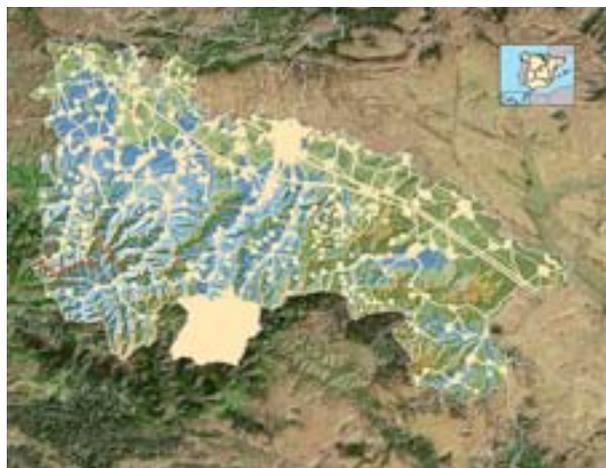


Tabla 149. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	172	285	5,65
4,0-4,5	167	350	6,94
4,5-5,0	298	661	13,11
5,0-5,5	337	763	15,13
5,5-6,0	219	663	13,14
6,0-6,5	121	532	10,56
6,5-7,0	34	217	4,30
7,0-7,5	18	100	1,98
7,5-8,0	11	43	0,86
8,0-8,5	7	20	0,39
8,5-9,0	5	9	0,18

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	4	4	0,07
9,5-10,0	2	1	0,02
>10,0	1	0	0,00
Total	1.394	3.648	72,35
> 6,0	202	926	18,37

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de La Rioja: 5.042 km².

Unos 1.394 km², el 37,65% del territorio riojano, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. Este porcentaje supera moderadamente la media española, del 32,85%.

De los 3.648 km² restantes, el 18,37% de la superficie de La Rioja, 926 km², dispondría de un recurso eólico aprovechable en los términos considerados.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 150. Resumen de la superficie disponible en La Rioja tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de La Rioja	5.042	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	1.128	22,38
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	1.006	19,95
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	926	18,37

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 926 km², el 18,37% del territorio riojano frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los

términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 926 km² disponibles tras los filtrados en La Rioja, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,59 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

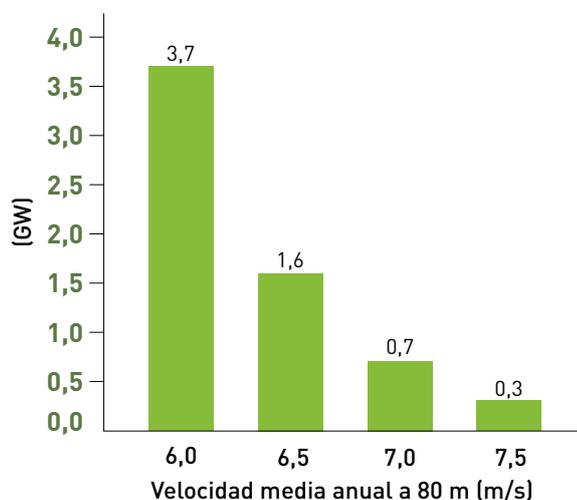
Estimación del potencial eólico disponible en La Rioja (GW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de La Rioja con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 3,7 GW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 1,6 GW (394 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 139. Potencial eólico estimado en La Rioja (en GW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en La Rioja:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la comunidad autónoma de La Rioja en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en La Rioja a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando

que la velocidad media anual estimada en La Rioja para los 926 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,59 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en La Rioja, en el rango de los 2.075 y 2.275 h.

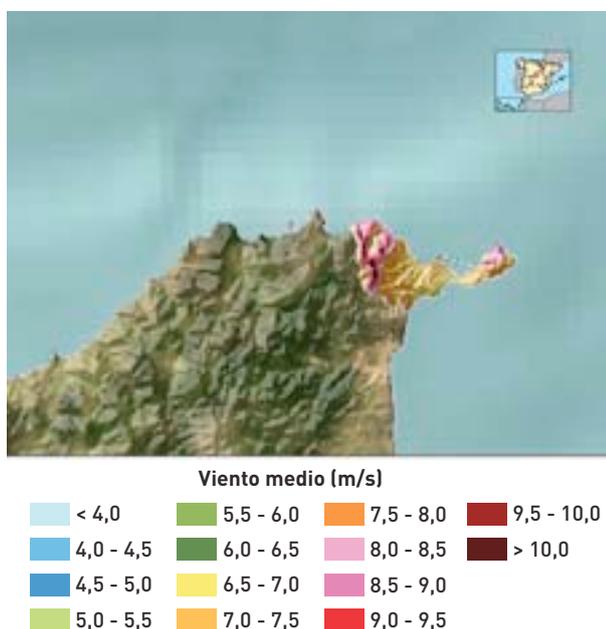
Por tanto, el potencial eólico en La Rioja en términos de generación eléctrica neta para los 3,7 GW instalables en tierra firme, se estima entre 7,7 y 8,4 TWh/año.

6.1.3.18 Ciudad Autónoma de Ceuta

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Ciudad Autónoma de Ceuta, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Ceuta:

Figura 140. Distribución de la velocidad del viento



Esta figura permite identificar visualmente los puntos más ventosos del territorio ceutí que pueden considerarse como los más adecuados en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estos emplazamientos posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas

de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada.

Debido al escaso territorio de la Ciudad Autónoma de Ceuta, y a su localización bajo la influencia de los fuertes vientos del paso del Estrecho de Gibraltar, la práctica totalidad de su territorio dispondría de muy buen recurso eólico, si bien los emplazamientos más favorables para la implantación de instalaciones eólicas se encuentran en la zona montañosa situada al oeste de la ciudad y en la península de Almina.

Tabla 151. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	0	0,00
4,0-4,5	0	0,00
4,5-5,0	0	0,00
5,0-5,5	0	0,00
5,5-6,0	0	0,05
6,0-6,5	0	0,68
6,5-7,0	2	10,72
7,0-7,5	6	33,26
7,5-8,0	6	29,86
8,0-8,5	2	10,30
8,5-9,0	1	6,33
9,0-9,5	1	4,18
9,5-10,0	1	3,19
>10,0	0	1,41
Total	19	100
> 6,0	19	99,95

Debido al escaso territorio de la Ciudad Autónoma de Ceuta y su localización bajo la influencia de los fuertes vientos del Estrecho de Gibraltar,

la práctica totalidad del territorio ceutí dispondría de un recurso eólico aprovechable incluso con velocidades superiores a los 6,5 m/s a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental.

Figura 141. Distribución de la densidad de potencia

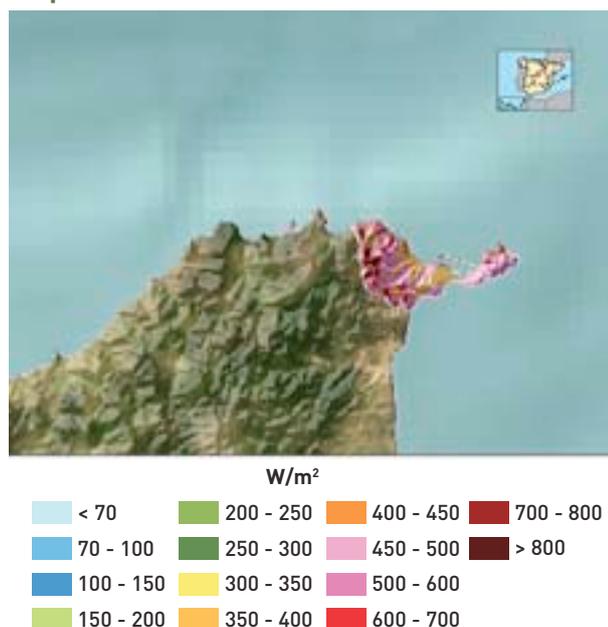


Tabla 152. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	0	0,21
70-100	0	0,00
100-150	0	0,00
150-200	0	0,00
200-250	0	0,10
250-300	0	0,47
300-350	0	1,30
350-400	1	6,05
400-450	3	13,73

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
450-500	4	18,53
500-600	7	34,60
600-700	2	9,29
700-800	1	6,00
>800	2	9,71
Total	19	100
>250	19	99,69

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi la totalidad del territorio ceutí superaría dicha cifra (en línea con el 99,95% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), ampliamente por encima de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 142. Distribución del viento y filtrado de índole técnica

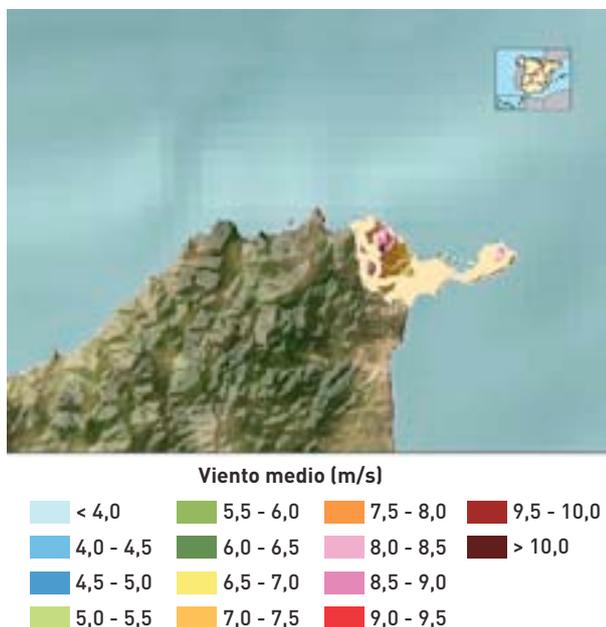


Tabla 153. Superficie afectada en Ceuta por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	19	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	8	11	58,37
Carreteras y zonas de sensibilidad	9	11	55,54
Hidrología	0	19	100,00
Líneas eléctricas	0	19	100,00
Total(*)	13	6	32,95

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 67,05% de la superficie total disponible en el territorio ceutí, más de dos terceras partes, se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra es casi tres veces

superior a la media nacional, 25,45%, si bien dicha comparación es de escasa relevancia dado el reducido tamaño del territorio ceutí. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por carreteras y núcleos urbanos, respectivamente un 44,46% y un 41,63% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 154. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	0	0	0,05
6,0-6,5	0	0	0,37
6,5-7,0	2	0	2,41
7,0-7,5	4	2	11,30
7,5-8,0	4	2	9,26
8,0-8,5	1	1	3,92
8,5-9,0	1	0	1,99
9,0-9,5	0	0	1,73
9,5-10,0	0	0	1,31
>10,0	0	0	0,63
Total	13	6	32,95
> 6,0	13	6	32,90

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Ceuta: 19 km².

Tras la aplicación del filtrado técnico, 6 km², un 32,90% del territorio ceutí, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual. Pese a la gran afectación del filtrado de índole técnica, este porcentaje es muy sensiblemente superior a la media española, del 18,93%.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Ciudad Autónoma de Ceuta como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 143. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos



Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 155. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	0	0	0,05
6,0-6,5	0	0	0,68
6,5-7,0	0	2	10,72
7,0-7,5	0	6	33,26
7,5-8,0	0	6	29,86
8,0-8,5	0	2	10,30
8,5-9,0	0	1	6,33
9,0-9,5	0	1	4,18
9,5-10,0	0	1	3,19
>10,0	0	0	1,41
Total	0	19	100,00
> 6,0	0	19	99,95

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Ceuta: 19 km².

En la información disponible para este estudio, no consta que la Ciudad Autónoma de Ceuta se vea afectada por ningún Espacio Natural Protegido.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es, por lo tanto, de 19 km², un 99,95% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio ceutí afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 144. Distribución del viento y Red Natura 2000



Viento medio (m/s)

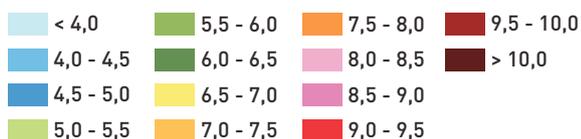


Tabla 156. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	0	0	0,00
6,0-6,5	0	0	0,21

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
6,5-7,0	0	2	9,73
7,0-7,5	1	6	30,07
7,5-8,0	2	4	19,40
8,0-8,5	1	1	5,70
8,5-9,0	1	1	2,98
9,0-9,5	1	0	0,68
9,5-10,0	0	0	0,84
>10,0	0	0	0,68
Total	6	13	70,29
> 6,0	6	13	70,29

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Ceuta: 19 km².

Con la información disponible, el espacio ocupado por las zonas incluidas en la Red Natura 2000 ocupa unos 6 km² en Ceuta, el 29,71% de su territorio. Este porcentaje está en línea con la media nacional, del 28,82%.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 13 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 70,29% del total del territorio ceutí.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado con anterioridad, ya que en este caso singular no existen zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Ciudad Autónoma de Ceuta, con la información disponible:

Figura 145. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

Viento medio (m/s)

< 4,0	5,5 - 6,0	7,5 - 8,0	9,5 - 10,0
4,0 - 4,5	6,0 - 6,5	8,0 - 8,5	> 10,0
4,5 - 5,0	6,5 - 7,0	8,5 - 9,0	
5,0 - 5,5	7,0 - 7,5	9,0 - 9,5	

Tabla 157. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	0	0	0,05
6,0-6,5	0	0	0,37
6,5-7,0	2	0	2,41
7,0-7,5	4	2	11,30
7,5-8,0	4	2	9,26
8,0-8,5	1	1	3,92
8,5-9,0	1	0	1,99

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	0	0	1,73
9,5-10,0	0	0	1,31
>10,0	0	0	0,63
Total	13	6	32,95
> 6,0	13	6	32,90

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Ceuta: 19 km².

Unos 13 km², el 67,05% del territorio ceutí, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. En este caso singular, la aplicación del filtrado medioambiental considerado no tendría ningún efecto, por lo que todos estos datos coinciden con el filtrado técnico.

Con la información disponible en este estudio sobre la Ciudad Autónoma de Ceuta, y tras el filtrado técnico considerado, se concluye que podría plantearse la implantación de un parque eólico en los 6 km² (una tercera parte de su territorio) que dispondrían de recurso eólico aprovechable en los términos considerados. Las singularidades de Ceuta implican que cualquier comparativa con los resultados obtenidos en el resto de España presenten escasa relevancia. Al mismo tiempo, tales singularidades resaltan la importancia de las limitaciones o restricciones que se relacionan, especialmente la proximidad a zonas de defensa, y que no se han podido considerar en este estudio.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 158. Resumen de la superficie disponible en Ceuta tras la aplicación de los filtrados

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Ceuta	19	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	19	99,95
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	6	32,90
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	6	32,90

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 6 km², el 32,90% del territorio ceutí frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 6 km² disponibles tras los filtrados en Ceuta, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 7,81 m/s, que es muy superior a la media nacional de 6,64 m/s.

Estimación del potencial eólico disponible en Ceuta (MW)

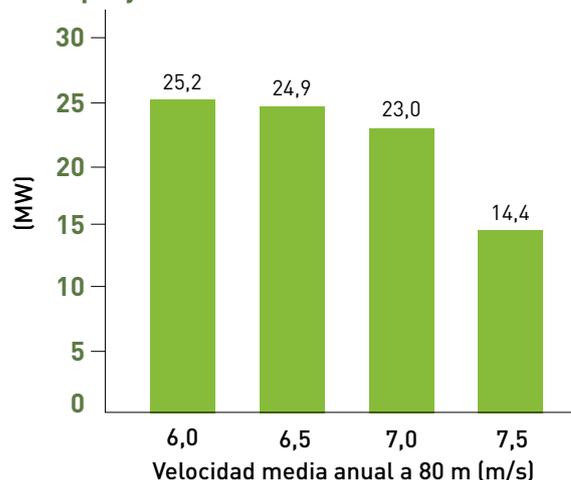
Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Ceuta con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 25 MW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se mantendría en los 25 MW (6 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad

media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 146. Potencial eólico estimado en Ceuta (en MW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Ceuta:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Ciudad Autónoma de Ceuta en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.
- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el

incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Ceuta a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Ceuta para los 6 km² disponibles tras los filtrados, es de 7,81 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Ceuta, en el rango de las 2.975 y 3.175 h.

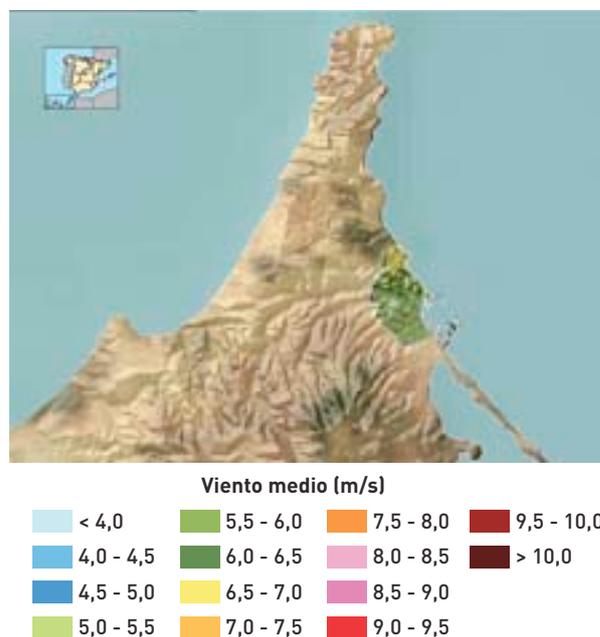
Por tanto, el potencial eólico en Ceuta en términos de generación eléctrica neta para los 25 MW instalables en tierra firme, se estima entre 0,07 y 0,08 TWh/año.

6.1.3.19 Ciudad Autónoma de Melilla

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología mencionada en el apartado 6.1.1, para la Ciudad Autónoma de Melilla, con la información disponible.

En primer lugar, en las siguientes tablas se indica la distribución por intervalo de velocidad de viento y de densidad de potencia, ambos a 80 m de altura, de la superficie terrestre de Melilla:

Figura 147. Distribución de la velocidad del viento



Esta figura permite identificar visualmente los puntos más ventosos del territorio melillense que pueden considerarse como los más adecuados en términos de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos en tierra. A su vez, estos emplazamientos posiblemente requerirían de un adecuado dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas de transporte y distribución, para la evacuación de la generación eléctrica asociada.

La escasa superficie ocupada por la Ciudad Autónoma de Melilla implica que el régimen de vientos sea muy similar en todo su territorio, y presentaría una velocidad media anual en el rango de 5,4 a 7,0 m/s en su totalidad, con la incertidumbre asociada a la metodología utilizada en este estudio para su estimación. Melilla dispone de abundante recurso eólico en casi dos terceras partes del territorio, si bien los emplazamientos más favorables para la implantación de parques eólicos se encuentran en el extremo norte de la Ciudad Autónoma.

Tabla 159. Distribución por rango de velocidad de viento

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	0	0,00
4,0-4,5	0	0,00
4,5-5,0	0	0,00
5,0-5,5	0	0,22
5,5-6,0	5	37,13
6,0-6,5	7	49,71
6,5-7,0	2	12,87
7,0-7,5	0	0,07
7,5-8,0	0	0,00
8,0-8,5	0	0,00
8,5-9,0	0	0,00
9,0-9,5	0	0,00
9,5-10,0	0	0,00
>10,0	0	0,00
Total	14	100
> 6,0	9	62,65

La escasa superficie ocupada por la Ciudad Autónoma de Melilla implica que el régimen de vientos sea muy similar en todo su territorio, y presentaría una velocidad media anual en el rango de 5,4 a 7,0 m/s en su totalidad, con la incertidumbre asociada a la metodología utilizada en este estudio para su estimación. Con estas premisas, casi dos terceras partes del territorio melillense dispondría de un recurso eólico aprovechable a 80 m de altura, con la tecnología disponible en el horizonte 2020, potencialmente viable previamente a la aplicación de cualquier filtrado de índole técnica y socio-ambiental.

Figura 148. Distribución de la densidad de potencia

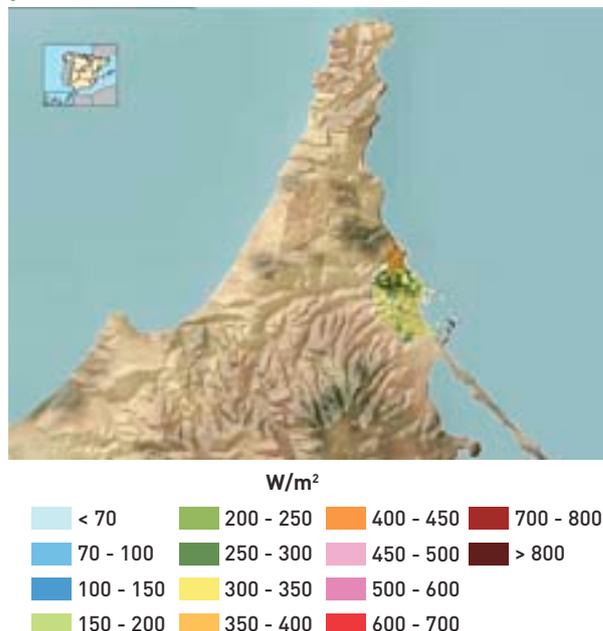


Tabla 160. Distribución por rango de densidad de potencia

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<70	0	0,07
70-100	0	0,00
100-150	0	0,00
150-200	0	0,00
200-250	0	0,95
250-300	3	21,99
300-350	8	56,54
350-400	2	12,27
400-450	1	7,60
450-500	0	0,58
500-600	0	0,00
600-700	0	0,00

(Continuación)

Densidad (W/m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
700-800	0	0,00
>800	0	0,00
Total	14	100
>250	14	98,98

En términos de densidad de potencia, podría considerarse como referencia de recurso eólico teóricamente aprovechable con la tecnología actualmente disponible un valor de 250 W/m². Puede observarse en la tabla que, con este criterio, casi la totalidad del territorio melillense superaría dicha cifra (superior al 62,65% obtenido tomando el criterio de velocidad media anual), ampliamente por encima de la media española del 22,76%.

Seguidamente, se introducirán los diferentes filtros propuestos en el apartado 6.1.1, que en las figuras se visualizarán como un área representada en color marfil.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado por motivos técnicos

Como resultado de la aplicación del filtrado de índole técnica, la superficie queda reducida según se detalla a continuación visualmente y cuantitativamente:

Figura 149. Distribución del viento y filtrado de índole técnica



Tabla 161. Superficie afectada en Melilla por los criterios de índole técnica

Criterio técnico	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
Altitud	0	14	100,00
Núcleos urbanos y zonas de sensibilidad	11	3	23,10
Carreteras y zonas de sensibilidad	2	12	86,48
Hidrología	0	14	100,00
Líneas eléctricas	0	14	100,00
Total^(*)	11	3	19,30

(*) El Total se refiere a la superficie afectada por el conjunto de criterios técnicos al superponer todas las coberturas asociadas.

El 80,70% de la superficie total disponible en el territorio melillense, cuatro quintas partes, se ve afectado por la aplicación de los filtrados considerados de índole técnica. Esta cifra triplica la media nacional, 25,45%, la cual comparación carece de relevancia

dado el reducido tamaño del territorio melillense. Las limitaciones que suponen una mayor pérdida de superficie disponible corresponderían a las zonas de afectación por núcleos urbanos y carreteras, respectivamente un 76,90% y un 13,52% del territorio.

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas afectadas y disponibles tras la aplicación de las limitaciones técnicas consideradas:

Tabla 162. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado técnico

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	5	0	2,92
6,0-6,5	5	1	10,53
6,5-7,0	1	1	5,85
7,0-7,5	0	0	0,00
7,5-8,0	0	0	0,00
8,0-8,5	0	0	0,00
8,5-9,0	0	0	0,00
9,0-9,5	0	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	11	3	19,30
> 6,0	6	2	16,37

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Melilla: 14 km².

Por su propia idiosincrasia, se estima que más del 80% del territorio disponible en la Ciudad Autónoma

de Melilla se vería afectado por el filtrado de índole técnica, especialmente por ser núcleo urbano y por la distancia de seguridad de 500 metros respecto a los límites considerados para tal centro poblado. Tras la aplicación del filtrado técnico, 2 km², un 16,37% del territorio melillense, mantendría un recurso eólico aprovechable, superior a los 6 m/s, a 80 m de altura, de velocidad media anual. Pese a la gran afectación del filtrado de índole técnica, este porcentaje es similar a la media española, del 18,93%.

Superficie disponible y desglose por rango de velocidades tras el filtrado sólo medioambiental

En la figura siguiente se ha utilizado el color marfil para visualizar las áreas que se excluyen de la implantación de parques eólicos por estar declaradas por la Ciudad Autónoma de Melilla como Espacios Naturales Protegidos, con la información disponible (fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, marzo de 2008):

Figura 150. Distribución del viento y Espacios Naturales Protegidos

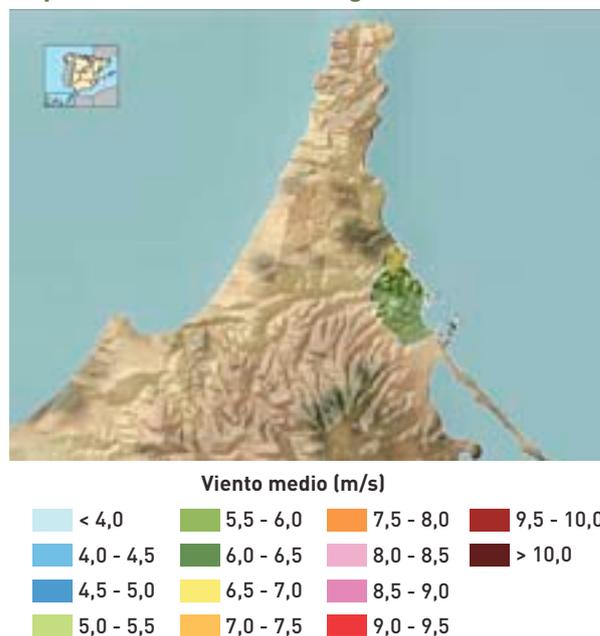


Tabla 163. Distribución por rango de velocidad de viento tras el filtrado de Espacios Naturales Protegidos

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,22
5,5-6,0	0	5	37,13
6,0-6,5	0	7	49,71
6,5-7,0	0	2	12,87
7,0-7,5	0	0	0,07
7,5-8,0	0	0	0,00
8,0-8,5	0	0	0,00
8,5-9,0	0	0	0,00
9,0-9,5	0	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	0	14	100,00
> 6,0	0	9	62,65

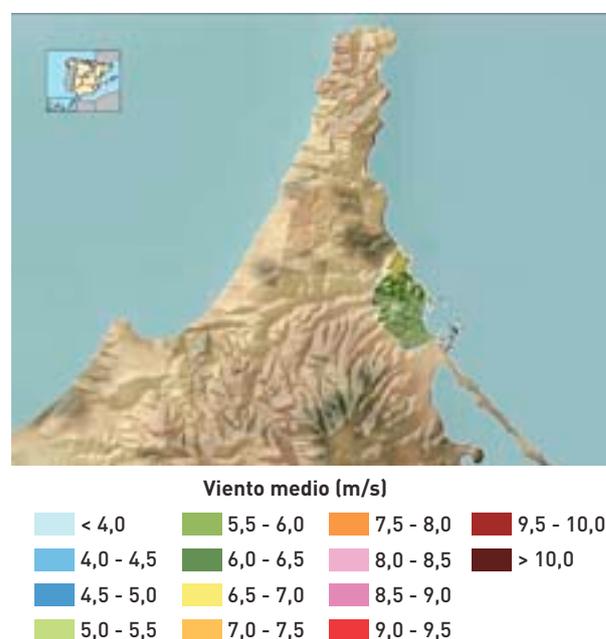
(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Melilla: 14 km².

En la información disponible para este estudio, no consta que la Ciudad Autónoma de Melilla se vea afectada por ningún Espacio Natural Protegido.

La superficie libre de esta restricción y con recurso eólico aprovechable es, por lo tanto, de 14 km², el 100% del territorio.

Superficie afectada sólo por zonas de Red Natura 2000 y desglose por rango de velocidades

En la figura siguiente se representa la superficie del territorio melillense afectada por los espacios incluidos bajo la denominación Red Natura 2000, habiéndose utilizado una cobertura de color marfil para permitir una mejor visualización. Si bien estas áreas son potencialmente compatibles, a priori, con la existencia de instalaciones eólicas, algunas comunidades autónomas las han excluido al definir las áreas de desarrollo eólico prioritario a medio plazo:

Figura 151. Distribución del viento y Red Natura 2000

Tabla 164. Distribución por rango de velocidad de viento: Red Natura 2000

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,22
5,5-6,0	0	5	36,48

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
6,0-6,5	1	6	44,23
6,5-7,0	0	2	12,13
7,0-7,5	0	0	0,07
7,5-8,0	0	0	0,00
8,0-8,5	0	0	0,00
8,5-9,0	0	0	0,00
9,0-9,5	0	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	1	13	93,13
> 6,0	1	8	56,43

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Melilla: 14 km².

Con la información disponible, aproximadamente 1 km² del territorio de Melilla, por el noroeste, se vería afectado por el Lugar de Interés Comunitario (LIC) del Barranco del Nano, que representa el 6,87% de su territorio.

De la superficie restante tras considerar sólo la Red Natura 2000, unos 8 km² tienen un recurso eólico aprovechable superior a 6 m/s anuales a 80 m de altura, lo que supondría un 56,43% del total del territorio melillense.

Superficie disponible tras la aplicación simultánea de los filtrados de índole técnica y medioambiental, y desglose por rango de velocidades

Para el cálculo del potencial eólico aprovechable, se excluyen del estudio aquellas zonas afectadas por el filtrado técnico considerado con anterioridad, ya que en este caso singular no existen zonas declaradas como Espacios Naturales Protegidos (ENP) por la Ciudad Autónoma de Melilla, con la información disponible:

Figura 152. Distribución del viento tras el filtrado de índole técnica y Espacios Naturales Protegidos

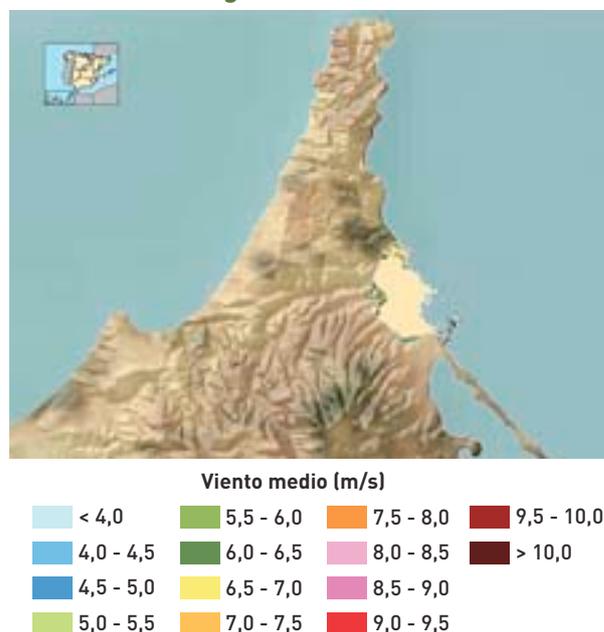


Tabla 165. Distribución por rango de velocidad de viento, tras filtrado técnico y ENP

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km²)	Superficie disponible (km²)	Superficie disponible (%)
<4,0	0	0	0,00
4,0-4,5	0	0	0,00
4,5-5,0	0	0	0,00
5,0-5,5	0	0	0,00
5,5-6,0	5	0	2,92
6,0-6,5	5	1	10,53
6,5-7,0	1	1	5,85
7,0-7,5	0	0	0,00
7,5-8,0	0	0	0,00
8,0-8,5	0	0	0,00
8,5-9,0	0	0	0,00

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie afectada (km ²)	Superficie disponible (km ²)	Superficie disponible (%)
9,0-9,5	0	0	0,00
9,5-10,0	0	0	0,00
>10,0	0	0	0,00
Total	11	3	19,30
> 6,0	6	2	16,37

(*) Los porcentajes se refieren a la extensión total de Melilla: 14 km².

Unos 11 km², el 80,70% del territorio melillense, se ven afectados por la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados. En este caso singular, la aplicación del filtrado medioambiental considerado no tendría ningún efecto, por lo que todos estos datos coinciden con el filtrado técnico.

Con la información disponible en este estudio sobre la Ciudad Autónoma de Melilla, y tras el filtrado técnico considerado, se concluye que, a lo sumo, podría plantearse la implantación de un parque eólico en los 2 km² (una sexta parte de su territorio) que dispondrían de recurso eólico aprovechable en los términos considerados. Las particularidades de Melilla implican que cualquier comparativa con los resultados obtenidos en el resto de España presenten escasa relevancia. Al mismo tiempo, tales singularidades resaltan la importancia de las limitaciones o restricciones que se relacionan, especialmente la proximidad a zonas de defensa, y que no se han podido considerar en este estudio.

La tabla siguiente sintetiza los resultados tras la aplicación de los filtrados, en términos de superficie y porcentuales:

Tabla 166. Resumen de la superficie disponible en Melilla tras la aplicación de los filtrados.

	(km ²)	(%)
Superficie terrestre total de Melilla	14	
Superficie con velocidad media anual superior a 6 m/s, a 80 m de altura	9	62,65
Superficie tras filtrado técnico y velocidad superior a 6 m/s	2	16,37
Superficie tras filtrado técnico, ENP y velocidad superior a 6 m/s	2	16,37

Tras los filtrados técnico y medioambiental, se concluye la disponibilidad de unos 2 km², el 16,37% del territorio melillense frente al 16,42% de media española, con recurso eólico aprovechable en los términos mencionados en este estudio: velocidad media anual estimada superior a los 6 m/s a 80 m de altura, considerada como referencia del recurso eólico necesario para la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra, con la tecnología, ratios de inversión y costes de explotación actuales, y la evolución prevista de tales parámetros en el horizonte 2020.

Para los 6 km² disponibles tras los filtrados en Melilla, se ha calculado una velocidad media anual, a 80 m de altura, de 6,50 m/s, que es inferior a la media nacional de 6,64 m/s.

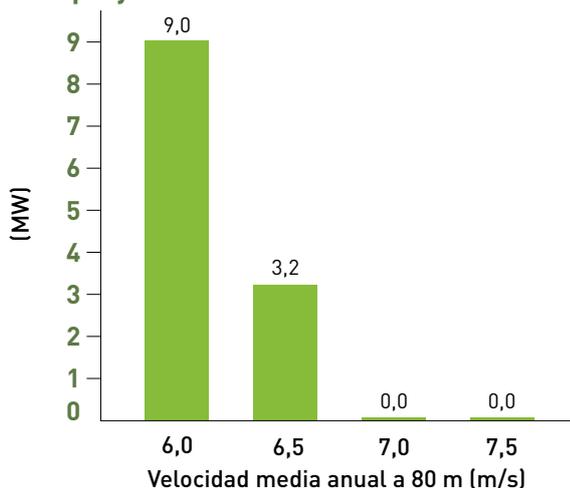
Estimación del potencial eólico disponible en Melilla (MW)

Las conclusiones más significativas del estudio realizado, tras la aplicación del ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie de 4 MW/km² son las siguientes:

- El potencial eólico total de Melilla con velocidad media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura, según las hipótesis detalladas en el apartado 6.1.1, se sitúa alrededor de los 9,0 MW.
- Si la velocidad media anual mínima considerada fuera de 6,5 m/s, el potencial se reduciría hasta unos 3,2 MW (1 km²).

La figura siguiente representa cómo evolucionaría el potencial eólico disponible en función de la velocidad media anual, a 80 m de altura, mínima necesaria para que un parque eólico tipo se considere técnica y económicamente viable:

Figura 153. Potencial eólico estimado en Melilla (en MW), según la velocidad de viento mínima, a 80 m de altura, para la viabilidad de los proyectos



Cabe resaltar que existen otras limitaciones o restricciones, no consideradas en este estudio, que afectan a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico concreto en tierra en Melilla:

- Consideraciones y limitaciones adicionales que contemplen los órganos competentes de la Ciudad Autónoma de Melilla en materia de planificación energética y ambiental. En particular, en lo relativo a la compatibilidad de las instalaciones eólicas con otras figuras medioambientales existentes, como Red Natura 2000, no declaradas como Espacios Naturales Protegidos.
- Cumplimiento de requisitos municipales, necesarios para la obtención de la licencia de actividad y obra pertinente.
- Viabilidad técnico-económica de las infraestructuras de evacuación necesarias hasta el punto de conexión al sistema eléctrico, ya sea un nudo de la red de transporte o de distribución.
- Otros condicionantes técnicos: servidumbres de seguridad nacional, aeronáuticas, eléctricas (líneas de distribución) y fluviales; existencia de patrimonio arqueológico o cultural en las inmediaciones; existencia de áreas de aprovechamiento cinegético, agrícola y ganadero exclusivos; cotos o explotaciones mineras; imposibilidad de transporte y/o montaje de equipos por dificultades orográficas, etc.

- La percepción social sobre los parques eólicos, tanto para una única instalación, como para el incremento de la densidad de parques eólicos en cada zona.

El conjunto de estas consideraciones implica una pérdida de superficie disponible importante, y por tanto, una reducción significativa del potencial eólico aprovechable.

Consideraciones sobre el potencial eólico en términos de producción (TWh)

Como se ha mencionado en el apartado 6.1.1, la producción energética evacuable a red en un emplazamiento, con la tecnología actual, depende no sólo de la velocidad del viento, de la potencia instalable y de las pérdidas consideradas, sino también de la relación S/P de la aeroturbina que se implante.

Debido a las dificultades para conseguir una estimación suficientemente precisa del potencial de generación eléctrica procedente de la eólica terrestre en Melilla a verter en el sistema, se ha optado por utilizar un rango aproximado de horas anuales equivalentes de funcionamiento neto, considerando que la velocidad media anual estimada en Melilla para los 2 km² disponibles tras los filtrados, es de 6,50 m/s. De este modo, se ha ajustado el rango de horas anuales equivalentes medias netas, representativas de los parques eólicos que puedan implantarse en Melilla, en el rango de las 2.025 y 2.225 h.

Por tanto, el potencial eólico en Melilla en términos de generación eléctrica neta para los 9 MW instalables en tierra firme, se estima alrededor de 0,02 TWh/año.

6.1.4 Resumen del potencial eólico en tierra disponible en las comunidades autónomas

Como se ha indicado en el apartado 6.1.1, de metodología empleada para la estimación del potencial eólico terrestre, la mayor relevancia de este estudio proviene de su homogeneidad en los criterios e hipótesis de partida considerados, pues son idénticos para cada una de las comunidades autónomas del territorio nacional.

Ello permite, en este apartado, cotejar los resultados de superficie disponible y recurso eólico existente en las comunidades autónomas, sirviendo al mismo

tiempo de resumen de todos los cálculos realizados en relación con el potencial eólico en tierra disponible en España.

Superficie disponible con recurso eólico aprovechable, por comunidades autónomas

La siguiente tabla presenta la extensión territorial de cada comunidad autónoma, así como la superficie disponible con recurso eólico aprovechable, en los términos considerados (velocidad de viento media anual superior a los 6 m/s a 80 m de altura) para estimar la viabilidad técnico-económica de un proyecto eólico en tierra:

Tabla 167. Extensión territorial y superficie disponible con recurso eólico aprovechable ($v > 6$ m/s a 80 m). Desglose por CCAA

CCAA	Extensión (km ²)	Superficie con $v > 6$ m/s (km ²)	Superficie con $v > 6$ m/s (%)
Andalucía	87.610	23.713	27,1
Aragón	47.730	18.112	37,9
Asturias	10.611	2.803	26,4
Islas Baleares	5.023	1.620	32,3
Islas Canarias	7.450	2.629	35,3
Cantabria	5.319	1.818	34,2
Castilla y León	94.221	14.361	15,2
Castilla-La Mancha	79.411	14.192	17,9
Cataluña	32.204	7.316	22,7
Comunidad Valenciana	23.266	3.982	17,1
Extremadura	41.679	7.545	18,1
Galicia	29.669	14.628	49,3
Madrid	8.023	287	3,6
Murcia	11.311	1.573	13,9
Navarra	10.384	5.301	51,0

(Continuación)

CCAA	Extensión (km ²)	Superficie con $v > 6$ m/s (km ²)	Superficie con $v > 6$ m/s (%)
País Vasco	7.230	1.650	22,8
La Rioja	5.042	1.291	25,6
C.A. Ceuta	19	19	99,7
C.A. Melilla	14	13	95,8
Total España	506.215	118.625	23,43

En términos de recurso eólico aprovechable, y previamente a la aplicación de los filtrados considerados, destaca la elevada proporción de superficie disponible en Navarra y Galicia, alrededor del 50%, seguidas de Aragón y las Islas Canarias. Por el contrario, sólo un 3,6% de la superficie de la Comunidad de Madrid dispondría de recurso eólico aprovechable con el criterio aplicado ($v > 6$ m/s a 80 m de altura), lo que representa un porcentaje extraordinariamente bajo comparado con las demás regiones y con el promedio nacional, del 23,43%. En Ceuta y Melilla, prácticamente la totalidad del territorio dispone de recurso eólico aprovechable. No obstante, este dato es poco relevante en el contexto del promedio nacional, dada la escasa superficie de estos territorios.

Superficie disponible con recurso eólico aprovechable, tras los filtrados de índole técnico y medioambiental, por comunidades autónomas

La siguiente tabla presenta la superficie de cada comunidad autónoma que quedaría disponible tras la aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental (ENP) considerados, expresada tanto en unidades de área, como en porcentaje respecto al total de extensión territorial. Igualmente, se indica la superficie disponible con recurso eólico aprovechable que dispondría cada comunidad autónoma tras dichos filtrados:

Tabla 168. Superficie disponible con recurso eólico aprovechable ($v > 6$ m/s a 80 m), tras los filtrados técnico y medioambiental. Desglose por CCAA

CCAA	Superficie disponible tras filtrados (km ²)	Superficie disponible tras filtrados ^(*) (%)	Superficie disponible con $v > 6$ m/s (km ²)	Superficie disponible con $v > 6$ m/s ^(*) (%)
Andalucía	55.200	63,01	12.182	13,91
Aragón	37.692	78,97	11.855	24,84
Asturias	4.605	43,40	1.231	11,60
Islas Baleares	1.283	25,55	550	10,95
Islas Canarias	2.119	28,44	1.309	17,57
Cantabria	1.974	37,11	755	14,19
Castilla y León	66.289	70,35	13.173	13,98
Castilla-La Mancha	61.354	77,26	13.693	17,24
Cataluña	20.089	62,38	3.878	12,04
Comunidad Valenciana	12.847	55,22	2.259	9,71
Extremadura	30.664	73,57	5.414	12,99
Galicia	20.551	69,27	10.373	34,96
Madrid	3.843	47,91	208	2,59
Murcia	6.795	60,08	720	6,37
Navarra	7.228	69,60	3.605	34,71
País Vasco	3.709	51,30	982	13,58
La Rioja	3.648	72,35	926	18,37
C.A. Ceuta	6	32,95	6	32,90
C.A. Melilla	3	19,30	2	16,37
Total España	339.899	67,15	83.120	16,42

(*) Los porcentajes de superficie disponible se refieren a la extensión total de cada comunidad autónoma.

La aplicación de los filtrados de índole técnica y medioambiental pone en relieve la gran afectación de las infraestructuras, zonas urbanizadas y Espacios Naturales Protegidos sobre la superficie total disponible para el desarrollo de infraestructuras eólicas, especialmente en las comunidades insulares, Cantabria, Asturias, Comunidad de Madrid y País Vasco.

Desglose del potencial eólico disponible en España por CCAA, y producción eléctrica estimada

Por último la siguiente tabla presenta los resultados obtenidos de potencia eólica disponible en términos de potencia, tras aplicar el ratio de 4 MW/km²

argumentado en el apartado 6.1.1, y en términos de producción, tras aplicar un rango de horas equivalentes netas de funcionamiento representativo para los parques eólicos que pudieran implantarse en

cada comunidad autónoma, obtenido a partir de la velocidad media anual de la superficie disponible por cada una, tras los filtrados, y con recurso eólico considerado aprovechable:

Tabla 169. Potencial eólico y producción estimada para la superficie disponible con recurso eólico aprovechable ($v > 6$ m/s a 80 m), tras los filtrados técnico y medioambiental. Desglose por CCAA

CCAA	Potencial eólico estimado (GW)	Velocidad media anual ^(*) (m/s)	Rango de horas equivalentes netas (h)	Rango de generación eléctrica estimada (TWh)
Andalucía	48,7	6,76	2.200 – 2.400	107 - 117
Aragón	47,4	6,55	2.050 – 2.250	97 - 107
Asturias	4,9	6,88	2.300 – 2.500	11 - 12
Islas Baleares	2,2	6,71	2.150 – 2.350	4,7 - 5,2
Islas Canarias	5,2	7,10	2.450 – 2.650	13 - 14
Cantabria	3,0	7,02	2.375 – 2.575	7,2 - 7,8
Castilla y León	52,7	6,62	2.100 – 2.300	110 - 120
Castilla-La Mancha	54,8	6,38	1.925 – 2.125	105 - 115
Cataluña	15,5	6,82	2.250 – 2.450	35 - 38
Comunidad Valenciana	9,0	6,58	2.075 – 2.275	19 - 21
Extremadura	21,7	6,38	1.925 – 2.125	42 - 46
Galicia	41,5	6,88	2.300 – 2.500	95 - 105
Madrid	0,8	6,72	2.150 – 2.350	1,8 - 2,0
Murcia	2,9	6,35	1.900 – 2.100	5,5 - 6,0
Navarra	14,4	6,73	2.175 – 2.375	31 - 34
País Vasco	3,9	6,92	2.300 – 2.500	9,0 - 9,8
La Rioja	3,7	6,59	2.075 – 2.275	7,7 - 8,4
C.A. Ceuta	0,025	7,81	2.975 – 3.175	0,07 - 0,08
C.A. Melilla	0,009	6,50	2.025 – 2.225	0,02
Total España	332	6,64	2.100 – 2.300	700 – 750

(*) La velocidad media anual indicada se refiere a la estimada en el estudio para la superficie disponible tras los filtrados técnicos y medioambiental (ENP) aplicados y que, a la vez, presentan un recurso eólico aprovechable ($v > 6$ m/s, a 80 m de altura).

Figura 154. Potencial eólico estimado (en GW) para la superficie disponible (con $v > 6$ m/s, a 80 m de altura), desglosada por comunidades

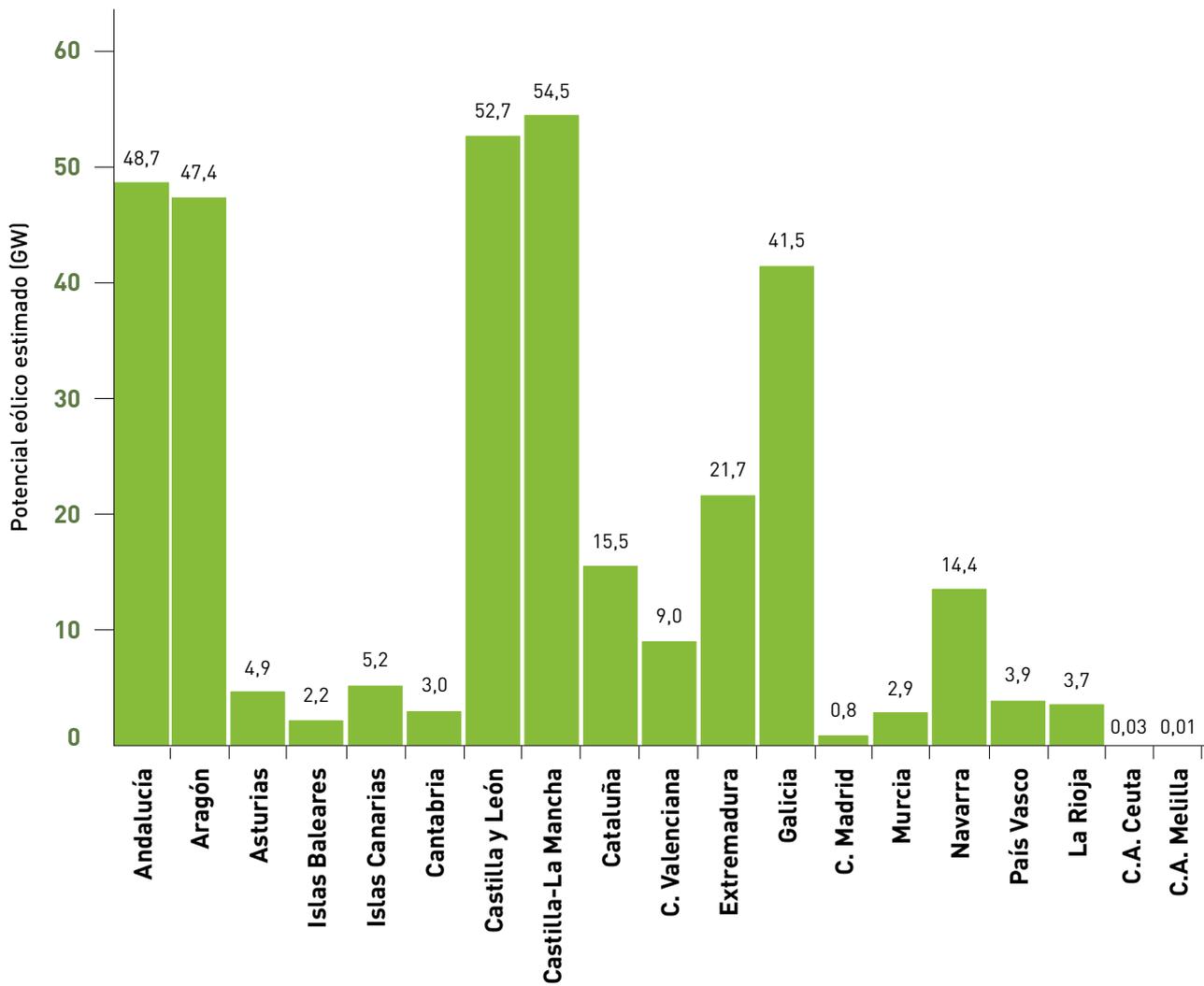


Figura 155. Rango estimado de producción (en TWh/año) a 80 m de altura para la superficie disponible, desglosada por comunidades

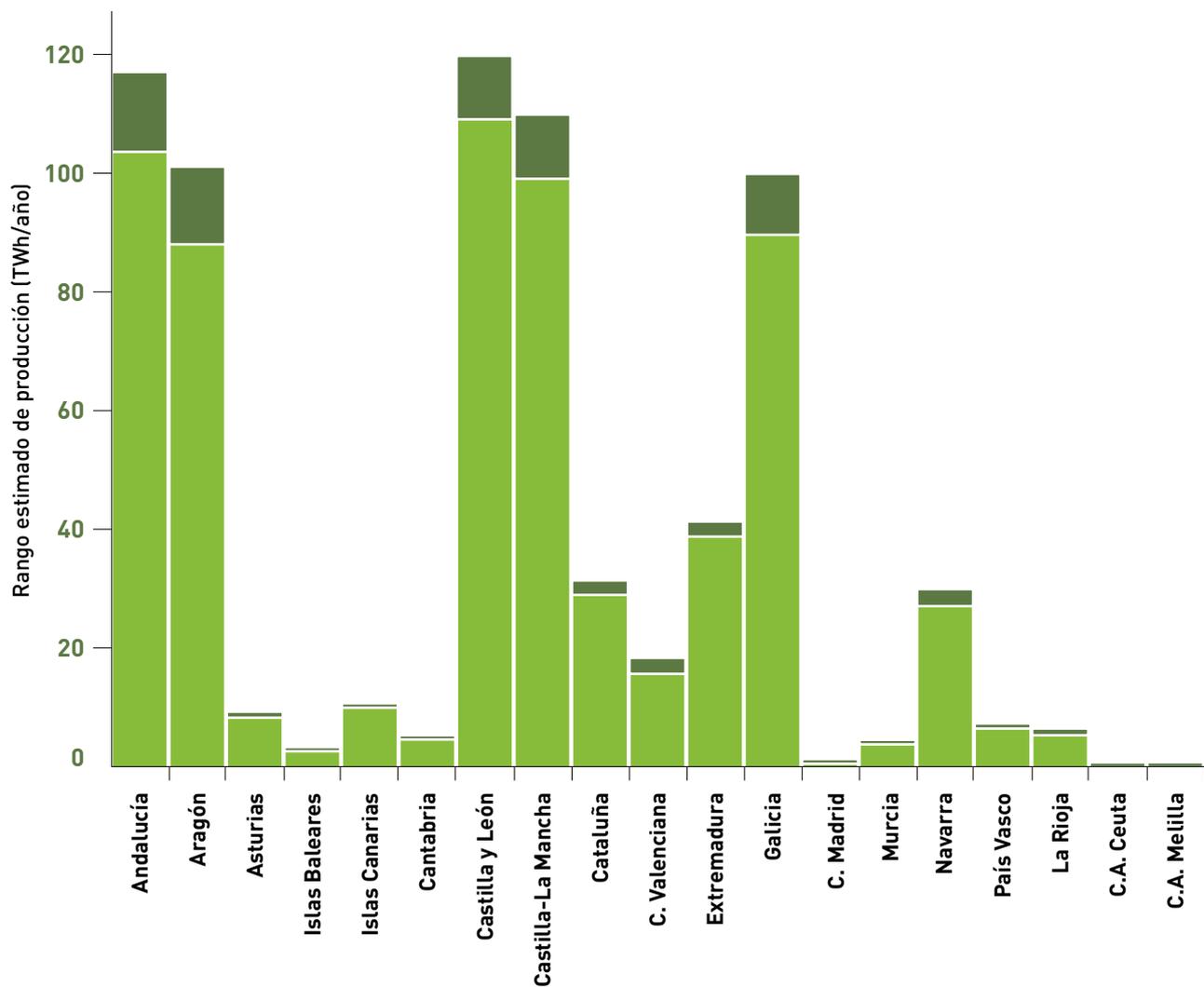
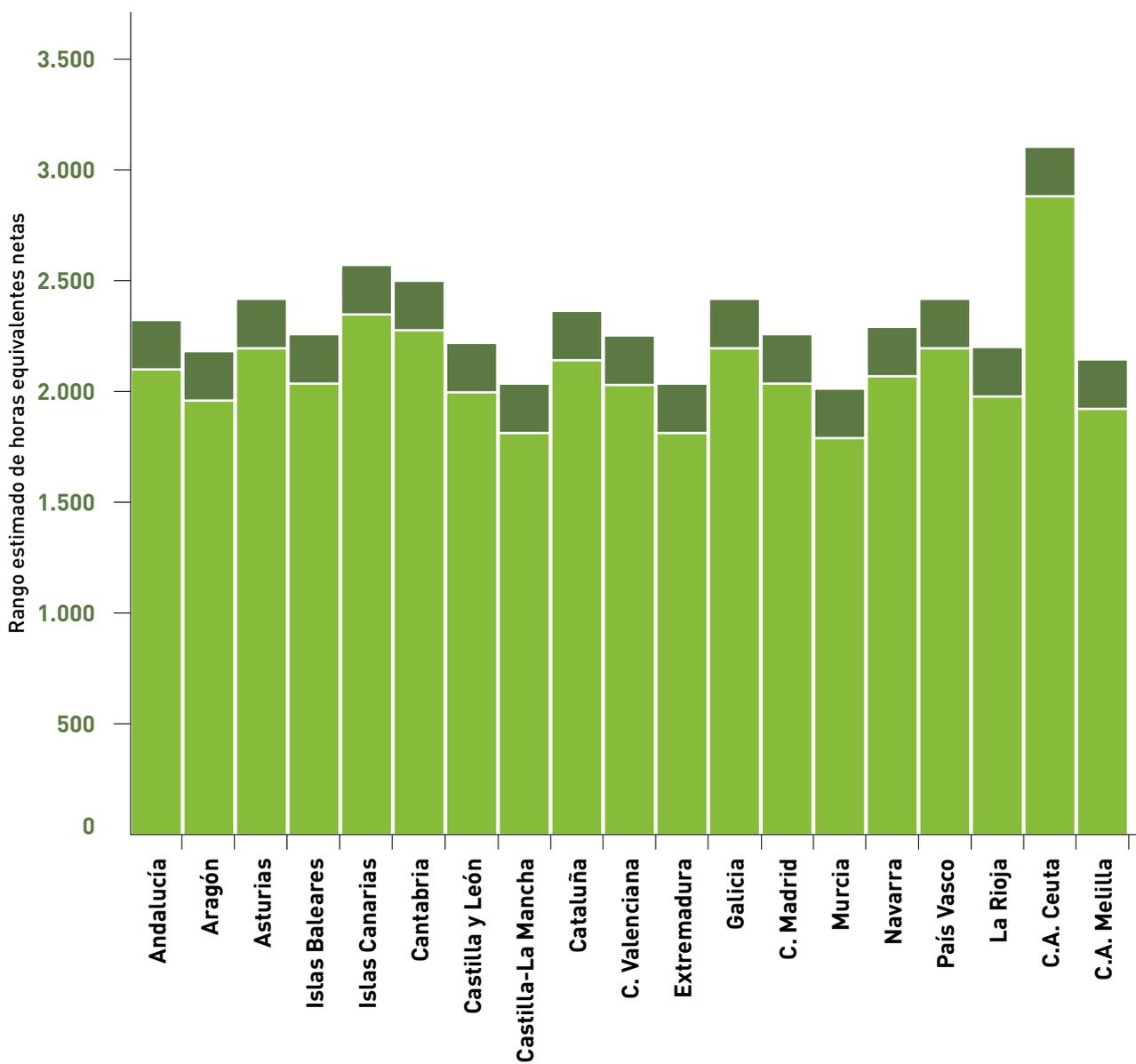


Figura 156. Rango estimado de horas equivalentes netas para la superficie disponible con recurso eólico aprovechable, desglosada por comunidades



Del cálculo de la producción estimada, cabe destacar que el potencial eólico total de ciertas comunidades como Galicia, Navarra y Aragón se sitúa al mismo nivel que comunidades mucho más extensas que éstas. Esto se debe a la contribución de algunas de las zonas más ventosas del territorio nacional, como el Valle del Ebro o las proximidades de océano Atlántico. Entre las comunidades con mayor viento medio anual, se encuentran también las Islas Canarias, que a pesar de su reducida superficie, superan ampliamente a las regiones de similar superficie en términos de potencial eólico disponible.

Por último, se reitera que este estudio no contempla, más allá de los filtrados de índole técnica y medioambiental mencionados explícitamente, otras posibles limitaciones o restricciones que afectarían significativamente a las posibilidades de implantación de cada proyecto eólico terrestre específico, tal y como se relacionan al final del apartado 6.1.2.

6.2 EÓLICA MARINA

En este apartado se evalúa, en primer lugar, la superficie útil disponible para la instalación de parques eólicos marinos, para lo que se tendrán en cuenta tanto aspectos medioambientales como técnicos:

- Consideraciones medioambientales: zonificación del “Estudio estratégico ambiental del litoral español” para la implantación de parques eólicos marinos.
- Consideraciones técnicas: profundidades marinas (batimetría) adecuadas a la situación actual de la tecnología eólica marina, tanto de los parques marinos existentes a nivel mundial, como de los proyectos actuales en España, que pueden considerarse como representativos de los parques eólicos marinos comerciales que entren en servicio en España durante la próxima década.
- Consideraciones técnico-económicas: disponibilidad de recurso eólico suficiente para que puedan implantarse parques eólicos marinos, considerando la mayor inversión y gastos de explotación asociados, al compararlos con los parques eólicos en tierra.

En segundo lugar, se realiza una estimación del potencial eólico marino, en términos de potencia, en el horizonte 2020, para lo que se considerará un ratio de aprovechamiento eólico por unidad de superficie representativo de los parques eólicos marinos a desarrollar en la próxima década.

6.2.1 Filtrado medioambiental: zonificación del “Estudio estratégico ambiental del litoral español” (EEAL)

Como punto de partida para el cálculo del potencial eólico marino en España, se toma como referencia el resultado de la zonificación definitiva del “Estudio estratégico ambiental del litoral español”, aprobada en abril de 2009 por los Ministerios de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, e Industria, Turismo y Comercio. Dicha zonificación, realizada según el grado de afección de los potenciales parques eólicos marinos, mayores de 50 MW, en cada área del litoral, en materia socio-económica y medioambiental, a escala general de planificación, con el siguiente código de colores:

- Color rojo: “zonas de exclusión”, en las que se detectó incompatibilidad entre la existencia de parques eólicos marinos (mayores de 50 MW) y los usos o actividades ya establecidos.
- Color amarillo: “zonas aptas con condicionantes”, donde el desarrollo de parques eólicos marinos está condicionado, a falta de mayor información de detalle.
- Color verde: “zonas aptas”, en las que no se detectó incompatibilidad, en términos de planificación estratégica.

Cabe resaltar que la aptitud ambiental definitiva de la implantación eólica marina en las zonas clasificadas como “aptas” y “aptas con condicionantes” se determinará para cada proyecto específico, tras los necesarios estudios de detalle.

Figura 157. Zonas EEAL. Litoral Cantábrico

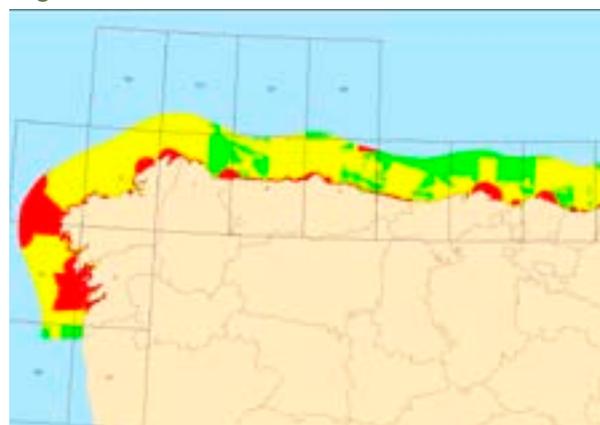
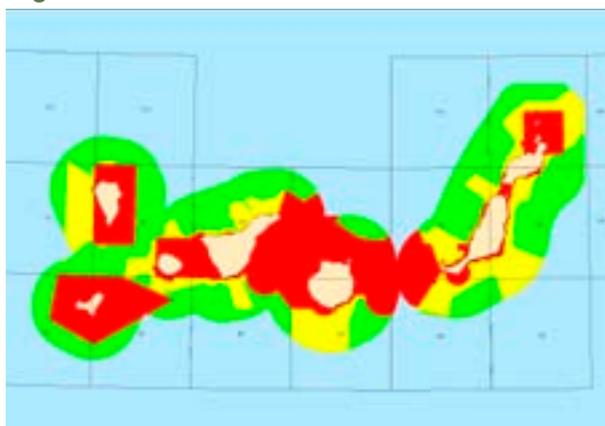


Figura 158. Zonas EEAL. Litoral Mediterráneo



Figura 159. Zonas EEAL. Litoral Canario



La siguiente tabla muestra la distribución de superficies, en el ámbito del estudio –franja litoral de 24 millas náuticas desde la línea de base recta, más las aguas interiores– como resultado de la zonificación que establece el “Estudio estratégico ambiental del litoral” para la implantación de parques eólicos marinos:

Tabla 170. Superficie desglosada según tipo de la zonificación EEAL

	Zonificación EEAL	
	Superficie útil (km²)	Superficie (%)
Aptas	84.666	36,8
Condicionadas	89.759	39,0
Excluidas	55.889	24,3
Total	230.313	100

Se observa que el 75% del litoral español se encontraría disponible, a priori, para la implantación de parques eólicos marinos como resultado de la zonificación del “Estudio estratégico ambiental del litoral”, siendo necesarios estudios de detalle que determinen la viabilidad medioambiental definitiva.

Desglose por rango de velocidades

En la siguiente tabla, se indica la distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de la superficie marina de España en las zonas “aptas” y “aptas con condicionantes” (sin considerar las denominadas “zonas de exclusión”):

Tabla 171. Distribución por rango de velocidad de viento, a 80 m de altura, de las zonas “aptas” y “aptas con condicionantes”

Velocidad (m/s)	Superficie (km²)	Superficie (%)
<4,0	369	0,21
4,0-4,5	319	0,18
4,5-5,0	577	0,33
5,0-5,5	3.319	1,90
5,5-6,0	12.707	7,29
6,0-6,5	29.889	17,14
6,5-7,0	26.351	15,11

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
7,0-7,5	29.344	16,82
7,5-8,0	28.169	16,15
8,0-8,5	13.652	7,83
8,5-9,0	10.517	6,03
9,0-9,5	10.264	5,88
9,5-10,0	6.617	3,79
>10,0	2.331	1,34
Total	174.425	100
> 7,5	71.551	41,02

Como referencia del recurso eólico marino mínimo necesario en un emplazamiento marino podría utilizarse una velocidad media anual de 7,5 m/s a 80 m de altura, tal y como se razona en el apartado 6.2.3. En este sentido, únicamente un 41%, alrededor de 72.000 km², de la superficie marina en España no excluida en el "Estudio estratégico ambiental del litoral" podría disponer de unos niveles de viento mínimamente suficientes para plantearse inicialmente la implantación de proyectos eólicos marinos, incluyendo zonas de aguas profundas; siempre considerando la incertidumbre asociada a la metodología empleada en la evaluación del recurso eólico y a la evolución tecnológica del sector.

Las figuras siguientes, a las que se ha aplicado un doble filtro de velocidades medias anuales (mayores de 7,5 m/s a 80 m de altura) y restando las "zonas de exclusión", permiten distinguir visualmente la ubicación de las superficies mencionadas, en el litoral cantábrico, en el litoral mediterráneo y en el litoral canario, respectivamente:

Figura 160. Distribución de las áreas con viento medio anual superior a 7,5 m/s, a 80 m de altura, en las zonas "aptas" y "aptas con condicionantes" del EEAL. Litoral Cantábrico

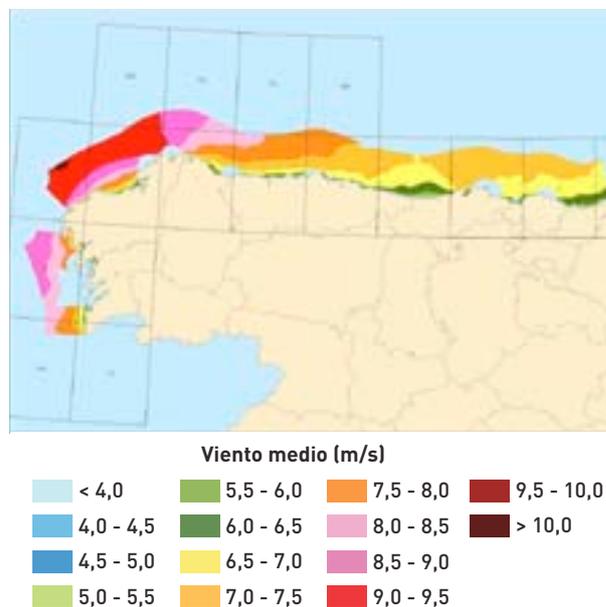


Figura 161. Distribución de las áreas con viento medio anual superior a 7,5 m/s, a 80 m de altura, en las zonas "aptas" y "aptas con condicionantes" del EEAL. Litoral Mediterráneo

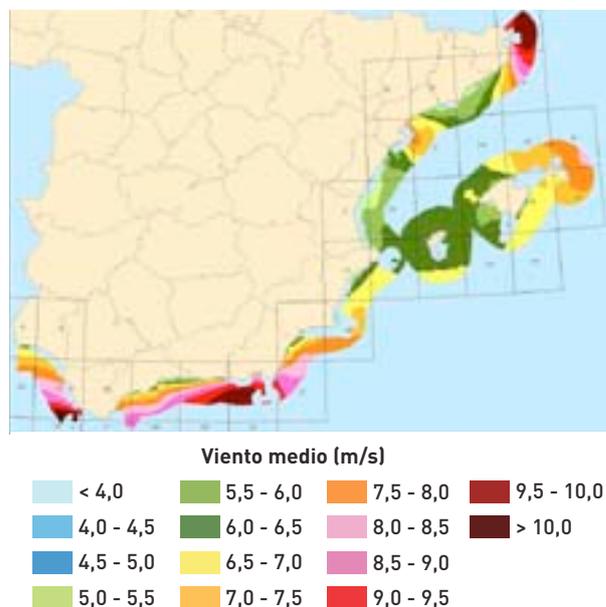
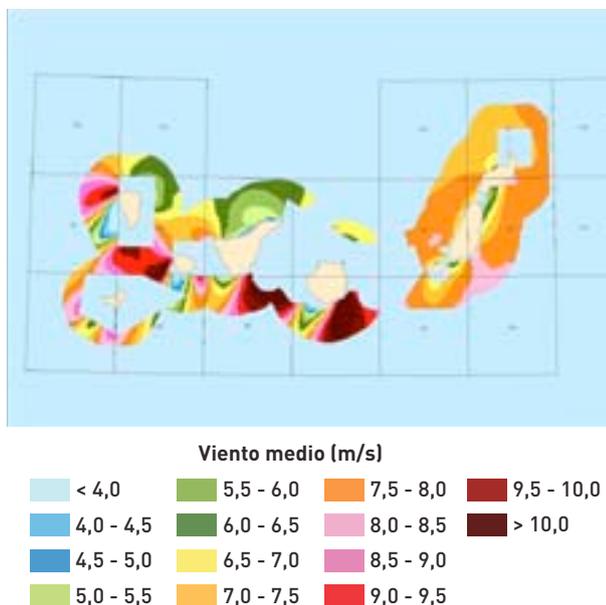


Figura 162. Distribución de las áreas con viento medio anual superior a 7,5 m/s, a 80 m de altura, en las zonas “aptas” y “aptas con condicionantes” del EEAL. Litoral Canario



6.2.2 Filtrado por razones técnicas: batimetría

Además de las consideraciones socio-económicas y medioambientales, las zonas útiles para la ubicación de parques eólicos marinos también se ven limitadas por razones técnicas, especialmente debido a la necesidad de implantar un parque eólico marino a bajas profundidades, hasta que madure la incipiente tecnología actual de anclaje de aerogeneradores en aguas profundas:

En este sentido, si bien en octubre de 2009 se puso en marcha en Noruega el primer prototipo de aerogeneradores en aguas profundas (a 220m, de 2,3 MW), la totalidad de los parques eólicos marinos comerciales en servicio en el mundo, y de los proyectos eólicos marinos en España, se refieren a profundidades batimétricas menores de 50 m. Por lo tanto, con el estado de la tecnología actual, en el horizonte de 2020 se ha considerado que la totalidad de parques eólicos comerciales (no se incluyen aquellos parques eólicos de I+D en aguas profundas, con fines experimentales) que se pongan en marcha en España se implanten en profundidades menores de 50 m.

En consecuencia, para el cálculo del potencial eólico marino en España únicamente se va a considerar

que los parques eólicos sólo podrían instalarse en lugares con una profundidad igual o inferior a los 50 m. Imponiendo esta restricción técnica, las zonas marinas del litoral con profundidades adecuadas disminuyen su superficie de manera muy considerable:

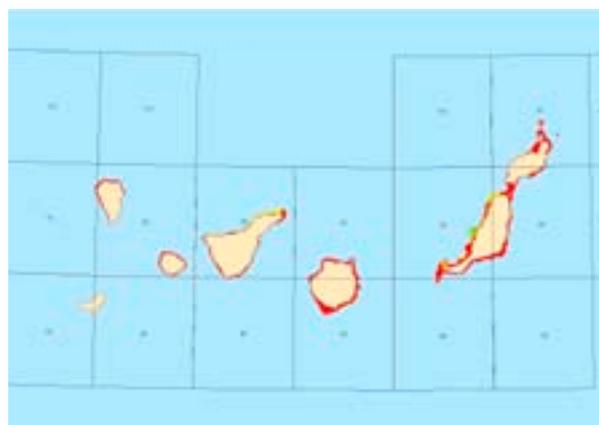
Figura 163. Zonas EEAL filtradas con batimetría. Litoral Cantábrico



Figura 164. Zonas EEAL filtradas con batimetría. Litoral Mediterráneo



Figura 165. Zonas EEAL filtradas con batimetría. Litoral Canario



Al aplicar el filtrado técnico por batimetría, la superficie útil comprendida a profundidades menores de 50 m se reduce hasta un 8,15% de la extensión inicial, distribuyéndose de la siguiente manera:

Tabla 172. Superficie desglosada según tipo de la zonificación EEAL filtrada con batimetría

	Zonificación EEAL + filtrado batimetría (cotas por encima de -50 m)	
	Superficie útil (km ²)	Superficie (%)
Aptas	512	2,7
Condicionadas	6.110	32,5
Excluidas	12.159	64,7
Total	18.782	100

Se observa que la reducción de superficie es muy desigual, perjudicando especialmente a las zonas aptas y condicionadas, pues el porcentaje de la superficie clasificada como "zonas de exclusión" se eleva desde un 24,3%, sin consideraciones de profundidades marinas, hasta representar el 64,7% del área total disponible, teniendo en cuenta las limitaciones por batimetría. El motivo fundamental es que las restricciones ambientales se encuentran mayoritariamente en las zonas más cercanas a la costa, que lógicamente son las que concentran las zonas hábiles por la limitación de batimetría.

Cabe resaltar que el Estudio estratégico ambiental del litoral establece como zona de exclusión, para parques eólicos marinos mayores de 50 MW, la banda batimétrica del dominio público marítimo-terrestre comprendida entre la bajamar y la cota de -10 m, fundamentalmente para evitar afecciones significativas a la dinámica litoral. En este sentido, la superficie útil comprendida entre la bajamar y la cota batimétrica de 10 m de profundidad, aproximadamente representaría 3.200 km².

6.2.3 Filtrado por disponibilidad de recurso eólico

En los anteriores subapartados todavía no se ha tenido en cuenta el factor fundamental que determina el potencial eólico marino disponible: la existencia de un buen recurso, que permita su aprovechamiento con unos niveles de generación eléctrica suficientes para que se amortice la inversión necesaria.

La rentabilidad de un proyecto eólico marino no sólo viene determinada por el recurso eólico existente en el emplazamiento, sino por diversos factores de difícil cuantificación para estimar valores que puedan considerarse representativos de los parques eólicos marinos a desarrollar durante la próxima década, entre los que destacan:

- Ratio de inversión por unidad de potencia: en el caso de un parque eólico marino, el ratio de inversión por unidad de potencia es muy superior –del orden del doble, en términos generales– al de los parques eólicos en tierra. Además, es muy variable dependiendo de cada proyecto específico, resultando extremadamente sensible a la profundidad del emplazamiento marino y a la distancia a la costa.
- Costes de operación y mantenimiento: también son muy superiores a los parques en tierra, aumentando en proporción directa a la distancia a la costa.
- Nivel de retribución para la energía producida: en España, depende de cada proyecto específico, pues varía según la prima solicitada por el promotor en el procedimiento de concurrencia para la reserva de zona que contempla el Real Decreto 1028/2007.

Teniendo en cuenta lo anterior, a efectos de cálculo de potencial, se necesita estimar un valor mínimo del recurso eólico existente en un emplazamiento que pueda considerarse como limitativo para que un proyecto eólico marino sea viable desde un punto de vista técnico-económico en el horizonte 2020, con todas las salvedades asociadas a tal estimación y a los propios niveles de incertidumbre de la metodología empleada para la evaluación del recurso eólico. En consecuencia, al objeto de este estudio, se considera que los emplazamientos marinos con una velocidad de viento medio anual inferior a 7,5 m/s a 80 m –altura de buje estimada para un aerogenerador marino– harán que sea inviable técnica y económicamente, un proyecto eólico marino en esa zona. Se estima que dicha velocidad media podría suponer del orden

de 2.650 horas equivalentes de funcionamiento neto, considerando la curva de potencia tipo descrita en la tabla 5 y unas pérdidas globales entre el 15% y el 20%.

Aplicando los resultados del presente Estudio del recurso eólico como referencia para el filtrado de velocidades de viento superior a los 7,5 m/s a 80 m de altura, a continuación se representan las zonas disponibles del litoral español que dispondrían de un recurso eólico suficiente, además de cumplir con los criterios medioambientales y de profundidad máxima de los subapartados anteriores, resultando que las zonas útiles quedarían aún más mermadas:

Figura 166. Zonas EEAL filtradas con batimetría y recurso eólico. Litoral Cantábrico



Figura 167. Zonas EEAL filtradas con batimetría y recurso eólico. Litoral Mediterráneo



Figura 168. Zonas EEAL filtradas con batimetría y recurso eólico. Litoral Canario



Tras este filtrado adicional, en total, quedaría útil menos del 1,6% de la extensión inicial del ámbito del estudio, distribuída de la siguiente manera:

Tabla 173. Superficie desglosada según tipo de la zonificación EEAL filtrada con batimetría y recurso eólico

	Zonificación EEAL + batimetría por encima de -50 m + recurso eólico $\geq 7,5$ m/s, a 80 m de altura	
	Superficie útil (km ²)	Superficie (%)
Aptas	31	0,9
Condicionadas	1.381	39,1
Excluidas	2.116	60,0
Total	3.528	100

Puede apreciarse cómo la superficie con profundidades menores de 50 m y recurso eólico suficiente ($\geq 7,5$ m/s, a 80 m de altura) queda reducida a unos 3.500 km², de los que unos 1.400 km² corresponderían a zonas “aptas” y “aptas con condicionantes”.

Las figuras anteriores permiten identificar visualmente las escasas zonas del litoral español que, a escala general de planificación, podrían considerarse como las más adecuadas en términos batimétricos y de recurso eólico disponible para la implantación de parques eólicos marinos a gran escala en España:

- En el litoral cantábrico: costas de la provincia de La Coruña, bajo la influencia de los frentes atlánticos.
- En el litoral atlántico sur: costas occidentales de la provincia de Cádiz (Bahía de Cádiz, Cabo de Trafalgar y Estrecho de Gibraltar hasta Punta Tarifa).
- En el litoral mediterráneo: costas orientales de la provincia de Cádiz; costas de la provincia de Almería (Cabo de Gata y costas de Punta Entinas y Punta de los Baños); costas septentrionales del Delta del Ebro en la provincia de Tarragona; costas de la provincia de Gerona (Cabo de Creus e Islas Medas); y costas nororientales de la isla de Menorca.

- En el litoral del archipiélago canario: en general, en las costas sudorientales y noroccidentales de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, y zonas puntuales en Lanzarote y La Palma.

No obstante, existen otras localizaciones de menor extensión en otras provincias en las que cabría plantearse la implantación de instalaciones eólicas marinas de menor tamaño.

A continuación, se incluyen todos los filtrados realizados en una única tabla, lo que permitirá extraer algunas conclusiones importantes sobre el potencial eólico marino disponible en el litoral español:

Tabla 174. Resumen de la superficie disponible en el litoral español, desglosado según la zonificación del EEAL

	Zonificación EEAL parques marinos		+ Filtrado batimetría (cotas por encima de -50 m)		+ Filtrado recurso eólico ($v \geq 7,5$ m/s, a 80 m de altura)	
	Superficie litoral (km ²)	S (%)	Superficie restante (km ²)	S (%)	Superficie restante (km ²)	S (%)
Zonas "aptas"	84.666	36,8	512	2,7	31	0,9
Zonas "aptas con condicionantes"	89.759	39,0	6.110	32,5	1.381	39,1
Zonas "de exclusión"	55.889	24,3	12.159	64,7	2.116	60,0
Total litoral español	230.313					
Superficie "apta" para filtrados	174.425		6.623		1.412	
% "apta" resp. superficie total	75,73		2,88		0,61	

A modo de resumen, se refleja la reducción de superficies que se estima por aplicación de los distintos filtrados realizados:

- Superficie Total de estudio (franja 24 millas) \approx 230.000 km².
- Superficie con cotas batimétricas técnicamente viables para proyectos a medio plazo (hasta 50 m de profundidad) \approx 19.000 km², de los que unos 6.600 km² corresponderían a zonas "aptas" y "aptas con condicionantes".
- Superficie con profundidades menores de 50 m y recurso eólico suficiente ($\geq 7,5$ m/s, a 80 m de altura) \approx 3.500 km², de los que unos 1.400 km²

corresponderían a zonas "aptas" y "aptas con condicionantes".

En síntesis, se obtienen las siguientes conclusiones del cálculo del análisis marino realizado:

- Tras la aplicación de los filtrados de índole técnico-económica, asociadas a la batimetría (por encima de -50 m) y al recurso eólico necesario ($v \geq 7,5$ m/s, a 80 m de altura), se concluye que el litoral español dispondría de unos 3.500 km² de superficie útil para el desarrollo eólico marino.
- De dicha superficie útil, el 60% se encontraría excluida para la implantación de parques eólicos marinos (de potencia superior a los 50 MW) por las

consideraciones medioambientales del “Estudio estratégico ambiental del litoral” para la implantación de parques eólicos marinos.

- Estos resultados limitan sobremanera el desarrollo de la eólica marina en el litoral español, a pesar de las aparentemente extensas zonas disponibles en el dominio público marítimo-terrestre: alrededor de 23 millones de ha en la franja de 24 millas, con unos 4.830 km de costa en la península y otros 3.049 km de costa en los sistemas insulares y extra-peninsulares (según datos del IGN en su “Atlas nacional de España”).

6.2.4 Cálculo del potencial. Desglose por rango de velocidades

En la siguiente tabla, se puede ver la distribución por rango de velocidad de viento de la superficie marina de España en las zonas “aptas” y “aptas con condicionantes” tras el filtrado por batimetría. Cabe destacar, de nuevo, la escasa superficie disponible en el litoral español que cumpla con los criterios utilizados para considerar la potencial viabilidad de un parque eólico marino.

Tabla 175. Distribución por rango de velocidad de viento de las zonas “aptas” y “aptas con condicionantes”, a 80 m de altura, tras el filtrado por batimetría

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
<4,0	19	0,29
4,0-4,5	28	0,43
4,5-5,0	188	2,84
5,0-5,5	808	12,20
5,5-6,0	1.024	15,46
6,0-6,5	1.071	16,17
6,5-7,0	1.232	18,60
7,0-7,5	841	12,70
7,5-8,0	583	8,80

(Continuación)

Velocidad (m/s)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
8,0-8,5	303	4,57
8,5-9,0	176	2,66
9,0-9,5	168	2,53
9,5-10,0	130	1,96
>10,0	53	0,80
Total	6.623	100
> 7,5	1.412	21,32

6.2.5 Cálculo del potencial. Ratio de aprovechamiento eólico marino por unidad de superficie

Resta por considerar una última hipótesis imprescindible –y de gran relevancia– en el cálculo del potencial eólico marino disponible en términos de potencia: el número de aerogeneradores y la potencia unitaria de los mismos que razonablemente puedan ubicarse en cada unidad de superficie con potencial suficiente.

Tal y como se indicaba en las consideraciones sobre este ratio en el caso del cálculo de potencial eólico en tierra, el mismo es altamente sensible a la evolución del nivel tecnológico de los aerogeneradores, por lo que no se trata de un valor estable en el tiempo. No obstante, una buena estimación puede obtenerse del ratio medio de aprovechamiento marino, del orden de 6 MW/km², asociado a la treintena de proyectos eólicos reales en España a finales de 2009, presentados al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, por una potencia global conjunta superior a los 7.500 MW (varios en concurrencia, y algunos ubicados en zonas de exclusión).

Aplicando este ratio medio de ocupación, el potencial eólico marino en el litoral español, en las zonas clasificadas como “aptas” y “aptas con condicionantes” por el “Estudio estratégico ambiental del litoral” (para la implantación de parques eólicos marinos,

con potencia superior a los 50 MW), en las mencionadas condiciones batimétricas y de disponibilidad de recurso eólico suficiente, sería de unos 8.500 MW (y de unos 5.000 MW para emplazamientos con velocidades medias anuales de viento superiores a los 8 m/s, a 80 m de altura).

Es importante resaltar que la superficie efectiva por consideraciones medioambientales será todavía menor pues, como se ha mencionado, la aptitud ambiental definitiva de la implantación eólica marina en las zonas clasificadas como "aptas" y "aptas con condicionantes" se determinará para cada proyecto específico, tras los necesarios estudios de detalle.

7 Productos finales del estudio

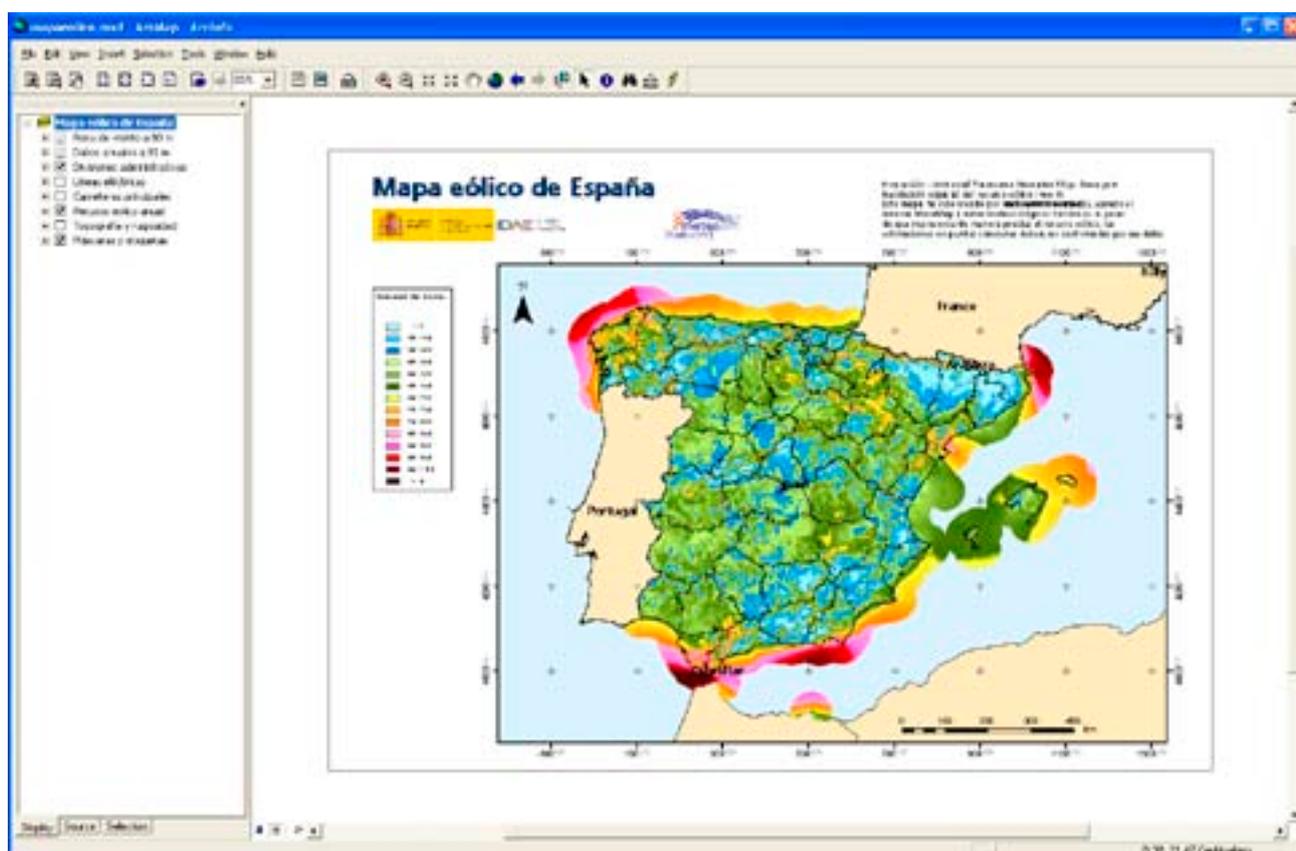
7.1 ATLAS EÓLICO EN FORMATO ARCREADER

El Consultor ha entregado al IDAE un disco duro con el proyecto en formato compatible con las herramientas ArcReader y ArcGIS para “Sistemas de Información Geográfica” (SIG). En dicho proyecto SIG

se incluyen los resultados del “Estudio del recurso eólico y la elaboración del atlas eólico de España” y toda la cartografía complementaria, en un formato que permite la consulta de datos de viento en un entorno interactivo, así como modificar, copiar e imprimir mapas.

La aplicación tiene su propia guía de usuario que se entrega en documento aparte.

Figura 169. Captura de pantalla de la aplicación ArcReader



7.2 ATLAS EÓLICO EN FORMATO WEB

El Consultor incluye el suministro de una aplicación en entorno Web, integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), en un servidor externo al IDAE, para el acceso público a través de la Web corporativa del IDAE (<http://www.idae.es>; <http://at-laseolico.idae.es>).

Esta herramienta permite al usuario navegar por la cartografía digital generada, de la mayor calidad posible, de España y su dominio público marítimo-terrestre, y conocer los datos del recurso eólico estimados para cada punto de información generado en el mapa. El Consultor será el responsable del mantenimiento del servidor y la aplicación en los próximos tres años.

Figura 170. Captura de pantalla de la aplicación web



www.idae.es

IDAE: Calle Madera 8, 28004, Madrid, Tel.: 91 456 49 00, Fax: 91 523 04 14
mail: comunicacion@idae.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

