



### E1.3. Informe de especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema



VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU

## Contenido

<b>E1.3. Informe de especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema</b> .....	<b>1</b>
1. Introducción .....	3
1.1 Objetivo .....	3
1.2 Alcance.....	3
2 Especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema .....	3
2.1 Descripción detallada de las funcionalidades requeridas de forma alineada con los objetivos planteados .....	4
2.1.1 Funcionalidades Clave de la Plataforma .....	4
2.1.2 Impacto Potencial.....	5
2.2 Diseño de la arquitectura de la plataforma inteligente .....	5
2.3 Definición de requisitos funcionales: flujo de datos, preprocesado y filtrado en los nodos Edge, modelo de vistas del dashboard de visualización de datos obtenidos, modelo de predicciones y recomendaciones .....	6
2.3.1 Flujo de datos .....	6
2.3.2 Preprocesado y filtrado en los nodos Edge .....	7
2.3.3 Vistas del dashboard de visualización de datos obtenidos .....	7
2.4 Requisitos No Funcionales: .....	9
2.5 Definición del modelo de datos masivos subyacente: fuentes de datos de sistemas de gestión de la información, modelos predictivos y de recomendación, planificación de entidades, roles y permisos, etc.....	10
2.5.1 Zonas de exclusión eólica .....	11
2.5.2 Recurso eólico .....	13
2.5.3 Datos abiertos de aves .....	15
3 Conclusión .....	17
4 Referencias bibliográficas .....	19

## 1. Introducción

Este documento corresponde al entregable:

### E1.3 - Informe de especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema

Refleja los trabajos realizados y los resultados alcanzados durante la ejecución de la actividad:

**A1.3 Especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema** cuyo objetivo es definir el alcance de la solución planteada, especificar sus requisitos funcionales y no funcionales y describir el conjunto de servicios y herramientas ofrecidas por la plataforma inteligente, así como diseñar su estructura.

Esta tarea se encuadra dentro de LA ACTIVIDAD A1 y la línea de investigación:

**A1. Estado del arte de IA Explicable y requisitos para la gestión de la biodiversidad en parques eólicos del proyecto IA4BIRDS: : Plataforma de IA Explicable para la predicción y protección de aves en espacios destinados a ser parques eólicos**, cuyo objetivo se centra en diseñar una plataforma global, modular y escalable basada en IA Explicable que permita optimizar la evaluación y planificación de espacios destinados a ser parques eólicos aplicando algoritmos híbridos de inteligencia artificial para la detección y predicción de aves.

### 1.1 Objetivo

El **objetivo principal** es definir el alcance de la solución planteada, especificar sus requisitos funcionales y no funcionales y describir el conjunto de servicios y herramientas ofrecidas por la plataforma inteligente, así como diseñar su estructura.

### 1.2 Alcance

Este documento se encuentra en la versión 1.0, y aunque está sujeta a nuevas evoluciones si en las siguientes fases del proyecto se hacen necesarios ajustes, la investigación aquí plasmada trata de presentar el trabajo realizado para la consecución de los objetivos de la tarea de diseñar una plataforma de IA explicable para optimizar la evaluación de espacios destinados a ser parques eólicos.

## 2 Especificación de requisitos funcionales y técnicos y diseño de la arquitectura del sistema

El diseño de la arquitectura del sistema y la especificación de requisitos funcionales y técnicos para la plataforma IA4birds están enfocados en brindar una solución integral y modular. Esta solución no solo busca mejorar la eficiencia y viabilidad de los proyectos de energía eólica, sino que también se preocupa por preservar y respetar la biodiversidad aviar de la región. El impacto potencial de esta plataforma radica en su capacidad para permitir una planificación efectiva y estratégica de los parques eólicos, maximizando la eficiencia de estos proyectos y minimizando su impacto en la vida silvestre y los ecosistemas. La integración y visualización de diversas capas de datos ofrecen una perspectiva holística esencial para un desarrollo equilibrado y responsable.

Para lograr estos objetivos, se ha desarrollado una arquitectura inteligente que facilita la integración de datos complejos y diversas fuentes de información. La plataforma se sustenta en un backend robusto y tecnología IoT para monitoreo acústico y visual, proporcionando una recopilación de datos rica y actualizada que apoya decisiones informadas y basadas en datos.

En la definición de los requisitos funcionales, se detalla el flujo de datos desde su recolección hasta la presentación, el preprocesado y filtrado en los nodos Edge para asegurar la relevancia geográfica, y el diseño de un dashboard que permitirá la visualización efectiva de los datos obtenidos.

La especificación de requisitos funcionales y técnicos y el diseño de la arquitectura del sistema IA4birds reflejan una respuesta innovadora a los desafíos contemporáneos de armonizar la producción de energía con la conservación del patrimonio natural, estableciendo un marco para la sostenibilidad ambiental y el progreso tecnológico en la región de Castilla y León.

## 2.1 Descripción detallada de las funcionalidades requeridas de forma alineada con los objetivos planteados

La plataforma que se describe es un innovador sistema de visualización y gestión de información ornitológica y ambiental, especialmente diseñado para la región de Castilla y León. Este sistema facilita una herramienta crucial para la evaluación y la planificación estratégica en la implementación de proyectos eólicos, alineando las necesidades de desarrollo energético con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

### 2.1.1 Funcionalidades Clave de la Plataforma

**Mapa Interactivo de Alta Resolución:** La plataforma tiene un mapa interactivo detallado de Castilla y León, donde los usuarios pueden hacer clic en cualquier punto para acceder a información exhaustiva sobre las especies de aves presentes en esa ubicación específica. Esto es esencial para identificar áreas con alta actividad aviar que podrían ser sensibles al desarrollo eólico.

**Capas de Datos Diversas y Personalizables:** Además de la visualización básica, la plataforma ofrece la capacidad de superponer múltiples capas de datos, lo que enriquece el análisis. Esto incluye:

- **Capa de Exclusión Eólica:** Muestra áreas donde el desarrollo eólico está restringido o prohibido, marcadas con puntos rojos, lo que ayuda a los planificadores a evitar zonas conflictivas desde el inicio del proceso de planificación [1].
- **Capa de Recurso eólico:** Se refiere a la evaluación y cuantificación del potencial del viento para ser utilizado en la generación de energía. Es una medida fundamental en la industria de la energía eólica, que determina la viabilidad y la eficiencia de instalar y operar parques eólicos en una ubicación específica. Este recurso es influido por varios factores climatológicos, geográficos y meteorológicos, y su adecuada comprensión es esencial para maximizar la producción de energía limpia y sostenible [2].

- Información Detallada sobre Sensibilidad Ambiental: La plataforma proporciona datos críticos sobre los niveles de sensibilidad ambiental en diferentes áreas, permitiendo a los desarrolladores anticipar posibles desafíos en la obtención de permisos y en la gestión de impactos ambientales.

**Interfaz de Usuario Intuitiva y Accesible:** Diseñada para ser utilizada tanto por expertos como por no especialistas en GIS, la interfaz es intuitiva y fácil de usar, garantizando que la información es accesible para una amplia gama de usuarios, desde planificadores de proyectos eólicos hasta conservacionistas y responsables políticos.

**Actualizaciones en Tiempo Real y Almacenamiento de Datos:** La plataforma está diseñada para integrar actualizaciones en tiempo real y tiene la capacidad de manejar y almacenar grandes volúmenes de datos. Esto asegura que la información que se maneja es siempre actual y relevante, lo que es vital para la toma de decisiones informadas y oportunas.

### 2.1.2 Impacto Potencial

Al proporcionar un acceso fácil y rápido a información ambiental y ornitológica crítica, esta plataforma permite una planificación más efectiva y consciente de los parques eólicos en Castilla y León. Esto no solo ayuda a maximizar la eficiencia de estos proyectos, sino que también minimiza su impacto en la vida silvestre y los ecosistemas locales. Además, la capacidad de integrar y visualizar diversas capas de datos facilita una mejor comprensión del panorama general, crucial para equilibrar el desarrollo económico con la protección ambiental. En definitiva, esta herramienta representa un avance significativo en la manera en que se planifican y evalúan los proyectos de energía renovable en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

## 2.2 Diseño de la arquitectura de la plataforma inteligente

La arquitectura de la plataforma, como se muestra en la imagen, está diseñada para facilitar el manejo de datos complejos y la integración de múltiples fuentes de información a través de las fuentes eBirds y Xenocanto. Estas bases de datos proporcionan información detallada y actualizada que enriquece el mapa interactivo, permitiendo a los usuarios acceder a datos sobre las especies de aves de la región y la sensibilidad eólica relevante para la planificación de parques eólicos.

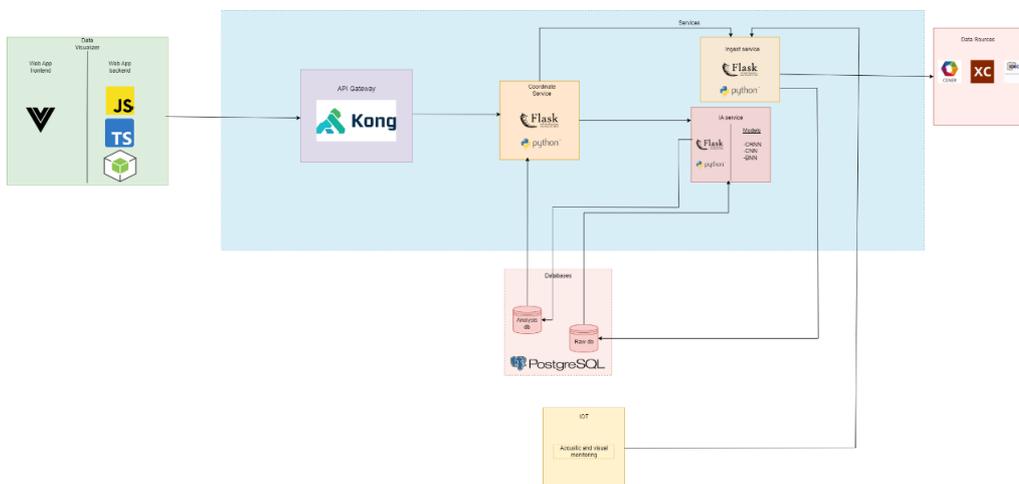


Figura 1. Arquitectura propuesta para IA4birds

Esta plataforma se sustenta en un backend desarrollado con Flask y Python, que permite una gestión de datos eficiente. Para la gestión de las APIs desarrolladas en Python que sirven los datos a la plataforma, se utiliza KONG como API Gateway. KONG facilita el manejo de las solicitudes y el tráfico entre los clientes y el backend, proporcionando una capa de abstracción que mejora la seguridad, la monitorización y la escalabilidad de las conexiones. PostgreSQL para el almacenamiento de datos analíticos y brutos. La integración de tecnología IoT para el monitoreo acústico y visual enriquece la recopilación de datos y apoya la toma de decisiones basada en información actualizada y precisa.

La justificación para el desarrollo de esta plataforma radica en su capacidad para mejorar la sostenibilidad de los proyectos eólicos, al mismo tiempo que preserva la biodiversidad de aves en Castilla y León, facilitando la toma de decisiones basada en datos fiables naturales y

## 2.3 Definición de requisitos funcionales: flujo de datos, preprocesado y filtrado en los nodos Edge, modelo de vistas del dashboard de visualización de datos obtenidos, modelo de predicciones y recomendaciones

En el desarrollo del proyecto IA4birds, una herramienta diseñada para optimizar la coexistencia de la producción de energía eólica con la conservación de la biodiversidad es crucial establecer una infraestructura tecnológica robusta y eficiente. Para ello, es necesario definir con precisión los requisitos funcionales del sistema, que abarcan desde la adquisición y gestión de datos hasta la presentación y análisis de la información. Esta sección detalla los componentes esenciales del sistema: el flujo de datos, el preprocesado y filtrado en los nodos Edge, el modelo de vistas del dashboard de visualización y el modelo de predicciones y recomendaciones.

### 2.3.1 Flujo de datos

El flujo de datos describe el camino que siguen los datos desde su origen, como sensores y bases de datos ornitológicas, hasta su procesamiento y visualización. Este flujo debe ser eficiente y seguro, asegurando la integridad y privacidad de la información a lo largo de todo el sistema. En relación con el flujo de datos de la plataforma:

- **Recolección de Datos:** El sistema recoge datos de múltiples fuentes, incluyendo bases de datos ornitológicas y geoespaciales, para su procesamiento y análisis posterior.
- **Servicio al Frontend:** Una vez recogidos y procesados, los datos son servidos al frontend de la aplicación. Esto incluye la representación de dichos datos en un mapa interactivo, lo cual permite a los usuarios visualizar y comprender la información de manera clara y eficaz.
- **Procesamiento de Datos con IA:** Los datos también serán procesados a través de modelos de inteligencia artificial, actividad a realizar durante el año 2024, estos modelos recomendarán zonas con mayores recursos eólicos y menores restricciones ambientales para la ejecución de proyectos.
- **Informar al Frontend a través de la IA:** Finalmente, la información procesada por los modelos de IA es igualmente servida al frontend. Esto proporciona una capa adicional de análisis y valor al usuario final, permitiendo tomar decisiones informadas basadas en predicciones avanzadas y análisis de datos profundos.

### 2.3.2 Preprocesado y filtrado en los nodos Edge

Para el preprocesado y filtrado en los nodos Edge de la plataforma, los datos son cuidadosamente seleccionados y refinados para satisfacer los requisitos específicos del mapa interactivo centrado en Castilla y León. Durante este proceso, los datos obtenidos de la totalidad de la península son sometidos a un filtro que se concentra inicialmente en la región de Castilla y León, asegurando que sólo se presenten datos relevantes para esta área geográfica específica, a lo largo del proyecto se buscaran mas fuentes de datos ampliando la plataforma de manera que pueda ser escalable a todo el territorio peninsular.

Además, se lleva a cabo una integración entre las distintas fuentes de datos. Esto implica un enlace de los conjuntos de datos, donde se añaden las coordenadas geográficas necesarias para posicionar con precisión la información en el mapa. Este paso es crucial para garantizar que los datos de ubicación de las aves y las variables ambientales, como la sensibilidad aviar, zonas de exclusión y recurso eólicos estén correctamente alineadas y representadas geográficamente.

Este enfoque de filtrado y enriquecimiento de datos en los nodos Edge facilita una visualización precisa y contextualizada de la información, permitiendo así a los usuarios, promotores y gestores ambientales, tomar decisiones más informadas con base en datos geolocalizados y relevantes para la región de Castilla y León.

### 2.3.3 Vistas del dashboard de visualización de datos obtenidos

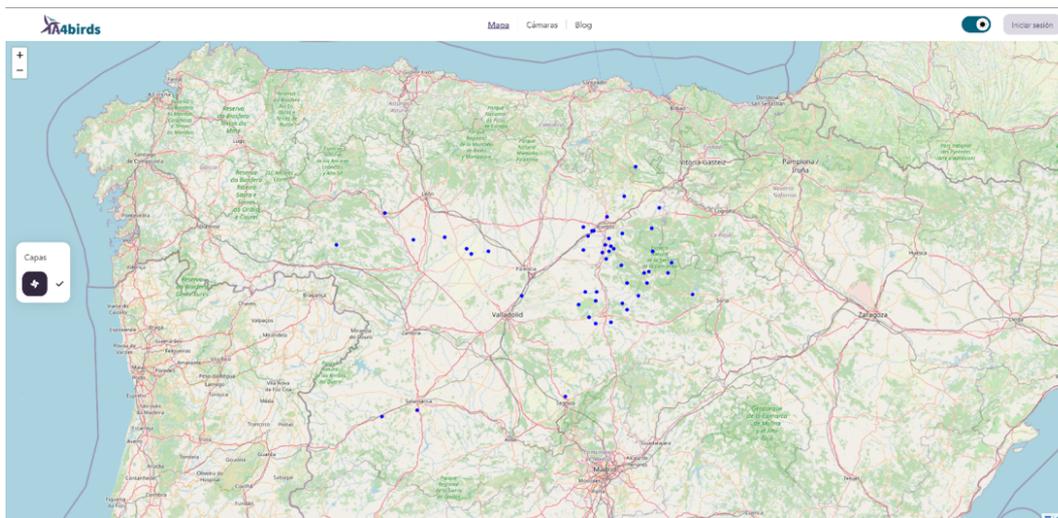


Figura 2. Dashboard mapa

Este mapa muestra lo que parecen ser puntos de datos distribuidos geográficamente sobre un área mapeada. Estos puntos podrían representar diferentes localizaciones o eventos, como estaciones de monitoreo, incidentes ambientales, o áreas de interés para un proyecto específico.

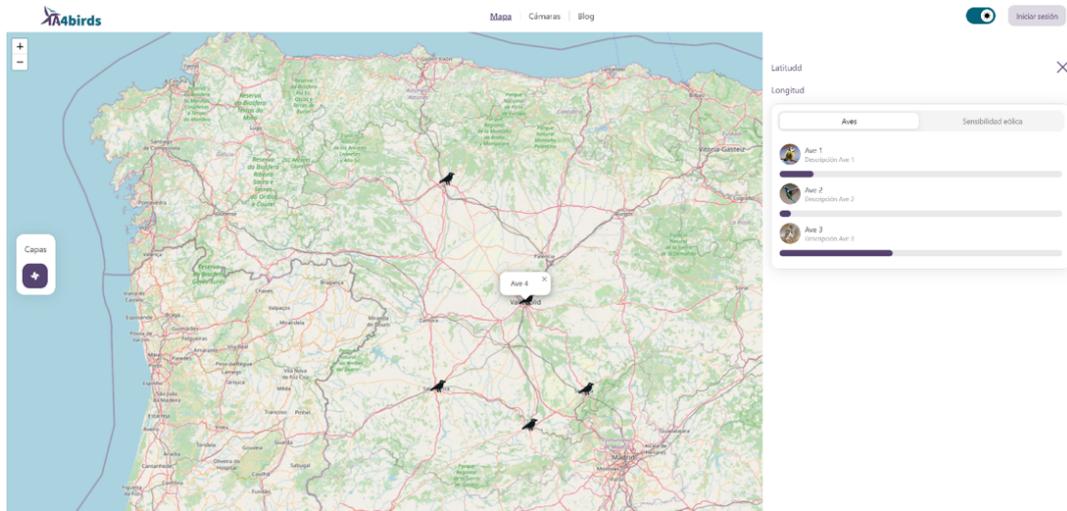


Figura 3. Dashboard mapa sensibilidad aviar

Este mapa podría estar diseñado para mostrar áreas de sensibilidad aviar, es decir, zonas que son importantes para la protección de especies de aves, ya sea por ser hábitats de anidación, rutas de migración o zonas de alimentación críticas. Los puntos o marcadores indicarían ubicaciones de especial interés o sensibilidad para la conservación aviar.

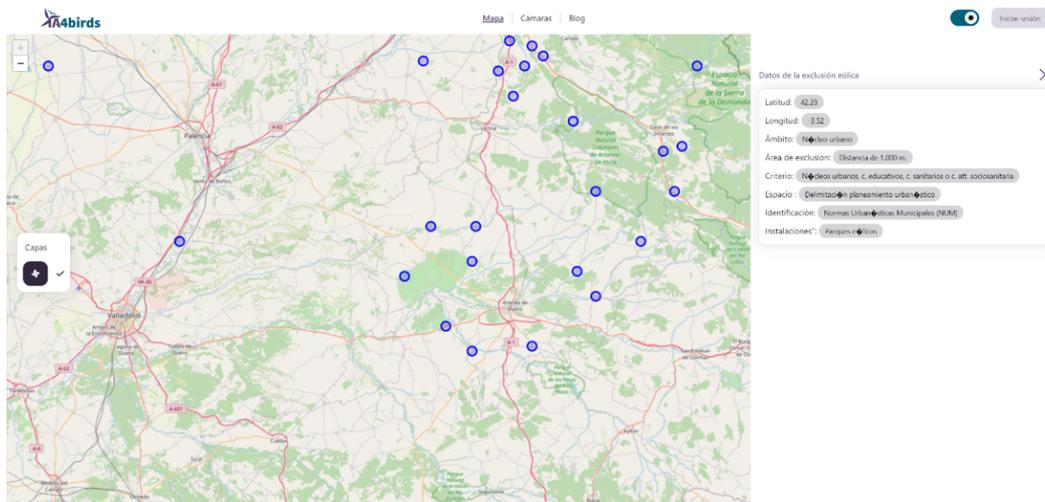


Figura 4. Dashboard mapa exclusión eólica

Este mapa sugiere áreas designadas como inadecuadas o restringidas para el desarrollo de proyectos eólicos. Las áreas marcadas podrían estar determinadas por criterios ambientales, como la presencia de especies en peligro, o por restricciones logísticas o reguladoras, como la proximidad a zonas urbanas o rutas de vuelo.

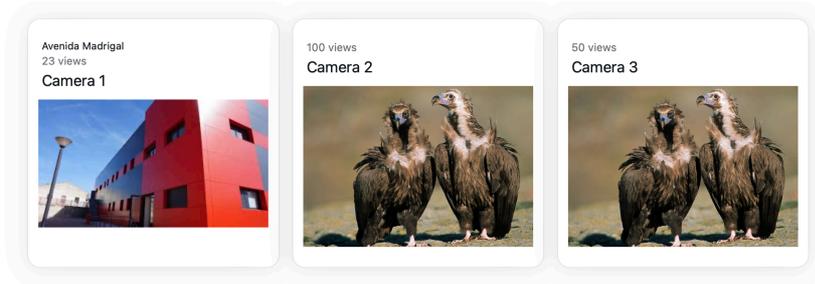


Figura 5. Dashboard cámara

Este elemento del dashboard podría estar mostrando ubicaciones de cámaras de monitoreo o vigilancia. En un contexto ambiental, estas cámaras podrían ser utilizadas para observar la vida silvestre o condiciones meteorológicas. En un contexto urbano, podrían ser cámaras de tráfico o seguridad.

A través de esta plataforma se implantarán los modelos predictivos que se desarrollarán en la segunda anualidad, Estos componentes son esenciales para el éxito del proyecto IA4birds, asegurando que la plataforma no solo responda a las necesidades actuales de monitoreo y gestión ambiental, sino que también se adapte y evolucione en respuesta a nuevos desafíos y descubrimientos científicos.

## 2.4 Requisitos No Funcionales:

### Seguridad

Aunque no existe autenticación para el acceso a la plataforma, se implementan protocolos de seguridad robustos para proteger los servidores y los datos. Los puertos están cerrados o no se encuentran en modo de escucha para evitar accesos no autorizados. El acceso al servidor se permite solo a través de VPN o redes locales, reforzado por firewalls y gateways para una capa adicional de protección.

**Capacidad de Computación y Almacenamiento de Nodos Edge:** Los nodos Edge deben tener la capacidad de procesar y almacenar datos de forma eficiente, cerca de la fuente de datos para manejar servicios en tiempo real .

**Rendimiento del Embedded Edge Computing:** Los dispositivos de computación embebidos, como las TPU para redes predictivas, deben ser capaces de entregar un alto rendimiento para el procesamiento y análisis de datos en tiempo real .

**Capacidad de Computación y Almacenamiento del Servidor:** El servidor central cuenta con 100GB de disco, 4GB de RAM y 4 núcleos, lo que debe ser suficiente para gestionar las cargas de trabajo actuales y permitir el almacenamiento eficiente de datos.

**Restricción Presupuestaria:** Los recursos de computación y almacenamiento deben mantenerse dentro de las restricciones presupuestarias, optimizando el uso de recursos para garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto.

**Características del Repositorio Big Data:** La infraestructura de almacenamiento de datos (Data Lake) basada en tecnologías Big Data, como la mencionada en el acuerdo marco del sistema estatal, debe permitir un almacenamiento eficiente y escalable de grandes volúmenes de datos.

## 2.5 Definición del modelo de datos masivos subyacente: fuentes de datos de sistemas de gestión de la información, modelos predictivos y de recomendación, planificación de entidades, roles y permisos, etc

La inclusión de datos de exclusión de energías renovables, recursos eólicos específicos, y bases de datos ornitológicas como eBird y Xeno-canto en la planificación de parques eólicos es fundamental para equilibrar la generación de energía renovable con la conservación de la biodiversidad. Este enfoque interdisciplinario es especialmente relevante en el contexto del proyecto IA4birds, que busca integrar inteligencia artificial para optimizar tanto la producción de energía como la protección ambiental.

### Datos de Exclusión de Energías Renovables

Los datos de exclusión son áreas geográficas identificadas donde el desarrollo de proyectos de energía renovable podría ser restringido o prohibido, generalmente debido a consideraciones ambientales, culturales, o sociales. La inclusión de estos datos en la planificación de parques eólicos permite:

- Identificar zonas de exclusión ayuda a minimizar conflictos con intereses locales y proteger áreas críticas para la conservación, lo cual facilita el proceso de aprobación y permisos.
- Permite a los planificadores seleccionar las localizaciones más apropiadas para el desarrollo, maximizando la eficiencia energética y minimizando el impacto ambiental.
- Contribuye a una planificación más sostenible y de largo plazo, asegurando que los desarrollos eólicos no comprometan áreas valiosas desde el punto de vista ecológico o social.

### Recurso Eólico

El recurso eólico específico de una región determina la viabilidad y productividad de un parque eólico. Su inclusión en la planificación permite:

- Asegurar que los parques eólicos se sitúan en las áreas con las mejores condiciones de viento para maximizar la generación de energía.
- Utilizar modelos avanzados para predecir la producción de energía potencial y optimizar el diseño del parque eólico.
- Entender cómo las características del viento pueden afectar la migración de aves y otras especies, y ajustar la planificación para mitigar impactos negativos.

## Bases de Datos Ornitológicas (eBird y Xeno-canto)

Su inclusión en la planificación de parques eólicos es crucial por varias razones:

- Estos datos ayudan a identificar áreas de alta actividad aviar o rutas migratorias que podrían solaparse con áreas propuestas para desarrollo eólico. Esto es esencial para evitar o minimizar la colisión de aves y la perturbación de hábitats críticos.
- Facilitan el diseño de programas de monitoreo para evaluar el impacto de los parques eólicos en las poblaciones de aves locales y migratorias y desarrollar estrategias de mitigación basadas en evidencia.
- La integración de estos datos en modelos de IA permite la creación de sistemas predictivos que pueden anticipar los momentos de alto riesgo para las aves y ajustar la operación de los aerogeneradores para minimizar daños.

### 2.5.1 Zonas de exclusión eólica

#### 1. Definir la cuadrícula para CyL

La cuadrícula de la CA (Comunidad Autónoma) ha sido diseñada para abarcar la totalidad de la región, sin incluir regiones de enclaves: Treviño, El Ternero, Sajuela, La Rebolleda. La división de la cuadrícula fue desarrollada gradualmente inspirándose en la cuadrícula propuesta por el visor SIG de CyL "riesgo de electrocución" La región fue dividida en polígonos equiláteros de aproximadamente 25 km<sup>2</sup> excepto una franja que debido a la curvatura terrestre ha sido dividida de manera inconsistente. El tamaño de cada polígono fue decidido por las siguientes razones:

- Aunque la recopilación de información al respecto de la extensión superficial de un parque eólico, se ha podido intuir con la limitada información que un parque eólico tiene una extensión superficial alrededor de 20 km<sup>2</sup>
- Las dimensiones propuestas por la junta de CyL fueron realizadas de manera similar y con una extensión aproximada de 25km<sup>2</sup> por lo que mantenerse en los documentos oficiales será una buena idea para presentar.
- Los cuadrados: a más pequeños, más exigentes computacionalmente de crear y de evaluar varios parámetros. Con el tamaño propuesto son unos 4100 polígonos con los que habrá que realizar diferentes evaluaciones.

#### 2. Definir unidad temporal

La unidad temporal del mapa de exclusión es actualizada al 25/10/23 y se supone que no va a sufrir muchos cambios; en cualquier caso, si lo sufriera, podemos suponer que no va a variar de manera significativa y estas actualizaciones se pueden incluir en mapas. En cuanto a la temporalidad del resto de datos, se irá comentando a medida que se introduzcan.

#### ITERACIONES:

#### Mapa CyL 3era iteración.

Se pudo seleccionar las regiones con una superposición menor al 25% con zonas de exclusión. Sin embargo, se detectan regiones que tienen superposición de varias pequeñas zonas de exclusión.

TEORÍA: Seguir filtrando cuadros para quedarme con los que tengan muy poca cobertura de exclusión me arriesgo a quedarme con muy pocos recuadros. Esto no tiene sentido porque los cuadrados son divisiones artificiales discretas. En la realidad, un parque eólico puede estar ocupando varias regiones de diferentes cuadros.

PRUEBA: Para tener una idea de cómo se vería el mapa sin la superposición de cuadros haré una iteración.

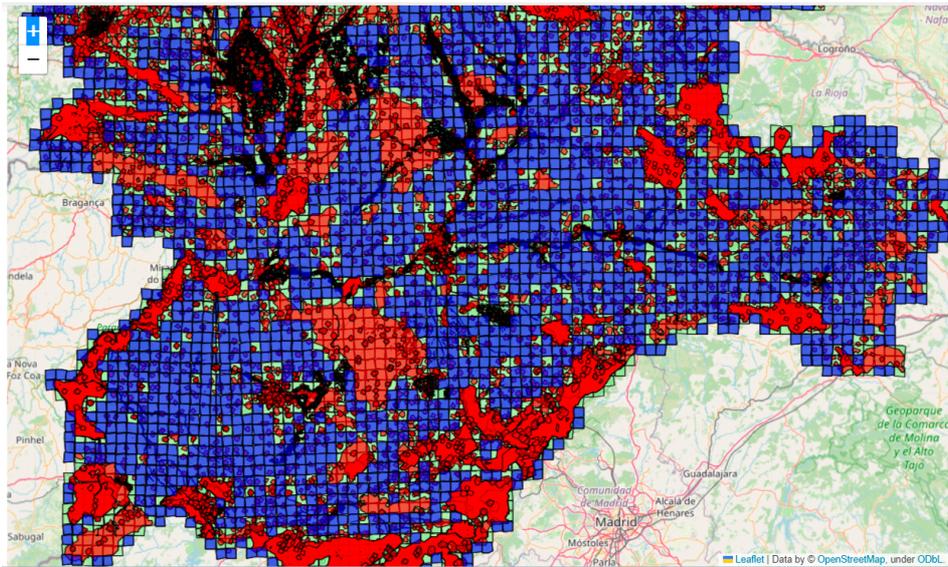


Figura 6. Mapa exclusión eólica CyL

### Mapa CyL 4ta iteración.

El mapa de la zona ha sido definido con cuadrantes rojos (exclusión) y cuadrantes azules (permitido). Estos cuadrantes azules son aquellos que tengan menos de un 25% de superposición con zonas de exclusión y con menos de 4 zonas de exclusión tocándole.

RESULTADO: DataFrame con las siguientes columnas:

fid	geometry	km2_size	centroid	available_25	wm_amount	birds_xc	hotspots_xc	eBIRDS_regi	z_sensi_MUYALTA	z_sensi_ALTA
0	POLYGON ((-6.82549 40.22951, -6.82563 40.22502...	25.027514	POINT (-6.854287562953987 40.248070894604616)	True	0	False	True	False	False	False
1	POLYGON ((-6.76691 40.22399, -6.76691 40.22390...	25.026381	POINT (-6.795541554404452 40.246966281968333)	True	0	False	False	False	False	False
2	POLYGON ((-6.82260 40.31953, -6.82275 40.31505...	25.026993	POINT (-6.851436963890952 40.33810094392298)	True	0	False	False	False	False	False

Figura 7. Dataframe cuadrantes CyL

Este dataframe incluye varios datasets y su lógica es dotar de atributos a cada cuadrado de la cuadrícula de CyL.

Las columnas que se tienen son:

- fid: id único de cada cuadrante

- geometry y centroid: coordenadas que definen el cuadrante y el centro geográfico de dicho cuadrado, respectivamente.
- km2\_size: tamaño en kilómetros cuadrados del cuadrante.
- available\_25: booleano que indica si el cuadrante si está disponible (True) o si se solapa en más de un 25% con una zona de exclusión y 4 o más zonas de exclusión se superponen con el, haciéndolo un cuadrante no disponible (False).
- wm\_amount: cantidad de molinos que existen en el cuadrante.
- birds\_xc: booleano que nos dice si en ese cuadrante se han detectado cantos de pájaros (True) o no (False).
- hotspots\_xc: zonas identificadas como hotspots por xenocanto.
- eBIRDS\_regi: se han registrado pájaros en el último mes (True) o no (False).
- z\_sensi\_MUYALTA y z\_sensi\_ALTA: cuadrantes que se encuentran en zonas de alta sensibilidad para aves planeadoras (True) o no (False). Esto significa que son zonas en las que las aves planeadoras frecuentan o no.

## 2.5.2 Recurso eólico

El Mapa Eólico Ibérico surge del proyecto europeo NEWA, que, liderado por CENER, produjo un mapa eólico de alta resolución mediante simulaciones validadas experimentalmente. Utiliza modelos de mesoescala y microescala para generar datos detallados del viento en Europa. Los productos incluyen mapas de viento, perfiles de velocidad y dirección, y series temporales extendidas hasta 2020, ofreciendo una herramienta rápida para consultar estos datos en segundos [3].

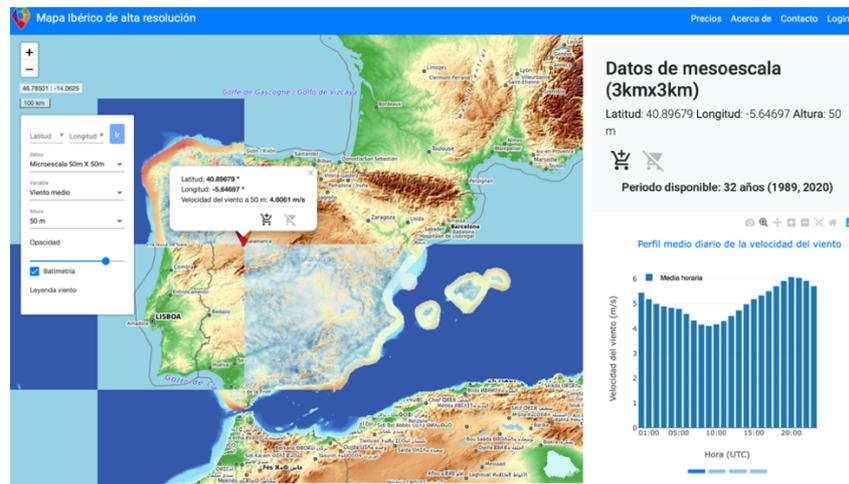


Figura 8. Mapa Recurso eólico

La metodología utilizada en el proyecto NEWA para generar un mapa eólico europeo de alta resolución involucra técnicas avanzadas de downscaling entre modelos de mesoescala y microescala, proporcionando una representación detallada y validada de las condiciones de viento en Europa.

### Metodología de Mesoescala

- Modelo de Simulación: Se utilizó el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para realizar simulaciones de mesoescala [4].
- Estudio de Sensibilidad: Se efectuó un análisis exhaustivo para optimizar la configuración del modelo WRF, evaluando variables como versiones del modelo, niveles verticales,

resolución de los dominios, datos de entrada estáticos y dinámicos, y parametrizaciones físicas.

- Validación: Los resultados de las simulaciones se validaron con datos de viento medidos en varios puntos de Europa, ajustando la configuración para minimizar errores.

### Metodología de Microescala

- Modelo de Simulación: El modelo WASP, desarrollado por la Universidad Técnica de Dinamarca, fue usado para obtener detalles de alta resolución (50m x 50m).
- Datos Utilizados: Se integraron datos de topografía, elevación y rugosidad, provenientes de fuentes como SRTM y Corine Land Cover, para las simulaciones de microescala.
- Downscaling: El proceso de downscaling del modelo WRF al WASP permitió generar mapas de viento de alta resolución, aprovechando la granularidad de los datos de mesoescala.

### Validación y Actualización

- Validación de Datos: Se validaron los datos de velocidad y dirección del viento usando puntos de medición a lo largo de Europa, con ajustes basados en la complejidad del terreno.
- Actualización de Datos: Se extendió el periodo de simulación para incluir los años 2019 y 2020, además de revisar y añadir datos de años anteriores, aumentando el periodo cubierto por el mapa eólico de 10 a 32 años.

El desarrollo de la plataforma diseñada para consultar los datos del mapa eólico Europeo de alta resolución se ha centrado en ofrecer una solución altamente diferenciada y eficiente en términos de accesibilidad y velocidad, aunque con una carga de datos masiva pues se almacenan grandes cantidades de datos de muchos años.

### Facilidad de Uso

La plataforma permite a los usuarios acceder y visualizar datos complejos de viento y temperatura con una interfaz intuitiva y fácil de usar. Sin necesidad de habilidades técnicas avanzadas en programación, se puede seleccionar un punto geográfico específico en un mapa interactivo y obtener automáticamente una amplia gama de visualizaciones y datos. Esto democratiza el acceso a información clave para la planificación y el análisis en el sector eólico.

### Rapidez en la Entrega de Datos

Una de las características más notables de la plataforma es su capacidad para manejar y procesar grandes volúmenes de datos (5.1 Tb) y proporcionar resultados en cuestión de segundos. Esta rapidez es fundamental para profesionales que necesitan tomar decisiones rápidas basadas en los últimos y más precisos datos disponibles.

### Visualización de Datos Compleja

La plataforma ofrece una gama de visualizaciones detalladas que incluyen:

- Perfil medio diario de la velocidad del viento a varias alturas.
- Perfil vertical medio de la velocidad del viento, mostrando cómo varía con la altitud.
- Rosa de vientos, que proporciona una representación gráfica de la dirección del viento predominante y su velocidad.

- Distribución de Weibull, que ayuda a analizar la variabilidad del viento y es fundamental para el diseño de turbinas eólicas.

### Serie Temporal Detallada

Se ofrece una serie temporal detallada de 32 años (1989-2020) para cualquier punto seleccionado dentro del dominio, incluyendo una rica variedad de parámetros meteorológicos y climáticos a diferentes alturas. Este conjunto de datos es invaluable para análisis a largo plazo y para modelar tendencias y cambios en el comportamiento del viento.

### Descarga de Datos en Formato Geotiff

Además de las visualizaciones y las series temporales, se pueden descargar mapas de viento de microescala de una región de 10km x 10km centrada en el punto de interés. Este formato es compatible con la mayoría del software GIS, lo que facilita la integración de estos datos con otros conjuntos de datos geográficos para análisis más detallados y específicos.

### 2.5.3 Datos abiertos de aves

eBird y Xeno-canto son plataformas que recopilan datos de observaciones de aves a nivel mundial, proporcionando información sobre especies, frecuencia, ubicación y comportamientos de aves.

#### Ebird

eBird es una plataforma de ciencia ciudadana global gestionada por el Laboratorio de Ornitología de Cornell. Permite a los observadores de aves de todo el mundo registrar y enviar sus observaciones de aves en tiempo real. Estas observaciones contribuyen a una base de datos masiva accesible para científicos, investigadores y conservacionistas, que utilizan la información para estudios científicos, planes de conservación y otros proyectos [5][6].

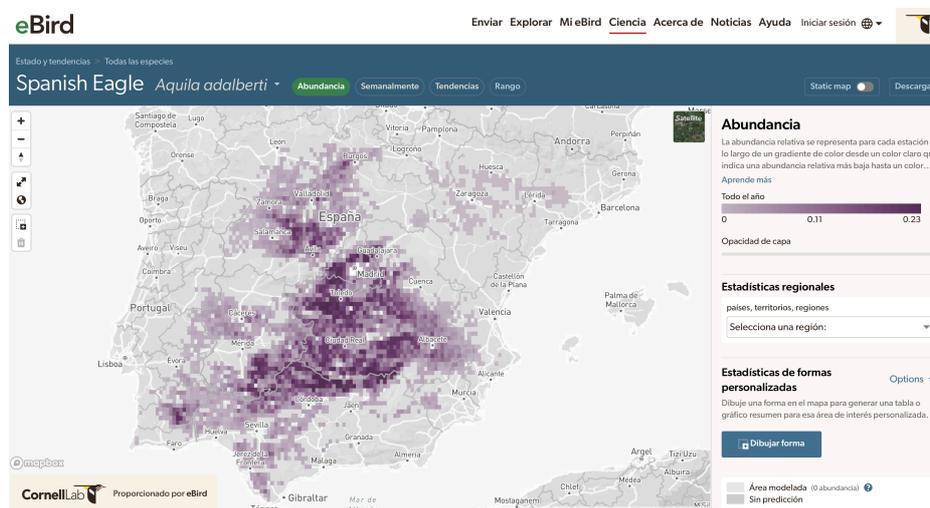


Figura 9. Mapa abundancia águila imperial ibérica (Ebird)

La base de datos de eBird es particularmente valiosa porque proporciona información detallada sobre la presencia, distribución y abundancia de especies de aves a lo largo del tiempo y en diferentes geografías. Los datos incluyen no solo las especies observadas, sino también la ubicación exacta, la fecha y el número de individuos vistos. Además, eBird incentiva a los

usuarios a seguir metodologías estandarizadas para asegurar la calidad y la comparabilidad de los datos.

El proyecto IA4BIRDS tiene como objetivo utilizar inteligencia artificial para evaluar el impacto de los parques eólicos en las poblaciones de aves. Dentro de este contexto, eBird puede ser una fuente crucial de datos por varias razones:

- **Datos de Sensibilidad Aviar:** eBird proporciona datos que pueden ayudar a identificar áreas de alta sensibilidad aviar, es decir, áreas que son importantes para ciertas especies de aves ya sea por su rareza, su estatus de conservación o por ser zonas críticas durante las migraciones. Al identificar estas áreas, los desarrolladores de proyectos eólicos pueden planificar mejor la ubicación de las turbinas para minimizar el impacto en las aves.
- **Modelos Predictivos:** Utilizando los datos de eBird, se pueden desarrollar modelos predictivos para evaluar los potenciales impactos de los parques eólicos en las aves. Estos modelos pueden prever cambios en la distribución o el comportamiento de las aves en respuesta a la presencia de turbinas eólicas.
- **Monitoreo a Largo Plazo:** eBird permite un seguimiento continuo de las poblaciones de aves en áreas cercanas a parques eólicos existentes o planificados. Esto es crucial para evaluar el impacto real de los parques eólicos sobre las aves a lo largo del tiempo y ajustar las estrategias de mitigación según sea necesario.
- **Participación Comunitaria:** Dado que eBird es una plataforma de ciencia ciudadana, facilita la participación de la comunidad local en el monitoreo de la biodiversidad, lo que puede aumentar la conciencia y la educación sobre la conservación de las aves y el impacto ambiental de los proyectos de energía renovable.

## Xeno canto

Xeno-canto es una plataforma en línea dedicada a compartir grabaciones de sonidos de aves de todo el mundo. Esta base de datos colaborativa permite a ornitólogos, investigadores y aficionados a las aves cargar y acceder a grabaciones de cantos y llamadas de aves, proporcionando una rica fuente de datos acústicos. El sitio no solo incluye las grabaciones de audio, sino también información relevante asociada a cada grabación, como la especie de ave, la ubicación geográfica, la fecha de la grabación, y a menudo, notas adicionales sobre el comportamiento del ave durante la grabación [7].

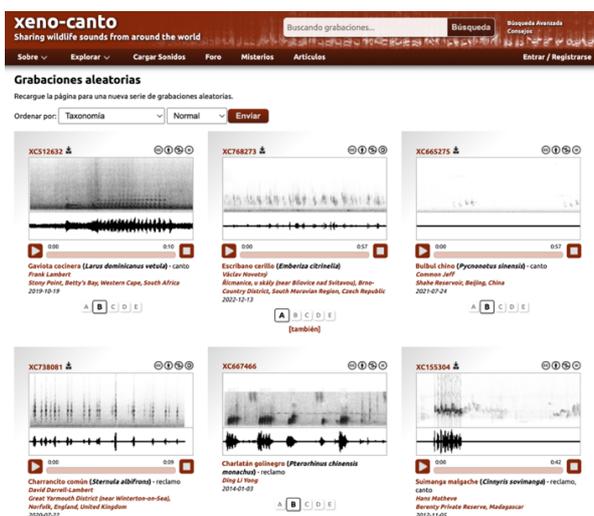


Figura 9. Base de datos grabaciones (Xeno-Canto)

Xeno-canto ofrece un recurso invaluable para la acumulación de datos acústicos aviares que pueden ser integrados en estudios ambientales avanzados, como los necesarios para el proyecto IA4BIRDS. Al aprovechar estos datos, el proyecto puede avanzar en la implementación de soluciones tecnológicas que equilibren la generación de energía renovable con la conservación de la biodiversidad, asegurando que los desarrollos de energía eólica sean sostenibles y respetuosos con el medio ambiente aviar.

El proyecto IA4BIRDS tiene como objetivo analizar y minimizar los impactos de los parques eólicos en las poblaciones aviares utilizando tecnologías de inteligencia artificial. Xeno-canto puede desempeñar un papel interesante en este proyecto de varias maneras:

**Identificación de Especies:** Las grabaciones de Xeno-canto pueden ser utilizadas para desarrollar o mejorar algoritmos de reconocimiento automático de especies basados en el canto de las aves. Esto es especialmente útil en estudios de biodiversidad y monitoreo de especies en áreas propuestas para el desarrollo de parques eólicos.

**Determinación de Sensibilidad Aviar:** Algunas especies de aves son más sensibles al ruido y la presencia de estructuras grandes como las turbinas eólicas. Se pueden estudiar las variaciones en la actividad vocal de las aves en relación con la proximidad a infraestructuras humanas, ayudando a identificar especies particularmente vulnerables a la perturbación por ruido.

**Monitoreo Acústico Pasivo:** Utilizando grabaciones de referencia de Xeno-canto, se pueden implementar sistemas de monitoreo acústico en áreas donde se planea desarrollar parques eólicos. Estos sistemas pueden registrar continuamente los sonidos del ambiente para detectar cambios en los patrones de canto de las aves, lo cual puede indicar una respuesta a la presencia de las turbinas.

**Evaluación de Impacto y Mitigación:** Las grabaciones pueden ayudar a evaluar el impacto antes y después de la construcción de un parque eólico. Comparando los datos acústicos recogidos en las fases de pre-construcción, construcción y operación, los investigadores pueden medir cómo cambian las comunidades de aves y adaptar las estrategias de mitigación para reducir los impactos negativos.

**Educación y Concienciación:** Al proporcionar un acceso fácil a los sonidos de las aves, Xeno-canto también puede ser una herramienta educativa para sensibilizar sobre la biodiversidad aviar y la necesidad de considerar la fauna en la planificación y operación de infraestructuras energéticas.

### 3 Conclusión

La implementación de la plataforma descrita representa un paso innovador y estratégico hacia la concretización de los objetivos del proyecto IA4BIRDS. Esta plataforma servirá como fundamento para el desarrollo y la aplicación de modelos avanzados de inteligencia artificial que buscan optimizar la coexistencia de la generación de energía eólica con la conservación de la biodiversidad en la región de Castilla y León.

La integración de bases de datos ornamentales y acústicas como eBird y Xeno-canto, junto con información detallada sobre la exclusión y el recurso eólicos, brindará una plataforma tomando en cuenta varios puntos de vista esenciales para la toma de decisiones informadas y responsables en la planificación de infraestructuras de energía renovable.

Al proporcionar una visión detallada y en tiempo real del entorno natural y sus habitantes aviares, la plataforma no solo facilitará la evaluación del impacto de los proyectos eólicos en la vida silvestre y en los hábitats críticos, sino que también promoverá una gestión ambiental más efectiva, la educación y la sensibilización de la comunidad. Esto, a su vez, contribuirá al desarrollo sostenible y a la preservación del patrimonio natural, al tiempo que se impulsa la transición hacia una economía basada en energías limpias.

El diseño y la arquitectura adaptable de la plataforma aseguran que estará preparada para escalar y evolucionar con el proyecto IA4BIRDS. Los datos recopilados y procesados serán cruciales para alimentar los algoritmos de IA que se desarrollarán, permitiendo que la plataforma no solo responda a las necesidades actuales, sino que también se adapte proactivamente a futuros avances y descubrimientos en el campo de la ornitología y la conservación ambiental. La aplicación de esta tecnología pionera es, por lo tanto, un componente fundamental en la búsqueda de un futuro donde la energía renovable y el respeto por la naturaleza coexistan en armonía.

En el futuro, la plataforma tiene el potencial de expandirse más allá de sus capacidades actuales a través de varios ejes estratégicos:

**Desarrollo Continuo de la IA:** Los modelos de IA se harán más robustos con la inclusión de datos en tiempo real y aprendizaje automático, lo que mejorará continuamente las predicciones sobre la sensibilidad aviar y los recursos eólicos. Los algoritmos evolucionarán para anticipar y mitigar más efectivamente los impactos ambientales.

**Ampliación Geográfica:** Aunque la plataforma actualmente se centra en Castilla y León, existe el plan de expandir su alcance para cubrir toda la península Ibérica, lo que permitirá la aplicación de sus herramientas en un contexto más amplio y diverso.

**Integración de Tecnologías Emergentes:** La plataforma podría integrar futuras tecnologías como drones y plataformas de satélite para el monitoreo ambiental, aumentando la precisión y la eficiencia en la recopilación de datos.

**Colaboración Interdisciplinaria:** Se fomentarán asociaciones con instituciones de investigación, universidades y organizaciones de conservación para enriquecer la plataforma con conocimientos especializados y estudios de caso.

**Interoperabilidad con Otros Sistemas:** Se trabajará para asegurar que la plataforma sea interoperable con otros sistemas de gestión de energía y datos ambientales, para una gestión integrada de recursos a nivel nacional e internacional.

**Educación y Concienciación Pública:** Se prevé la incorporación de módulos educativos y de sensibilización, que empoderen a los ciudadanos con conocimientos sobre biodiversidad y la importancia de las energías renovables.

## 4 Referencias bibliográficas

- [1]. Instrucción 4/FYM/2020 de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal  
Contenidos mínimos de los estudios de EIA de instalaciones de energías renovables
- [2]. Fernández-González S., Sastre M., Valero F., Merino A., García-Ortega E., Sánchez J.L., Lorenzana J., Martín M.L. (2019) Characterization of spread in a mesoscale ensemble prediction system: Multiphysics versus Initial Conditions. *Meteorologische Zeitschrift*, 28(1), 59-67. DOI: 10.1127/metz/2018/0918
- [3]. <https://www.mapaeolicoiberico.com/map>
- [4]. Cortes-Pérez, Danitza María, Sierra-Vargas, Fabio Emiro, & Arango-Gómez, Jorge Eduardo. (2016). Evaluación, predicción y modelación del potencial eólico. *Ingeniería Mecánica*, 19(3), 167-175. Recuperado en 31 de marzo de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59442016000300007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000300007&lng=es&tlng=es).
- [5]. <https://ebird.org/home>
- [6]. Fink, D., T. Auer, A. Johnston, M. Strimas-Mackey, S. Ligocki, O. Robinson, W. Hochachka, L. Jaromczyk, C. Crowley, K. Dunham, A. Stillman, I. Davies, A. Rodewald, V. Ruiz-Gutierrez, C. Wood. 2023. Estado y tendencias de eBird, versión de datos: 2022; Publicado: 2023. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, Nueva York.
- [7]. <https://xeno-canto.org/>