



**Universidad
Europea CANARIAS**

Trabajo Fin de Máster

“Planificación Ambiental Estratégica en la
Repotenciación de un Parque Eólico: Análisis Crítico y
Propuesta de Mejora Metodológica”

Autor

Manuel Efraín Mero García

Director

Loic Revuelta Luis

Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación – STEAM

Fecha

Septiembre – 2025

Índice

Glosario de abreviaturas y acrónimos	3
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
2. Antecedentes	10
3. Marco teórico	14
3.1. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en contextos de repotenciación	14
3.2. Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) hacia un enfoque de mejora	15
3.3. Declaración de Impacto Ambiental: adaptación al contexto normativo	16
3.4. Programas de Vigilancia Ambiental: de lo reactivo a lo predictivo	16
3.5. Planes de Gestión Ambiental: integrando la economía circular	17
3.6. Propuesta de Mejora Metodológica: PGA Integral Mejorado	18
4. Hipótesis	21
5. Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	22
6. Metodología	23
6.1. Fases metodológicas del estudio	26
7. Análisis y resultados	26
6.2. Propuesta Plan de Gestión Ambiental Mejorado	29
7. Conclusiones	73
8. Futuras líneas de trabajo	74
Referencias	75
Anexos	79
Anexo I. Índice de tablas	79

Glosario de abreviaturas y acrónimos

Art.: Artículo legislativo

CE: Conformidad Europea

CHJ: Confederación Hidrográfica del Júcar

DI: Documento Identificativo

DIA: Declaración de Impacto Ambiental

EAE: Evaluación Ambiental Estratégica

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

EsIA: Estudio de Impacto Ambiental

GW: Gigavatio

HIC: Hábitats de Interés Comunitario

IDEA: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ISO: International Organization for Standardization

ITV: Inspección Técnica de Vehículos

kW: Kilovatio

MW: Megavatio

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PAE: Planificación Ambiental Estratégica

PE: Parque Eólico

PGA: Plan de Gestión Ambiental

PGAi: Plan de Gestión Ambiental Mejorado

PGAi: Plan de Gestión Ambiental Mejorado

PGR: Plan de Gestión de Residuos

PPI: Programas de Puntos de Inspección

PVA: Programa de Vigilancia Ambiental

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

RAP: Responsabilidad Ampliada del Productor

RD: Real Decreto

RP: Residuo Peligroso

SIG: Sistemas de Información Geográfica

TFM: Trabajo Fin de Máster

TIR: Tasa Interna de Retorno

UE: Unión Europea

UNE: Una Norma Española

VAN: Valor Actual Neto

WAsP: Wind Atlas Analysis and Application Program

Resumen

Este trabajo de fin de máster aborda la planificación ambiental estratégica en el proceso de repotenciación de parques eólicos, tomando como caso de estudio el Parque Eólico Molar de Molinar, en la provincia de Albacete. El objetivo principal es proponer una metodología de mejora que permita optimizar la integración ambiental de este tipo de proyectos en el marco de la transición energética. Para ello, se ha realizado una revisión del marco normativo y técnico vigente, un análisis crítico del caso de estudio y el diseño de un Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi). Los resultados muestran que la repotenciación, además de aumentar la eficiencia energética en un 30 % con menos aerogeneradores, requiere reforzar los instrumentos de auditoría previa, seguimiento en obra, restauración ecológica y gobernanza ambiental. Como conclusión, se plantea un modelo metodológico integral, adaptativo y replicable, capaz de anticipar impactos, generar valor socioambiental y alinearse con los principios de economía circular y sostenibilidad.

Palabras clave: Repotenciación, Energía eólica, parque eólico, gestión ambiental, sostenibilidad.

Abstract

This Master's Thesis addresses strategic environmental planning in the repowering process of wind farms, taking the Molar de Molinar Wind Farm (Albacete, Spain) as a case study. The main objective is to propose an improved methodology that enhances environmental integration in the context of the energy transition. The research includes a review of the regulatory and technical framework, a critical analysis of the case study, and the design of an Enhanced Environmental Management Plan (PGAi). Results show that repowering not only increases energy efficiency by 30% with fewer turbines but also requires strengthening tools such as prior environmental audits, on-site monitoring, ecological restoration, and environmental governance. As a conclusion, an integral and adaptive methodological model is proposed, replicable in future projects, able to anticipate impacts, generate socio-environmental value, and align with the principles of circular economy and sustainability.

Keywords: Wind energy, Repowering, Environmental planning, Strategic environmental assessment, Environmental integration, Renewable energy transition.

1. Introducción

El viento es un recurso renovable, inagotable y de carácter prácticamente ilimitado, generado por gradientes de presión y temperatura en la atmósfera, inducidos por la radiación solar. Dichos gradientes provocan el desplazamiento de masas de aire. La energía eólica se obtiene mediante aerogeneradores, que convierten la energía cinética del flujo de aire, captada por sus palas, en energía eléctrica a través de un sistema de conversión electromecánica, apta para su distribución y consumo (Neucona Neumann, A., 2002).

El auge de la evolución y desarrollo de esta tecnología tuvo lugar en los años 90. La Asociación Europea de la Energía del Viento (European Wind Energy Association) preveía que, en 2030, la energía eólica supondría el 10% de energía generada a nivel de Europa. Esta tecnología no origina residuos, evitando contaminantes vertidos a la atmósfera, por lo que es una energía limpia y no necesita materiales que escaseen.

Desde mediados de los años noventa se ha producido en España una expansión extraordinaria del aprovechamiento de la energía eólica para la generación de electricidad. La disponibilidad de zonas con potencial eólico estimable junto con las políticas de apoyo a las energías renovables, sobre todo a la eólica, han contribuido a un enorme desarrollo industrial y tecnológico de este sector. España es líder mundial, tanto en potencia instalada, donde ocupa el tercer puesto detrás de Alemania y Estados Unidos, como en número y volumen de empresas que participan en los distintos ámbitos de la energía eólica (Espejo Marín, 2004).

La energía eólica es actualmente la fuente de energía renovable más extendida en todo el mundo debido a su potencia emplazada y energía generada. Hace frente a las demás fuentes renovables e incluso a las no renovables como los combustibles fósiles. (Villarrubia López, 2012).

La energía eléctrica originada es libre de contaminantes a largo plazo, pero también resulta no ser más costosa que las fuentes no renovables. La mayoría de la energía eléctrica producida, es originada en los denominados parques eólicos. Estos parques eólicos pueden tener una vida útil de 25 años. Cuando llega el fin de un parque eólico, es posible desmontar la instalación y obtener un valor económico de los materiales, cubriendo los costes que puedan surgir, y volviendo a recuperar el estado original del terreno en cuanto a impacto ambiental se refiere.

Castilla-La Mancha, con 4.231 MW eólicos instalados (REE, 2023), afronta el reto de modernizar parques obsoletos. La energía eólica supone una fuente renovable alcanzable y accesible a todas las sociedades del mundo como los países terciermundistas, ya que con materiales locales (hierro, madera, rocas, etc), es posible crear pequeñas maquinas eólicas que puedan bombear agua o proporcionar energía mecánica o eléctrica. La transición energética en España, impulsada por los objetivos de descarbonización y el aumento de la eficiencia energética, ha fomentado la modernización del parque eólico nacional. Dentro de este proceso, la repotenciación de instalaciones existentes se presenta como una estrategia clave, al permitir una mayor producción energética con un menor número de aerogeneradores, reduciendo así impactos paisajísticos y ambientales.

En este contexto, Iberdrola ha obtenido autorización ambiental para la repotenciación del Parque Eólico Molar de Molinar, ubicado en la provincia de Albacete. El proyecto contempla la sustitución de 75 aerogeneradores de 660 kW por 11 turbinas Vestas de 4,5 MW, lo que representa un cambio significativo tanto en capacidad instalada como en la configuración del emplazamiento.

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es un instrumento clave para integrar criterios de sostenibilidad en la planificación de este tipo de intervenciones. Este Trabajo Fin de Máster (TFM) se centra en analizar la aplicación de la EAE en este caso concreto, identificar posibles debilidades en su implementación, y proponer mejoras metodológicas enfocada en una Planificación Ambiental Estratégica en la Repotenciación de un Parque Eólico que favorezcan su eficacia en futuros procesos de repotenciación.

2. Antecedentes

La energía eólica se ha consolidado como pilar fundamental de la transición energética en España, experimentando un crecimiento exponencial desde mediados de los años noventa. Este desarrollo ha posicionado al país como tercer productor mundial, con una potencia instalada que supera los 30 GW (Red Eléctrica de España, 2023). Este crecimiento ha sido posible gracias a la combinación de recursos eólicos de calidad, avances tecnológicos y un marco regulatorio favorable.

Una planificación ambiental estratégica bien elaborada desempeña un papel clave en los procesos de repotenciación de parques eólicos que cuentan con aerogeneradores instalados hace casi dos décadas y que actualmente se acercan al final de su vida útil. Esta situación, común en gran parte de las instalaciones eólicas españolas, representa tanto un desafío como una valiosa oportunidad para modernizar infraestructuras existentes con el fin de mejorar su eficiencia energética, prolongar su operatividad y adaptarlas a las nuevas exigencias técnicas y normativas del sistema eléctrico.

En el actual contexto de crecimiento de la demanda energética y transición hacia fuentes renovables, la repotenciación de los parques eólicos existentes se presenta como una solución óptima al permitir aprovechar emplazamientos ya intervenidos, evitando así afectar nuevos ecosistemas. Además, la existencia de infraestructura previa (vías de acceso, líneas eléctricas, estudios de impacto ambiental) convierte a las repotenciaciones en una alternativa sostenible y menos invasiva que la construcción de nuevos parques eólicos.

Castilla-La Mancha concentra el 20 % de la capacidad eólica nacional y enfrenta el desafío de modernizar sus instalaciones más antiguas mediante procesos de repotenciación que mejoren el rendimiento energético y favorezcan la integración ambiental. Debido a la presencia de ecosistemas esteparios de alto valor ecológico, esta comunidad autónoma requiere estrategias específicas que permitan equilibrar el desarrollo de la energía eólica con la conservación de la biodiversidad (Ferres González, 2021).

Los proyectos de repotenciación suelen incluir fases clave como la recopilación y análisis de datos meteorológicos, la modelización del comportamiento eólico mediante distribuciones estadísticas, la optimización de la disposición con software especializado y la evaluación de impactos ambientales a través de Sistemas de Información Geográfica (Jiménez Cárdenas & Rodríguez Cortés, 2024).

Estos procesos de repotenciación para parques eólicos ya existentes, no solo permite incrementar la producción de energía, sino que también contribuyen a reducir el número total de aerogeneradores, disminuyendo así el impacto visual y ambiental. Un ejemplo representativo de este enfoque se observa en proyectos de modernización tecnológica donde, mediante análisis detallados del recurso eólico y el uso de herramientas especializadas, se optimiza la disposición de los aerogeneradores reduciendo la ocupación total de las aéreas intervenidas.

La fase de simulación en proyectos eólicos constituye un elemento clave para detectar oportunidades de mejora en la planificación ambiental. El uso de herramientas especializadas, como Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) para el análisis del recurso eólico, en conjunto con programas de tratamiento cartográfico, posibilita un enfoque ambientalmente responsable que incorpora variables como la orografía del terreno, la rugosidad superficial, los efectos de estela entre aerogeneradores y las zonas de especial protección ambiental (Veiga Serra, 2023).

Este tipo de metodología avanzada contribuye a la reutilización estratégica de emplazamientos existentes, la minimización de nuevas intervenciones sobre el terreno, la reducción de impactos sobre la biodiversidad y la optimización del espacio disponible.

Desde la perspectiva económica, los procesos de repotenciación consideran indicadores financieros esenciales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión. Los resultados de estos análisis evidencian que, si bien las inversiones iniciales son elevadas, los proyectos con una planificación adecuada presentan una rentabilidad sostenida a largo plazo, especialmente al incorporar un incremento en la producción energética, una reducción de los costes operativos y una extensión de la vida útil de las instalaciones (Linares Rozas, 2025). Estos esfuerzos se alinean directamente con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 7, que promueve energía limpia y accesible; el ODS 9, relacionado con la industria, innovación e infraestructura; el ODS 12, que fomenta la producción y el consumo responsables; y el ODS 13, enfocado en la acción por el clima (Rius Torrijos, 2024).

Además de los aspectos técnicos y económicos, la evaluación de impactos sociales y ambientales indica que una repotenciación bien planificada puede generar múltiples beneficios, como la creación de empleo local, la mejora de infraestructuras, la reducción de impactos visuales y acústicos, y una menor huella ecológica en comparación con la construcción de nuevos proyectos.

En conclusión, una planificación ambiental estratégica con una propuesta de mejora metodológica al Plan de Gestión Ambiental en procesos de repotenciación eólica nos permitiría:

1. Aprovechar eficientemente infraestructuras existentes
2. Minimizar impactos sobre el entorno natural
3. Optimizar la disposición y eficiencia de los aerogeneradores
4. Garantizar una transición energética sostenible y ordenada

3. Marco teórico

La Planificación Ambiental Estratégica (PAE) en procesos de repotenciación de parques eólicos requiere un marco teórico integral que articule los instrumentos de gestión ambiental con las particularidades técnicas de cada proyecto a repotenciar. Este capítulo desarrolla los fundamentos conceptuales que sustentan la evaluación y gestión de impactos ambientales en operaciones de repotenciación, proponiendo mejoras metodológicas basadas en la revisión crítica de los procedimientos actuales.

3.1. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en contextos de repotenciación

La Evaluación de Impacto Ambiental, es el proceso a través del cual se analizan los efectos significativos que tienen o pueden tener los proyectos, antes de su autorización sobre el medio ambiente, incluyendo en dicho análisis los efectos de aquellos sobre los siguientes factores: población, salud humana, flora, fauna, biodiversidad, geodiversidad (tierra, suelo y subsuelo), el aire, el agua, el clima, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados (BOE Núm. 296, 2013). El EIA como instrumento preventivo incluido en la Directiva 2011/92/UE, adquiere matices específicos cuando se aplica a proyectos de repotenciación. Teóricamente, estos proyectos presentan una dualidad ambiental: por un lado, reducen la huella ecológica al disminuir el número de aerogeneradores; por otro, introducen nuevas variables de impacto derivadas de la mayor envergadura de los equipos modernos.

Resulta relevante analizar las interacciones no lineales entre los componentes del proyecto a repotenciar y los elementos ambientales actuales, especialmente cuando se han desarrollado en ecosistemas frágiles de muchas zonas españolas. Los modelos predictivos actuales deben complementarse con un análisis comparativo que considere tanto el estado preoperacional del parque como los escenarios post-repotenciación, incorporando índices de fragilidad ambiental específicos para cada componente ecológico afectado.

3.2. Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) hacia un enfoque de mejora

Los Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de repotenciación requieren metodologías adaptadas que superen los enfoques convencionales. La aplicación de matrices de Leopold (cuadro de doble entrada de relación causa-efecto) modificadas permitiría evaluar simultáneamente los impactos residuales de las infraestructuras existentes y los potenciales efectos de las nuevas instalaciones (Ugalde Muguruza, 2023). En el marco de una planificación ambiental estratégica, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como una herramienta esencial para desarrollar análisis multicapa que integren de manera articulada la dimensión ecológica y los lugares de importancia comunitaria, la dimensión socioeconómica considerando los usos del suelo y las actividades productivas; la dimensión paisajística que incluya el estudio de cuencas visuales y elementos patrimoniales. Esta integración permite una evaluación integral que facilita la toma de decisiones equilibradas entre el desarrollo de infraestructuras y la conservación del entorno.

3.3. Declaración de Impacto Ambiental: adaptación al contexto normativo

El marco regulatorio español, particularmente el RD 150/2023, establece requisitos específicos para la Declaración de Impacto Ambiental en proyectos de repotenciación. Teóricamente, estos proyectos se benefician de procedimientos simplificados (Art. 7 Ley 21/2013), pero requieren una justificación exhaustiva de las modificaciones técnicas propuestas. La jerarquía de mitigación (evitar-minimizar-compensar) adquiere especial relevancia cuando se trabaja con infraestructuras existentes, donde las opciones de evitación suelen ser limitadas. La teoría de la flexibilidad adaptativa propone mecanismos para incorporar cláusulas de modulación tecnológica en las DIA, permitiendo ajustes durante la fase operativa sin requerir nuevos trámites ambientales.

3.4. Programas de Vigilancia Ambiental: de lo reactivo a lo predictivo

Los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) constituyen un instrumento fundamental dentro de la gestión ambiental, al permitir evaluar la eficacia de las medidas preventivas y correctoras contempladas en los estudios de impacto ambiental. (Cardenal, et. al. 2024) Tradicionalmente, estos programas han tenido un carácter reactivo, es decir, se han diseñado para registrar los impactos una vez ocurridos y para comprobar el grado de cumplimiento de las condiciones impuestas en las declaraciones de impacto ambiental. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones importantes en proyectos de repotenciación eólica, caracterizados por su escala, su complejidad técnica y la sensibilidad de los ecosistemas en los que suelen ubicarse.

En el caso de la repotenciación de parques eólicos, los PVA adquieren un valor estratégico al situarse en la intersección entre la vigilancia ambiental tradicional y la innovación tecnológica. Teóricamente, representan un espacio donde se integran diferentes dimensiones: la ecológica, orientada a la protección de la biodiversidad; la técnica, vinculada a la eficiencia del monitoreo; y la social, relacionada con la transparencia y la participación de actores locales. De esta manera, los PVA dejan de ser únicamente un requisito administrativo para convertirse en un componente esencial de la planificación ambiental estratégica, alineado con los principios de sostenibilidad y economía circular.

3.5. Planes de Gestión Ambiental: integrando la economía circular

En el contexto de la repotenciación de parques eólicos, los Planes de Gestión Ambiental (PGA) deben evolucionar desde un enfoque meramente correctivo hacia un modelo integral, proactivo y articulado con los principios de sostenibilidad y economía circular incorporando herramientas que permitan optimizar el reciclaje, el seguimiento y protección ambiental durante la ejecución de la obra y la implementación de programas de restauración progresiva y recuperación de la biodiversidad tras la fase constructiva, que contemplen cronogramas de revegetación con especies autóctonas, la rehabilitación de suelos y la mejora de la biodiversidad local (Cardenal, et. al. 2024).

En síntesis, los Planes de Gestión Ambiental en procesos de repotenciación deben convertirse en sistemas de gestión adaptativos, capaces de anticipar impactos, articular soluciones y generar valor ambiental, social y económico en el marco de la transición energética.

3.6. Propuesta de Mejora Metodológica: PGA Integral Mejorado

Los Planes de Gestión Ambiental (PGA) deben concebirse como instrumentos integradores que anticipen impactos, guíen la ejecución de la obra y aseguren la recuperación ambiental del entorno. En este sentido, se plantea un Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi) basado en cuatro ejes principales: auditoría ambiental previa, seguimiento y la protección ambiental durante la fase de ejecución, restauración y recuperación de la biodiversidad, y gobernanza y transparencia que fortalezcan la legitimidad social del proyecto.

El primer eje se centra en la auditoría ambiental previa con análisis comparativo para establecer la línea base sobre la cual se evaluarán los impactos y se planificarán las medidas de mitigación, incluyendo la caracterización detallada del estado actual del parque a desmantelar. A partir de ello, se realiza un análisis comparativo entre el escenario preoperacional y el de repotenciación, lo que permitirá identificar los beneficios e impactos asociados al uso de turbinas de mayor tamaño. Complementariamente, la auditoría debe elaborar mapas de sensibilidad ambiental que señalen áreas críticas, como hábitats protegidos o corredores de fauna, y recopilar lecciones aprendidas de la fase operativa anterior, de manera que los errores no se repitan en el nuevo ciclo de vida del parque.

El segundo eje corresponde al plan de seguimiento y protección ambiental durante la ejecución de la obra. En esta etapa, la gestión ambiental adquiere un carácter dinámico mediante la incorporación de tareas de supervisión y monitoreo continuo, que permiten evaluar en tiempo real variables críticas: emisiones de polvo y ruido, alteración del suelo, turbidez en aguas superficiales e interacción con la fauna.

Estos datos facilitan la aplicación de medidas correctoras inmediatas, dentro de un esquema de gestión adaptativa. Además, deben definirse protocolos de contingencia para responder a incidentes ambientales, incluyendo derrames, gestión de tierras, erosión acelerada o mortalidad de especies sensibles.

El tercer eje del PGAI se orienta a la restauración y recuperación de la biodiversidad tras la fase constructiva. Este plan debe superar la lógica de simple compensación para convertirse en una estrategia de regeneración ecológica. Para ello, se propone la revegetación progresiva con especies autóctonas, el diseño de corredores ecológicos que conecten el parque con su entorno y la creación de infraestructura verde complementaria, como refugios para avifauna y murciélagos o la recuperación de humedales estacionales.

La restauración debe planificarse en fases, acompañada de un seguimiento de entre cinco y diez años que evalúe indicadores de biodiversidad, cobertura vegetal y calidad del suelo. Este enfoque asegura que el área intervenida no solo recupere sus funciones ecológicas, sino que incremente su valor ambiental respecto al estado previo al proyecto.

Finalmente, se incorpora un cuarto eje transversal vinculado a la gobernanza y la transparencia ambiental. La creación de un comité de seguimiento multiactor, con representación de administraciones públicas, comunidad local, organizaciones ambientales y la empresa promotora, garantiza un control participativo del proceso.

Asimismo, el establecimiento de plataformas digitales, en las que se publiquen periódicamente los indicadores de desempeño ambiental y social, fortalece la confianza y la legitimidad del proyecto. Este eje también incluye mecanismos de participación activa, como talleres y consultas con la comunidad para definir medidas de integración paisajística o programas de compensación social, vinculándolos a una transición justa que contemple oportunidades de empleo verde y capacitación para los habitantes locales.

En conjunto, este Plan de Gestión Ambiental Mejorado se configura como un marco metodológico integral que combina prevención, control, restauración y gobernanza. De esta manera, la repotenciación eólica no solo minimiza sus impactos negativos, sino que se convierte en una oportunidad para generar valor ambiental, social y económico en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las políticas de transición energética.

4. Hipótesis

La hipótesis que plantea este trabajo fin de máster es que la aplicación de una Planificación Ambiental Estratégica mejorada en la repotenciación del Parque Eólico Molar de Molinar reducirá significativamente los impactos ambientales y optimizará la eficiencia del proyecto.

5. Objetivos

Objetivo General

- El objetivo principal de este estudio es proponer una Planificación Ambiental Estratégica en el proceso de repotenciación de Parques Eólicos, con el fin de identificar oportunidades de mejora y desarrollar una propuesta metodológica que optimice su integración ambiental.

Objetivos Específicos

Para mejorar el objetivo principal se plantean los siguientes objetivos específicos:

- 1) **Analizar el marco normativo y técnico vigente**, relacionado con la repotenciación de parques eólicos, identificando fortalezas, vacíos y oportunidades de mejora para su integración en la planificación ambiental estratégica.
- 2) **Evaluar la aplicación de la Planificación Ambiental Estratégica en el caso de estudio de la repotenciación de un parque eólico en Castilla – La Mancha**, evaluando el grado de cumplimiento de criterios de sostenibilidad, prevención de impactos y alineación con los objetivos de transición energética.
- 3) **Diseñar una propuesta metodológica mejorada del Plan de Gestión Ambiental que**, a partir del análisis crítico y las lecciones aprendidas, sirva como guía práctica para optimizar la aplicación de la Planificación Ambiental Estratégica en futuros proyectos de repotenciación eólica.

6. Metodología

La metodología de este Trabajo Fin de Máster se ha diseñado para dar respuesta al objetivo general de proponer una Planificación Ambiental Estratégica en el proceso de repotenciación de parques eólicos, tomando como caso de estudio el Parque Eólico Molar de Molinar.

El enfoque metodológico combina la investigación documental, el análisis crítico de un caso real y el diseño de una propuesta aplicada, con el fin de elaborar un Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi) que pueda servir como referencia en futuros proyectos.

En primer lugar, se adopta un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y analítico, ya que el estudio busca interpretar y evaluar el modo en que se ha implementado la planificación ambiental en el ámbito de la repotenciación eólica.

Este enfoque se complementa con una perspectiva propositiva, que permite, a partir del diagnóstico, construir una propuesta metodológica de mejora. La elección de este enfoque responde a la necesidad de abordar un objeto de estudio complejo, en el que confluyen variables normativas, técnicas, ambientales y sociales.

La primera fase corresponde a la revisión documental y normativa, orientada a establecer el marco de referencia del estudio. Para ello, se lleva a cabo un análisis de la legislación europea, estatal y autonómica en materia de energías renovables, impacto ambiental, economía circular y ordenación del territorio.

Paralelamente, se realiza una revisión de la literatura científica y técnica, incluyendo artículos académicos, informes de organismos especializados y manuales metodológicos. Este ejercicio permite no solo identificar los requisitos legales que condicionan la repotenciación eólica, sino también reconocer tendencias actuales en sostenibilidad, digitalización ambiental y gobernanza participativa, elementos clave para fundamentar la propuesta metodológica.

La segunda fase se centra en el análisis del caso de estudio del Parque Eólico Molar de Molinar, seleccionado por ser el primer proyecto de repotenciación aprobado en España, lo que le confiere un carácter pionero. El parque, en funcionamiento desde 2001, contaba originalmente con 75 aerogeneradores de 660 kW, que serán sustituidos por 11 aerogeneradores de última generación Vestas V150-4.5, con torres de 90 metros de altura y rotores de 150 metros de diámetro, lo que supone más del doble de las dimensiones de las máquinas iniciales (DIA, PE Molar de Molinar, 2024).

Este cambio tecnológico implica un redimensionamiento sustancial del parque: menor número de torres y mayor capacidad unitaria, lo que se traduce en un impacto visual reducido y en una ocupación más eficiente del territorio. Según las estimaciones del proyecto, la repotenciación permitirá un incremento del 30 % en la producción energética media anual, logrando una mejora operativa y ambiental destacable: mayor generación eléctrica con menos infraestructuras.

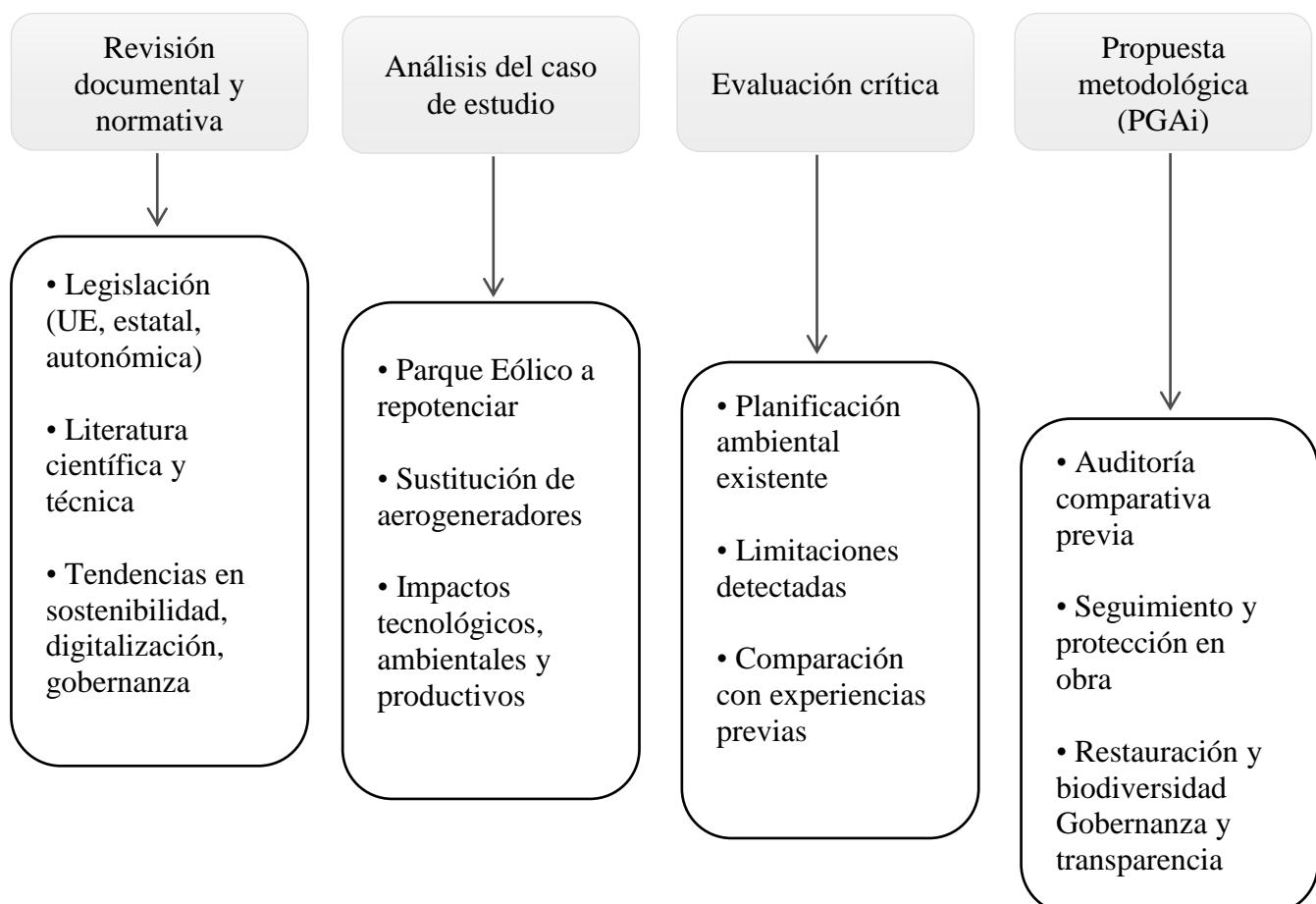
En términos de apoyo y viabilidad, el proyecto ha recibido más de 22 millones de euros en subvenciones del Programa de Repotenciación Circular del IDAE, impulsado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Además, ya cuenta con el permiso ambiental correspondiente, lo que lo convierte en la primera repotenciación homologada oficialmente en España.

La tercera fase corresponde a la evaluación crítica de la planificación ambiental existente, con especial atención al papel de los Planes de Gestión Ambiental y Programas de Vigilancia Ambiental aplicados en proyectos eólicos. Se analizan las limitaciones detectadas, particularmente el enfoque correctivo y reactivo que ha predominado en este tipo de instrumentos, lo que ha dificultado la anticipación de impactos y la integración de criterios de sostenibilidad más amplios. Esta evaluación se nutre de la documentación vinculada al caso de estudio y de la comparación con experiencias previas recogidas en la literatura.

La cuarta y última fase se orienta al diseño de una propuesta metodológica de Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi). Este plan se construye como un modelo integral y adaptativo estructurado en cuatro ejes principales: auditoría ambiental comparativa previa, plan de seguimiento y protección durante la ejecución de la obra, plan de restauración y recuperación de biodiversidad, y un eje transversal de gobernanza y transparencia. Cada uno de estos componentes incorpora objetivos, medidas, indicadores y responsables, definiendo un esquema metodológico que supera las carencias de los planes tradicionales y que incorpora innovaciones tecnológicas, principios de economía circular y mecanismos de participación social.

El conjunto de la metodología se apoya en el principio de gestión adaptativa, entendido como un ciclo dinámico de planificación, ejecución, seguimiento y mejora continua. De este modo, no se plantea únicamente como un marco teórico, sino como una propuesta metodológica viable y replicable, con capacidad para generar aprendizajes transferibles a otros proyectos de repotenciación eólica en España y en contextos internacionales.

6.1. Fases metodológicas del estudio



7. Análisis y resultados

En el parque Molar de Molinar, se reemplazarán 75 aerogeneradores de 660 kW por solo 11 turbinas Vestas V150-4.5 MW, cada una con 150 m de diámetro de rotor y 90 m de altura de torre, lo que supone una drástica reducción del número de máquinas, menor ocupación del suelo y un menor impacto visual. Este cambio representa un salto tecnológico notable (multiplicando por seis la potencia unitaria) y contribuye a consolidar una solución más sostenible desde el punto de vista paisajístico y operativo.

El análisis realizado confirma que la repotenciación eólica ofrece ventajas operativas y ambientales significativas, pero también genera nuevos retos de gestión. En el caso del Parque Eólico Molar de Molinar, la sustitución de 75 aerogeneradores de 660 kW por 11 unidades de 4,5 MW implica una reducción sustancial en el número de torres y en la infraestructura asociada, lo que conlleva menor ocupación del suelo y un impacto visual más reducido. Asimismo, la nueva configuración permitirá un incremento estimado del 30 % en la producción energética media anual, lo que constituye una mejora clara en eficiencia.

Sin embargo, el estudio revela que los Planes de Gestión Ambiental tradicionales presentan limitaciones al centrarse en medidas correctivas y de cumplimiento normativo. Esto se traduce en carencias en tres aspectos principales: la ausencia de auditorías comparativas previas que establezcan líneas base sólidas, la falta de programas de seguimiento predictivo durante la obra; y una débil integración de medidas de restauración progresiva y de gobernanza participativa.

A partir de estas carencias, se formula un Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi), que articula cuatro ejes fundamentales:

1. Auditoría ambiental comparativa previa, que permite identificar el estado del parque a desmantelar y anticipar las diferencias con el nuevo escenario repotenciado.
2. Plan de seguimiento y protección ambiental durante la obra, incorporando tecnologías de monitoreo en tiempo real y protocolos de contingencia.
3. Plan de restauración y recuperación de biodiversidad, con acciones de revegetación con especies autóctonas, control de suelos y corredores ecológicos.
4. Gobernanza y transparencia ambiental, a través de comités de seguimiento multiactor, informes públicos y programas de transición justa para la comunidad local.

Los resultados del análisis muestran que la implementación de un PGAI no solo asegura la prevención y mitigación de impactos, sino que además refuerza la aceptación social del proyecto, contribuye a la conservación del capital natural y facilita la replicabilidad de la metodología en futuros proyectos de repotenciación.

6.2. Propuesta Plan de Gestión Ambiental Mejorado

PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL MEJORADO (PGAI)

El presente documento tiene por objeto el desarrollo de un Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi) vinculado a la obra de repotenciación del Parque Eólico Molar del Molinar, concebido como una herramienta integral de planificación, seguimiento y mejora continua. A diferencia de los planes tradicionales, el PGAI no se limita a garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), sino que incorpora principios de economía circular, restauración progresiva y gobernanza participativa, con el fin de maximizar el valor ambiental y social del proyecto.

El alcance del PGAI comprende tanto las actuaciones derivadas del desmantelamiento del parque existente (restauración de antiguos viales de acceso, zanjas de cableado, plataformas y zapatas, así como la corrección de posibles afecciones asociadas a la infraestructura original), como las obras vinculadas a la nueva instalación (construcción de viales y accesos, habilitación de plataformas, ocupaciones temporales para acopio de materiales, nuevas cimentaciones y zanjas de cableado). Quedan excluidas de este plan la gestión de residuos y operaciones relacionadas con infraestructuras externas, tales como subestaciones eléctricas y líneas de evacuación, que cuentan con planes específicos de tratamiento.

El PGAI se estructura de manera que cada fase de ejecución de la obra se acompaña de medidas preventivas, correctivas y de restauración temprana, orientadas no solo al cumplimiento normativo, sino también a la integración paisajística, la protección de la biodiversidad y la reducción de impactos acumulativos. De este modo, se asegura que las intervenciones constructivas se articulen con un plan de seguimiento ambiental dinámico y transparente, cuyo contenido responde a los compromisos asumidos en la DIA y en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), pero que los amplía mediante mecanismos de control predictivo y de participación social.

1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y ALCANCES

Este apartado debe detallar la localización geográfica del proyecto, indicando tanto la comunidad autónoma como la provincia y los términos municipales afectados por la instalación y sus infraestructuras asociadas. La inclusión de un mapa de localización de la instalación constituye un elemento fundamental, ya que permite visualizar la distribución territorial de las infraestructuras y facilita la identificación de posibles afecciones ambientales, sociales o patrimoniales. Ejemplo:



2. IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES

Se indican en los siguientes apartados los requisitos legales ambientales aplicables.

Legislación vigente de ámbito comunitario, estatal, autonómico y local.

Table 1. Requisitos ambientales estatales

REQUISITOS AMBIENTALES EXTRAIDOS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE			
FACTOR AMBIENTAL	ÁMBITO DE APLICACIÓN	DISPOSICIÓN LEGAL	REQUISITO
Residuos	Unión Europea	Directiva 851/2018, de 30 de mayo	Establece objetivos de reciclaje del 55% en 2025, 60% en 2030 y 65% en 2035, con un límite del 10% de residuos en vertederos para 2035. Obliga a la recogida separada de biorresiduos antes de 2023 y promueve la reducción de residuos, el ecodiseño y la reutilización. También refuerza la jerarquía de residuos y la responsabilidad ampliada del productor.
Residuos	Unión Europea	Directiva 850/2018, de 30 de mayo	Modifica la Directiva 1999/31/CE sobre vertido de residuos, estableciendo que para 2035 los residuos municipales en vertederos no deben superar el 10%. Prohíbe el vertido de residuos reciclables y fomenta la recogida separada. Exige planes nacionales para reducir el vertido y mejorar la valorización de residuos.
Residuos	Unión Europea	Directiva 1127/2015	Establece requisitos específicos para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la UE. Establece objetivos de recogida, tratamiento y reciclaje de RAEE, exigiendo que los Estados miembros garanticen la recogida de residuos electrónicos y su tratamiento conforme a criterios ambientales. También regula la responsabilidad ampliada del productor, obligando a los fabricantes a financiar el reciclaje y gestión de estos productos al final de su vida útil.
Residuos	Unión Europea	Decisión 955/2014/UE	Establece los criterios para determinar qué residuos cesan de ser considerados como tales cuando han sido sometidos a un proceso de valorización (reciclaje o recuperación) y cumplen ciertos requisitos. Su objetivo es facilitar la reutilización de residuos en la economía, definiendo los requisitos que deben cumplir los residuos para ser considerados productos y no residuos, promoviendo la economía circular y la reducción de residuos en vertederos.
Residuos	Unión Europea	Reglamento 1357/2014	Establece los criterios de clasificación y codificación de los residuos en la UE. Define cómo clasificar los residuos según sus características peligrosas, proporcionando un sistema armonizado para su identificación y gestión. Este reglamento tiene como objetivo garantizar una gestión segura y adecuada de los residuos peligrosos, proteger la salud humana y el medio ambiente, y facilitar el reciclaje y la recuperación. Además, establece las obligaciones de los productores en cuanto a la gestión de residuos peligrosos.

Residuos	Unión Europea	Directiva 2008/98/CE	Establece las bases para la gestión de residuos en la Unión Europea, promoviendo la jerarquía de residuos (prevención, preparación para la reutilización, reciclaje y otras formas de valorización, y eliminación). También establece los principios de responsabilidad ampliada del productor, obliga a los Estados miembros a establecer sistemas de gestión de residuos y fija objetivos de reciclaje para reducir los residuos enviados a vertederos.
Residuos	Unión Europea	Decisión 33/2003/CE	Establece un marco para la cooperación entre los Estados miembros de la UE en la gestión de residuos peligrosos. Su objetivo es mejorar la recogida, gestión y tratamiento de residuos peligrosos, promoviendo la cooperación y el intercambio de información entre los países para garantizar una gestión más segura y eficiente de estos residuos. También establece principios para la elaboración de planes nacionales de residuos y facilita el cumplimiento de las normativas europeas en este ámbito.
Residuos	Unión Europea	Directiva 31/1999/CE	Establece las normativas para la gestión de vertederos de residuos en la Unión Europea, regulando los requisitos de autorización, operación, cierre y control de los vertederos. Su objetivo es prevenir o reducir los efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana derivados del vertido de residuos, promoviendo alternativas de reciclaje y reducción de residuos. La directiva también establece requisitos estrictos sobre la composición de los residuos permitidos en los vertederos y las condiciones para su monitoreo.
Residuos	Unión Europea	Resolución 1997/1998/CE	Se refiere a la gestión y clasificación de residuos peligrosos. Establece directrices y procedimientos para la identificación y clasificación de residuos según sus propiedades peligrosas, con el fin de garantizar una gestión adecuada y segura de estos residuos. La resolución también aboga por una mejor cooperación entre los Estados miembros de la UE para asegurar que los residuos peligrosos sean tratados y gestionados de acuerdo con las normativas europeas, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud humana.
Residuos	Estatal	Real Decreto 646/2020, de 07 de julio	Regula la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en España, adaptando la normativa europea sobre este tipo de residuos. Establece los requisitos para la gestión adecuada, la recogida separada, el tratamiento y el reciclaje de los RAEE, promoviendo la responsabilidad ampliada del productor. Los productores deben financiar la gestión de estos residuos, y se fomenta la reutilización y el reciclaje para reducir el impacto ambiental. Además, establece los sistemas de gestión y las condiciones para la autorización de los gestores de RAEE.
Residuos	Estatal	Real Decreto 553/2020, de 02 junio	Regula el marco de la responsabilidad ampliada del productor (RAP) para los productos que contienen productos químicos peligrosos en España. Establece los requisitos para la gestión de estos productos al final de su vida útil, promoviendo el reciclaje y la correcta eliminación de los residuos peligrosos. El Real Decreto obliga a los productores a financiar la gestión de estos residuos y a garantizar que los productos sean manejados de manera segura para el medio ambiente y la salud humana. También establece la creación de sistemas de gestión y control adecuados para este tipo de residuos.
Residuos	Estatal	Ley 11/1997, de 24 de abril,	Establece el marco legal para la gestión de envases y los residuos generados por estos productos en España. Su objetivo es reducir la cantidad de residuos de envases generados y fomentar la recogida selectiva, reciclaje y valoración de estos. La ley impone a los productores y distribuidores la responsabilidad de gestionar los envases y sus residuos a través de sistemas de responsabilidad ampliada.

Residuos	Estatal	Ley 7/2022, de 8 de abril	Esta normativa adapta la legislación española a las exigencias de la economía circular y la reducción de residuos. Establece medidas para la prevención, reducción, reciclaje y gestión de residuos en todos los sectores, incluyendo la recogida selectiva y el reciclaje de residuos municipales, industriales, y otros tipos de residuos peligrosos. Además, regula la responsabilidad ampliada del productor y promueve la reducción de plásticos de un solo uso, con objetivos de reciclaje más estrictos y la eliminación de residuos en vertederos. También establece medidas para la recuperación de suelos contaminados y mejora la trazabilidad de los residuos.
Residuos	Autonómico (Castilla-La Mancha)	Decreto 78/2016, de 20 de diciembre	Regula la gestión de residuos en la comunidad autónoma, adaptándose a la normativa estatal y europea. Establece el marco para la prevención, recogida, gestión, tratamiento y eliminación de residuos en la región. El decreto promueve la reducción de residuos, la economía circular, y la responsabilidad ampliada del productor. También establece los procedimientos para la autorización de instalaciones de gestión de residuos, regula los sistemas de recogida selectiva y establece planes autonómicos de gestión de residuos. La normativa también aborda la prevención de la generación de residuos y la protección del medio ambiente frente a los efectos negativos de la gestión incorrecta de los mismos.
Residuos	Autonómico (Castilla-La Mancha)	Decreto 35/2024, de 02 de julio	Establece la prevención y reducción de residuos en Castilla-La Mancha, promoviendo la recogida selectiva y el reciclaje según los principios de economía circular. Los productores tienen la responsabilidad ampliada de gestionar los residuos generados. Además, se requiere el establecimiento de sistemas de gestión adecuados para el tratamiento y valorización de residuos, con un enfoque en la sostenibilidad.
Suelo	Municipio Peñas de San Pedro	Ordenanzas de los Usos del Suelo	Las instalaciones de almacenamiento de productos químicos deberán cumplir con las medidas de seguridad establecidas en la norma.
Suelo	Municipio Alcadozo	Ordenanzas de Licencias y Procedimientos Urbanísticos	Las instalaciones de almacenamiento de productos químicos deberán cumplir con las medidas de seguridad establecidas en la norma.

Requisitos ambientales extraídos de las autorizaciones otorgadas por las administraciones:

Table 2: Requisitos Ambientales de las administraciones

REQUISITOS AMBIENTALES		
FACTOR AMBIENTAL	RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN	REQUISITO
Sistema hidrológico	Informe de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) (03/07/2024)	Obtener autorización de la CHJ antes de cualquier actuación en cauces; cumplir con los requisitos técnicos de obras de drenaje transversal y cruzamientos de canalizaciones con cauces naturales.
Suelo y drenaje	Resolución ambiental – Apartado 4.4	Respetar el drenaje natural del terreno en el diseño de la obra civil. No alterar escorrentías ni modificar cauces sin autorización.
Vegetación y hábitats	Resolución ambiental – Apartado 4.1.2	Identificar áreas con Hábitats de Interés Comunitario (HIC) e implementar medidas para evitar su afección durante la ejecución de obras (plataformas, accesos, etc.).

3. ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

En este apartado se identifican y valoran los aspectos e impactos ambientales asociados a las diferentes fases y actividades de la obra. La identificación se realiza tomando como referencia el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto correspondiente, así como la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) emitida por la administración competente, además de considerar la normativa ambiental vigente y las mejores prácticas del sector. El análisis incluye tanto los impactos directos (ocupación del suelo, alteración de hábitats, emisiones atmosféricas, generación de residuos y ruidos) como los impactos indirectos y acumulativos derivados de la ejecución de las obras y de la fase de operación. Asimismo, se incorporan los aspectos positivos vinculados a la repotenciación, tales como la reducción de infraestructuras en el territorio, la mejora en eficiencia energética y la disminución del impacto visual respecto al parque original.

Table 3: Aspectos e impactos ambientales

ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES		
ASPECTO	ACTIVIDAD DE OBRA	IMPACTO
Emisiones de polvo y partículas	Movimientos de tierra y preparación del terreno (desbroces, excavación para cimentaciones, zanjas, ejecución de viales, etc.) Circulación de maquinaria y vehículos Trabajos de hormigonado, instalación de estructuras y equipos.	Contaminación atmosférica
Emisiones de gases	Circulación de maquinaria y vehículos.	Contaminación atmosférica
Generación de ruido	Circulación de maquinaria y vehículos Trabajos de hormigonado. Instalación de estructuras y equipos Movimientos de tierra y preparación del terreno (desbroces, excavación de zapatas, zanjas, ejecución de viales, etc.). Grupos electrógenos para montaje de equipos y pequeña maquinaria de obra (taladro, vial, etc.).	Contaminación acústica
Vertidos de residuos inertes	Vertidos de hormigón durante la cimentación de las zapatas y/o cunetas, lavado de las canaletas de hormigón.	Contaminación del suelo y agua
Vertidos de residuos peligrosos	Depósitos de garrafas con combustibles para la maquinaria, restos de disolventes y pinturas, absorbentes contaminados. Aceites usados, filtro y trapos contaminados de la reparación in situ de vehículos y maquinaria. Vertidos accidentales de productos químicos, aceites o combustibles. Restos de productos químicos utilizados en tareas de montaje de estructuras. Vehículos o maquinaria fuera de uso debido a accidentes, averías o incendios durante la ejecución de las obras.	Contaminación del suelo y agua
Vertidos de residuos asimilables a urbanos	Actividad en las instalaciones generales (oficinas, almacenes.) Vertidos de lodos y aguas residuales de los baños químicos.	Contaminación del suelo y agua
Vertidos de envases	Vertidos durante el desembalaje o utilización de materiales envasados: Envases de cartón de equipos: embalaje de elementos, soportes, cubiertas de bobinas. Envases de plástico: cubos de tornillería, film de embalajes. Envases de madera: embalaje de elementos y estructuras, calzo.	Contaminación del suelo y agua
Vertidos de tierras y restos vegetales	Movimientos de tierra, excavaciones y desbroces.	Contaminación del suelo y agua
Afección a vegetación de interés	Movimientos de tierra, excavaciones y desbroces. Ampliación de accesos existentes, ejecución de nuevos viales, cimentaciones, etc.	Pérdida de formaciones vegetales y especies de flora protegida
Afección a especies de fauna sensibles	Movimientos de tierra y desbroces. Ejecución de actividades de obra ruidosas (trabajos de hormigonado, circulación de maquinaria)	Pérdida de hábitats y afección a comportamiento durante periodo de reproducción
Afección a vías pecuarias	Ocupación temporal y trasiego de maquinaria por la vía pecuaria.	Interrupción del tránsito en la vía pecuaria

Afección a patrimonio cultural	Movimiento de tierras (explanaciones, cimentaciones, viales interiores, accesos).	Afección parcial o total de recursos culturales o sus zonas de protección (bienes inmuebles y yacimientos arqueológicos)
Afección a población	Ejecución de actividades de obra ruidosas (trabajos de hormigonado, circulación de maquinaria).	Afección a calidad acústica en zonas habitadas próximas
Afección a paisaje	Instalación de nuevos aerogeneradores de mayor altura, plataformas auxiliares, instalaciones de obra y acopio de materiales.	Pérdida de calidad paisajística
Consumo de agua	Actividad en instalaciones de obra Riego de caminos y acopios.	Agotamiento de recursos naturales

4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

En la ejecución de un proyecto de repotenciación eólica, los trabajos y materiales a considerar se organizan en distintas fases, cada una con implicaciones técnicas y ambientales específicas. Esta estructura permite establecer medidas de gestión ambiental adaptadas a la naturaleza de cada actividad, garantizando tanto el cumplimiento normativo como la prevención de impactos.

4.1. Trabajos previos

Incluyen aquellas actuaciones iniciales necesarias para la preparación del terreno y la planificación de las obras, tales como:

- Replanteos topográficos para definir la ubicación de las infraestructuras.
- Desbroces y, en caso necesario, talas controladas de vegetación.

4.2. Obra civil

Corresponde a las infraestructuras básicas de acceso, cimentación y soporte de los aerogeneradores, incluyendo:

- Adecuación de accesos y caminos (aprovechamiento de los existentes y/o creación de nuevos).
- Señalización, instalación de casetas de obra y servicios auxiliares (ej. Baños químicos).
- Ampliación y refuerzo de viales, acondicionamiento del firme y asfaltado.
- Construcción de plataformas de montaje y operación de grúas.
- Zanjeado y apertura de arquetas para canalizaciones.
- Ejecución de drenajes transversales y longitudinales.

4.3. Trabajos con mayor repercusión ambiental

Son aquellos que generan un impacto directo más relevante sobre el medio y, por tanto, requieren especial atención en el marco del PGAI:

- Restauración de ocupaciones temporales y plataformas utilizadas.
- Rehabilitación de viales y zanjas del parque eólico original.
- Control de compactaciones de maquinaria sobre suelos auxiliares.
- Ejecución de medidas compensatorias (restauración de hábitats, revegetación, etc.).
- Retirada parcial o total de cimentaciones de aerogeneradores preexistentes.
- Desmontaje de cables, transformadores, reactancias y aparellajes eléctricos.
- Desmontaje de estructuras metálicas y otros elementos auxiliares.
- Demolición de bancadas y cimentaciones obsoletas.
- Posibles voladuras en nuevas plataformas de montaje.

4.4. Instalación eléctrica

Incluye las actuaciones para integrar la nueva infraestructura eólica en la red, entre ellas:

- Retirada de cableado de media tensión, fibra óptica y red de tierras del parque original.
- Tendido de nuevo cableado de media tensión, fibra óptica y red de tierras.
- Protección de líneas aéreas y cruces.
- Realización de empalmes, conexiones y pruebas de funcionamiento.
- Instalación y verificación de sistemas de puesta a tierra.

4.5. Trabajos auxiliares

Son las actividades complementarias que dan soporte a la ejecución del proyecto, tales como:

- Acopios de materiales (tierra, arena, áridos).
- Aplicación de pinturas o revestimientos.
- Acondicionamiento de instalaciones para el personal de obra.

4.6. Consideraciones adicionales

La ejecución de medidas compensatorias puede implicar trabajos específicos de albañilería, impermeabilización u otras actuaciones técnicas asociadas.

Todos los trabajos descritos generan distintos tipos de residuos (embalajes, recipientes, escombros, residuos urbanos), cuya gestión deberá realizarse conforme a la normativa vigente y a los principios de economía circular.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Se describen en este apartado las medidas preventivas y correctoras definidas antes del inicio de las obras y que se aplicarán durante su ejecución, para asegurar el cumplimiento de los requisitos legales identificados y minimizar los impactos ambientales previstos.

5.1. Minimización de la contaminación atmosférica

Las siguientes medidas están destinadas a minimizar las emisiones de polvo, gases y partículas que se producirán como consecuencia del movimiento de tierras, circulación de maquinaria, carga y transporte de materiales y trabajos de hormigonado:

- Riegos superficiales para el control de las emisiones de polvo y partículas procedentes del movimiento de tierras y maquinaria de obra: Se aplican riegos superficiales con cisternas o aspersores en las zonas en las que se realizan movimientos de tierras y explanaciones, así como en los caminos de acceso a las obras y zonas de acopio. Esta medida se intensificará en el periodo de sequía.
- El transporte de áridos se efectúa en camiones tipo bañera estanco o cubiertos con lonas si es en camiones abiertos para evitar la emisión de polvo.
- Las operaciones de carga y descarga de materiales pulverulentos se realizan desde baja altura.
- Se evita la realización de actividades generadoras de polvo y partículas (movimientos de tierra, hormigonado, excavación en roca, carga y descarga, ...) en situaciones de fuerte viento.

- Limitación de la velocidad de los vehículos de transporte: Los vehículos que transporten los materiales susceptibles de emitir polvo poseen una limitación de su velocidad en el momento del transporte a 20 km/h. Además, se señalizará adecuadamente la obra para indicar las limitaciones de velocidad establecidas.
- Control de las emisiones fugitivas de los acopios de tierra con parapetos en la zona de acopio de materiales dentro de las instalaciones auxiliares.
- Limpieza de los sistemas de rodadura de vehículos: La maquinaria de obra que, debido al tránsito por zonas de obra, haya tenido que atravesar zonas encharcadas o con barro, se somete a la limpieza de los sistemas de rodadura antes de acceder a las carreteras principales del entorno.

Para limitar la emisión de gases procedentes de la maquinaria de obra las principales medidas a implementar son:

- Se controla el certificado de aprobación de la inspección técnica de vehículos (ITV) y marcado CE en su caso.
- Correcto mantenimiento de la maquinaria y cumplimiento de las exigencias normativas en relación con las emisiones a la atmósfera.

5.2. Minimización de la contaminación acústica

Homologación de la maquinaria de obra a emplear según lo establecido en el Real Decreto 212/2002, de 27 de febrero, que regula los niveles de emisión de ruido de la maquinaria de obra y Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

- Diseño de un Plan de mantenimiento de la maquinaria: Se establecen controles y revisiones de la emisión sonora de la maquinaria. En cualquier caso, se realizará la correspondiente Inspección Técnica de Vehículos en los plazos reglamentarios.
- Minimización de los recorridos de la maquinaria y limitación de la velocidad a 20 km/h.
- Los trabajos se realizan en horario diurno (de 7 a 21h), salvo causas justificadas en las que se requiera ampliar el horario (hormigonados de zapatas, entre otros). En cualquier caso, se dará cumplimiento a las restricciones horarias establecidas en las ordenanzas municipales vigentes y resto de autorizaciones de aplicabilidad.

En el caso de que sea necesaria la realización de mediciones de ruido o vibraciones para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y/o en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se deberá diseñar e implementar un programa específico de control acústico y vibracional. Dicho programa deberá contemplar, como mínimo, los siguientes aspectos:

Marco normativo aplicable: Referencia a la legislación vigente en materia de ruido y vibraciones, incluyendo los valores límite (Real Decreto 1367/200, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas y UNE-ISO 1996-1:2020 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación)

Número y localización de puntos de medida: Determinación de los puntos estratégicos de muestreo, debidamente justificados en función de la proximidad a receptores sensibles (viviendas, núcleos de población, áreas naturales protegidas), y acordados con el promotor y la autoridad ambiental competente.

Frecuencia y duración de las mediciones: Definición de la periodicidad de las campañas de medida (antes, durante y después de las obras, así como en fase de operación), así como la duración mínima requerida para asegurar representatividad de los datos.

Instrumentación necesaria: Especificación del número y características técnicas de los equipos de medida (sonómetros, vibrómetros, registradores de datos), en cumplimiento de las normas UNE o ISO correspondientes.

Verificación y calibración: Descripción de los procedimientos de calibración previa y posterior de los equipos, garantizando la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Resultados y registro: Elaboración de informes técnicos que incluyan los valores medidos, gráficos comparativos frente a los límites normativos, y la documentación de respaldo (ficheros electrónicos de registro, certificados de calibración, fichas de campo). Tras a la ejecución de las medidas se redactarán los correspondientes informes.

5.3. Minimización de la contaminación edáfica

En este apartado se establecen las pautas generales para prevenir y minimizar la contaminación del suelo durante las fases de desmantelamiento y construcción. Las medidas específicas y su desarrollo técnico se recogen en detalle los Planes de Gestión de Residuos, mientras que aquí se definen los criterios generales de actuación que deben guiar la obra.

Delimitación de perímetros de actividad: Antes del inicio de los trabajos, deberán señalizarse y balizarse los límites de todas las áreas de intervención (cimentaciones, zanjas, accesos, instalaciones auxiliares, acopios temporales de tierra). Este balizamiento será más exhaustivo en zonas de especial sensibilidad (cauces, vegetación de interés, vías pecuarias, yacimientos arqueológicos), con el fin de evitar afecciones accidentales.

Restricción de movimientos de maquinaria: El tránsito de maquinaria se limitará estrictamente a las zonas previamente acotadas, evitando la compactación innecesaria del suelo y posibles daños a la vegetación colindante. Se priorizará el uso de caminos y pistas existentes frente a la apertura de nuevos viales.

Balance de tierras: Toda operación de excavación o relleno deberá registrarse, indicando el volumen de tierras extraídas o aportadas. Esta información será comunicada a la dirección ambiental del proyecto, para permitir el cálculo de pérdidas de suelo y la correcta planificación de su reutilización o gestión.

Carga y descarga de materiales: Estas actividades se realizarán exclusivamente en las zonas señalizadas y habilitadas, evitando la dispersión de materiales sobre el terreno y la generación de escombreras incontroladas.

Manejo de hormigón y aguas residuales: Durante las operaciones de hormigonado, se habilitarán contenedores estancos y móviles, situados fuera de cauces y alejados de redes de drenaje, destinados al lavado de canaletas y equipos. Dichos contenedores deberán contar con sistemas de recogida controlada o bandejas de contención. El agua residual generada será gestionada por gestor autorizado o conducida a puntos de recogida temporal, quedando prohibido el vertido directo al terreno o la excavación de balsas improvisadas. Se impartirá formación específica a contratistas y subcontratistas sobre el uso de estos dispositivos y la correcta gestión de residuos asociados.

Gestión de residuos y materiales de obra: No se permitirá la creación de escombreras incontroladas ni el abandono de materiales en las proximidades de la obra. Los residuos deberán clasificarse, almacenarse y gestionarse conforme a la normativa vigente y a los principios de economía circular.

Almacenamiento de combustibles y sustancias peligrosas: La instalación de depósitos de combustible y sustancias peligrosas se regirá por la legislación aplicable en materia de instalaciones petrolíferas, así como por los condicionantes establecidos en la DIA y el PVA. Los depósitos deberán colocarse sobre cubetos impermeables, resistentes al producto que contienen y protegidos de la intemperie. Los puntos de almacenamiento de residuos deberán

estar siempre señalizados, ventilados y situados a una distancia adecuada de carreteras y cauces.

En el caso de que se requiera repostar combustible a alguna maquinaria, la cisterna irá provista de un kit antiderrames, que deberá ser utilizado para evitar posibles contaminaciones del suelo. Con el fin de evitar vertidos al suelo, con carácter general no está autorizado en obra el mantenimiento de maquinaria, tan sólo las reparaciones de averías cuando sea imposible sacarlas de la obra. En este caso han de establecerse las medidas oportunas para evitar vertidos al suelo: plásticos, recogidas de las tierras contaminadas. Se debe disponer en obra de material absorbente (sepiolita) para tratar los posibles derrames de productos peligrosos.

5.4. Minimización de la contaminación de aguas

Con el fin de garantizar la protección de los recursos hídricos y evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas durante la ejecución de las obras, se establecen las siguientes directrices generales de aplicación:

Prevención en zonas de cauces y escorrentía: Se evitará en todo momento la acumulación o depósito de materiales en arroyos, cauces o zonas con riesgo de arrastre. La invasión de cauces por maquinaria queda prohibida, salvo autorización expresa del organismo de cuenca competente y únicamente cuando resulte técnicamente imprescindible.

Ubicación de instalaciones auxiliares: Las casetas de obra, talleres, acopios de materiales y demás instalaciones auxiliares deberán situarse fuera del dominio público hidráulico y de sus zonas de protección, cumpliendo estrictamente con la legislación en materia de aguas y con la normativa de prevención de riesgos por escorrentía.

Control de sedimentos y erosión: En las áreas con riesgo de arrastres hacia cauces, se instalarán barreras de retención de sedimentos que permitan el paso del agua pero retengan sólidos en suspensión, evitando así el aterramiento de la red de drenaje. Se controlará la aparición de cárcavas y, en caso de producirse, se aplicarán medidas inmediatas de estabilización y restauración para prevenir procesos erosivos.

Obras de drenaje: Los caminos y accesos dispondrán de cunetas y drenajes transversales según lo previsto en el proyecto, asegurando que las aguas pluviales sean evacuadas hacia sus cauces naturales sin modificar el régimen hidrológico existente ni concentrar escorrentías en puntos críticos.

Prohibición de lavado de vehículos y maquinaria: Queda terminantemente prohibido el lavado de vehículos o maquinaria dentro de la zona de actuación o en sus proximidades, a fin de evitar vertidos de aceites, detergentes u otros contaminantes que pudieran infiltrarse en el suelo o alcanzar cursos de agua.

Limpieza y mantenimiento de obra: Se realizarán limpiezas periódicas de plataformas, viales y zonas de acopio, con el objetivo de reducir la presencia de materiales sueltos susceptibles de ser arrastrados por la lluvia hacia cauces o barrancos cercanos.

Gestión de residuos sanitarios: La zona de casetas dispondrá de baños químicos independientes para el personal. Los residuos sanitarios serán gestionados por una empresa autorizada y retirada de manera periódica (al menos semanalmente), garantizando su tratamiento en instalaciones adecuadas (EDAR), evitando así riesgos de vertidos accidentales al terreno.

5.5. Minimización del impacto sobre fauna y flora

Se realizará el jalonamiento de las zonas a desbrozar antes del inicio de los trabajos, y se procederá a la retirada, almacenamiento y conservación de la capa de tierra vegetal, formando montículos de altura inferior a 2 metros para evitar su compactación y pérdida de fertilidad. Esta tierra será reutilizada posteriormente en las labores de revegetación y restauración ambiental.

Se ejecutará el entablillado protector de los troncos de los árboles situados en los márgenes de la obra, con el fin de evitar daños por maquinaria o movimiento de tierras. La protección consistirá en tablas sujetas con alambre, cubriendo el perímetro del tronco hasta una altura equivalente al alcance de los impactos previsibles.

Se prohíbe expresamente cualquier acción que pueda dañar la vegetación circundante, incluyendo: clavar elementos metálicos en los árboles, apoyar o amarrar cables sin protección adecuada, manipular sustancias contaminantes sobre las raíces, apilar materiales sobre la base de los troncos o golpear el arbolado con maquinaria. En caso de daño o eliminación accidental, se deberá reponer con ejemplares de igual especie y porte, conforme al plan de restauración.

Antes de ejecutar talas o desbroces, se realizará una inspección de las zonas afectadas para comprobar la ausencia de nidos activos o ejemplares de flora protegida. Si se detectan especies sensibles, se informará al órgano ambiental competente y no se intervendrá sin autorización expresa, de acuerdo con la legislación vigente y el contenido de la DIA.

Se adoptarán medidas específicas para la protección de hábitats de interés comunitario (HIC) presentes en el entorno (como el hábitat de pendientes rocosas con vegetación cismofítica y el hábitat de lastonares secos 6220*), conforme a lo indicado en la DIA. Queda prohibida su afección directa o indirecta durante la ejecución de las obras.

En cumplimiento del plan de integración ambiental, prever la revegetación con especies autóctonas adaptadas a la zona, evitando el uso de especies invasoras. La restauración vegetal incluirá una densidad mínima de pies por hectárea, empleando especies autóctonas adaptadas, según condiciones ecológicas de cada zona.

5.6. Minimización del impacto sobre patrimonio cultural y vías pecuarias

En caso de detectarse de forma fortuita restos arqueológicos, paleontológicos o etnográficos durante la ejecución de las obras, se procederá a la paralización inmediata de los trabajos en el área afectada y se dará aviso al Servicio de Patrimonio Cultural de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Castilla-La Mancha, como administración competente en materia de Patrimonio Arqueológico.

Se deberá actuar conforme a lo previsto en la Ley 4/2013, de Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha, y aplicar las medidas de protección que dicte el órgano competente. Solo podrá reanudarse la actividad con autorización expresa.

Si durante las obras se producen ocupaciones temporales o afecciones a vías pecuarias, se deberá establecer un camino alternativo señalizado que garantice la continuidad del tránsito ganadero habitual. Esta medida deberá coordinarse con la administración competente en ganadería y medio natural para su aprobación, en su caso.

5.7. Minimización del impacto sobre la población

Se prioriza la contratación de personal local y la utilización de proveedores del entorno para el suministro de materiales de obra, fomentando la economía del territorio y reduciendo impactos asociados al transporte de larga distancia.

Se respetarán las servidumbres de paso y accesos a propiedades colindantes, garantizando el mantenimiento del tránsito habitual por caminos públicos o privados afectados por la obra.

En caso de ser necesario interrumpir o desviar algún acceso, se informará previamente a los usuarios afectados con la antelación suficiente, señalizando adecuadamente la alternativa.

Los servicios, viales y zonas públicas o privadas que resulten afectadas por las obras serán repuestos en condiciones iguales o mejores a las existentes previamente, y en el menor plazo posible, conforme a lo previsto en los proyectos de restitución y según normativa municipal.

El tráfico de camiones y maquinaria pesada evitirá el paso por el interior de núcleos urbanos, especialmente durante horas nocturnas o de descanso. En caso de ser inevitable, se establecerán horarios y rutas con mínimo impacto, en coordinación con el ayuntamiento.

La zona de obra permanecerá debidamente vallada para garantizar la seguridad de peatones, vehículos y animales del entorno. El vallado cumple las especificaciones establecidas por la normativa municipal aplicable y será revisado y mantenido periódicamente en buen estado para evitar accidentes o interferencias.

5.8. Consumo de recursos y materiales

- Se reduce al mínimo posible el consumo de recursos naturales (agua, combustibles fósiles, etc.)
- Se comprueba que las conducciones de agua en obra no tienen fugas.
- Siempre que sea posible se utilizan materiales que pueden ser reciclados u obtenidos de materiales reciclados.

5.9. Prevención de incendios forestales en obra

Las medidas para la prevención de incendios forestales en obra darán cumplimiento a la normativa vigente elaborando el Plan de Prevención de Incendios Forestales y Declaraciones Responsables de las actividades sometidas a dichos requisitos, de acuerdo con la legislación vigente.

5.10. Gestión de residuos

Las medidas que se aplicarán para la adecuada gestión de residuos de construcción y demolición se definen en los Planes de Gestión de Residuos.

5.11. Integración paisajística de la obra

Se identifican todas las superficies afectadas por la construcción y el desmantelamiento que deberán ser restauradas y reintegradas al paisaje una vez finalizados los trabajos. Las áreas para restaurar tras la ejecución de la obra para integración paisajística de la obra se consideran las siguientes:

- Cimentaciones y plataformas de aerogeneradores desmantelados: Superficies ocupadas por las zapatas de hormigón de los aerogeneradores actuales y sus explanaciones o plataformas de montaje.
- Viales internos en desuso: Tramos de caminos del parque eólico original que no se aprovechen en el nuevo diseño, incluyendo sus cunetas, así como accesos provisionales que queden fuera de uso.
- Zanjas de cableado retirado: Corredores excavados tras la retirada de cables subterráneos del parque original, en aquellos tramos que no se reutilicen para el nuevo tendido.
- Torres meteorológicas: Área de ocupación de la torre meteorológica existente una vez desmontada su estructura y cimentación.
- Áreas de acopio y zonas auxiliares de obra: campas habilitadas temporalmente para almacenamiento de materiales, equipos y maquinaria durante la construcción. Está prevista la restauración de 5 de las 6 áreas de acopio utilizadas, exceptuando la contigua a la subestación que permanecerá para apoyo al mantenimiento durante la operación.

- Taludes y terraplenes: desniveles generados por las obras, tanto en la conformación de plataformas de aerogeneradores nuevos como en la apertura o ampliación de viales de acceso. Incluye los taludes de desmonte o relleno en cada plataforma y camino, así como las zonas ensanchadas en curvas o intersecciones para permitir el giro de maquinaria pesada (giros y volteaderos).
- Nuevas zanjas e infraestructuras enterradas: la franja de terreno afectada por la apertura de zanjas para cables y tuberías del nuevo parque, una vez instalados estos elementos.
- Plataformas de montaje de aerogeneradores repotenciados: las explanaciones temporales utilizadas para el montaje de los nuevos aerogeneradores (por ejemplo, para grúas), siempre que no sean necesarias posteriormente para el mantenimiento rutinario de las turbinas.

Criterios de restauración del terreno: La restitución geomorfológica y edáfica de estas zonas se realizará de forma que se recupere, en la medida de lo posible, la topografía original y la capacidad del suelo para albergar vegetación. Para ello se seguirán estas pautas técnicas:

Recuperación del relieve natural: Se llenarán o nivelarán los huecos y desmontes y se retirarán los rellenos artificiales para devolver el terreno a su cota y pendiente original. Por ejemplo, las cimentaciones de hormigón de aerogeneradores desmantelados se demolerán y extraerán hasta al menos 0,8 m por debajo de la superficie del terreno, y el hueco resultante se colmará con material inerte limpio (parte del hormigón triturado, libre de acero, puede reutilizarse como relleno). De igual modo, los tramos de caminos abandonados se llenarán en las excavaciones o se desmontarán en los terraplenes para eliminar plataformas elevadas,

de forma que el perfil del terreno quede continuo con los alrededores. Las zanjas abiertas se cerrarán rellenándolas con el material adecuado hasta la cota del terreno circundante.

En todos los casos, tras el relleno o perfilado se compactará de forma adecuada el terreno solo hasta el nivel necesario para evitar erosión o asentamientos (sin sobre compactar las capas superficiales), previniendo futuros hundimientos o arrastres de suelo. Los taludes artificiales creados durante la obra (en caminos o plataformas) serán suavizados en lo posible y estabilizados con la revegetación (véase más abajo), evitando cortes o taludes verticales permanentes.

5.12. Manejo de la tierra vegetal

Antes de las excavaciones, se procederá a retirar la capa superficial fértil del suelo (tierra vegetal) en todas las áreas que vayan a ser afectadas. Esta tierra vegetal se almacenará en montones o cordones de poca altura ($\leq 1,5$ m) en zonas apartadas donde no vaya a ser compactada por el tránsito de maquinaria, manteniéndola aireada para conservar sus propiedades. Al finalizar las obras de cada zona, se restituirá la tierra vegetal almacenada esparciéndola sobre la superficie restaurada en un espesor de alrededor de 20 a 30 cm. Este aporte de suelo fértil permitirá recuperar la capacidad productiva del terreno y facilitará el crecimiento de la vegetación en la fase de revegetación posterior.

5.13. Descompactación de suelos afectados

Las áreas que hayan sufrido compactación intensa por el paso de maquinaria (por ejemplo, campas de acopio, suelos de plataformas temporales, antiguos caminos a restaurar) se someterán a labores de descompactación profunda una vez concluidos los trabajos de construcción. Se realizará un subsolado o escarificado del terreno de hasta 80 cm de profundidad en toda la superficie afectada, mediante grada de desfonde, ripper o equipo similar, asegurando que todo el perfil quede suelto y aireado.

Esta labor rompe la costra compactada y permite la infiltración de agua y el enraizamiento profundo de la nueva vegetación. La descompactación se llevará a cabo salvo en aquellas zonas donde, al cabo del desmantelamiento, ya se haya regenerado espontáneamente una cubierta vegetal natural densa; en tal caso, y previa verificación por los técnicos ambientales, se podría conservar dicha cubierta existente para no perturbarla nuevamente.

5.14. Gestión de residuos y elementos no naturales

Todos los residuos generados (escombros de hormigón, chatarra de acero, cables, etc.) serán retirados de las zonas naturales y gestionados por gestores autorizados conforme a la normativa vigente. No se dejarán restos de obra enterrados cerca de la superficie que puedan aflorar. En el caso de las zapatas de cimentación de aerogeneradores, si por razones ambientales se decide dejar parte de la masa de hormigón no retirada (para evitar un volumen excesivo de escombros), se asegurará que quede a más de 1 m de profundidad bajo tierra y

que se fracture suficientemente (agrietado con martillo rompedor) para no constituir una barrera a las raíces de las plantas.

Durante los trabajos de tala, poda y desbroce, se prevé la generación de restos vegetales. Los restos de mayor tamaño serán acopiados en los límites de los viales o fincas (sin interferir en el paso de vehículos de maquinaria ni la actividad habitual agrícola) para su aprovechamiento maderable por parte de los propietarios de las fincas en cuestión. En cuanto a los restos vegetales finos, serán triturados e incorporados al suelo, reduciendo así el riesgo de incendio y aumentando la fertilidad del suelo. Asimismo, cualquier elemento del paisaje agrario tradicional afectado por las obras (p. ej. muros de piedra, ribazos o lindes) será restaurado a su estado original una vez concluida la construcción.

5.15. Revegetación de las superficies restauradas

Tras la preparación del terreno descrita, se procederá a revegetar todas las zonas remodeladas mediante técnicas de siembra y plantación con especies autóctonas, con el objetivo de recuperar la cubierta vegetal y la integración ecológica y visual del parque en el entorno. Los criterios principales para la revegetación son:

Siembras e hidrosiembra: Sobre los suelos desnudos se aplicará una siembra manual a voleo o una hidrosiembra (en taludes de fuerte pendiente) usando una mezcla de semillas adecuada, con un alto porcentaje de especies herbáceas anuales/perennes y arbustivas autóctonas de la comarca. La siembra se realizará preferentemente en otoño, tras las primeras lluvias, para aprovechar la humedad del suelo y favorecer la germinación otoñal. Se estima

una dosis de siembra en torno a 60 kg/ha de mezcla de semilla pudiendo ajustarse según la composición específica de la mezcla y la técnica empleada. En caso de utilizar hidrosiembra, se incluirán en el caldo de proyección mulch orgánico y fijadores del suelo junto con las semillas, para mejorar su adherencia en taludes y zonas erosionables.

Plantaciones arbustivo-arbóreas: Paralelamente a la siembra, se ejecutará una plantación de planta forestal para reintroducir especies leñosas características del paisaje original. Se emplearán especies autóctonas de la zona que representen las formaciones vegetales potenciales del entorno. Todas las plantas procederán preferentemente de viveros locales o de la misma región de procedencia, garantizando genotipos adaptados al medio.

5.16. Protección y mantenimiento de las plantaciones

Tras la plantación, cada planta forestal se protegerá contra herbívoros mediante tubos o mallas protectoras biodegradables (tipo rejilla) fijadas al terreno.

- Se estudiarán opciones de realizar riegos de mantenimiento (según la pluviometría).
- Se efectuará un seguimiento de la supervivencia.

De esta forma se garantiza la consolidación de la cubierta vegetal restaurada.

6. SEGUIMIENTO DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Se incluye en este apartado la metodología prevista para realizar el seguimiento de las medidas preventivas y correctoras establecidas para el cumplimiento de los requisitos legales y la minimización de los impactos previstos.

PROGRAMAS DE PUNTOS DE INSPECCIÓN O PPI

PPI 001: Emisiones de polvo y partículas.

Control de emisiones mediante riegos, transporte con lonas, velocidad limitada y evitar trabajos con viento fuerte.

Table 4: PPI 001 Emisiones de polvo y partículas

PPI 001. Emisiones de polvo y partículas				
Operación objeto de control	Requisito	Medida preventiva o correctora	Frecuencia de inspección	Documentación o evidencias necesarias
Movimientos de tierra y preparación del terreno	Minimizar contaminación atmosférica	Riegos superficiales con cisternas o aspersores	Diaria	Control visual
Circulación de maquinaria y vehículos	Minimizar contaminación atmosférica	Transporte de áridos cubiertos con lonas, circulación limitada a 30 km/h y limpieza de sistemas de rodadura.	Diaria	Control visual
Trabajos de hormigonado, instalación de estructuras y equipos.	Minimizar contaminación atmosférica	Evitar la realización de actividades generadoras de polvo y partículas en situaciones de fuerte viento.	En situaciones de fuerte viento	Control visual

PPI 002: Emisiones de gases.

ITV y marcado CE de vehículos, control de recipientes a presión. Frecuencia: documental en cada renovación y control visual quincenal.

Table 5: PPI 002 Emisiones de gases.

PPI 002. Emisiones de gases				
Operación objeto de control	Requisito	Medida preventiva o correctora	Frecuencia de inspección	Documentación o evidencias necesarias
Circulación de maquinaria y vehículos	Disponer de tarjeta ITV actualizada para los vehículos (R.D. 920/2017)	Controlar el certificado de aprobación de la inspección técnica de vehículos (ITV) y marcado CE en su caso	Antes de comenzar a trabajar en la obra y en cada renovación	Documental
Utilización	Condiciones de utilización llevar a cabo inspecciones periódicas de los recipientes a presión transportables.	Control del cumplimiento de las condiciones de utilización.	Quincenal	Visual
	Antes de poder proceder a la recarga de un recipiente, deberá comprobarse que se cumplen los requisitos que le sean de aplicación y, en particular, lo dispuesto en la ITV, así como que dispone de las condiciones adecuadas de uso.	Verificar que se someten a las inspecciones periódicas requeridas	En cada renovación	Documental

PPI 003: Generación de ruido

Maquinaria con marcado CE, plan de mantenimiento acústico, horarios limitados y cumplimiento normativo de niveles de ruido. Frecuencia: documental y visual, con mediciones sonoras.

Table 6: PPI 003 Generación de ruido

PPI 003. Generación de ruido				
Operación objeto de control	Requisito	Medida preventiva o correctora	Frecuencia de inspección	Documentación o evidencias necesarias
Circulación	La maquinaria de obra llevará el marcado CE y la indicación de nivel de potencia acústica garantizado e irá acompañada de una declaración CE.	Homologación de la maquinaria de obra a emplear según lo establecido en el Real Decreto 212/2002, de 27 de febrero, que regula los niveles de emisión de ruido de la maquinaria de obra y su modificación posterior (Real Decreto 524/2006).	Antes de comenzar a trabajar en la obra	Documental
Trabajos de hormigonado	La maquinaria utilizada en actividades al aire libre en general, y en las obras públicas y en la construcción en particular, debe ajustarse a las prescripciones establecidas en la legislación vigente referente a emisiones sonoras de maquinaria de uso al aire libre, y en particular, cuando les sea de aplicación, a lo establecido en el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre, y las normas complementarias	Diseño de un Plan de mantenimiento de la maquinaria, estableciendo controles de la emisión sonora de la maquinaria.	Quincenal	Control visual
Movimientos de tierra y preparación del terreno		Minimización de los recorridos de la maquinaria y limitación de la velocidad a 30 km/h	Diaria	Control visual
Grupos electrógenos para montaje de equipos y pequeña maquinaria de obra		Los trabajos se realizarán en horario diurno (de 7 a 21h), salvo causas justificadas en las que se requiera ampliar el horario. En cualquier caso, se dará cumplimiento a las restricciones horarias establecidas en las ordenanzas municipales vigentes, en caso de existir	Diaria	Control visual

PPI 004: Vertidos de residuos inertes (hormigón)

Uso de balsas de lavado para canaletas, control de vertidos y barreras de sedimentos.

Frecuencia: en fase de ejecución y antes de obra.

Table 7: PPI 004 Vertidos de residuos inertes

PPI 004. Vertidos de residuos inertes				
Operación objeto de control	Requisito	Medida preventiva o correctora	Frecuencia de inspección	Documentación o evidencias necesarias
Vertidos de hormigón durante la cimentación del vallado, ejecución de canalizaciones subterráneas, lavado de las canaletas de hormigón.	Minimizar contaminación edáfica por vertidos de hormigón	Durante la fase de hormigonado se habilitarán, fuera de cauces y de la red de drenajes, un número suficiente de balsas de lavado de canaletas de hormigón, que estarán balizadas e impermeabilizadas para minimizar el riesgo de contaminación del suelo. Los camiones hormigonera están obligados a lavar las canaletas en esta zona o en sus propias instalaciones	Durante la ejecución de estos trabajos	Control visual
		Instalación de barreras de retención de sedimentos en zonas de posibles arrastres a cauces públicos	Antes del inicio de las obras	Control visual

PPI 005: Vertidos de residuos peligrosos

Etiquetado, almacenamiento adecuado, documentación (DI), tiempo limitado de almacenamiento. Frecuencia: quincenal/documental.

Table 8: PPI 005 Vertidos de residuos peligrosos

PPI 005. Vertidos de residuos peligrosos				
Operación objeto de control	Requisito	Medida preventiva o correctora	Frecuencia de inspección	Documentación o evidencias necesarias
Depósitos de garrafas con combustibles para la maquinaria, restos de disolventes y pinturas, absorbentes contaminados...	<p>Los RP deberán etiquetarse de forma clara, legible e indeleble con el contenido especificado la legislación vigente (Real Decreto 833/1988, Ley 22/2011 y Reglamento 1357/2014 de 18 de diciembre).</p> <p>Los RP se almacenarán en instalaciones y condiciones adecuadas (que cumplan la legislación y normas técnicas) y durante no más de seis meses, salvo permiso expreso de la Comunidad Autónoma.</p> <p>Se formalizará la transferencia de titularidad desde el productor al gestor a través del Documento de Identificación del residuo (DI), cuyo contenido se especifica en el Real Decreto 180/2015 de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado y con el Real decreto 553/2020.</p> <p>El traslado los RP se tramitará a través del procedimiento de "Notificación previa", de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 553/2020, con el formato requerido por la Comunidad Autónoma.</p>	Cumplimiento de los requisitos legales en materia de almacenamiento de RP.	Quincenal	Documental (Registro de RP, DI, "Notificación previa".)

Aceites usados, combustibles, filtro y trapos contaminados de la reparación in situ de vehículos y maquinaria	Almacenar los aceites usados en condiciones adecuadas, evitando especialmente las mezclas con agua o con otros residuos no oleaginosos; se evitarán también sus mezclas con otros residuos oleaginosos si con ello se dificulta su correcta gestión.	Con carácter general no está autorizado en obra el mantenimiento de maquinaria, tan sólo las reparaciones de averías cuando sea imposible sacarlas de la obra. En este caso han de establecerse las medidas oportunas para evitar vertidos al suelo: plásticos, recogidas de las tierras contaminadas.	Diario	Control visual.
Aceites usados, combustibles, filtro y trapos contaminados de la reparación in situ de vehículos y maquinaria	Disponer de instalaciones que permitan la conservación de los aceites usados hasta su recogida y que sean accesibles a los vehículos encargados para ello.	Los depósitos de combustible, aceite o productos químicos líquidos se situarán sobre cubetas impermeables resistentes al producto que contienen y debidamente protegidos de la intemperie.	Diario	Control visual.
Aceites usados, combustibles, filtro y trapos contaminados de la reparación in situ de vehículos y maquinaria	Documentación requerida por el Real Decreto 1523/1999 para los depósitos de combustibles.	Presentar, si es necesario, un proyecto, memoria, comunicación y otra documentación	Al inicio de las obras	Documental

PPI 006: Vertidos de residuos urbanos/asimilables

Gestión de residuos de oficinas, almacenes, baños químicos, etc., con contenedores adecuados y empresa gestora. Frecuencia: diaria/quincenal.

Table 9: PPI 006 Vertidos de residuos urbanos

PPI Nº 06: VERTIDOS DE RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Actividad en las instalaciones generales (oficinas, almacenes, ...)	Medidas establecidas en el Plan de Gestión de Residuos para la gestión de residuos asimilables a urbanos.	Separar correctamente los residuos asimilables a urbanos generados en las instalaciones generales.	Quincenal	Control visual
Vertidos de lodos y aguas residuales de los baños químicos	Separar las siguientes fracciones de residuos siempre que se superen las cantidades indicadas en el artículo 5 del Real Decreto 105/2008: hormigón (80t), ladrillos (40t), metal (2t), madera (1t), vidrio (1t), plástico (0,5t), papel y cartón (0,5t). Estas cantidades deberán ser revisadas en función de lo que indique la legislación vigente en la Comunidad Autónoma en la que se ubique la obra.	Separar correctamente los residuos asimilables a urbanos generados en las instalaciones generales.	Quincenal	Control visual

PPI 007: Vertidos de envases.

Separación y recogida de envases (cartón, plástico, madera) en obra. Frecuencia: diaria.

Table 10: PPI 007 Vertidos de envases.

PPI Nº 07: VERTIDOS DE ENVASES				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Vertidos durante el desembalaje	Se gestionarán los envases a través de gestor autorizado o a través del servicio de recogida municipal	Correcta gestión de envases, de acuerdo con lo establecido en el PGR.	Quincenal	Documental (Documentos de Aceptación y los DI.)

PPI 008: Vertidos de tierras y restos vegetales

Control del desbroce y excavación, acopios temporales y reutilización. Frecuencia: diaria.

Table 11: PPI 008 Vertidos de tierras y restos vegetales

PPI Nº 008: VERTIDOS DE TIERRAS Y RESTOS VEGETALES				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Movimientos de tierra, excavaciones y desbroces	Aplicar las medidas de gestión de residuos de tierras establecidas en el Plan de Gestión de Residuos de la obra.	Las tierras procedentes de excavación se reutilizarán en obra siempre que sea posible. La tierra vegetal se acopiará en montículos de altura no superior a 2,00 metros para su posterior reutilización en las labores de revegetación	Durante la obra	Control visual

PPI 009: Afección a vegetación de interés

Delimitación y protección de vegetación, inspección previa y restitución con especies autóctonas. Frecuencia: previa a trabajos y seguimiento.

Table 12: PPI 009 Afección a vegetación de interés

PPI Nº 009: AFECCIÓN A VEGETACIÓN DE INTERÉS				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Movimientos de tierra, excavaciones y desbroces	Evitar afecciones a especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.	Jalonamiento de las áreas a desbrozar	Antes del comienzo de las obras y quincenalmente	Control visual
		Entablillado de los troncos de los árboles que linden con las obras	Diario	Control visual
Ampliación de accesos existentes, ejecución de nuevos viales, cimentaciones, etc.		Se evitará cualquier acción que pueda dañar la vegetación: colocar clavos, cables o cadenas en los árboles sin protección adecuada, manipular combustibles, aceites o productos químicos en las zonas de las raíces, apilar materiales en los troncos, golpear el arbolado con maquinaria pesada, etc..	Diario	Control visual

PPI 010: Afección a fauna

Restricción de trabajos en épocas sensibles, instalación de refugios y medidas compensatorias.

Frecuencia: según calendario de trabajos y fauna presente.

Table 13: PPI 010 Afección a fauna

PPI Nº 010: AFECCIÓN A ESPECIES DE FAUNA SENSIBLES				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Movimientos de tierra y desbroces.	Queda prohibido dar muerte dañar, molestar o inquietar intencionadamente a los animales silvestres, sea cual fuere el método empleado o la fase de su ciclo biológico.	Antes de ejecutar talas y desbroces se comprobará que no existen nidos ni especies de flora protegida, en cuyo caso se informará el órgano ambiental para su autorización si fuera preciso.	Antes de ejecutar talas y desbroces	Control visual
Ejecución de actividades de obra ruidosas (trabajos de hormigonado, circulación de maquinaria)	Incluir las limitaciones temporales para obras ruidosas establecidas en la DIA, en caso de existir.	No ejecutar actividades ruidosas en períodos sensibles para la fauna	Diario durante los períodos sensibles para la fauna	Control visual

PPI 011: Afección a vías pecuarias

Señalización, caminos alternativos y autorización previa para ocupación. Frecuencia: previa a ocupación.

Table 14: PPI 011 Afección a vías pecuarias

PPI Nº 11: AFECCIÓN A VÍAS PECUARIAS				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Ocupación temporal y trasiego de maquinaria por la vía pecuaria.	Por razones de interés público y, excepcionalmente y de forma motivada, por razones de interés particular, se podrán autorizar ocupaciones de carácter temporal, siempre que tales ocupaciones no alteren el tránsito ganadero, ni impidan los demás usos compatibles o complementarios con aquél.	Establecer un camino alternativo temporal que permita continuar con el tránsito habitual de la vía pecuaria	Antes de la afección a vías pecuarias	Control visual

PPI 012: Afección a patrimonio cultural

Balizamiento de yacimientos, paralización ante hallazgos, seguimiento arqueológico.

Frecuencia: continua durante obra.

Table 15: PPI 012 Afección a patrimonio cultural

PPI Nº 12: AFECCIÓN A PATRIMONIO CULTURAL				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Movimiento de tierras (explanaciones, imantaciones, viales interiores, accesos)	Las personas que observen peligro de destrucción o deterioro de un bien integrante del Patrimonio Histórico Español deberán, en el menor tiempo posible, ponerlo en conocimiento de la Administración competente, quien comprobará el objeto de la denuncia y actuará con arreglo a lo que se dispone en la Ley.	Si durante la ejecución de las obras se detectara la existencia de restos arqueológicos, se paralizarán los trabajos en esa zona inmediatamente y se dará aviso a la Administración competente en materia de Patrimonio Arqueológico.	Durante la obra	Control visual

PPI 013: Afección a población

Reducción de ruidos y molestias, información previa a vecinos, seguridad perimetral.

Frecuencia: diaria/semanal.

Table 16: PPI 013 Afección a población

PPI Nº 013: AFECCIÓN A POBLACIÓN				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Ejecución de actividades de obra ruidosas (trabajos de hormigonado, circulación de maquinaria)	Cumplir los límites de ruido establecidos por el Gobierno en los distintos textos legislativos. Indicar los niveles sonoros máximos permitidos más restrictivos entre los establecidos en la legislación estatal, autonómica y las ordenanzas municipales	Los trabajos se realizarán en horario diurno (de 7 a 21h), salvo causas justificadas en las que se requiera ampliar el horario. En cualquier caso, se dará cumplimiento a las restricciones horarias establecidas en las ordenanzas municipales vigentes, en caso de existir	Diario	Control visual
Circulación de vehículos y maquinaria de obra	Minimizar la afección a la población	Se evitará el paso de camiones y maquinaria por el interior de los cascos urbanos, especialmente durante el periodo de reposo nocturno. Se respetarán las medidas de servidumbre a los caminos cercanos y de acceso a la obra. En el caso de producirse desvíos o cortes de un servicio, se anunciarán convenientemente y con una antelación suficiente a todos los usuarios afectados.	Diario	Control visual

PPI 014: Afección al paisaje

Se restaurarán todas las zonas afectadas que no sean necesarias en las tareas de mantenimiento de tierra. Frecuencia semanal.

Table 17: PPI 014 Afección al paisaje

PPI N° 014: AFECCIÓN A PAISAJE				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Instalaciones a ejecutar, instalaciones de obra y acopios de material	Minimizar la pérdida de calidad paisajística	Se restaurarán todas las zonas afectadas que no sean necesarias en las tareas de mantenimiento de las instalaciones como son: zonas de instalaciones auxiliares y de acopios provisionales, taludes, zonas aledañas a las instalaciones, zanjas de conducciones, incluir otras zonas afectadas por las obras que serán objeto de restauración	Semanal	Control visual
		Actividades objeto de control: Descompactación en zonas afectadas por tránsito de maquinaria. Remodelado y reperfilado en zonas de rellenos y excavaciones Aporte de tierra vegetal Siembras y plantaciones	Semanal	Control visual

PPI 015: Consumo de agua

Control de consumos, detección de fugas, riego eficiente. Frecuencia: semanal.

Table 18: PPI 015 Consumo de agua

PPI N° 015: CONSUMO DE AGUA				
OPERACIÓN OBJETO DE CONTROL	REQUISITO	MEDIDA PREVENTIVA O CORRECTORA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN	DOCUMENTACIÓN O EVIDENCIAS NECESARIAS
Actividad en instalaciones de obra	Minimizar consumo de recursos naturales	Se comprobará que las conducciones de agua en obra no tienen fugas.	Quincenal	Control visual

7. EMERGENCIAS AMBIENTALES

Se identifican a continuación los posibles accidentes/incidentes con impacto ambiental que pueden ocurrir en la obra. Para cada emergencia identificada se incluye una ficha con las medidas de emergencia a adoptar. Esta información se incluye también en el Plan de Seguridad y Salud de la Obra.

Table 19: Ficha de actuación en caso de incendio

FICHA DE ACTUACIÓN EN CASO DE INCENDIO		
ORDEN	ACTUACIÓN	RESPONSABLE
1	Detección del incendio por parte del trabajador que se encuentre más próximo.	Todo el personal
2	Informar a los encargados de emergencias (Encargado y/o Jefe de obra)	Todo el personal
3	Identificar el foco de origen del fuego y determinar la gravedad del mismo,	Encargado y/o Jefe de obra
4A	Si se trata de un fuego a pequeña escala se intentará apagar mediante el uso de extintores portátiles adecuados al tipo de fuego. Tras apagar el fuego, avisar al Jefe de Emergencias de la empresa y seguir las indicaciones que proporcione.	Encargado y/o Jefe de obra
4B	Si no se puede controlar con los medios disponibles: el encargado de emergencias: procederá a: Avisar a los trabajadores que se puedan ver afectados y evacuar la zona afectada. Llamar al teléfono de emergencias (112) para solicitar ayuda y seguir las indicaciones que les proporcionen. Recibir al Servicio Público de Extinción informándole de la situación.	Encargado y/o Jefe de obra
5	Tras apagar el fuego, avisar el responsable de Medio ambiente de la obra para la correcta gestión de los residuos producidos.	Encargado y/o Jefe de obra
6	Si ha habido vertidos a cauces avisar al responsable de Medio ambiente para que informe al organismo responsable.	Encargado y/o Jefe de obra
7	Finalizado el incendio, el Responsable de Medio Ambiente redactará un informe indicando las causas y consecuencias del incendio, actuaciones realizadas y mejoras propuestas	Responsable de Medio Ambiente

Table 20: Ficha de actuación en caso de vertidos o derrames

FICHA DE ACTUACIÓN EN CASO DE VERTIDOS O DERRAMES		
ORDEN	ACTUACIÓN	RESPONSABLE
1	Detección del vertido o derrame por parte del trabajador que se encuentre más próximo.	Todo el personal
2	Informar de inmediato al Encargado y/o Jefe de Obra y activar el protocolo de actuación.	Todo el personal
3	Identificar la naturaleza del producto derramado (peligroso o no peligroso) y delimitar la zona afectada.	Encargado y/o Jefe de obra
4A	Si se trata de un producto no peligroso y el vertido es pequeño: Contener el vertido utilizando material del kit antiderrames (sepiolita, cubo, pala, lona absorbente, etc.). Limpiar la zona y recoger los residuos generados en recipientes adecuados.	Encargado y/o Jefe de obra
4B	Si el vertido es de producto peligroso o no puede controlarse con medios propios: Alejar a personas no autorizadas. Avisar al 112 en caso de riesgo para personas o el medio ambiente. Activar el Plan de Emergencia y contactar con un gestor autorizado si fuera necesario. Informar al Responsable de Medio Ambiente.	Encargado y/o Jefe de obra
5	Señalizar la zona hasta que finalice la limpieza y quede garantizada la seguridad.	Encargado
6	Recoger y clasificar los residuos generados según su peligrosidad. Registrar la actuación en el archivo de residuos.	Responsable de Medio Ambiente
7	Elaborar informe del incidente, incluyendo causa, descripción de la actuación, residuos generados y medidas de mejora.	Responsable de Medio Ambiente

8. ACCIONES FORMATIVAS

Antes del inicio de la obra, el responsable de Medio Ambiente y/o el Jefe de Obra impartirán formación a los trabajadores presentes en obra (personal propio y de subcontratas) sobre los siguientes temas:

- Aspectos ambientales específicos de la obra
- Requisitos legales aplicables derivados de la legislación vigente
- Requisitos establecidos en la DIA
- Impactos ambientales previstos durante la ejecución de las obras
- Medidas preventivas y correctoras de aplicación durante la realización de sus trabajos
- Gestión de residuos
- Plan de vigilancia ambiental de la instalación
- Charlas continuadas a todo el personal de obra sobre las medidas preventivas y actuación en caso de incendios.
- Sesiones formativas impartidas por los bomberos a los trabajadores de planta.
- Pautas de actuación en caso de emergencia

Las evidencias de asistencias a las jornadas de formación así como todo el seguimiento quedarán registrados mediante actas de seguimiento e informes mensuales.

Hasta aquí la propuesta

7. Conclusiones

Del análisis realizado se derivan las siguientes conclusiones principales:

- La repotenciación eólica constituye una oportunidad clave para aumentar la eficiencia energética y reducir la presión territorial, pero requiere instrumentos de gestión ambiental más robustos y adaptativos.
- El marco normativo vigente ofrece una base adecuada, aunque todavía insuficiente para integrar plenamente principios como la economía circular, la gobernanza participativa y la restauración progresiva de ecosistemas.
- El caso del Parque Eólico Molar de Molinar demuestra que es posible alcanzar mayores niveles de producción con menos aerogeneradores, aunque la magnitud de las nuevas turbinas introduce nuevos retos ambientales que deben ser gestionados de forma anticipada.
- El Plan de Gestión Ambiental Mejorado (PGAi) diseñado en este trabajo constituye una propuesta metodológica viable, que fortalece las fases de auditoría, seguimiento, restauración y gobernanza, ofreciendo un modelo replicable en otros proyectos de repotenciación.

8. Futuras líneas de trabajo

Como continuación de este estudio, se identifican varias líneas de investigación y aplicación práctica:

- Validación empírica del PGAi, mediante su aplicación piloto en proyectos de repotenciación en diferentes contextos territoriales y ecológicos.
- Desarrollo de indicadores ambientales estandarizados para parques eólicos repotenciados, que permitan el seguimiento comparativo de impactos y resultados a medio y largo plazo.
- Integración de herramientas digitales como sistemas de monitoreo remoto, inteligencia artificial para predicción de impactos y plataformas de transparencia en línea accesibles a la ciudadanía.
- Profundización en la restauración progresiva, investigando técnicas de revegetación con especies autóctonas y medidas de recuperación de fauna sensibles a la mortalidad por colisión.
- Estudios de gobernanza ambiental aplicada, evaluando la eficacia de los comités multiactor y los programas de transición justa en la aceptación social de proyectos de repotenciación.
- Estas líneas refuerzan el carácter adaptativo del PGAi y consolidan la propuesta metodológica como una herramienta flexible para acompañar la transición energética de manera justa, sostenible y socialmente legitimada.

Referencias

Argüelles Samalea, J. (2021). Anteproyecto De Un Parque Eólico En Burgos (Master's Thesis). Anteproyecto de un parque eólico en Burgos

Atienza, Juan C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J. y Domínguez J. (2012). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. SEO/BirdLife. Recuperado de http://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/05/MANUAL-MOLINOS-VERSION-31_WEB.pdf

BOE Núm. 296, (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental. BOE-A-2013-12913 Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Cardenal, A. C., Illoro, N. V., & Martín, J. M. (2024) Revisión de los planes de vigilancia ambiental y siniestralidad en parques eólicos del País Vasco. 03 online Maquetaci¹Un

Cubillo, B. (2010). Manual De Manejo Ambiental Para Parques Eólicos (Doctoral Dissertation, Quito: Universidad Internacional Sek). Repositorio de la Universidad Internacional SEK Ecuador: Manual de manejo ambiental para parques eólicos

Directiva 2001/42/CE sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. adminRECYT,+CyTET_149-150_007_estudios_5.pdf

Espejo Marín, C. (2004). La energía eólica en España. Investigaciones geográficas, nº 35, 2004; pp. 45-65. La energía eólica en España

Espejo Marín, C. La energía eólica en España. Universidad de Murcia. Recuperado de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/286/1/Espejo%20Marin-Energia%20eolica%20en%20Espa%C3%B1a.pdf>

Fernández López, J., & Garoz Gómez, D. (2024). Repotenciación y diseño de un parque eólico de 46 MW en la provincia de Cádiz. [Repotenciación y diseño de un parque eólico de 46 MW en la provincia de Cádiz](#)

Ferres González, M. J. (2021). Elaboración del mapa de Hibridación de Energía Eólica y Solar en España. [Elaboración del mapa de Hibridación de Energía Eólica y Solar en España](#)

Galdos Urrutia, R y Madrid Ruiz, Francisco J. La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3582002.pdf>

Guías técnicas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). https://www.thinktur.org/media/ii_catalogo_buenas_practicas.pdf

Hortal Soriano, P. (2021). Repowering, Modernización De Parques Eólicos Onshore (Bachelor's Thesis, Universitat Politècnica De Catalunya). [Repowering, modernización de parques eólicos onshore](#)

Jiménez Cárdenas, N., & Rodríguez Cortés, M. A. (2024). Guía de Procedimiento para la optimización metodológica del diseño de plataformas de aerogeneradores para parques Eólicos y sus carreteras. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/912d76ad-ea77-4a2e-b486-189283a79bf2/content>

Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental (España). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Linares Rozas, D. (2025). Gestión del Proyecto de Repotenciación del Parque Eólico Sur Perú: Estrategia de Optimización y Sostenibilidad. Gestión del Proyecto de Repotenciación del Parque Eólico Sur Perú: Estrategia de Optimización y Sostenibilidad

López Sako, Masao J. Apoyo público a la energía eólica en España. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/derecho/article/view/701/377>

López-Vico, V. Análisis DAFO del sector de la energía eólica en España. Universidad de Alicante. Recuperado de http://www.elcriterio.com/revista/ajoica/contenidos_3/dafo_eolica.pdf

Márquez Fernández, A., Roldán Fernández, J. M., & Riquelme Santos, J. M. (2018). Estudio de Repotenciación de un Parque Eólico. Estudio de repotenciación de un parque eólico

Molina Bustos, J. P. (2023). Estudio de la Planificación Logística para la Implantación de un Parque Eólico de 12 Mw en la Comarca de Alfoz de Burgos. <https://burjcdigital.urjc.es/items/c8804e07-a5b9-4032-bcef-b461e46e37c7>

Molina Ruiz, J y Tudela Serrano Mª Luz. Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica. Universidad de Murcia. Recuperado de <http://revistas.um.es/geografia/article/viewFile/41331/39761>

Renovables, M. E. E., & Energético, M. (2011). Repotenciación De Parques Eólicos. Ánálisis técnico económico sobre la repotenciación del parque eólico de Rubió, Anoia
Escuela de Arquitectura.
Universidad Europea de Canarias.

Rius Torrijos, A. (2024). Implementación de políticas para fomentar la producción y consumo sostenibles: un análisis de España y la Comunitat Valenciana en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). Implementación de políticas para fomentar la producción y consumo sostenibles: un análisis de España y la Comunitat Valenciana en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030

Suárez, M. L., Marcote, M. G., Castro, C. L., & Renovables, G. N. F. (2017). Parque eólico Cabo Vilano, primera repotenciación en Galicia de uno de los primeros parques eólicos gallegos. Cuad. energía, 71-79. ce_n51_07_parqueeolicocabovilano.pdf

Ugalde Muguruza, I. (2023). Desarrollo de una metodología rápida para la evaluación del impacto ambiental. Desarrollo de una metodología rápida para la evaluación del impacto ambiental

Veiga Serra, J. (2023). Estudio de viabilidad de la repotenciación de un parque eólico a partir de simulaciones con WAsP. Estudio de viabilidad de la repotenciación de un parque eólico a partir de simulaciones con WAsP | Archivo Digital UPM

Villarrubia López, M. (2012). Ingeniería de la energía eólica. Marcombo. Ingeniería de la energía eólica - Alpha Editorial - Torrossa

Anexos

Anexo I. Índice de tablas

Table 1. Requisitos ambientales estatales	31
Table 2: Requisitos Ambientales de las administraciones	34
Table 3: Aspectos e impactos ambientales	35
Table 4: PPI 001 Emisiones de polvo y partículas	58
Table 5: PPI 002 Emisiones de gases.	59
Table 6: PPI 003 Generación de ruido	60
Table 7: PPI 004 Vertidos de residuos inertes	61
Table 8: PPI 005 Vertidos de residuos peligrosos	62
Table 9: PPI 006 Vertidos de residuos urbanos	64
Table 10: PPI 007 Vertidos de envases.....	64
Table 11: PPI 008 Vertidos de tierras y restos vegetales	65
Table 12: PPI 009 Afección a vegetación de interés	65
Table 13: PPI 010 Afección a fauna	66
Table 14: PPI 011 Afección a vías pecuarias.....	66
Table 15: PPI 012 Afección a patrimonio cultural	67
Table 16: PPI 013 Afección a población	68
Table 17: PPI 014 Afección al paisaje	69
Table 18: PPI 015 Consumo de agua.....	69
Table 19: Ficha de actuación en caso de incendio	70
Table 20: Ficha de actuación en caso de vertidos o derrames	71