



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable  
fotovoltaica y su aplicación a carreteras  
fotovoltaicas

Investigation of environmental aspects linked to  
the implementation of parks of photovoltaic  
renewable energy and its application to solar  
highways

Autor

Francisco Burillo Julián

Director

Alejandro Acero Oliete

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Noviembre 2022





**Escuela Universitaria  
Politécnica** - La Almunia  
Centro adscrito  
**Universidad Zaragoza**

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

## **MEMORIA**

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable  
fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Investigation of environmental aspects linked to the  
implementation of parks of photovoltaic renewable  
energy and its application to solar highways

423.22.44

Autor: Francisco Burillo Julián

Director: Alejandro Acero Oliete

Fecha: 11 2022



## INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. DESARROLLO – ESTADO DEL ARTE	17
5. RESULTADOS	46
6. CONCLUSIONES	129
7. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	132
8. BIBLIOGRAFÍA	133

## INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	1
2. ABSTRACT	2
2.1. KEY WORDS	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. INFORMACIÓN PREVIA	3
3.1.1. Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de Parques Fotovoltaicos Terrestres	6
3.1.2. Tratamiento de los principales impactos en proyectos de parques fotovoltaicos terrestres	10
3.2. OBJETIVOS	15
3.3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	15
3.4. METODOLOGÍA	15
4. DESARROLLO – ESTADO DEL ARTE	17
4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	17

## Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

### INDICES

4.2. TRATAMIENTO PRINCIPALES IMPACTOS EN PARQUES FOTOVOLTAICOS _____	22
4.3. AUMENTO TEMPERATURA DIURNA, INTERVALO ENTRE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS Y DISMINUCIÓN DE HUMEDAD (ISLAS DE CALOR) _____	23
4.3.1. <i>Energía solar Fotovoltaica Flotante</i> _____	23
4.3.2. <i>Uso de materiales de cambio de fase (PCM)</i> _____	24
4.3.3. <i>Pavimentos absorbentes</i> _____	25
4.4. DAÑOS A LAS AVES POR QUEMARSE EN LOS PANELES. _____	26
4.4.1. <i>Empleo de perros como herramienta para mejorar la estimación de la mortalidad de pájaros</i> _____	26
4.4.2. <i>Programas de monitorización. Wire marking</i> _____	26
4.4.3. <i>Cámaras de detección de objetos en movimiento y clasificación si es un ave o no</i> _____	27
4.4.4. <i>Ahuyentadores</i> _____	27
4.5. MEJORA DE LA CUBIERTA VEGETAL HERBÁCEA PARA AUMENTO POBLACIONES INSECTOS COMO FUENTE ALIMENTO DE AVES Y OTROS GRUPOS FUNCIONALES. _____	28
4.5.1. <i>Mejora de la cubierta vegetal en plantas fotovoltaicas</i> _____	28
4.5.2. <i>Uso de revestimientos antirreflectantes (ARC) o Uso de cubiertas texturizadas que reduzcan la luz polarizada horizontal</i> _____	30
4.6. PROYECTOS SINGULARES. _____	31
4.6.1. <i>Coberturas de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways")</i> _____	31
4.6.1.1. Cobertura pavimento de la calzada con diferentes materiales _____	31
4.6.1.2. Situación en el lateral de la vía _____	37
4.6.1.3. Cobertura en marquesina sobre la calzada _____	38
4.6.2. <i>Coberturas de Embalses</i> _____	40
4.6.3. <i>Cobertura de canales de riego (Project Nexus-California USA)</i> _____	42
4.6.4. <i>Ciudades Lineales</i> _____	43
<b>5. RESULTADOS</b> _____	<b>46</b>
5.1.1. <i>Comparativa Coberturas de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways")</i> _____	48
5.1.2. <i>Comparativa Cobertura de Embalses</i> _____	72
5.1.3. <i>Comparativa Cobertura Canales de Riego</i> _____	90
5.1.4. <i>Comparativa Ciudades Lineales</i> _____	108
5.1.5. <i>Ejemplos de Medidas identificadas aplicables en Proyectos Singulares</i> _____	127
<b>6. CONCLUSIONES</b> _____	<b>129</b>
<b>7. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b> _____	<b>132</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> _____	<b>133</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1: Flujo de Trabajo del análisis Bibliométrico .....	19
Fig. 2: Producción literaria anual sobre impactos en Parques Fotovoltaicos Terrestres.....	20
Fig. 3: Lista de principales centros de investigación en Parques Fotovoltaicos...20	
Fig. 4:Lista de las principales publicaciones de artículos sobre esta temática (filtradas por mayor de 1).....	21
Fig. 5: Lista de las principales palabras clave de los autores usados sobre Parques Fotovoltaicos Terrestres (filtradas por valor mayor que 1) .....	21
Fig. 6: Distribución geográfica de los países en los que se ubican los principales Parques Fotovoltaicos de Proyectos Singulares .....	22
Fig. 7: Ejemplo de placa solar de la empresa Solar Roadways .....	32
Fig. 8: Ejemplo de placa solar de empresa Solmove VOLTSTREET .....	33
Fig. 9: Ejemplo de placa solar de empresa Solmove SOLWALK .....	33
Fig. 10: Ejemplo de Pavimento Solar PLATIO.....	34
Fig. 11: Ejemplo de Pavimento de empresa Solar Earth .....	34
Fig. 12: Ejemplo de Proyecto SolaRoad en Holanda .....	35
Fig. 13: Ejemplo Proyecto Wattway en Francia .....	36
Fig. 14: Ejemplo Proyecto Jinan City Express en China .....	37
Fig. 15: Ejemplo Proyecto SolarHighways en Holanda.....	38
Fig. 16: Ejemplo Proyecto The Ray en Estados Unidos .....	38
Fig. 17: Ejemplo Proyecto EnergyPier en Suiza .....	39
Fig. 18: Ejemplo de paneles flotante situados sobre embalse .....	40
Fig. 19: Ejemplo de paneles flotante situados sobre Bahía en Japón.....	41

Fig. 20: Ejemplo Proyecto Nexus en Estados Unidos .....	42
Fig 21: Ejemplo Proyecto "The Line" empresa NEOM en Arabia Saudí .....	44
Fig. 22: Vista Proyecto "The Line" .....	44
Fig. 23: Imagen Ubicación paneles de espejos en Proyecto "The Line" .....	45
Fig. 24: Ubicación Geográfica del Proyecto "The Line" .....	45
Fig. 25: Número de impactos significativos por factor ambiental en parques fotovoltaicos terrestres y parques fotovoltaicos en carreteras solares .....	70
Fig. 26: Número de impactos significativos por factor ambiental con diferencias en el tratamiento aplicado en parques fotovoltaicos de carreteras solares .....	71
Fig. 27: Número de impactos significativos por factor ambiental en parques fotovoltaicos terrestres y parques fotovoltaicos flotantes .....	88
Fig. 28: Número de impactos significativos por Factor ambiental aplicables en el tratamiento de parques fotovoltaicos flotantes (embalses) .....	89
Fig. 30: Número de impactos significativos en parques fotovoltaicos de canales de riego.....	106
Fig. 31: Número de impactos significativos con diferencias en el tratamiento de parques fotovoltaicos en canales de riego. ....	107
Fig. 32: Número de impactos significativos en parques fotovoltaicos de ciudades lineales. ....	125
Fig. 33: Número de impactos significativos con diferencias en el tratamiento en parques fotovoltaicos de ciudades lineales .....	126
Fig. 34: Redes para protección de murciélagos en Autopista A7 Alcoy (Alicante) .....	127
Fig. 35: Corredor verde o Paso para osos Grizzlies en Autopista TCH (Trans- Canadá) .....	128

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamiento de los principales impactos en proyectos de parques fotovoltaicos terrestres.....	10
Tabla 2: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Carreteras fotovoltaicas. ....	52
Tabla 3: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Parques Fotovoltaicos Flotantes .....	71
Tabla 4: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Canales de Riego.....	89
Tabla 5: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Ciudades Lineales.....	107

## 1. RESUMEN

Esta investigación aborda el análisis de los Métodos de valoración de impacto y Medidas Preventivas, Correctoras y Compensatorias aplicables a Impactos significativos en Parques de energía renovable Fotovoltaica Terrestre, a los que no se les ha dado un Modelo de Tratamiento efectivo de forma oficial. A su vez, se estudian otras aplicaciones de Parques de energía fotovoltaica en Proyectos Singulares con posibilidades de aplicación presente y futura en la ingeniería civil: carreteras solares, parques fotovoltaicos flotantes en embalses, parques fotovoltaicos en canales de riego, y ciudades lineales. Para estos proyectos singulares se analizan los principales impactos significativos aplicables a los aspectos ambientales más representativos, estableciendo una comparativa respecto a aquellos que han sido identificados de forma oficial a nivel nacional para la energía fotovoltaica terrestre. Esta comparativa es utilizada para validar y concluir si los Modelos de Tratamiento propuestos para los Parques Fotovoltaicos Terrestres puede ser válidos o no para ser aplicados en los nuevos Proyectos singulares, o si por el contrario nuevos modelos de tratamiento deben ser contemplados.

### 1.1. PALABRAS CLAVE

Parques fotovoltaicos - Fotovoltaica - Energía solar - Poder solar - Células solares - Paneles solares - Evaluación Impacto Ambiental.

## 2. ABSTRACT

This research deals with the analysis of the Impact Assessment Methods and Preventive, Corrective and Compensatory Measures applicable to significant Impacts in Terrestrial Photovoltaic Renewable Energy Parks, which have not been officially given an effective Treatment Model. At the same time, other applications of photovoltaic energy parks in Singular Projects with possibilities of present and future application in civil engineering are studied: solar roads, floating photovoltaic parks in water reservoirs, photovoltaic parks in irrigation canals, and linear cities. For these unique projects, the main significant impacts applicable to the most representative environmental aspects are analyzed, presenting a comparison with those that have been officially identified at the national level for terrestrial photovoltaic energy. This comparison is used to validate and conclude if the Treatment Models proposed for the Terrestrial Photovoltaic Parks can be valid or not to be applied in the new singular Projects, or if, on the opposite, new treatment models should be contemplated.

### 2.1. KEY WORDS

Photovoltaic Parks - Photovoltaic – Solar Energy – Solar Power – Solar Cells – Solar Panels – Environmental Impact Assessment.

## 3. INTRODUCCIÓN

### 3.1. INFORMACIÓN PREVIA

La energía verde es toda energía limpia no contaminante que proceda de fuentes 100% renovables, es decir, basada en la utilización de recursos naturales inagotables como el sol, el viento, el agua, o la biomasa, sin el uso de combustibles fósiles. Esta energía verde es un punto clave en la transición energética en España y en la Unión Europea, para una transformación estructural de los modelos de producción y consumo de energía.

De los distintos recursos naturales inagotables, España posee un importante capital en el sol debido a su ubicación geográfica. Es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol, lo cual hace que la energía solar sea más rentable que en otros países. Esto ha favorecido la investigación, desarrollo y aprovechamiento de este tipo de energía, a través de sus variantes: energía solar fotovoltaica y energía solar térmica, siendo la primera de ellas la que más se ha desarrollado, mediante de la construcción de plantas de parques fotovoltaicos terrestres a lo largo de las últimas décadas.

Esta energía solar fotovoltaica es un tipo de energía renovable consistente en la transformación directa de la radiación solar en electricidad mediante paneles fotovoltaicos. En ellos, la radiación del sol excita los electrones presentes en un dispositivo semiconductor y genera una diferencia de potencial, que se incrementa mediante una distribución de dichos paneles conectados en serie. De esta forma, se construyen parques de energía fotovoltaica con dichos paneles interconectados.

A pesar de ser una energía verde, limpia no contaminante y renovable, la construcción de estos parques fotovoltaicos terrestres no está exenta de impactos en el medioambiente, y éstos deben evaluarse para poderlos prevenir, corregir o mitigar. Para la evaluación de estos impactos es muy importante seguir un procedimiento que garantice los resultados perseguidos, para lo cual se utiliza como instrumento el proceso de EIA o Evaluación de Impacto ambiental.

Cuando se habla de impacto ambiental, se ha de considerar que el medio ambiente es un sistema complejo, compuesto por infinitas partes interconectadas cuyos vínculos, visibles e invisibles, ejercen como resultado diversas interacciones entre ellos. A su vez, es un sistema

dinámico cuyo estado evoluciona a lo largo del tiempo. Esa interrelación y esa variabilidad temporal nos permite representarlo como un fluido. Es decir, el medio ambiente es un sistema en el que confluyen múltiples variables o factores ambientales que se pueden valorar, como son, por ejemplo: el ser humano, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, el clima, el paisaje, los bienes materiales y el patrimonio cultural. Y todos estos factores interaccionan entre sí de forma constante. Ejercen entre ellos un "efecto mariposa" en el que una pequeña perturbación inicial, mediante un proceso de amplificación, puede generar un efecto considerable a corto o medio plazo. Podríamos asimilar el medio ambiente al agua de un lago, en la que se ejerce una pequeña perturbación arrojando una pequeña piedra y eso genera en el agua una onda que se propaga y amplifica a través de las distintas partículas de agua. Para poder analizar los impactos significativos que un determinado proyecto, como pueda ser la construcción de un parque fotovoltaico en un entorno natural concreto, pueda causar, se hace imprescindible llevar a cabo dicho proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en el que se puedan analizar en profundidad estas interconexiones.

La E.I.A. es la herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el medio ambiente. A su vez, a través de ella se proponen medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad. Es decir, constituye un mecanismo de advertencia temprana y de análisis continuo, que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales y protege los recursos ambientales contra daños injustificados o que no han podido ser anticipados. Su enfoque preventivo de identificación y evaluación de los impactos ambientales antes de que se produzcan se desarrolla en distintas etapas. En éstas, se lleva a cabo la selección de los impactos significativos, la definición de alcance, el análisis mediante metodologías adecuadas a cada caso, y la definición de las necesidades de información y de participación ciudadana.

En la Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos fotovoltaicos podemos considerar, en cada una de las fases del proyecto, qué impactos significativos afectan a determinados factores. Y a partir de la identificación de dichos impactos podemos establecer los métodos de evaluación del impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias aplicables para minimizarlos, así como el establecimiento de la metodología de seguimiento.

Podemos distinguir varias fases en las que realizar este análisis: fase de diseño y construcción, fase de explotación, y fase de desmantelamiento.

En cada una de estas fases, estos impactos se analizan en cuanto a su afección a distintos factores según la fase: suelo, agua, recursos naturales, aire, biodiversidad, población, patrimonio cultural, paisaje.

No obstante, existen determinados impactos que afectan en la fase de explotación para los que oficialmente no se ha podido proponer un modelo de tratamiento (**Insausti López, et al., 2018**), como son:

- Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor).
- Daños a las aves por quemaduras en los paneles.
- Mejora de la cubierta vegetal herbácea con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente de alimento para aves y otros grupos funcionales).

En este trabajo se pretende profundizar en la investigación de modelos de tratamientos para estos impactos en los que no se ha conseguido proponer un modelo de tratamiento de forma oficial.

A su vez, existen distintos proyectos singulares de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways") en los que se pretende hacer uso de paneles de células fotovoltaicas. Estas carreteras podrían convertirse en el asfalto del futuro de la ingeniería civil, ya que se plantean como propuestas para luchar contra el calentamiento global, reducir las emisiones nocivas y buscar energías alternativas.

El objetivo de este tipo de carreteras es el aprovechamiento de la red de carreteras existentes, habilitando en la parte superior de la vía paneles de células fotovoltaicas. Existen distintos modelos o diseños de carreteras solares. Unos modelos proponen paneles de células fotovoltaicas resistentes al tráfico rodado, de forma que los vehículos que rueden sobre esta vía puedan generar a su vez electricidad o cualquier forma de energía que se pueda aprovechar. Por ejemplo, proyectos en Estados Unidos, Francia y China (**Solar Roadways, 2009**). Otros modelos de carreteras solares proponen el uso de paneles de células fotovoltaicas en los laterales de la calzada, por ejemplo, los proyectos desarrollados en Italia y en Holanda (**Rijkswaterstaat, 2021**). También existen modelos alternativos donde se propone la colocación de paneles solares en marquesinas ubicadas sobre la calzada, como el siguiente proyecto realizado en Suiza (**Swiss Energypier, 2021**). Todos estos modelos son en los que se centra la investigación de este Trabajo, por su aplicación de paneles solares en proyectos de ingeniería civil.

El objetivo es investigar los impactos antes referidos en los parques fotovoltaicos sobre su aplicación en carreteras solares, identificando a su vez, qué impactos adicionales pudieran tener por el hecho de estar distribuidos a lo largo de la carretera, sobre o en el lateral de la calzada, así como en otros proyectos singulares.

### *3.1.1. Alcance de Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de Parques Fotovoltaicos Terrestres*

Para analizar los impactos más significativos en los factores ambientales de los proyectos de parques fotovoltaicos terrestres, el Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico de España ha establecido determinadas pautas de actuación.

El Subgrupo de trabajo específico para la coordinación de los órganos ambientales en evaluación de impacto de proyectos de energías renovables, enmarcado dentro del Grupo de trabajo de integración ambiental del ministerio para la transición ecológica de España, ha elaborado documentos de referencia donde se recopila y sistematiza la información que se requiere en los estudios de impacto ambiental de parques fotovoltaicos terrestres **(Insausti López, et al., 2018)**.

En estos documentos se incluyen evaluación y tratamiento de los principales impactos, y medidas preventivas, correctoras y compensatorias. La recopilación y sistematización sigue la siguiente estructura en dichos estudios de impacto ambiental:

- **Autorización:** Los parques fotovoltaicos terrestres son puntos de evacuación a la red de transporte de REE (Red Eléctrica de España), por lo que debe tener Autorización de acceso a dicha red.
- **Ubicación y Características del proyecto:** Se considera la localización administrativa y cartográfica, así como las características de construcción, explotación y desmantelamiento de las infraestructuras e instalaciones para la conexión con el parque de la Red de Transporte de REE.
- **Fases de diseño y construcción:** se deben describir todos los elementos de actividades del parque y las actividades e instalaciones para su construcción.
  - Módulos fotovoltaicos:

- Superficie total instalación (Coordenadas UTM, ETRS89)
- Superficie neta ocupación de módulos
- Capacidad máxima anual de producción (GWh/año)
- Número de paneles
- Forma de agrupación
- Características de módulos y paneles (modelo, tipo soporte, anclaje, composición de las células, potencia máxima generada (Wp)
- Distribución espacial parcelas ocupadas
- Distancias entre paneles
- Grado de reflexión horizontal luz polarizada
- Detalle proceso montaje
- Representación cartográfica superficie terreno
- Infraestructura eléctrica de interconexión
  - Número de inversores, localización y características
  - Centros de transformación
  - Cuadros de conexión
  - Trazado y longitud de la línea de baja y media tensión
  - Dimensiones de las zanjas y bandas de ocupación.
  - Representación gráfica de cada banda y superficie a ocupar.
- Subestaciones eléctricas de transformación:
  - Localización cartográfica
  - Dimensiones, características técnicas
  - Elementos constructivos
  - Sistemas de aislamiento.
- Infraestructura de evacuación
  - Representación cartográfica tendido eléctrico de evacuación en tramos aéreos y subterráneos.
- Conexión a la red de transporte de REE:
  - Subestación de conexión
  - Elementos de conexión
- Caminos de acceso por el exterior y viales internos de servicio del parque
  - Representación cartográfica, dimensiones y tipo de firme.
- Vías de concentración de tráfico de vehículos

- Cerramiento del parque
- Sistema de iluminación y señalización nocturna
- Sistema de alarma sonora
- Niveles de emisión acústica (subestación, transformadores, motores paneles)
- Cartografía superficies ocupadas en fase de construcción
- Agua requerida construcción, Tipo y cantidades residuos y vertidos durante la construcción
- Cronograma construcción, Días de la semana y franjas horarias.
- Fases de explotación/funcionamiento.
  - Producción anual esperada y destino de la energía generada
  - Duración fase explotación y solicitud permiso administrativo.
  - Actividades mantenimiento y conservación (sustancias tóxicas limpieza de paneles, mantenimiento elementos que usan gas Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), riesgo de fugas y residuos generados).
  - Riesgos de incidentes explotación.
  - Red interior de caminos y zonas de circulación
  - Iluminación o señalización nocturna
  - Emisión de ruido de los Motores de los paneles e inversores.
  - Intensidad Alarma sonora
  - Modelo cobertura vegetal para suelo del parque
  - Otros controles previstos: medidas plagas.
  - Características y cartografía seguridad contra incendios de línea eléctrica y zonas sometidas a servidumbres
- Fases de cese y desmantelamiento:
  - Vida útil de los equipos empleados y Duración del desmantelamiento.
  - Detalle operaciones desmantelamiento
  - Cartografía superficies a alterar
  - Vías concentración tráfico vehículos y maquinaria.
  - Cronograma: Días de la semana y franjas horarias de actividad desmantelamiento
  - Destino de materiales y residuos generados.
  - Geomorfología, Vegetación y Paisaje a lograr tras restauración.
  - Garantías económicas del desmantelamiento.

- Análisis de alternativas elementos del Proyecto y Justificación solución adoptada
- Inventario ambiental y su cartografía:
  - Suelo, subsuelo y geodiversidad: Identificación LIG - Lugares de Interés Geológico, y otras figuras catalogadas por el IGME o la normativa.
  - Agua: Cartografía de masas de agua superficial o subterránea y zonas protegidas.
  - Otros recursos naturales
  - Aire, clima y cambio climático: Entorno 500 m. Calidad acústica, precipitaciones máximas.
  - Vegetación, hábitats de interés comunitario 500 m elementos superficiales y 100 metros elementos lineales tendido eléctrico. Ficha de cada tipo de vegetación. Riesgo de incendio forestal.
  - Flora: Especies clave a efecto de evaluación. 100 m entorno a cualquier elemento instalación.
  - Fauna: Especies clave a efecto de evaluación. 1 a 5 km entorno a cualquier elemento instalación. Lista de especies. Ficha, Cartografía. Estudio específico aves a un radio de 5 km. Catálogo avifauna.
  - Espacios naturales protegidos: Ley 42/2007 y normativa autonómica. Espacios de la Red Natura 2000.
  - Población y salud humana: Núcleos de población en ámbito del proyecto extendido 1km. Zonificación acústica. Estudio socioeconómico. Estrategia plan desarrollo rural.
  - Usos de la tierra: Cartografía de usos de suelos.
  - Bienes materiales: Montes de utilidad pública, vías pecuarias
  - Patrimonio cultural: Identificación y cartografía elementos inventariados (200 m)
  - Paisaje: Estudio del paisaje 5-10 km
- Identificación y Valoración de impactos ambientales significativos: Evaluación cualitativa y cuantitativa y representación cartográfica de impactos ambientales en las distintas fases.
- Medidas preventivas, correctoras y compensatorias: En cada una de las fases del proyecto y para cada uno de los impactos identificados.
- Programas de vigilancia y seguimiento ambiental

- Tratamiento de los impactos ambientales derivados de la vulnerabilidad del proyecto frente a accidentes graves o catástrofes.

### 3.1.2. Tratamiento de los principales impactos en proyectos de parques fotovoltaicos terrestres

Como se ha indicado anteriormente, en la Evaluación de Impacto ambiental se evalúan los impactos negativos y positivos que un proyecto, como es un parque fotovoltaico terrestre, puede generar sobre el medio ambiente, y se proponen medidas para ajustar los impactos más significativos a niveles de aceptabilidad. Para dar uniformidad al tratamiento de los principales impactos en parques fotovoltaicos terrestres, entendiendo como tal los métodos de evaluación de impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias a utilizar, el Ministerio para la transición ecológica de España, a través del Subgrupo de trabajo específico para la coordinación de los órganos ambientales en evaluación de impacto de proyectos de energías renovables, ha elaborado un documento a seguir.

Dicho Subgrupo de trabajo del Ministerio para la Transición Ecológica, establece en la documentación el tratamiento de los principales impactos en los proyectos de parques eólicos terrestres (**Insausti López, et al., 2018**), tal y como se pueden observar en la siguiente tabla de impactos significativos.

Tabla 1: Tratamiento de los principales impactos en proyectos de parques fotovoltaicos terrestres

Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias
Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.
Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar
Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.
Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.
Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ.

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y  
su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Introducción

<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>
Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Protocolo. Evitar ubicación. Cerramientos permeables. Evitar vaguadas.
Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Suprimir elementos. Reajustar trazado diseño. Restauración vegetación.
Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.
Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.
Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.
Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación
Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.
Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.
Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.
Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.
Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007
Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.
Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad
Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación
Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras.  Restitución y Restauración.
Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.
Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.
Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación
Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.
Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.
Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión.

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y  
su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Introducción

<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>
Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación	Efecto caudal/nivel acuífero. Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.
Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado
Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.
Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos
Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.
Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.
Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.
Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño
Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.
Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolidión, anti electrocución. Compensación
Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja
Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.
Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica
Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.
Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas
Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET
Efectos sobre los usos del suelo	Efectos sobre usos de la tierra y	Diseño: Selección tecnologías

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y  
su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Introducción

<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>
y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.
Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	
Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles
Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.
Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación
Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar
Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles
Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.
Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.
Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.
Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.
Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación
Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal
Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.
Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.
Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos

Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y  
su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Introducción

Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias
Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.
Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento
Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización
Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación
Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral
<b>Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor)</b> <b>(Fase explotación)</b>	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento
<b>Daños a las aves por quemaduras en los paneles</b> <b>(Fase explotación)</b>	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento
<b>Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales)</b> <b>(Fase explotación)</b>	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento	No se ha propuesto un modelo de Tratamiento

## 3.2. OBJETIVOS

El Objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es realizar una investigación sobre los impactos para los que oficialmente no se ha podido proponer un modelo de tratamiento dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental de los Parques Fotovoltaicos. Para ello, se han investigado los posibles métodos de evaluación de impacto posibles, y se ha analizado el establecimiento de las medidas preventivas, correctoras y compensativas más adecuadas a cada uno de ellos.

También el objetivo de este Trabajo es extrapolar este análisis en la construcción de parques fotovoltaicos colocados en carreteras fotovoltaicas y ver como los métodos de evaluación del resto de impactos de los parques fotovoltaicos se ven afectados por situarse a lo largo de la calzada de una carretera.

## 3.3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El Objetivo de Desarrollo Sostenible tratado en el TFG es el de "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos", mediante la investigación de impactos de una posible fuente de energía renovable, con tecnologías más limpias.

A su vez trata el Objetivo de Desarrollo sostenible de "Industria, innovación e infraestructuras", analizando el impacto de la innovación e inversión en infraestructuras que suponen las nuevas tecnologías de energías renovables.

## 3.4. METODOLOGÍA

La metodología seguida es la investigación individual, sin intervención por parte de empresa.

Se ha planteado la redacción del TFG en tres hitos de acuerdo al siguiente cronograma:

- Hito 1 (01/03/2022 - 30/06/2022): Estado del arte impactos ambientales difíciles de cuantificar, analizar y mitigar en proyectos de parques fotovoltaicos

- Hito 2 (01/07/2022 - 30/09/2022): Investigación de proyectos de carreteras fotovoltaicas en los que se apliquen paneles de células fotovoltaicas
- Hito 3 (01/10/2022 - 31/10/2022): Experimentación, Conclusiones y Valoraciones de Métodos de evaluación de impacto y medidas preventivas, correctoras y compensatorias propuestas.

(01/11/2022 - 30/11/2022) Versión completa del TFG y el Póster

(01/12/2022 - 15/12/2022) Defensa del TFG.

La estructura de este TFG se corresponde con estos 3 Hitos:

En el siguiente apartado del presente documento, "4. Desarrollo-Estado del arte", se lleva a cabo el desarrollo de la investigación del Estado del Arte de aquellos impactos ambientales difíciles de cuantificar, analizar y mitigar en Proyectos fotovoltaicos. A su vez se lleva a cabo una revisión bibliográfica de los proyectos singulares existentes en los que se lleve a cabo una visión diferente en el concepto de parques fotovoltaicos, como por ejemplo las carreteras solares.

En el apartado "5. Resultados" se analiza la evaluación de los impactos ambientales que afectan a los diferentes aspectos ambientales en los proyectos fotovoltaicos terrestres, y en los principales proyectos singulares tipo, y se lleva a cabo una comparativa de ellos.

En el apartado "6. Conclusiones" se establecen las conclusiones del TFG acerca de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias para los aspectos ambientales de parques fotovoltaicos terrestres a los que no se ha propuesto un modelo de tratamiento, así como aquellas medidas a aplicar en los proyectos singulares. A su vez, se realiza la propuesta de posibles proyectos futuros de carreteras solares donde sean de aplicación las tecnologías investigadas y se consideren los impactos significativos analizados.

En el apartado "7. Objetivos de Desarrollo Sostenible" se relacionan los objetivos de este Fin de Grado alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030. Y finalmente, en el apartado "8. Bibliografía", se relaciona la bibliografía de referencia analizada.

## 4. DESARROLLO – ESTADO DEL ARTE

Como se ha indicado en el apartado anterior, existen varios impactos ambientales que influyen en los proyectos de parques fotovoltaicos, en su fase de explotación, y para los que no se ha podido establecer oficialmente un tratamiento por parte del ministerio para la transición ecológica y reto demográfico **(Insausti López, et al., 2018)**. Son los siguientes:

- Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor).
- Daños a las aves por quemaduras en los paneles.
- Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otros grupos funcionales).

Para poder analizar qué tratamientos serían los más adecuados para estos tres impactos significativos, es decir, para analizar qué métodos de evaluación y qué medidas preventivas, correctivas y compensatorias serían las adecuadas para mitigar estos impactos significativos a los que no se les ha establecido oficialmente un tratamiento, se ha llevado a cabo un análisis bibliométrico. El objetivo de este análisis es documentar el estado del arte en cuanto al tratamiento de estos tres principales impactos en parques fotovoltaicos terrestres con el fin de identificar las distintas opciones posibles para su tratamiento, analizando su efectividad y su interrelación en la confluencia con otros posibles impactos.

### 4.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Esta investigación se ha basado en un análisis bibliométrico en la base de datos Web of Science (WoS), filtrando los resultados con criterios inclusivos y exclusivos. La revisión de la literatura se ha efectuado para identificar la productividad de autores, publicaciones, años, centros de investigación y herramientas utilizadas.

Los artículos han sido clasificados desde WoS usando los siguientes criterios en la temática (Topic) de los artículos: (Photovoltaic Parks), OR (EIA AND Photovoltaic), OR (Solar Panels), OR (Solar Panels AND EIA), OR (Solar Panels and Impacts), OR (Solar Energy AND EIA), OR (Solar Power AND Environmental impact assessment), OR (EIA AND solar cells AND Birds), OR (Solar Energy AND EIA AND plant cover), OR (solar highways). Esta investigación ha ofrecido un estudio de 20.547 publicaciones. Posteriormente, se ha realizado un refinamiento para asegurar que esas referencias están relacionadas con el propósito de la investigación. Todos los documentos han sido analizados y excluidos si no están incluidos en al menos una de las siguientes categorías:

- R1: la publicación no es un artículo
- R2: el artículo no está en inglés.
- R3: los artículos han sido publicados antes de 2012
- R4: La categoría de los artículos no está relacionado con el propósito del artículo.
- R5: el trabajo ha sido seleccionado de acuerdo a la estrategia de búsqueda, pero a pesar de ello, no se corresponde con el propósito real de ella.

Adicionalmente, 7 artículos han sido incluidos ya que han sido considerados relevantes para la investigación a pesar de no cumplir con los criterios establecidos en la búsqueda por no ser un artículo, por antigüedad o por idioma. Los motivos han sido su aportación de información adecuada e importante en cuanto al tratamiento de los impactos, por el análisis de métodos de evaluación descritos y medidas preventivas, correctivas o compensatorias propuestas descritos en ellos, o bien por aportar información técnica que haya sido utilizada posteriormente como base de conocimiento para la elaboración de proyectos singulares de energía fotovoltaica con aplicación en el ámbito de la ingeniería civil.

El flujo de trabajo del análisis bibliométrico se muestra en la siguiente Figura 1:

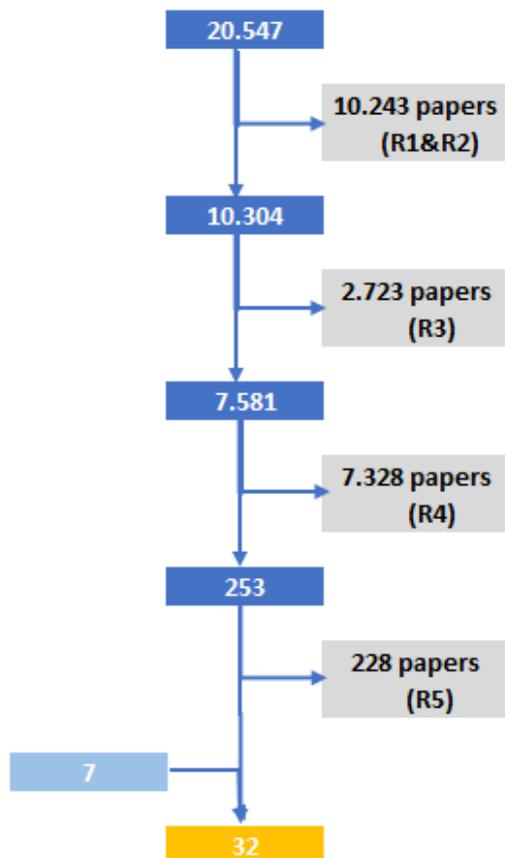


Fig. 1: Flujo de Trabajo del análisis Bibliométrico

Los hallazgos bibliométricos acerca de la producción literaria sobre Impactos en Parques Fotovoltaicos Terrestres, se reflejan en la siguiente Figura 2:

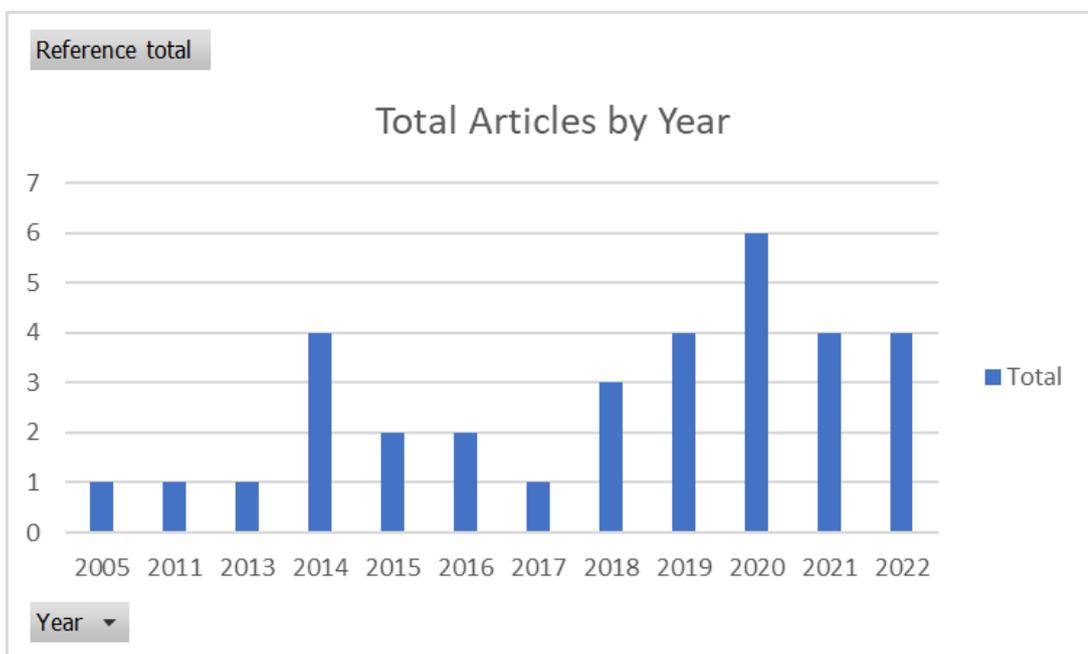


Fig. 2: Producción literaria anual sobre impactos en Parques Fotovoltaicos Terrestres

La lista de los principales centros de investigación por país sobre esta temática se expone en la siguiente Figura 3:

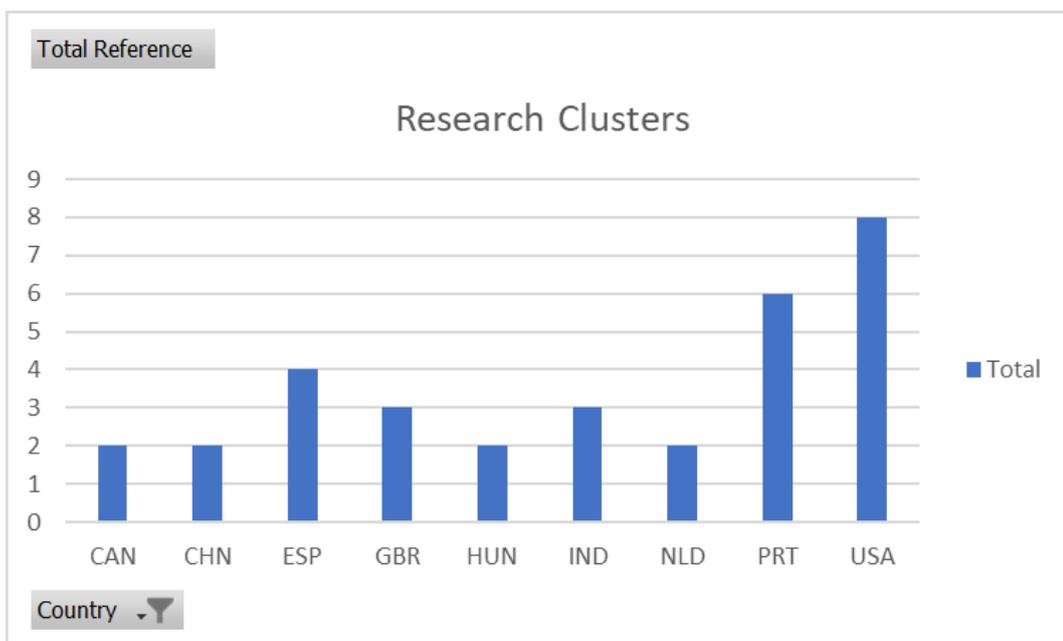


Fig. 3: Lista de principales centros de investigación en Parques Fotovoltaicos

La lista de las principales publicaciones sobre este tema se indica en la Figura 4:

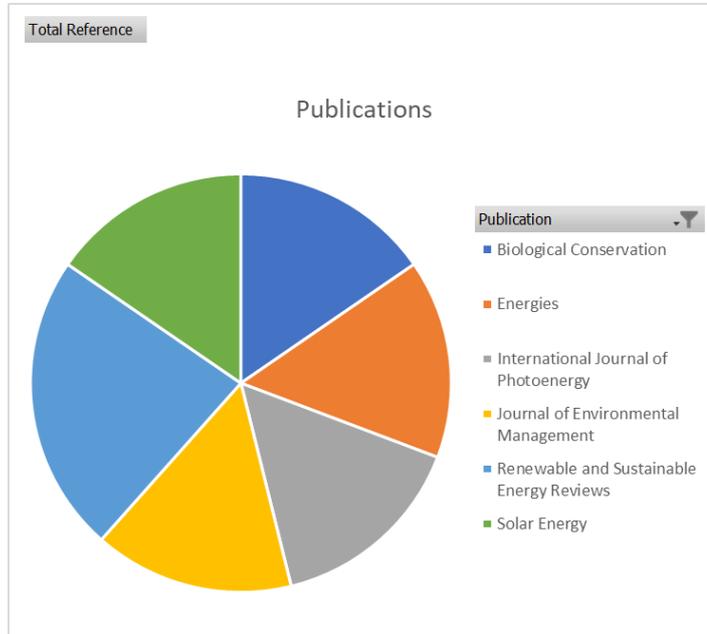


Fig. 4: Lista de las principales publicaciones de artículos sobre esta temática (filtradas por mayor de 1)

La lista de las principales palabras Clave de los autores usadas sobre esta temática es mostrada en la Figura 5:

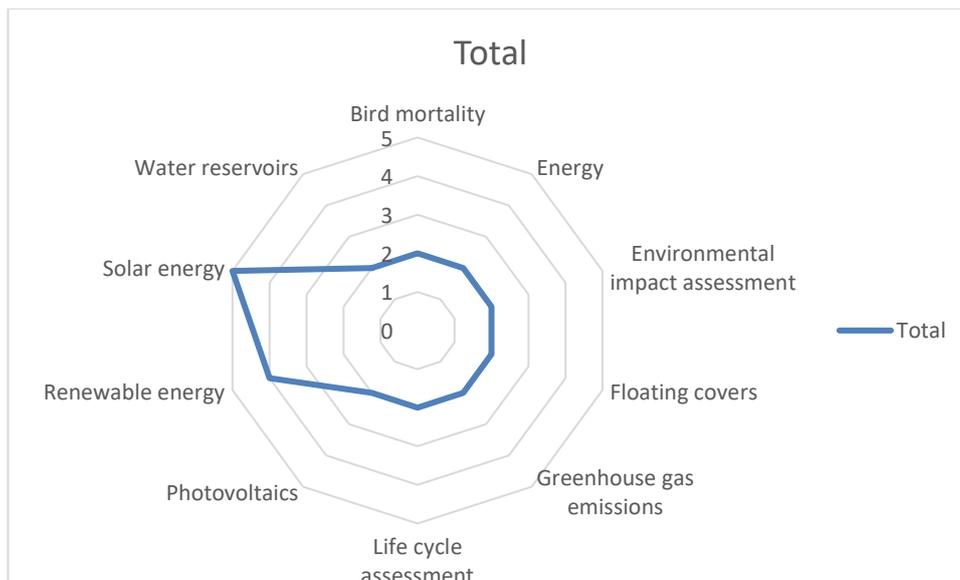


Fig. 5: Lista de las principales palabras clave de los autores usados sobre Parques Fotovoltaicos Terrestres (filtradas por valor mayor que 1)

La distribución geográfica de los países en los que se ubican los principales proyectos y empresas sobre esta temática es mostrada en la Figura 6:

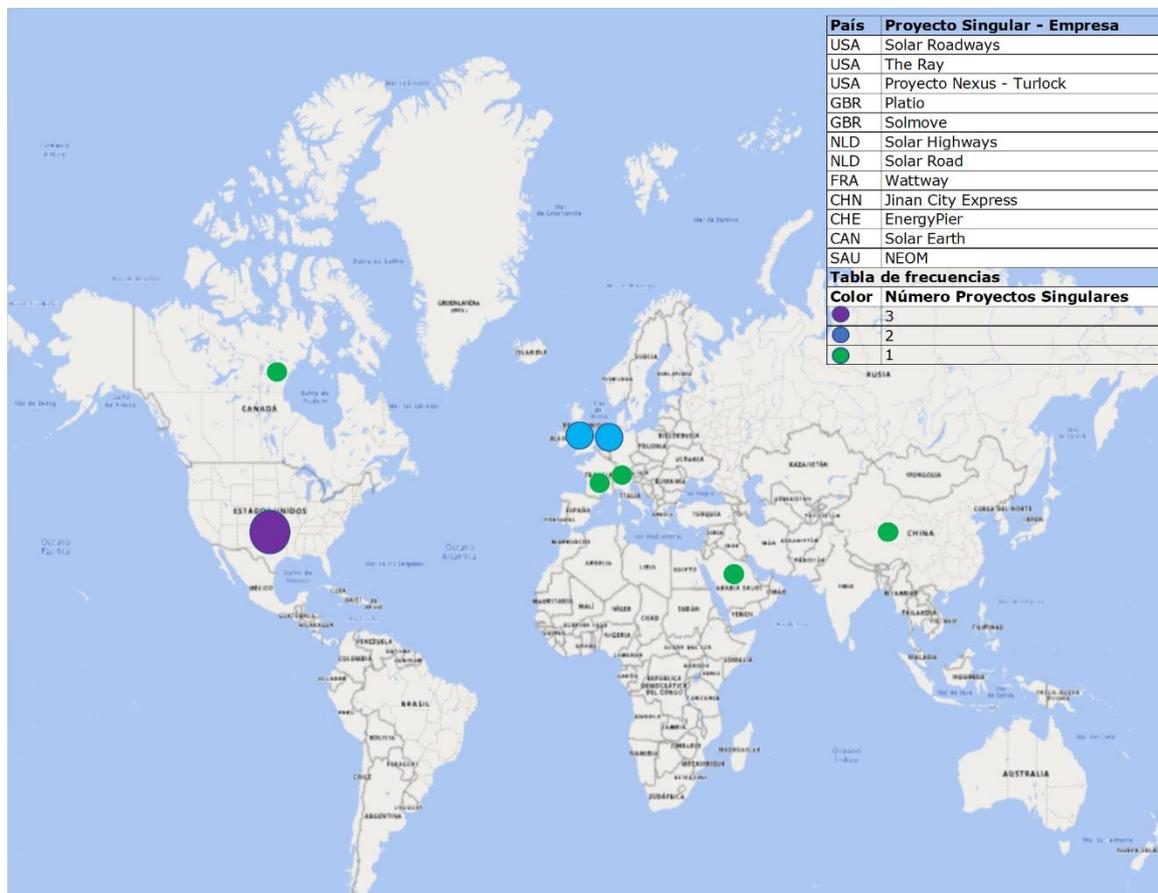


Fig. 6: Distribución geográfica de los países en los que se ubican los principales Parques Fotovoltaicos de Proyectos Singulares

## 4.2. TRATAMIENTO PRINCIPALES IMPACTOS EN PARQUES FOTOVOLTAICOS

La utilización de parques fotovoltaicos terrestres es una de las formas de producción de energía renovable con impactos medioambientales menos graves, pero para la cual se han de considerar todos los posibles impactos. Se han llevado revisiones sistemáticas de dichos impactos, como puede ser la llevada a cabo por **(Zarzavilla, et al., 2022)**, en la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha, realizándose una evaluación de los impactos, con el objetivo de analizar los resultados obtenidos y planificar medidas convenientes, basándose

para ello, en la evaluación del ciclo de vida (LCA-Life cycle assesstment) y la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

Las energías renovables, como los proyectos de energía solar fotovoltaica, se han potenciado como una vía para la descarbonización de la electricidad. En investigaciones como la llevada a cabo por **(Mehedi, Gemechu, & Kumar, 2022)**, se lleva a cabo un análisis de la comparativa de emisiones respecto de otras tecnologías en función del Kw/h producido, en base a lo cual se justifica el uso de este tipo de tecnología.

Existen también otros trabajos que llevan a cabo estudios para conocer la huella ambiental de este tipo de tecnologías, como el realizado por **(Szilágyi & Gróf, 2020)**. En él, se lleva a cabo un análisis de los impactos ambientales de una planta fotovoltaica real de 20 MWp en Hungría utilizando la metodología de huella ambiental del producto (PEF) de la Comisión Europea (2013). En este estudio se concluye que es posible llevar a cabo una reducción del 75% de los impactos agregados en comparación con la mezcla de redes de media tensión, sobre todo en aquellos impactos relacionados con la salud humana y el cambio climático.

### 4.3. AUMENTO TEMPERATURA DIURNA, INTERVALO ENTRE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS Y DISMINUCIÓN DE HUMEDAD (ISLAS DE CALOR)

Uno de los principales efectos de los parques fotovoltaicos terrestres es el impacto correspondiente al aumento de la temperatura diurna, aumento del intervalo de temperaturas máximas y mínimas, y la disminución de la humedad.

Para conseguir minimizar este efecto, es necesario combatir el aumento de temperatura debido a la radiación ya que provoca un efecto negativo en la potencia y eficiencia de los paneles solares, además de afectar al entorno. Para ello, es posible usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura.

#### 4.3.1. *Energía solar Fotovoltaica Flotante*

Una alternativa a los parques fotovoltaicos terrestres convencionales se ha planteado con la propuesta de parques

fotovoltaicos flotantes. Debido a la presencia de agua como elemento minimizador de este impacto, las temperaturas máximas se minimizan pudiendo generarse menores diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas y consiguiendo que la humedad no disminuya de forma tan drástica, y así afectar menos a la cubierta vegetal que pueda existir en los alrededores. Ejemplos de estas propuestas los tenemos en las investigaciones de **(Pimentel Da Silva & Castelo Branco, 2018)** y de **(Rahman, Mahmud, Ahmed, Rahman, & Arif, 2017)**.

Los sistemas de paneles fotovoltaicos flotantes se han planteado como un nuevo concepto de energía solar con menos impactos negativos que los paneles fotovoltaicos convencionales. En estos ejemplos se realiza la comparativa de ambos sistemas acerca de los distintos impactos como la deforestación, la mortalidad de pájaros, la erosión, y los cambios de microclima, concluyendo que existen magnitudes mucho mayores en la implementación de paneles convencionales, que paneles fotovoltaicos flotantes.

Los paneles Fotovoltaicos flotantes (FPV) no son una tecnología diferente que los paneles fotovoltaicos (PV). Ambos convierten la energía del sol en electricidad usando dispositivos semiconductores que se encuentran en el interior de los paneles. La diferencia entre ambos radica en dónde se sitúa el sistema y algún cambio estructural específico en el diseño.

La principal tecnología aplicada en los paneles fotovoltaicos flotantes es la basada en paneles de silicón como se indica en los trabajos de **(Ellabban, Abu-Rub, & Blaabjerg, 2014)**. Requieren la misma área por MWp.

Además de los componentes de los sistemas fotovoltaicos terrestres, los sistemas flotantes requieren de componentes adicionales: pontones o estructuras flotantes, acoplamiento flexible como sistemas de amarre, y un anclaje o amarre que evite que se mueva o rote el panel. Ejemplos de estos sistemas flotantes son los descritos por **(Sahu, Yadav, & Sudhakar, 2016)**, y **(Redón Santafé, et al., 2014)** y **(Redón Santafé, et al., 2014)**.

#### *4.3.2. Uso de materiales de cambio de fase (PCM)*

Para un mejor funcionamiento de los paneles fotovoltaicos es posible utilizar los materiales de cambio de fase o PCM-Phase Change Material.

En condiciones óptimas, el funcionamiento de los paneles solares es óptimo, pero bajo condiciones reales de temperatura en

determinados periodos y niveles mayores de radiación, la potencia real del panel fotovoltaico se sitúa por debajo de las condiciones nominales, afectando a la eficiencia eléctrica del panel fotovoltaico.

Para mantener las condiciones de los paneles solares cercanas a las óptimas, es posible combinar sistemas híbridos o mixtos en que se combinen materiales PCM con los materiales presentes en el panel fotovoltaico PV, de forma que se pueda eliminar el calor excesivo existente detrás de los paneles solares mediante un cambio de fases. **(Subramanian & Neelameggham, 2022)** son ejemplos en los que se hace uso de esta combinación de materiales para evitar estos efectos de isla de calor.

Las principales ventajas que se consiguen son la estabilidad térmica a largo plazo y prevenir los aumentos repentinos de temperatura, y los efectos sobre la eficiencia de los paneles.

### *4.3.3. Pavimentos absorbentes*

Para combatir los efectos de islas de calor, también es posible recurrir a pavimentos cuya superficie esté compuesta de materiales absorbentes, que pueden reducir las temperaturas durante el día y liberar esas temperaturas por la noche. **(Zhu & Mai, 2019)** es un ejemplo de la utilización de este tipo de pavimentos que reducirían el efecto de islas de calor durante el día.

Este tipo de pavimentos consistirían en un conjunto de capas, donde se situarían unas capas de vidrio en las capas superficiales: capa de protección, capa aglutinante transparente, tras las que se situaría una capa de recubrimiento con un pigmento metálico y una capa de respaldo. De esta forma se conseguiría que el haz entrante se reflejara, de forma que podría tener una influencia considerable en la reducción de la temperatura en las superficies del pavimento y la humedad ambiente durante el verano o en regiones de clima más extremo.

No obstante, un inconveniente que podría tener el uso de estos pavimentos absorbentes es la liberación de parte del calor absorbido durante la noche, lo cual podría tener efectos indeseables sobre todo en la fauna que podría verse atraída por dicha fuente de calor.

## 4.4. DAÑOS A LAS AVES POR QUEMARSE EN LOS PANELES.

Otro de los principales impactos de los parques fotovoltaicos terrestres a los que no se ha propuesto un modelo de Tratamiento oficial, es el impacto correspondiente a los daños a las aves por quemarse en los paneles.

Para conseguir minimizar este efecto, es necesario evitar el contacto de las aves con dichos paneles. Una de las razones por la que se pueden producir todos estos problemas, es que las aves ven un reflejo del cielo en el objeto y piensan que no hay obstáculos.

A continuación, se indican distintos métodos de evaluación de impacto y medidas preventivas, correctoras y compensatorias aplicables identificadas en la bibliografía.

### *4.4.1. Empleo de perros como herramienta para mejorar la estimación de la mortalidad de pájaros*

El principal problema de este impacto, además de darle una solución, es su medición y cuantificación. Un método para detectar los problemas derivados de quemaduras y muertes de pájaros por contacto con tendidos eléctricos y paneles solares es el empleo de perros. Como se indica en el trabajo de investigación de **(Paula, et al., 2011)**, es posible mejorar los resultados de cuantificación de este impacto utilizando el empleo de perros para cuantificar las carcasas de pájaros para detectar la mortalidad posible que pueda provocar.

### *4.4.2. Programas de monitorización. Wire marking*

Debido a la dificultad de evaluación, se han llevado a cabo diversos programas de monitorización con el propósito de evaluar la mortalidad de aves, como el realizado por **(Bernardino, et al., 2022)**, donde se llevó a cabo un estudio en Portugal de esta casuística, sobre todo para evaluar los efectos de la temporada, hábitat y tamaño de las carcasas de pájaros encontradas.

Otros trabajos como el de **(Uddin, et al., 2021)**, o bien **(Bernardino, et al., 2018)** reflejan la existencia del problema y la dificultad en su detección y su solución.

Estos últimos autores en su investigación **(Bernardino, Martins, Bispo, & Moreira, 2019)** Re-assessing the effectiveness of wire-marking to mitigate bird collisions with power lines: A meta-analysis and guidelines for field studies, **(2019)** demuestra que el marcado de cables puede influir en la reducción de la colisión con líneas eléctricas, reduciendo la mortalidad en un 50%.

#### *4.4.3. Cámaras de detección de objetos en movimiento y clasificación si es un ave o no*

Otra posibilidad que se está avanzando para tratar de dar una solución a este problema, que se está llevando a cabo por el Departamento de Energía (DOE) en Estados Unidos, en el Laboratorio Nacional de Argonne, es desarrollar un sistema que pueda monitorear automáticamente la actividad de las aves.

Tomando como punto de partida un modelo diseñado para rastrear abejas, se está tratando de aplicar en su vigilancia en las aves. Basándose en la computación de alto rendimiento (HPC), se ha ideado un sistema de cámaras que puede detectar automáticamente un objeto en movimiento en el área y luego clasificar si se trata de una colisión/quemadura o no.

#### *4.4.4. Ahuyentadores*

Una posibilidad es el uso de estrategias disuasorias, de ahuyentadores de aves. Existen distintos productos en el mercado: Bioacústicos, Láser, Visuales, AntiPosado (Discos de Gel). A nivel de parques solares el sistema de control más adecuado es el ahuyentador sónico de aves, ya que con un equipo se pueden cubrir varias hectáreas.

El problema de este método es el impacto sobre las aves y determinadas especies que puede suponer, sobre todo ante la presencia de determinadas especies clave en las que pueda afectar al comportamiento dentro de sus hábitats.

También mediante dispositivos IoT sería posible combinar ambas soluciones anteriores (cámaras de detección y ahuyentador de sonidos),

para hacer una mayor selección en la respuesta disuasoria a las aves que se acercaran a los paneles de los parques fotovoltaicos.

A su vez, cabe señalar que el control de aves es un problema muy complicado, que se da en múltiples escenarios en la vida diaria, provocando incluso accidentes aéreos. Por ello, es algo imprescindible en aeropuertos, estadios deportivos, etc. La solución efectiva, que se aplica en prácticamente la totalidad de ellos, es su control mediante un vuelo periódico de rapaces como halcones, para evitar que las aves invadan el espacio aéreo.

El inconveniente de esta solución, a su vez, podría ser al igual que antes, su impacto sobre determinadas especies clave y el comportamiento dentro de sus hábitats.

#### 4.5. MEJORA DE LA CUBIERTA VEGETAL HERBÁCEA PARA AUMENTO POBLACIONES INSECTOS COMO FUENTE ALIMENTO DE AVES Y OTROS GRUPOS FUNCIONALES.

Otro de los principales impactos de los parques fotovoltaicos terrestres a los que no se ha propuesto un modelo de Tratamiento oficial, es el impacto correspondiente en la cubierta vegetal para la afección a los insectos como fuente de alimento de aves y otros grupos funcionales.

Este impacto se ha de abordar desde dos ángulos de visión. Por un lado, la mejora de la cubierta vegetal, investigando aquellas plantas que mejor funcionan como cubierta vegetal alrededor de los paneles solares, y que sirvan de beneficio a los insectos del ecosistema. Y, por otro lado, actuar en el diseño de los paneles, para evitar los problemas que puedan causar en los insectos debido a la contaminación lumínica polarizadas.

##### *4.5.1. Mejora de la cubierta vegetal en plantas fotovoltaicas*

Existen diversos estudios que evalúan los efectos de la vegetación herbácea preferente a colocar en los parques fotovoltaicos. Por ejemplo,

en el estudio realizado por **(Uldrijan, Kováčiková, Jakimiuk, Vaverková, & Winkler, 2021)**, aborda la cuantificación de los impactos directos e indirectos de los paneles fotovoltaicos sobre la biodiversidad, y propone usando el método de relevés fitocoenológicos, el uso de plantas para la mejora de la cubierta vegetal herbácea, registrando la posición de las plantas en dos sitios: entre los paneles fotovoltaicos y debajo de ellos.

En este estudio se analizaron una serie de especies de plantas recomendadas para ser situadas entre los paneles fotovoltaicos (pastos perennes y hierbas perennes), y otras especies recomendadas para ser situadas debajo de los paneles fotovoltaicos (hierbas perennes). Para dichas especies vegetales, se recomiendan plantas sin relación con la agricultura, con dispersión de semillas limitada, especies nativas, entomófilas y con producción limitada de polen alérgico.

En cualquier caso, para un adecuado uso y un correcto rendimiento, es necesario su mantenimiento regular y medidas eventuales de control para contribuir a la estabilización de la biodiversidad de insectos.

Por ejemplo, para el caso de clima mediterráneo en el estudio de **(Pérez-de-los-Reyes, et al.)**, se propone el uso de varias especies de plantas para llevar a cabo una revegetación en las plantas fotovoltaicas en áreas mediterráneas: Como especies arbustivas para el perímetro del parque fotovoltaico se detectó un mejor funcionamiento de las siguientes (*Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia lentiscus* y *Retama sphaerocarpa*). Y como especies plantadas bajo los paneles solares se detectó una supervivencia mayor en las siguientes (*Cistus monspeliensis* y *Phillyrea angustifolia*).

En este caso, hay que tener en cuenta la relación entre los distintos impactos significativos, y como las soluciones para uno de ellos pueden influir en los demás. En este caso, una mitigación del impacto mediante una mejora de la cubierta vegetal para aumentar la población de insectos puede tener como consecuencia un aumento de la población de insectos mayor de la prevista. Esta circunstancia, puede llevar asociado un aumento de la población de aves que se vean atraídas por ellos como fuente de alimento, y por lo tanto puede producir un aumento del impacto significativo de daños en las aves debidos a las quemaduras (4.4). Por ello, la búsqueda del equilibrio entre los diversos impactos significativos debe ser también un factor determinante en la propuesta de métodos de tratamiento adecuados.

#### *4.5.2. Uso de revestimientos antirreflectantes (ARC) o Uso de cubiertas texturizadas que reduzcan la luz polarizada horizontal*

Muchas especies de insectos dependen de las propiedades de polarización de la luz reflejada, para labores vitales como pueda ser la de detección de agua. Los módulos encapsulados de vidrio atraen a varias especies de insectos acuáticos que buscan agua, debido a la luz polarizada horizontalmente que reflejan. Estos insectos pueden quedarse atrapados, o morir, o poner sus huevos en lugares inadecuados.

Los paneles fotovoltaicos reflejan de forma considerable la luz polarizada horizontal generando polución de luz polarizada (PLP). Esto causa que determinados insectos acuáticos prefieran posar sus huevos en los paneles y no en el agua natural, lo cual puede provocar un impacto negativo en sus poblaciones. Para evitar estos efectos, en su investigación, **(Száz, et al., 2016)** proponen el uso de revestimientos antirreflectantes (ARC) para ser utilizados con un doble objetivo: para aumentar la eficiencia energética y a su vez reducir la cantidad de luz polarizada horizontal (PLP) reflejada. Consiguiendo así que los insectos acuáticos no se sientan atraídos por ella, y de esta forma mantener las poblaciones de insectos acuáticos a salvo de estos impactos.

En las investigaciones de **(Ali, Khan, & Jafri, 2014)**, se explica la tecnología en la que se basa esta solución, fabricando paneles solares a base de silicio para revestimientos antirreflectantes (ARC) de una capa de SiO<sub>2</sub> y de dos capas de SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> aplicando tecnología de pulverización catódica. En esta investigación se comprobó su efecto en poblaciones silvestres de efímeras polarotácticas (Ephemeroptera), tábanos (Tabanidae) y mosquitos que no pican (Chironomidae), utilizados como indicadores de PLP.

Otra solución aplicable para eliminar la contaminación lumínica que daña a los insectos polarotácticos, es utilizar la propuesta en la investigación de **(Fritz, et al., 2020)**. En este trabajo se postula la utilización de cubiertas texturizadas bioreplicadas en vez de cubiertas planas, copiando directamente la microtextura de la superficie de los pétalos de rosa, de forma que resulten poco atractivas para estas especies de insectos, lo cual demuestra la reducción de la contaminación lumínica polarizada.

## 4.6. PROYECTOS SINGULARES.

Continuando con el estado del arte anterior, se analiza en la literatura la existencia de otros proyectos singulares de energía fotovoltaica, con el objetivo posterior de comparar el tratamiento de los impactos significativos de ese tipo de proyectos singulares respecto de los analizados en proyectos de parques fotovoltaicos terrestres, incluidos esos 3 impactos significativos sin tratamiento oficial. El objetivo final es ver si las propuestas existentes para esos tres impactos significativos son aplicables también al resto de proyectos fotovoltaicos de proyectos singulares en ingeniería civil.

Como se ha indicado en la introducción, existen distintos proyectos singulares que hacen uso de células fotovoltaicas. Son diferentes proyectos en los que se cambia el concepto de Parque fotovoltaico terrestre concentrado en una parcela de terreno, por extensiones lineales, en las que, debido a la extensión de terreno en el que se desarrolla, las afecciones a los distintos aspectos ambientales pueden verse modificadas considerablemente. Hablamos de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways"), ciudades lineales ("The Line"), coberturas de canales con placas solares. En todos ellos se plantea hacer uso de paneles de células fotovoltaicas con una extensión lineal.

### *4.6.1. Coberturas de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways")*

La red de carreteras terrestres se ha planteado como un vehículo para la implantación y explotación de instalaciones de paneles, capaces de captar no sólo la energía solar, sino distintas formas de energía. Dentro de lo que es la explotación de la energía solar y el uso de paneles solares, se destacan diferentes proyectos singulares existentes, donde hay diversos planteamientos en función de la situación de la colocación de los paneles o celdas para para captar la energía solar.

#### 4.6.1.1. Cobertura pavimento de la calzada con diferentes materiales

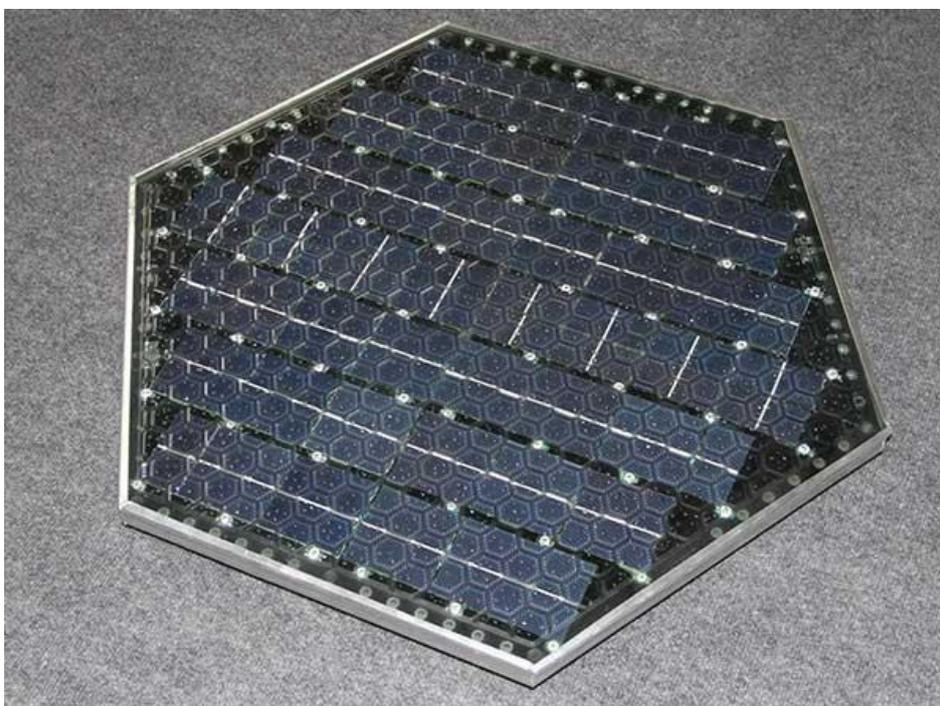
El hormigón y el asfalto son los materiales principales que se utilizan tradicionalmente para construir carreteras, caminos y pistas de aterrizaje. No obstante, existen diversos proyectos que tratan de

revolucionar esta premisa, basados en la idea de utilizar una nueva tecnología de pavimento solar inicialmente propuesto por Solar Roadways Inc. (SR) **(Solar Roadways, 2009)**.

Esta nueva tecnología de Paneles solares para carreteras (SRP- Solar Road Panels) propone usarlos como material alternativo y a su vez como fuente de energía. En investigaciones como las llevadas a cabo por **(Ronald A. Coutu, Newman, Munna, Tschida, & Brusaw, 2020)**, se relacionan los estudios llevados a cabo por SR para usar los SRP en aplicaciones no críticas como estacionamientos, realizando pruebas de congelación/descongelación, absorción de humedad, vehículos pesados y pruebas de cizallamiento.

Hay diversos prototipos de estos paneles solares para carreteras: empresas como Solar Roadways, Solmove **(Solmove, 2022)**, Platio Solar **(Platio, 2022)**, o Solar Earth **(Solar Earth, 2022)** trabajan en el desarrollo de esta tecnología.

Ejemplo de placa solar de la empresa Solar Roadways.



*Fig. 7: Ejemplo de placa solar de la empresa Solar Roadways*

Ejemplo de placa solar de empresa Solmove VOLTSTREET.



*Fig. 8: Ejemplo de placa solar de empresa Solmove VOLTSTREET*

Ejemplo de placa solar de empresa Solmove SOLWALK.



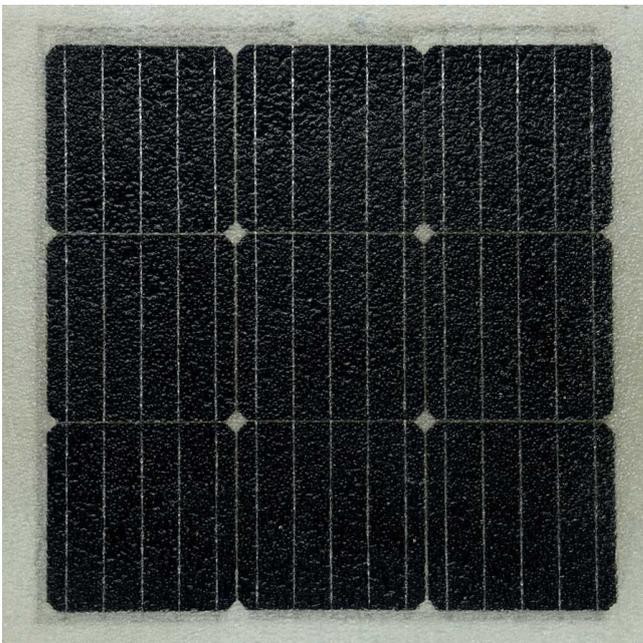
*Fig. 9: Ejemplo de placa solar de empresa Solmove SOLWALK*

### Ejemplo de Pavimento Solar PLATIO.



*Fig. 10: Ejemplo de Pavimento Solar PLATIO*

### Ejemplo de Pavimento de empresa Solar Earth:



*Fig. 11: Ejemplo de Pavimento de empresa Solar Earth*

A través de esta tecnología de Paneles Solares para carreteras, cuyas diversas formas de obtener energía (termoeléctrica,

piezoeléctrica, fotovoltaica) se han analizado en diversas investigaciones (**Wang, Xiao, & Zhao, 2021**), se han desarrollado a lo largo del mundo diversos proyectos a distinto nivel en el que se han puesto a prueba este tipo de pavimentos. Destacan los siguientes:

- **Estados Unidos:** En 2006 se fundó la empresa Solar Roadways. En 2014 se inició el Proyecto en Idaho basado en reemplazar el asfalto por paneles solares hexagonales, que se inauguró en 2016, pero se hundió debido al mal funcionamiento con las lluvias.

Posteriormente se han llevado a cabo nuevos proyectos como la carretera solar de 50 metros de Georgia.

- **Holanda:** En Krommenie a 25 kilómetros de Ámsterdam se instaló en 2014 una pista solar de 70 metros para el recorrido de bicicletas. El proyecto fue desarrollado por la empresa SolaRoad (**Sola Road, 2014**).



*Fig. 12: Ejemplo de Proyecto SolaRoad en Holanda*

- **Francia: Wattway** corresponde a la primera carretera solar del mundo instalada en Tourouvre, Francia, en la región de Normandía, con pavimento formado por placas solares "Wattway"

**(Wattway, 2016)**, conformadas por cinco capas de silicio. Se inauguró en 2016 un primer tramo de 1 Kilómetro de largo. Esta primera experiencia resultó un fracaso debido a la generación de múltiples grietas producidas en los paneles por los tractores y vehículos de gran tamaño, y por la escasa energía producida respecto a los objetivos por la presencia de hojas secas a lo largo de la calzada que tapaban los paneles.



*Fig. 13: Ejemplo Proyecto Wattway en Francia*

- **China: Jinan City Express** es la carretera solar de 1 Kilómetro instalada en la ciudad de Jinan (provincia de Shandong-China), fabricada con hormigón transparente, paneles solares y una capa de sellado. El hormigón transparente tiene propiedades similares a la del asfalto, y la capa de sellado protege de la humedad. La superficie de polímero complejo permite circular a los automóviles a más de 100 km/h.

El tramo consiguió generar en 2018 más de 96.000 KWh en 3 meses, pero el vandalismo condicionó su rendimiento.



Fig. 14: Ejemplo Proyecto Jinan City Express en China

- **Otros:** Con la misma tecnología de Wattway, se instaló 50 metros cuadrados de paneles fotovoltaicos en el Principado de Mónaco, en el Rose Garden. También hay otro proyecto piloto en Japón.

En general esta tecnología, por diversos factores, todavía no ha llegado a desarrollarse al nivel esperado que prometía en sus inicios.

#### 4.6.1.2. Situación en el lateral de la vía

Como alternativa a la sustitución de los materiales con los que se construyen las carreteras, están los planteamientos en los que se utilizan paneles fotovoltaicos como complemento a las carreteras ya existentes. Uno de dichos planteamientos es utilizar los laterales de la vía para la colocación de los paneles solares.

Existen diversos proyectos relacionados con esta estrategia, pero cabría destacar los siguientes:

- **Proyecto Solar Highways (Holanda):** Iniciativa del Rijkswaterstaat, organismo del Ministerio holandés de Infraestructura y Gestión del Agua. En este proyecto de Solar Highways (**Solar Highways, 2018**) se ha desarrollado una barrera de paneles solares que cumple dos objetivos, por un lado reduce el ruido del tráfico, y por el otro, genera electricidad tanto en la parte delantera como trasera de los paneles de una forma sostenible. Este proyecto, financiado por la Unión Europea está

implantado en un lado de la autopista A50 en Uden. Empezó a generar energía en 2018.



*Fig. 15: Ejemplo Proyecto SolarHighways en Holanda*

- **The Ray (Estados Unidos):** Es una iniciativa desarrollada en Estados Unidos (**The Ray, 2020**), para hacer uso de las áreas de “derecho de paso” cercanas a las carreteras y propiedad de los departamentos estatales de transporte, debido a sus condiciones para el desarrollo de la energía renovable. En concreto la instalación de paneles solares, por ser superficie sin sombrear, facilidad de acceso y propiedad pública.



*Fig. 16: Ejemplo Proyecto The Ray en Estados Unidos*

#### 4.6.1.3. Cobertura en marquesina sobre la calzada

Otra de las estrategias utilizadas como alternativa a la sustitución de los materiales con los que se construyen las carreteras, es situar los paneles solares sobre marquesinas que se ubiquen sobre la vía. Con

esta posibilidad es posible combinar distintos modelos de energía renovable para explotar el diseño en toda su funcionalidad. Con estas soluciones se combinan distintas formas de generar energía: con la energía solar y la energía eólica (**Qi, et al., 2020**).

Un ejemplo de este tipo de estrategia y tecnología, lo constituye la empresa EnergyPier (**EnergyPier - Suiza, 2021**), con un proyecto piloto de dos plantas en Suiza, y con proyectos futuros para su implantación en proyectos en el continente africano, el cuál, debido a sus condiciones climáticas, favorece el despliegue de plantas de energía mixta (solar + eólica).

- **Central eléctrica combinada EnergyPier en Fully (Suiza), autopista A9:** 1.609 m para una producción anual de 50 GWh/año (12.500 viviendas) y una vida útil de 150 años.
- **Central eléctrica combinada EnergyPier en A4-KW de Knonauer Amt (ZH-ZG) (Suiza):** 2.500 m para una producción anual de 78 GWh/año (20.000 viviendas) y una vida útil de 150 años.

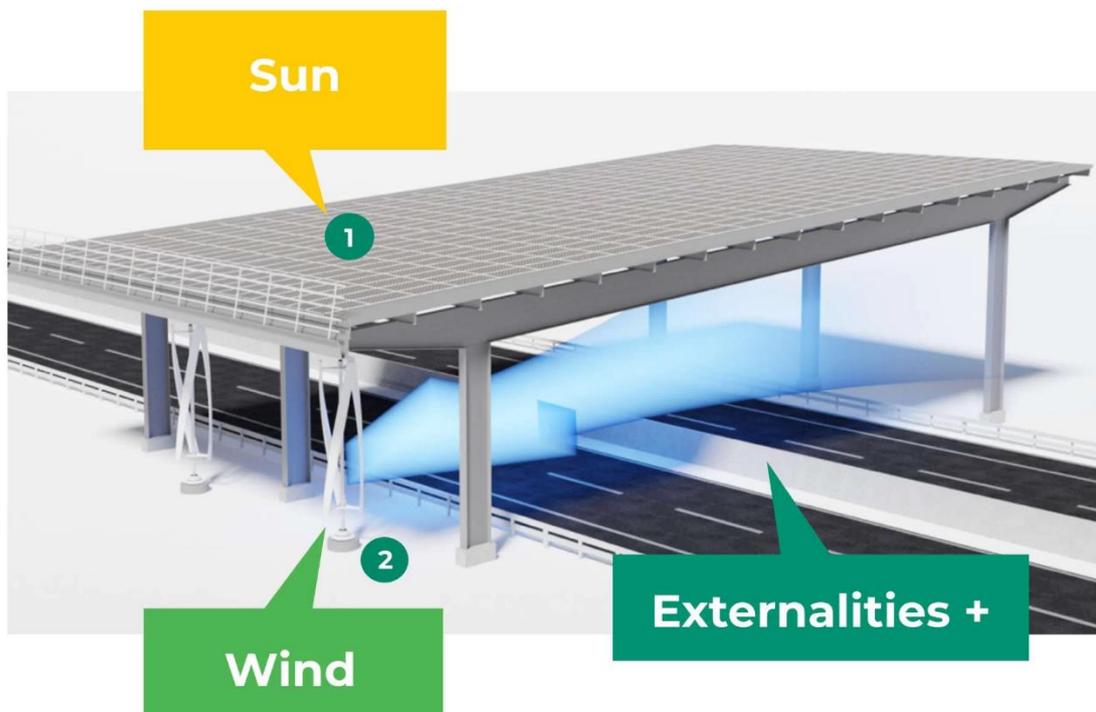


Fig. 17: Ejemplo Proyecto EnergyPier en Suiza

## 4.6.2. Coberturas de Embalses

Otra de las estrategias utilizadas como alternativa a la sustitución de los materiales con los que se construyen las carreteras, es situar los paneles solares sobre el agua, en embalses o en el mar. Las plantas fotovoltaicas flotantes aprovechan la superficie de los embalses o del mar sobre el que se sitúan para generar electricidad mediante los paneles solares.

En estas alternativas flotantes, se cubren dos objetivos. Por un lado, aprovechar el espacio disponible en el agua, reduciendo también con ello la evaporación del agua embalsada al no recibir la luz solar de forma directa, y por otro, facilitar la refrigeración de las placas solares. En España se instaló en 2020 la primera de estas plantas flotantes como proyecto piloto en el embalse Sierra Brava en Zorita (Cáceres), y de momento, es la única con conexión a la red. La constituyen 3.000 paneles solares con capacidad de 1,1 MW para 1.000 hogares.

Además de reducir la evaporación de agua debido al aislamiento proporcionado por las placas, esta alternativa presenta también como ventaja el mayor rendimiento, ya que con el agua se facilita la refrigeración de las placas, debido a que cuanto más caliente está el material menos electricidad produce. También son eficientes en costes, ya que se pueden aprovechar las infraestructuras de las centrales hidroeléctricas para conectarlas a las redes. Y como desventajas está el que sean paneles fijos, por lo que no se pueden orientar en la dirección del sol, y por lo tanto tienen menos horas de luz. Y también el posible efecto adverso en un hábitat clave para la migración de las aves.

Ejemplo de paneles flotante situados sobre embalse:



*Fig. 18: Ejemplo de paneles flotante situados sobre embalse*

En Portugal se encuentran también ejemplos de este tipo plataformas flotantes, denominadas como "islas solares", que se van implantando por todo el mundo, siendo Portugal el ejemplo de la mayor estructura singular de Europa con el embalse de Alqueva, con una matriz de 12.000 paneles solares. Producirá 7,5 GWh al año para satisfacer el suministro de 1.500 viviendas.

En el mundo hay ya instalaciones mucho mayores como el Proyecto Saemangeum en Corea del Sur, situado en un estuario en la desembocadura del río Dongjin y el río Mangyeong, y construido en 2006, con una capacidad de 1.200 MW. Este es un ejemplo clave en la afección al hábitat. Antes del 2006, la región era un hábitat crítico para el descanso en la migración de las aves entre Asia y Alaska o Rusia. Dicha infraestructura ha provocado el decrecimiento de muchas especies, dos de ellas (*Tringa guttifer* y *Eurynorhynchus pygmeus*) en peligro de extinción.

En el sur de Japón, en la bahía de Kagoshima, al lado del volcán Sakurajima se inauguró en 2013 la planta solar más grande de Japón. Dicha planta se ubicó en el mar debido a la falta de espacio terrestre existente por la alta densidad de población de este país. La solución por la que se optó fue situar las infraestructuras solares en el agua. Es una planta flotante que ocupa 1,2 kilómetros cuadrados, con un total de 290.000 paneles solares resistentes al agua.



*Fig. 19: Ejemplo de paneles flotante situados sobre Bahía en Japón*

### 4.6.3. Cobertura de canales de riego (Project Nexus-California USA)

Los canales de riego (caces), son conducciones de agua que cumplen la función de distribuir el agua desde una fuente de agua principal (río, embalse) hacia canales secundarios.



Fig. 20: Ejemplo Proyecto Nexus en Estados Unidos

En California (USA) se lleva a cabo la ejecución de un Proyecto llamado "Project Nexus" (**Turlock Water & Power - California (USA), 2021**), consistente en la instalación de marquesinas de paneles solares en distintas secciones de los canales de riego del Distrito de riego de Turlock (TID-Turlock Irrigation District). Se trata de un proyecto piloto que estará completo en 2024 para analizar los beneficios colaterales de la energía solar sobre los canales de riego, que en el caso del estado de California abarcan un total de 6.500 km.

El nombre del proyecto "Nexus" se hace eco de esa unión o simbiosis que se pretende conseguir entre la producción de energía y el tratamiento del agua.

El proyecto comienza con un tramo de 150 metros situado en una parte curva del canal en la localidad de Hickman (a 160 km de San Francisco), y un segundo tramo de 1,6 km se ubica cerca de la localidad de Ceres, también en California.

Este tipo de conducciones tienen asociados algunos problemas como son la proliferación de algas y malezas acuáticas, y la evaporación

de agua a lo largo de su trayecto debido a la acción del sol y el viento sobre el agua.

La solución a esta problemática se complementa con el uso de paneles fotovoltaicos de forma simbiótica por dos motivos:

- Por un lado, la cobertura con paneles fotovoltaicos sobre el curso del canal proporciona sombra como protección contra el sol y a su vez, protege del viento. Esto ahorra pérdidas en costes de mantenimiento y de pérdida de volumen de aportación.
- Por otro lado, la acción del agua tiene el potencial de enfriar los paneles y mejorar el efecto de aumento de la temperatura diurna que estos provocan. A su vez, evita la ocupación de terreno de cultivo.

#### 4.6.4. Ciudades Lineales

Las ciudades y poblaciones en general tradicionalmente siempre se han situado en la cercanía de ríos o de una fuente de agua. Y la forma más usual de diseño y construcción de las ciudades siempre ha sido concentrada alrededor de un lugar. En la actualidad existen proyectos singulares donde se plantea una expansión o cobertura lineal de la ciudad.

Un ejemplo de este tipo de proyecto singular es el llevado a cabo por la empresa NEOM bajo el proyecto "The Line" (**NEOM - The Line - Arabia Saudí, 2022**), todavía en fase inicial, donde se plantea la construcción de una ciudad lineal en Arabia Saudí para el año 2030. El planteamiento de dicha ciudad lineal es el de una ciudad sin carreteras, ni coches, ni calles, ni emisiones, basada 100% en energía renovable. El objetivo de este tipo de ciudad, de 200 metros de ancho por 170 km de largo y a 500 metros sobre el nivel del mar, es priorizar la salud y el bienestar de las personas sobre el transporte y la infraestructura. Pretende albergar hasta 9 millones de personas y se extenderá 34 kilómetros cuadrados. El medio de transporte planteado es un transporte público eficiente bajo tierra, similar a "Hyperloop" o "vactrain", transporte consistente en un tubo al vacío de alta velocidad, capaz de recorrer la ciudad en 20 minutos de un extremo al otro.



Fig 21: Ejemplo Proyecto "The Line" empresa NEOM en Arabia Saudí



Fig. 22: Vista Proyecto "The Line"

"The Line" estará cubierta con millones de paneles (espejos) sólo visibles desde el exterior. Este planteamiento de ciudad lineal cambia los estándares en cuanto al tratamiento de los aspectos medioambientales a tratar.



Fig. 23: Imagen Ubicación paneles de espejos en Proyecto "The Line"



Fig. 24: Ubicación Geográfica del Proyecto "The Line"

## 5. RESULTADOS

En la explotación de la energía solar fotovoltaica como una energía verde, limpia no contaminante y renovable, se llevan a cabo proyectos para la construcción de diversas tipologías de parques fotovoltaicos dentro del ámbito de la ingeniería civil: parques fotovoltaicos terrestres, parques fotovoltaicos flotantes sobre embalses y sobre canales de riego, parques fotovoltaicos lineales sobre carreteras solares, y ciudades lineales. En todas estas tipologías de proyectos de construcción de parques fotovoltaicos existen impactos significativos en el medioambiente que pueden ser comunes o específicos de cada tipología. Todos ellos deben evaluarse para poderlos prevenir, corregir o mitigar. Para ello, es necesario establecer tratamientos de los principales impactos, es decir, métodos de evaluación de impacto y medidas preventivas, correctoras y compensatorias, identificando aquellos que puedan ser transversales y aplicarse a todas las tipologías, de forma que puedan ser utilizados en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental como condiciones y medidas de Declaración de Impacto Ambiental y como Disposiciones importantes de seguimiento ambiental.

A partir de la literatura existente analizada en el apartado 4- Estado del arte, en este apartado de Resultados se evalúa qué tratamientos serían los más adecuados para los tres impactos significativos sin tratamiento oficial. Por lo tanto, se propone en los proyectos fotovoltaicos terrestres los métodos de evaluación y las medidas preventivas, correctivas y compensatorias adecuadas para mitigarlos. De esta forma, se realiza una propuesta completa para el tratamiento de los principales impactos en parques fotovoltaicos terrestres tomando como base la propuesta por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Esta propuesta de tratamiento para los parques fotovoltaicos terrestres, sirve de base para llevar a cabo una comparativa con los tratamientos aplicables a los impactos significativos de aquellos Proyectos singulares de energía fotovoltaica en el ámbito de la ingeniería civil identificados en el Estado del arte.

En este apartado de resultados, se van a exponer los resultados relativos a la comparativa de los principales impactos sobre los distintos factores ambientales a analizar en la Evaluación de Impacto Ambiental entre los proyectos de parques fotovoltaicos terrestres y los proyectos de parques fotovoltaicos de proyectos singulares identificados en el apartado 4.6. Se hará inclusión también en dicha comparativa de los

métodos de evaluación y medidas propuestos en los apartados 4.3, 4.4 y 4.5 para la reducción del impacto de aquellos aspectos ambientales a los que oficialmente el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico no ha propuesto todavía un modelo de tratamiento oficial.

Se van a considerar los siguientes factores o aspectos ambientales que son susceptibles de sufrir impactos significativos sobre ellos:

- Medio natural factores abióticos:
  - **1. Agua** (e hidrología): contaminación, disminución caudal, cambio de uso, hidrología superficial y subterránea.
  - **2. Aire** (y climatología): contaminación, ruido, malos olores, climatología: cambio de temperatura, aumento de lluvias, aumento de evaporación, aumento de nubosidad.
  - **3. Suelo:** pérdida de suelos, dunas, acidificación, salinización, generación de pantanos, problemas de drenaje, residuos sólidos, formas del terreno.
- Sobre el medio natural factores bióticos:
  - **4. Vegetación** (vida vegetal): pérdida de biodiversidad, extinción de especies, alteración sobre especies endémicas, alteración sobre especies protegidas
  - **5. Fauna** (vida animal): pérdida de biodiversidad, extinción de especies, alteración sobre especies endémicas, alteración sobre especies protegidas.
- Sobre el medio perceptivo:
  - **6. Paisaje:** deterioro percepción del paisaje.
- Sobre el medio antrópico:
  - **7. Población:** pérdida base de recursos naturales, alteraciones culturas, pérdida de recursos arqueológicos, traslado de población, usos del suelo, energía, transporte y flujos de tráfico, servicio público, bienes y patrimonio cultural.

En las siguientes tablas comparativas se indican los distintos factores ambientales, junto con sus impactos y posibles medidas preventivas, correctoras y compensatorias, en los proyectos de parques fotovoltaicos terrestres y los proyectos singulares identificados en el punto 4.6.

### *5.1.1. Comparativa Coberturas de carreteras fotovoltaicas o solares ("solar highways")*

El concepto reciente de carreteras solares, la cercanía en el tiempo del desarrollo de la tecnología de pavimentos solares, y el hecho de que los proyectos existentes sean en sí prototipos, hace que los estudios sobre sus posibles impactos medioambientales todavía sean poco conocidos. Determinados estudios como el realizado por **(De Schepper, Van Passel, Manca, & Thewys, 2012)**, intentan abordar estas investigaciones desde un punto de vista de sus beneficios medioambientales, pero sin entrar en discusión de sus posibles impactos.

Para abordar el análisis del tratamiento aplicable a los principales impactos significativos de proyectos fotovoltaicos de carreteras solares se ha seguido la siguiente metodología. Se ha tomado como base los tratamientos oficiales propuestos por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, a los que se le han añadido los tratamientos extraídos del Estado del arte que se han considerado más adecuados para los tres impactos significativos sin tratamiento oficial. Con ello, se ha construido una base completa de tratamientos para los impactos significativos de parques fotovoltaicos terrestres. Posteriormente, considerando como punto de partida dicha base, se han analizado, evaluado y propuesto los tratamientos aplicables a cada uno de los impactos significativos para los proyectos singulares de parques fotovoltaicos de carreteras solares, considerando las características especiales de cada proyecto singular abordado en la literatura del Estado del arte. A partir de ello, se han extraído una serie de conclusiones con el fin de detectar tratamientos comunes transversales y medidas aplicables para las diferencias en determinados impactos.

A continuación, se desglosan los principales impactos significativos, los métodos de evaluación de impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias en los proyectos singulares lineales de coberturas de carreteras solares ("solar highways") y su comparativa respecto de los identificados para los parques fotovoltaicos terrestres.

Tabla 2: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Carreteras fotovoltaicas.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Evitar ubicación. Cerramientos permeables. Evitar vaguadas.	Ocupación zonas inundables	Estudio de cuencas y subcuencas. Estudio superficie afectada, Riesgos inundación, erosión	Estudio viabilidad económica, técnica y ambiental Ejecución de corredores verdes para canalización de escorrentías Drenes Transversales y Alternativas de diseño.
1.AGUA	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Suprimir elementos. Reajustar trazado diseño. Restauración vegetación.	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Reajustar trazado diseño. Ejecución corredores verdes para canalización escorrentías.
1.AGUA	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión.	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión. Seleccionar especies vegetales resistentes.
1.AGUA	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación	Efecto caudal/nivel acuífero. Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación.	Medir Efecto caudal/nivel acuífero. Medir Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	En los proyectos lineales mismas medidas que los terrestres: Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado Ejecución de corredores verdes para canalización de escorrentías Drenes Transversales y Alternativas de diseño.
1.AGUA	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.
1.AGUA	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación. Mayor extensión, por lo tanto mayor impacto	Estudio viabilidad económica, técnica y ambiental Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
2.AIRE	Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.	Pérdida de sumideros CO2 (árboles). Aunque ocuparían la parte de la carretera sin árboles se ha de valorar cómo afectaría a la superficie arbolada anexa	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.
2.AIRE	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos	Exposición al ruido.	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos, en el caso de los paneles laterales cumplirían doble función (energía, reducción ruido)
2.AIRE	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.
2.AIRE	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Excluir del diseño. Mantenimiento cobertura.

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
2.AIRE	Emissiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.	Emissiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.
3.SUELO	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.
3.SUELO	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar
3.SUELO	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
3.SUELO	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.
3.SUELO	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.
3.SUELO	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.
3.SUELO	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar
3.SUELO	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.	Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.
3.SUELO	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.
4.VEGETACION	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación
4.VEGETACION	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Relocalización.
4.VEGETACION	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.
4.VEGETACION	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Modificación trazado en fase de diseño
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
4.VEGETACION	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación
4.VEGETACION	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal
4.VEGETACION	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
4.VEGETACION	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
4.VEGETACION	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento. Mayor riesgo al ser mayor extensión	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.
5.FAUNA	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad
5.FAUNA	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolidión, anti electrocución. Compensación	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolidión, anti electrocución. Compensación
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.
5.FAUNA	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica
5.FAUNA	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.
5.FAUNA	Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas	<b>Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias. Al tener una extensión lineal este impacto es mucho mayor</b>	<b>Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave</b>	<b>Ejecución de Corredores verdes Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas</b>

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
5.FAUNA	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET
5.FAUNA	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
5.FAUNA	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento. Mayor riesgo al ser mayor extensión	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes
5.FAUNA	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas entre paneles y debajo de ellos Uso recubrimientos antirreflectantes o cubiertas texturizadas	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas entre paneles y debajo de ellos Uso recubrimientos anti reflectantes o cubiertas texturizadas
6.PAISAJE	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Medidas protección especio. Medidas compensatorias
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación	Deterioro percepción paisaje.	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Cierre durante desmantelamiento o señalización
6.PAISAJE	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación
7.POBLACION	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.
7.POBLACION	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.
7.POBLACION	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias). Al ser lineal el riesgo de impacto es mayor	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.
7.POBLACION	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Modificar diseño. Restauración. Compensación.
7.POBLACION	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Modificar localización. Vallado. Compensación

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Aprovechamiento de las carreteras ya existentes. Medidas protección especio. Medidas compensatorias
7.POBLACION	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.
7.POBLACION	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica
7.POBLACION	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles
7.POBLACION	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos
7.POBLACION	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.
7.POBLACION	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento

Tras la elaboración de estas tablas comparativas de los impactos significativos que afectan a los diferentes factores ambientales en los proyectos fotovoltaicos terrestres y en los proyectos fotovoltaicos de carreteras solares, se pueden extraer una serie de conclusiones que se van a exponer a continuación.

La primera de ellas es que, de los 79 impactos significativos identificados en proyectos fotovoltaicos terrestres, todos ellos se producen también en los proyectos de carreteras solares, por lo que muchos de los tratamientos pueden aplicarse de forma transversal a los proyectos de carreteras solares. A continuación, se muestra un gráfico donde podemos ver qué factores ambientales se ven más afectados, y donde podemos apreciar que la fauna y la vegetación van a ser los factores ambientales que más impactos significativos sufran.

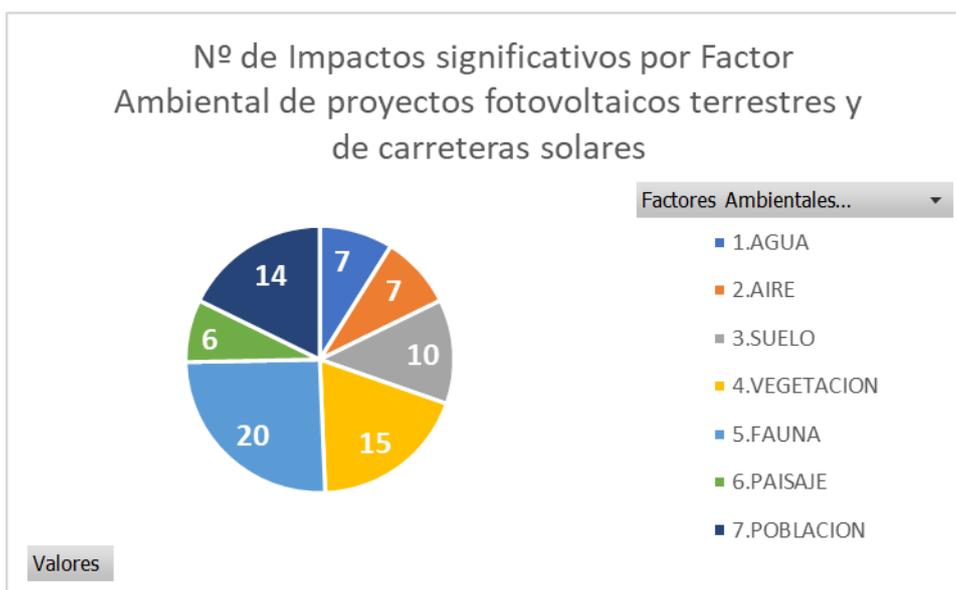


Fig. 25: Número de impactos significativos por factor ambiental en parques fotovoltaicos terrestres y parques fotovoltaicos en carreteras solares

La segunda conclusión que podemos extraer está relacionada con las diferencias en cuanto al tratamiento, en lo relacionado con los métodos de evaluación, pero sobre todo con las medidas preventivas, correctoras y compensatorias. Hay dos diferencias significativas en el tratamiento de los parques fotovoltaicos de carreteras solares respecto a los parques fotovoltaicos terrestres.

Por un lado, la ventaja del aprovechamiento de las carreteras existentes, que sirve para mitigar 19 de los 79 impactos significativos identificados en los proyectos fotovoltaicos terrestres. Estos impactos se concentrarían sobre todo en los factores ambientales de vegetación, suelo, paisaje y población.

Por otro lado, existe la desventaja de ser proyectos lineales, que, por lo tanto, afectan a más territorio y pueden aumentar la gravedad del impacto. Esta circunstancia obligaría a tomar medidas adicionales respecto de las adoptadas en partes fotovoltaicos terrestres, como es por ejemplo la construcción de corredores verdes. Estas medidas apreciamos que afectarían a un total de 4 impactos significativos concentrándose sobre todo a los factores ambientales del agua y la fauna.

También podemos apreciar que casi el 70% (55 de 79) de los tratamientos de los impactos significativos para parques fotovoltaicos terrestres serían transversales, aplicables también a parques fotovoltaicos de carreteras solares, siendo susceptibles de tratarse de forma diferente el resto.

Estos aspectos se pueden apreciar en el siguiente gráfico donde se refleja el total de impactos significativos por factor ambiental, el total de impactos en los que es aplicable el aprovechamiento de carreteras y la construcción de corredores verdes como medidas preventivas, correctoras y compensatorias, y el total de impactos significativos con diferencias en el tratamiento.

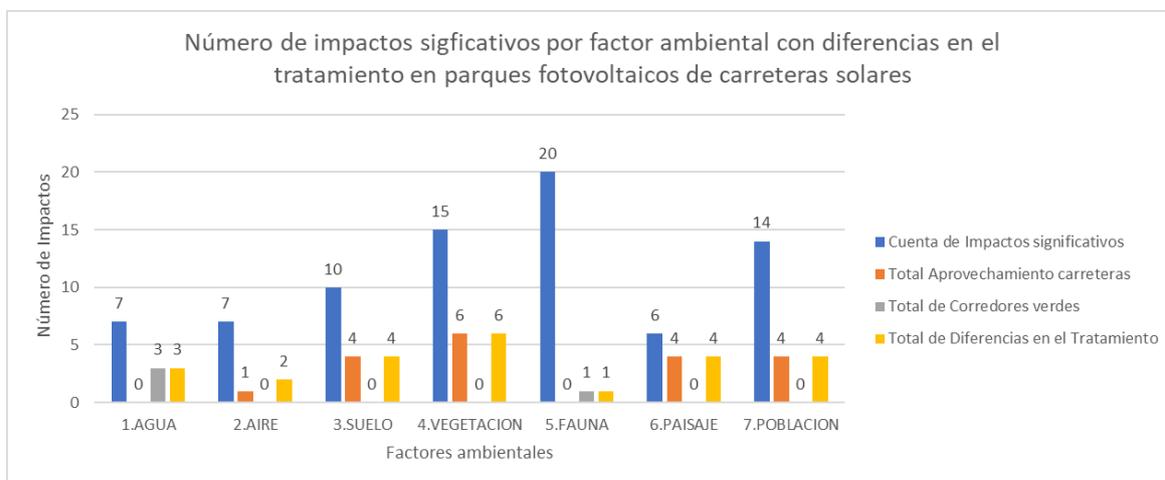


Fig. 26: Número de impactos significativos por factor ambiental con diferencias en el tratamiento aplicado en parques fotovoltaicos de carreteras solares

### *5.1.2. Comparativa Cobertura de Embalses*

La construcción de parques fotovoltaicos flotantes a priori reduce o minimiza el número de impactos significativos respecto de los parques fotovoltaicos terrestres. No obstante, determinados estudios, como el llevado a cabo por **(Bo, Li, Zeng, & Liu, 2022)**, identifican un aumento de la temperatura de la tierra, lo cual implica también en el caso de los embalses un aumento de la temperatura del agua, que puede afectar a su vez a la fauna y flora existente.

Para abordar el análisis del tratamiento aplicable a los principales impactos significativos de proyectos fotovoltaicos flotantes se ha seguido la siguiente metodología. Se ha tomado como base los tratamientos oficiales propuestos por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, a los que se le han añadido los tratamientos extraídos del Estado del arte que se han considerado más adecuados para los tres impactos significativos sin tratamiento oficial. Con ello, se ha construido una base completa de tratamientos para los impactos significativos de parques fotovoltaicos terrestres. Posteriormente, considerando como punto de partida dicha base, se han analizado, evaluado y propuesto los tratamientos aplicables a cada uno de los impactos significativos para los proyectos singulares de parques fotovoltaicos flotantes, considerando las características especiales de cada proyecto singular de parque fotovoltaico flotante abordado en la literatura del Estado del arte. A partir de ello, se han extraído una serie de conclusiones con el fin de detectar tratamientos comunes transversales y medidas aplicables para las diferencias en determinados impactos.

A continuación, se desglosan los principales impactos significativos, los métodos de evaluación de impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias en los proyectos singulares de cobertura de embalses (parques fotovoltaicos flotantes) y su comparativa respecto de los identificados para los parques fotovoltaicos terrestres.

Tabla 3: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Parques Fotovoltaicos Flotantes

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Evitar ubicación. Cerramientos permeables. Evitar vaguadas.	No aplica	No aplica	No aplica
1.AGUA	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Suprimir elementos. Reajustar trazado diseño. Restauración vegetación.	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	En proyectos flotantes, fijar y respetar porcentajes de ocupación
1.AGUA	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión.	No aplica	No aplica	No aplica
1.AGUA	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación	Efecto caudal/nivel acuífero. Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.	Impacto sobre el agua por contaminación.	Medir Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Medidas especiales de control a nivel de diseño.
1.AGUA	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado	No aplica	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.
1.AGUA	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.
2.AIRE	Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
2.AIRE	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.
3.SUELO	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar	No aplica	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.
3.SUELO	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.
3.SUELO	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.
4.VEGETACION	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación	Destrucción vegetación acuática (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación
4.VEGETACION	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.	No aplica	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.
4.VEGETACION	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.
4.VEGETACION	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño	No aplica	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
4.VEGETACION	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación
4.VEGETACION	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal	Efecto final restauración sobre vegetación y vegetación acuática/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal
4.VEGETACION	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
4.VEGETACION	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
4.VEGETACION	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	No aplica, el agua del embalse serviría de refrigeración de los paneles solares	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción hábitats especies clave de fauna. Especial afección a aves	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Traslocación. Restauración. Compensación.
5.FAUNA	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007	<b>Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas. Especial afección a aves, muchas de ellas migratorias</b>	<b>Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.</b>	<b>Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Traslado. Porcentajes de ocupación. Aplicar Ley 42/2007</b>

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad
5.FAUNA	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Porcentaje de ocupación. Señalización. Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja	No aplica, al no estar cerrado el parque sobre la superficie del agua	No aplica	No aplica

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
5.FAUNA	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación acuática o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.
5.FAUNA	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna. Efecto más importante en flotantes	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica
5.FAUNA	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar comunidades insectos acuáticos del embalse y de ríos y humedales del entorno	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.
5.FAUNA	Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas	Pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Porcentajes de ocupación

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
5.FAUNA	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET
5.FAUNA	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
5.FAUNA	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	No aplica, el agua del embalse serviría de refrigeración de los paneles solares	No aplica	No aplica
5.FAUNA	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas entre paneles y debajo de ellos Uso recubrimientos anti reflectantes o cubiertas texturizadas	No aplica, en este caso, aplicaría un control de la vegetación subacuática de algas por falta de sol.	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas debajo de los paneles Uso recubrimientos anti reflectantes o cubiertas texturizadas
6.PAISAJE	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.	Afección al paisaje durante las obras	Determinar zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Diseño integrado. Restauración.
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios ocupación, posición.
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización
6.PAISAJE	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución. Compensación
7.POBLACION	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación
7.POBLACION	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.
7.POBLACION	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.
7.POBLACION	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.
7.POBLACION	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
7.POBLACION	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.	Efectos sobre actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. Porcentaje de ocupación. Compensación.
7.POBLACION	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica
7.POBLACION	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles	Efectos compatibilidad planificación del territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.
7.POBLACION	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos
7.POBLACION	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.
7.POBLACION	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento

Tras la elaboración de estas tablas comparativas de los impactos significativos que afectan a los diferentes factores ambientales en los proyectos fotovoltaicos terrestres y en los proyectos de fotovoltaicos flotantes, se pueden extraer una serie de conclusiones que se van a exponer a continuación.

La primera de ellas es que, de los 79 impactos significativos identificados en proyectos fotovoltaicos terrestres, 62 van a producirse también en los proyectos fotovoltaicos flotantes, por lo que muchos de los tratamientos pueden aplicarse de forma transversal a los proyectos fotovoltaicos flotantes. A continuación, se muestra un gráfico donde podemos ver qué factores ambientales se ven más afectados en los parques fotovoltaicos flotantes, donde podemos apreciar que la fauna, la población y la vegetación van a ser los factores ambientales que más impactos significativos sufran.

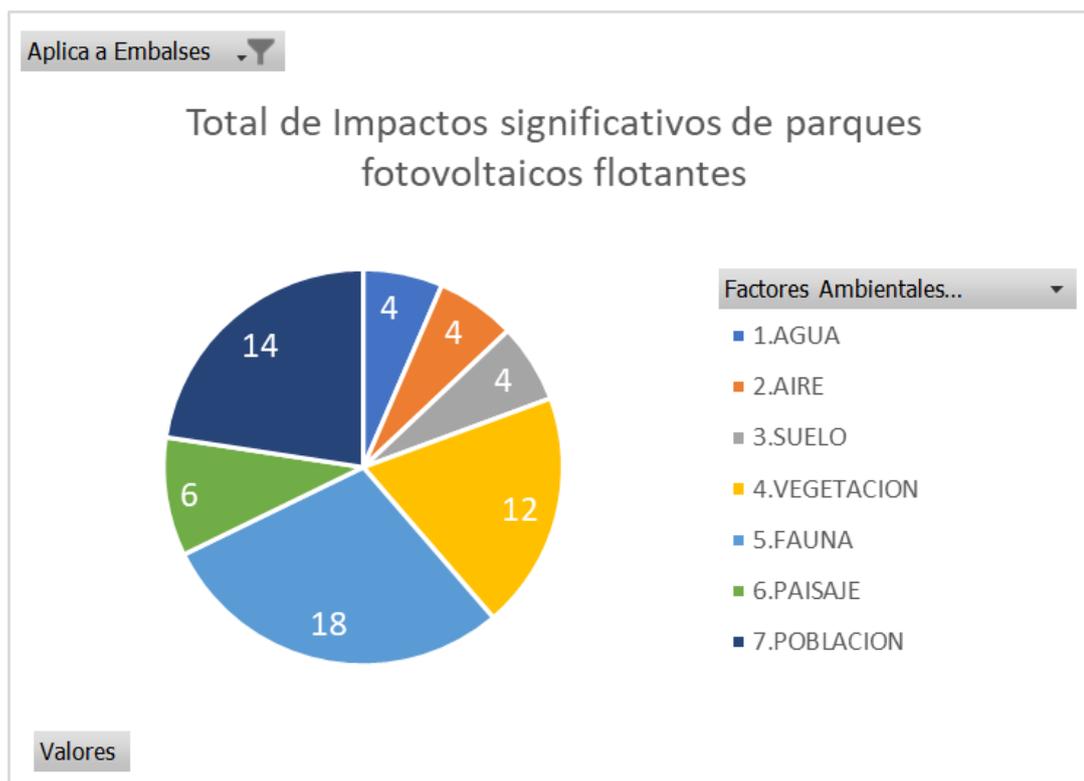


Fig. 27: Número de impactos significativos por factor ambiental en parques fotovoltaicos terrestres y parques fotovoltaicos flotantes

Como vemos el número de impactos significativos de los parques flotantes se reduce casi en un 20% respecto a los parques fotovoltaicos terrestres, lo cual constituye una ventaja. A esta, se le suman también las ventajas de la no ocupación de terrenos agrícolas y la disminución

de la evaporación del agua embalsada debido a la protección que brindan los paneles solares a la incidencia directa del sol en el agua. Es por estos motivos, por lo que existe una tendencia actual al establecimiento de parques flotantes.

Por el contrario, existen impactos cuya gravedad puede aumentar por el hecho de situarse dichos parques en el entorno acuático en que es más habitual la presencia de insectos y también la presencia de fauna, en concreto de aves, muchas de ellas migratorias. Al ser el agua un elemento vital en la fauna, y ser un hábitat propicio para los insectos, dichos impactos significativos deben ser especialmente cuidados. Es por ello que, en los tratamientos de parques fotovoltaicos flotantes, es necesario establecer determinadas medidas adicionales para protección de las aves. Una propuesta de medida preventiva es el establecimiento de porcentajes de ocupación del agua embalsada, que sean capaces de respetar una coexistencia con las especies que habitan el embalse, y a su vez el establecimiento de medidas compensatorias para su cuidado.

Estos aspectos se pueden apreciar en el siguiente gráfico donde se refleja el total de impactos significativos por factor ambiental, el total de impactos aplicables a los embalses, el total de impactos susceptibles de establecer porcentajes de ocupación como medidas preventivas, y el total de impactos significativos con diferencias en el tratamiento.

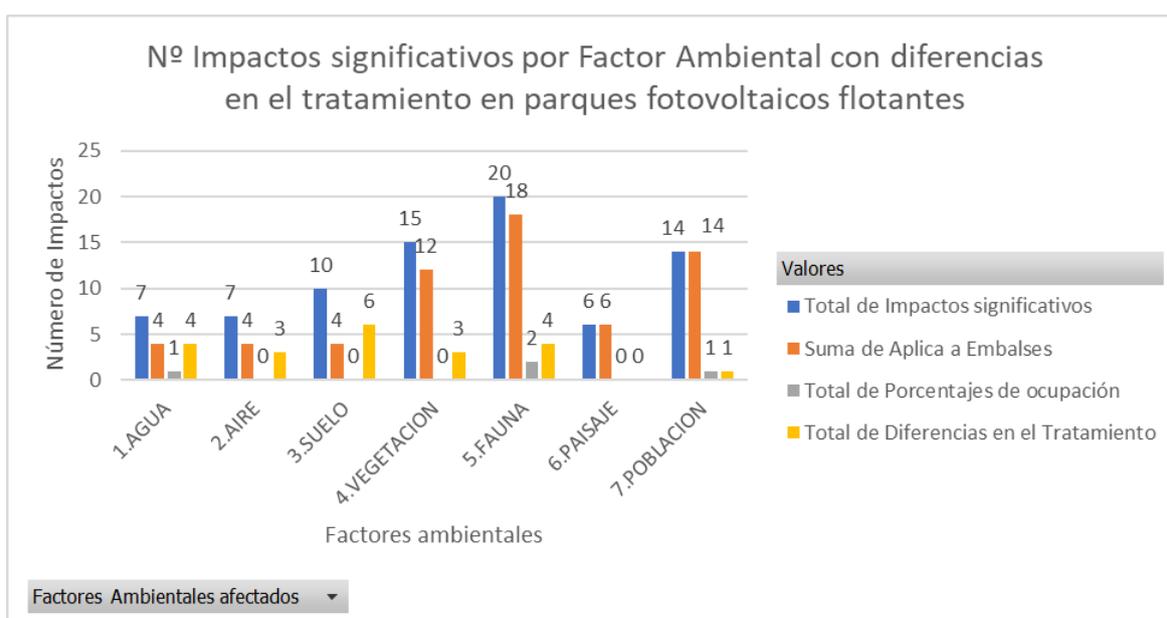


Fig. 28: Número de impactos significativos por Factor ambiental aplicables en el tratamiento de parques fotovoltaicos flotantes (embalses)

### *5.1.3. Comparativa Cobertura Canales de Riego*

Al igual que ocurría con las carreteras solares, los proyectos de coberturas de canales de riego en simbiosis con paneles fotovoltaicos constituyen proyectos relativamente novedosos en un estado inicial de prototipo, lo cual hace que los estudios sobre sus posibles impactos medioambientales todavía sean escasos. Determinadas investigaciones, como la llevada a cabo por **(Mérida García, Fernández García, Camacho Poyato, Montesinos Barrios, & Rodríguez Díaz, 2018)**, apuntan sobre los beneficios de la conjunción de ambas tecnologías, pero no existen demasiadas investigaciones sobre los posibles impactos medioambientales, que a priori pueden ser menos lesivos que otro tipo de proyectos singulares.

Para abordar el análisis del tratamiento aplicable a los principales impactos significativos de parques fotovoltaicos en canales de riego, se ha seguido la siguiente metodología. Se ha tomado como base los tratamientos oficiales propuestos por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, a los que se le han añadido los tratamientos extraídos del Estado del arte que se han considerado más adecuados para los tres impactos significativos sin tratamiento oficial. Con ello, se ha construido una base completa de tratamientos para los impactos significativos de parques fotovoltaicos terrestres. Posteriormente, considerando como punto de partida dicha base, se han analizado, evaluado y propuesto los tratamientos aplicables a cada uno de los impactos significativos para los proyectos singulares de parques fotovoltaicos de canales de riego, considerando las características especiales de cada proyecto singular abordado en la literatura del Estado del arte. A partir de ello, se han extraído una serie de conclusiones con el fin de detectar tratamientos comunes transversales y medidas aplicables para las diferencias en determinados impactos.

A continuación, se desglosan los principales impactos significativos, los métodos de evaluación de impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias en los proyectos singulares lineales de coberturas de canales de riego y su comparativa respecto de los identificados para los parques fotovoltaicos terrestres.

Tabla 4: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Canales de Riego.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Evitar ubicación. Cerramientos permeables. Evitar vaguadas.	Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Evitar ubicación en las zonas inundables del canal de riego. Evitar vaguadas.
1.AGUA	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Suprimir elementos. Reajustar trazado diseño. Restauración vegetación.	No aplica, al ser los propios canales de riego parte de esas obras hidráulicas	No aplica	No aplica
1.AGUA	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión.	No aplica	No aplica	No aplica
1.AGUA	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación	Efecto caudal/nivel acuífero. Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.	Impacto sobre el agua por contaminación.	Medir Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Medidas especiales de control a nivel de diseño.
1.AGUA	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado	No aplica	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.
1.AGUA	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.
2.AIRE	Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
2.AIRE	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.	No aplica	No aplica	No aplica
2.AIRE	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.
3.SUELO	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar	No aplica	No aplica	No aplica

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.
3.SUELO	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.
3.SUELO	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.	No aplica	No aplica	No aplica
3.SUELO	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.
4.VEGETACION	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación	No aplica	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.	No aplica	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.	No aplica	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.
4.VEGETACION	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño	No aplica	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
4.VEGETACION	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación
4.VEGETACION	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal	No aplica	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
4.VEGETACION	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
4.VEGETACION	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	No aplica, el agua del canal serviría de refrigeración de los paneles solares	No aplica	No aplica
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.
5.FAUNA	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad
5.FAUNA	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación	Mortalidad de aves por colisión o electrocución	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Supresión cables tensores. Evitar cerramientos tramos características especiales

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación acuática o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.
5.FAUNA	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica
5.FAUNA	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.
5.FAUNA	Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas	Inicialmente No aplica, al situarse en canales de riego donde ya se habrá contemplado ese posible impacto	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
5.FAUNA	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET
5.FAUNA	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
5.FAUNA	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	No aplica, el agua del canal de riego serviría de refrigeración de los paneles solares	No aplica	No aplica
5.FAUNA	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores

Investigación de aspectos ambientales ligados a implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y su aplicación a carreteras fotovoltaicas

Resultados

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otros grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas entre paneles y debajo de ellos Uso recubrimientos anti reflectantes o cubiertas texturizadas	No aplica, en este caso, aplicaría un control de la vegetación subacuática de algas por falta de sol.	Control y seguimiento estado cubierta vegetal acuática. Control poblaciones insectos	Uso recubrimientos anti reflectantes o cubiertas texturizadas
6.PAISAJE	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición.
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización
6.PAISAJE	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución. Compensación
7.POBLACION	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.	No aplica, en teoría mejoraría el abastecimiento del agua evitando pérdidas y costes	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación
7.POBLACION	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.	No aplica ya que se utilizaría sobre canales de riego	No aplica	No aplica
7.POBLACION	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.	No aplica ya que se utilizaría sobre canales de riego	No aplica	No aplica
7.POBLACION	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.	No aplica ya que se utilizaría sobre canales de riego	No aplica	No aplica
7.POBLACION	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación	No aplica ya que se utilizaría sobre canales de riego	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección especio. Medidas compensatorias
7.POBLACION	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.	Efectos beneficiosos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	No aplica
7.POBLACION	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica
7.POBLACION	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
7.POBLACION	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.
7.POBLACION	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos
7.POBLACION	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.
7.POBLACION	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento

Tras la elaboración de estas tablas comparativas de los impactos significativos que afectan a los diferentes factores ambientales en los proyectos fotovoltaicos terrestres y en los proyectos de fotovoltaicos de canales de riego, se pueden extraer una serie de conclusiones que se van a exponer a continuación.

La primera de ellas es que, de los 79 impactos significativos identificados en proyectos fotovoltaicos terrestres, 55 van a producirse también en los proyectos fotovoltaicos de canales de riego, por lo que muchos de los tratamientos pueden aplicarse de forma transversal a los proyectos fotovoltaicos de canales de riego. A continuación, se muestra un gráfico donde podemos ver qué factores ambientales se ven más afectados en los parques fotovoltaicos de canales de riego, donde podemos apreciar que la fauna y la vegetación van a ser los factores ambientales que más impactos significativos sufran.

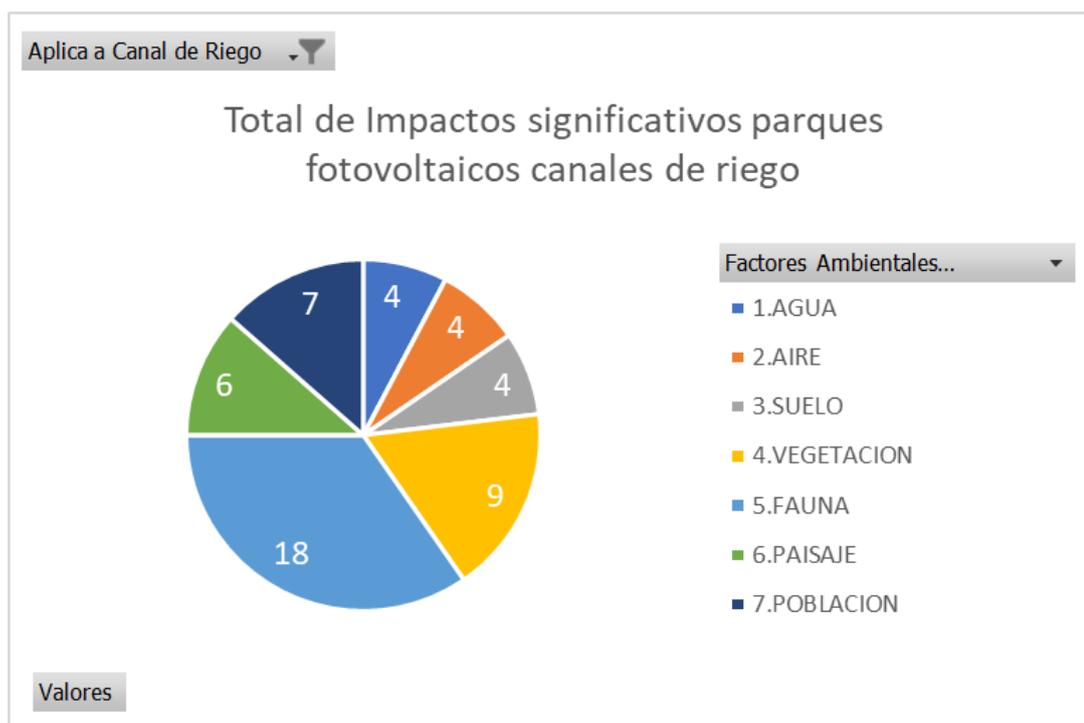


Fig. 29: Número de impactos significativos em parques fotovoltaicos de canales de riego

Como vemos el número de impactos significativos de los parques fotovoltaicos de canales de riego se reduce en más de un 30% respecto a los parques fotovoltaicos terrestres, lo cual constituye una ventaja. A esta, se le suman también las ventajas de la no ocupación de terrenos agrícolas, y la simbiosis que proporciona a las construcciones de los canales de riego por la disminución de la evaporación del agua que circula por el canal debido a la protección que brindan los paneles solares a la incidencia directa del sol en el agua, y a los beneficios

relacionados con el costo de mantenimiento por la no proliferación de algas. Es por estos motivos, por lo que existe un interés creciente en este tipo de parques fotovoltaicos.

Por el contrario, existen impactos cuya gravedad puede aumentar por el hecho de situarse dichos parques en el entorno acuático, en que es más habitual la presencia de insectos y también la presencia de fauna, en concreto de aves, muchas de ellas migratorias. Al ser el agua un elemento vital en la fauna, y ser un hábitat propicio para los insectos, dichos impactos significativos deben ser especialmente cuidados. Es por ello que, en los tratamientos de parques fotovoltaicos de canales de riego, es necesario establecer determinadas medidas adicionales para protección de las aves. Una propuesta de medida preventiva es el establecimiento de porcentajes de ocupación o limitaciones en tramos especialmente sensibles.

Estos aspectos se pueden apreciar en el siguiente gráfico donde se refleja el total de impactos significativos por factor ambiental, el total de impactos aplicables a proyectos fotovoltaicos de canales de riego, el total de impactos susceptibles de establecer porcentajes de ocupación en tramos especialmente sensibles como medidas preventivas, y el total de impactos significativos con diferencias en el tratamiento.

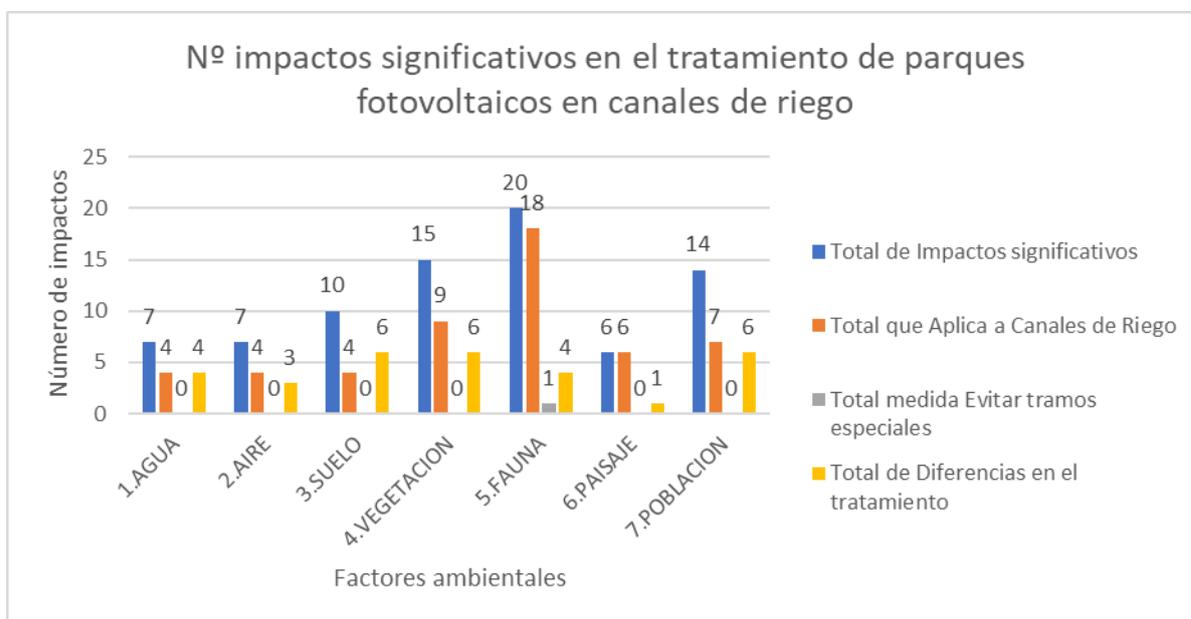


Fig. 30: Número de impactos significativos con diferencias en el tratamiento de parques fotovoltaicos en canales de riego.

### *5.1.4. Comparativa Ciudades Lineales*

Aunque el concepto de ciudad lineal pueda plantearse como un concepto nuevo por considerarse excepcional, a lo largo de la historia se han producido este tipo de casos excepcionales, como pueda ser la ciudad lineal de Tokaido en Japón que se desarrolló entre los siglos XVII y XIX (**Duran Fernandez & Romera Giner, 2020**). De esa experiencia, tal y como se indica en las conclusiones de los trabajos de investigación llevados a cabo por (**Sorensen, 2019**), podemos esperar de este tipo de megaciudades lineales importantes problemas ambientales, así como retos sociales y de gobernabilidad, como los producidos en la experiencia de Tokaido, cuya expansión produjo una gran crisis medioambiental. Así mismo hace referencia a que la gran expansión del área urbana generó el surgimiento de mega conurbaciones que brindaron un enorme impulso al crecimiento económico debido a las ganancias asociadas por la reconversión de suelo rural en urbano, lo cual derivó en numerosos problemas medioambientales.

Para abordar el análisis del tratamiento aplicable a los principales impactos significativos de parques fotovoltaicos en ciudades lineales, se ha seguido la siguiente metodología. Se ha tomado como base los tratamientos oficiales propuestos por el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, a los que se le han añadido los tratamientos extraídos del Estado del arte que se han considerado más adecuados para los tres impactos significativos sin tratamiento oficial. Con ello, se ha construido una base completa de tratamientos para los impactos significativos de parques fotovoltaicos terrestres. Posteriormente, considerando como punto de partida dicha base, se han analizado, evaluado y propuesto los tratamientos aplicables a cada uno de los impactos significativos para los proyectos singulares de parques fotovoltaicos de ciudades lineales, considerando las características especiales de cada proyecto singular abordado en la literatura del Estado del arte. A partir de ello, se han extraído una serie de conclusiones con el fin de detectar tratamientos comunes transversales y medidas aplicables para las diferencias en determinados impactos.

A continuación, se desglosan los principales impactos significativos, los métodos de evaluación de impacto y las medidas preventivas, correctoras y compensatorias en los proyectos singulares de ciudades lineales y su comparativa respecto de los identificados para los parques fotovoltaicos terrestres.

Tabla 5: Tabla Comparativa Impactos significativos en Parques Fotovoltaicos Terrestres y Proyectos Singulares de Ciudades Lineales

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Ocupación zonas inundables	Estudio superficie afectada. Riesgo inundación, erosión.	Evitar ubicación. Cerramientos permeables. Evitar vaguadas.	En proyectos lineales ocupación zonas inundables	Estudio de cuencas y subcuencas en proyectos lineales, riesgos inundación. Estudio acuíferos en proyectos lineales.	Estudio viabilidad económica, técnica y ambiental Ejecución de corredores verdes para canalización de escorrentías Drenes Transversales y Alternativas de diseño.
1.AGUA	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Suprimir elementos. Reajustar trazado diseño. Restauración vegetación.	Impacto sobre hidrología o morfología cauces.	Cuantificar y reflejar en cartografía.	Reajustar trazado diseño. Ejecución corredores verdes para canalización escorrentías.
1.AGUA	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal. Enturbiamiento agua.	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Distanciar paneles. Control erosión.	Erosión hídrica por falta cubierta vegetal y Enturbiamiento agua	Estimar riesgo erosión Ec Pérdidas. Cartografía nivel 25 t/ha año. Cuantificar turbidez	Actuar Diseño. Seleccionar tecnologías. Control erosión. Seleccionar especies vegetales resistentes.
1.AGUA	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación	Efecto caudal/nivel acuífero. Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.	Impacto sobre el agua por extracción o por contaminación.	Medir Efecto caudal/nivel acuífero. Medir Efecto vertidos. Riesgo contaminación. Peligrosidad	Tratamiento vertidos. Sistema limpieza paneles. Sistema alerta fugas. Balsas.
1.AGUA	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos 15 m a cada lado	Aumento riesgo inundación por sellado del suelo	Simulación modelo hidráulico zonas inundables (T=10-100)	Mantener red vaguadas y arroyos

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
1.AGUA	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.	Efecto calidad masas agua	Análisis Efecto (enturbiamiento, colmatación lecho, extracción, contaminación agua, riesgo inundación)	Mismas medidas anteriores. Si no buen estado masas de agua o OMA de zonas protegidas, no autorización.
1.AGUA	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.	Impactos desmantelamiento sobre dominio público hidráulico y calidad agua.	Cuantificar y reflejar en cartografía: impacto, ocupación, contaminación.	Medidas específicas desmantelamiento: Alejar, impermeabilizar, erosión.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.	Emisión de contaminantes atmosféricos / ruido	Predicción nivel sonoro y concentración contaminantes	Alejamiento de red viaria, limitación operaciones, Protocolo buenas prácticas.
2.AIRE	Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.	Pérdida de sumideros CO2 (árboles)	Cuantificación superficie arbolada. Huella carbono.	Modificar localización. Medida compensatoria bosque.
2.AIRE	Exposición al ruido	Núcleos habitados menos 200 m, viviendas menos 100. Índices de emisión acústica	Separar dichas distancias. Apantallamientos	No aplica ya que estarían incluidos dentro del propio diseño de ciudad lineal	No aplica	No aplica

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
2.AIRE	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.	Pérdida sumideros de CO2 durante explotación (fajas seguridad tendidos)	Superficie arbolada/arbustiva que se tala (calles seguridad tendidos). Huella carbono.	Modificar diseño localización. Compensación.
2.AIRE	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.	Pérdida de capacidad del suelo como sumidero de CO2	Estimación pérdida reserva carbono en suelo abandono uso y eliminar vegetación	Excluir del diseño. Aprovechamiento alternativo. Mantenimiento cobertura.
2.AIRE	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.	Emisiones GEI por emisiones de gas SF6	Cuantificación emisiones. Tipología causas fugas y probabilidad.	Selección equipos fase diseño. Medidas evitar emisión. Protocolo. Compensar.
2.AIRE	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.	Emisión de contaminantes atmosféricos y ruido en desmantelamiento	En viviendas próximas zona de transporte (500 m). Predicción nivel sonoro y contaminantes	Alejamiento red viaria. RD 212/2002. Limitación transporte, localizaciones, vehículos.
3.SUELO	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.	Daños patrimonio geológico y a la geomorfología	Determinación cualitativa y cuantitativa del efecto	Exclusión elementos impacto. Modificación diseño.
3.SUELO	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles a colocar por hinca. No pavimentar	Sellado del Suelo	Superficie pavimentada u ocupada por cimentaciones	Selección modelos de paneles.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Adaptación a relieve original. Restauración fisiográfica. Instalar barreras.	Erosión durante obras /contaminación cauces	Ecuación general de pérdidas de suelo RUSLE. Cuantificar y reflejar cartografía	Restauración fisiográfica. Instalar barreras.
3.SUELO	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.	Generación de residuos	Riesgo de impactos derivados de los residuos.	Evitar zonas de acopio contaminantes. Dispositivos de recogida. Protocolo de actuación.
3.SUELO	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.	Contaminación vertidos	Identificación elementos con sustancias peligrosas.	Selección componentes. Suprimir, Excluir. Dispositivos recogida. Prohibir mantenimiento in situ. Protocolo.
3.SUELO	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.	Compactación del suelo por circulación difusa	Identificación superficie riesgo compactación	Definición líneas movimientos. Exclusión. Prohibición.
3.SUELO	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar	Impacto sobre el suelo por erosión movimiento tierras	Estimación riesgo erosión (ecuación RUSLE)	Evitar movimiento maquinaria cauces, barrancos. Señalizar
3.SUELO	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles	Impacto residuos y gestión	Riesgo de impactos residuos	Diseño: Selección paneles

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
3.SUELO	Impactos desmantelamiento y restauración geomorfología y suelo	Efectos geomorfología elementos no desmantelados, superficies no relieve original	Desmantelamiento todos los elementos. Completa restitución.	No aplica ya que estarían incluidos dentro del propio diseño de ciudad lineal que no se desmantelaría	No aplica	No aplica
3.SUELO	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.	Contaminación derrames maquinaria y equipos	Identificación actividades y circunstancias impacto	Prohibición mantenimiento in situ y estacionamiento.
4.VEGETACION	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación	Destrucción vegetación (HIC-hábitat Interés Comunitario)	Superficie hábitat perdido (ha) y sup. Degradado. %. Grado recuperabilidad	Evitar afectación Suprimir o modificar localización. Diseño no compacto. Restauración. Compensación
4.VEGETACION	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.	Destrucción árboles singulares	Identificación de ejemplares.	Relocalización.
4.VEGETACION	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción ejemplares especies clave de flora/Pérdida hábitats	Cuantificación nº individuos/hábitat por cada especie. Posibilidades recuperar	Suprimir elementos. Zonas de reserva. Traslocación. Restauración. Compensación.
4.VEGETACION	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.	Introducción especies flora exóticas	Identificación actuaciones	Medidas evitar expansión. Medidas evitar llegada.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño	Deterioro vegetación/HIC por tendidos eléctricos y áreas cortafuego	Superficie (ha) alterada para cada hábitat arbóreo o arbustivo afectado. Reversibilidad.	Modificación trazado en fase de diseño
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
4.VEGETACION	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación	Daños a vegetación o HIC en superficies adicionales desmantelamiento	Superficie adicional de hábitat que se pierde por ocupación, por tipo de hábitat afectado	Evitar ocupar. Señalización, protección, Compensación
4.VEGETACION	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Comparación vegetación antes y tras restauración. Grado	Tras desmantelamiento, restauración vegetal	Efecto final restauración sobre vegetación/hábitats	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha)	Compensación ya que no está previsto restauración

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Diseño: Evitar ubicar. Compensación.	Daños a especies clave flora en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave afectadas, Superficie hábitat (ha), Nº ejemplares población	Compensación ya que no está previsto reposición en el caso de desmantelamiento para ciudad lineal
4.VEGETACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
4.VEGETACION	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
4.VEGETACION	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral	Generación de incendio forestal en Explotación	Identificación zonas mayor peligrosidad y actividades riesgo	Planes de autoprotección. Mantener banda perimetral

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
4.VEGETACION	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes
4.VEGETACION	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.	Destrucción hábitats especies clave de fauna	Estimación superficie del hábitat (ha) y población afectada	Suprimir elementos. Señalización. Traslocación. Restauración. Compensación.
5.FAUNA	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007	Molestias a especies clave de fauna en épocas críticas.	Pérdida funcionalidad enclaves. Identificar lugares y épocas sensibles, especies clave, nº individuos.	Actuar diseño. Prohibición. Avance progresivo. Limitar velocidad circulación. Traslado. Aplicar Ley 42/2007

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.	Pérdida de posibilidades de restauración hábitat especies amenazadas	Impacto coste de oportunidad pérdida superficie hábitat potencial	Compensación por pérdida de hábitat. Compensación por coste oportunidad.
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad	Impactos sobre espacios naturales protegidos	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad proyecto-normativa	Medidas evitar/reducir daños. Medidas compensatorias sobre la biodiversidad
5.FAUNA	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.	Efecto sobre la fauna derivados fase explotación	Pérdida hábitat ocupación. Banalización fauna interior parque. Pérdida calidad hábitat.	Prevenir aparición especies oportunistas. Diseño. Compensación Prohibición.
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Línea en cabeza de gato. Soterramiento, Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación	Mortalidad de aves por colisión o electrocución en tendidos aéreos de evacuación	Riesgo de colisión por tramos. Riesgo electrocución. Índice Valor Conservación ponderado, Índice Riesgo Colisión.	Diseño: Evitar trazado en corredores. Soterramiento, Medidas anticolisión, anti electrocución. Compensación
5.FAUNA	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Diseño Vallado altura <2m. Supresión cables tensores. Evitar cerramientos orografía compleja	Mortalidad de aves por colisión con cerramiento parque	Calificación del riesgo. Diferenciar por especies clave	Actuar en Diseño, sobre todo en tramos en que haya gran paso de aves.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.	Toxicidad o efectos derivados del control de vegetación o plagas por productos químicos	Riesgos de afección a fauna y flora. Especies y poblaciones afectadas	Evitar uso fitocidas. Control insectos. Limitación operaciones control mecánico.
5.FAUNA	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica	Efectos sobre invertebrados, quirópteros y otra fauna por iluminación nocturna	Efectos previstos, especies y poblaciones afectadas	Diseño: Limitar instalación puntos de luz. Luminarias sin Contaminación lumínica
5.FAUNA	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.	Efecto sobre especies de insectos de fases larvarias acuáticas e imagos polarotéticos por atracción paneles como zona de puesta	Identificar ríos y humedales del entorno con comunidades insectos acuáticos	Eliminación o alejamiento paneles reflejen luz. Selección tipo panel diseño líneas blancas o que no reflejen luz polarizada.
5.FAUNA	Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.	Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave	Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas	<b>Fragmentación, pérdida funcionalidad corredores ecológicos/rutas migratorias.</b>	<b>Elementos vía verde afectados. Pérdida funcionalidad. Estado conservación especies clave</b>	<b>Ejecución corredores verdes. Diseño: Eliminar o desplazar elementos. Pasos anfibios. Soterramiento. Red vaguadas</b>

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
5.FAUNA	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET	Exposición al campo magnético	Cálculo y modelización del valor del campo magnético	Diseño: Alejamiento de líneas eléctricas y SET
5.FAUNA	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Alejar superficies. Limitar trabajos. Prescribir técnicas desmantelamiento. Compensación.	Molestias a especies clave fauna en épocas y hábitats críticos en desmantelamiento	Especies clave y hábitats críticos (superficie ha y nº ejemplares población). Análisis mapas ocupación.	Compensación por no estar previsto desmantelamiento
5.FAUNA	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007	Impactos sobre objetivos de conservación de Red Natura 2000 (caso particular sobre vegetación/HIC, flora y fauna)	Evaluación repercusión. Efectos cualitativos y cuantitativos (ha, nº individuos), Impactos conectividad, repercusiones.	Medidas Evitar y reducir impactos. Medidas compensatorias. Art 46 Ley 42/2007
5.FAUNA	Generación incendio forestal en construcción y desmantelamiento	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.	Generación incendio forestal en construcción	Identificación zonas trabajo mayor riesgo (<30 m, <400 m alto riesgo)	Plan prevención y protocolo. Contemplar períodos de alto riesgo y distancias.
5.FAUNA	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes	Aumento de la temperatura diurna, del intervalo entre temperaturas máximas y mínimas, y disminución de la humedad atmosférica en el parque (islas de calor) (Fase explotación)	Controles de Medición de Temperatura y Humedad	Usar aire o fluido para crear una convección forzada que amortigüe este exceso de temperatura Uso de materiales de cambio de fase (PCM) Uso de pavimentos absorbentes

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
5.FAUNA	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores	Daños a las aves por quemaduras en los paneles (Fase explotación)	Empleo perros como herramienta estimación. Monitorización wire-marking	Cámaras de detección de objetos y ahuyentadores
5.FAUNA	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas entre paneles y debajo de ellos Uso recubrimientos antirreflectantes o cubiertas texturizadas	Mejora de la cubierta vegetal herbácea, con el consecuente aumento de poblaciones de insectos (fuente alimento para aves y otras grupos funcionales) (Fase explotación)	Control y seguimiento estado cubierta vegetal. Control poblaciones insectos	Uso de plantas recomendadas para ser situadas debajo de los paneles Uso recubrimientos antirreflectantes o cubiertas texturizadas
6.PAISAJE	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.	Afección al paisaje durante las obras	Determinar cuencas visuales, zonas y reversibilidad.	Planificación obras. Soterramiento. Diseño integrado. Apantallamientos. Restauración. Evitar asfalto.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Cambios trazado, posición. Plantación	Deterioro percepción paisaje	Cuencas visuales elementos. Zonas. Nº observadores, Mapa visibilidad, simulaciones	Diseño: Eliminación. Selección paneles. Espejos. Cambios trazado, posición. Plantación
6.PAISAJE	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.	Impactos sobre espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales	Evaluación de repercusiones. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad.	Medidas evitar o reducir impactos. Medidas compensatorias.
6.PAISAJE	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Cierre durante desmantelamiento o señalización	Deterioro percepción paisaje durante desmantelamiento	Cuencas visuales principales impactos. Reversibilidad	Compensación ya que no aplica desmantelamiento

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
6.PAISAJE	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Restitución geomorfológica. Compensación	Impacto final sobre el paisaje del desmantelamiento y la restauración	Comparación antes proyecto, fase explotación y restauración. Superficie, Grado.	Compensación ya que no aplica desmantelamiento
7.POBLACION	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.	Impacto indirecto en empleo de recursos naturales	Identificación elementos o tecnologías empleados	No utilizar elementos. Revisar tecnologías a utilizar.
7.POBLACION	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación	Molestias a población por tráfico, contaminación, ruido y polvo	Cuantificación emisiones. Identificación nº viviendas, edificaciones y población	Medidas prevención ruido y contaminación
7.POBLACION	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.	Daño durante obras a usos preexistentes.	Cuantificación efectos. Pérdidas de producción y población afectada. Reversibilidad	Medidas mitigadoras. Restitución y Restauración.
7.POBLACION	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.	Daño a bienes de dominio o uso públicos (montes, vías pecuarias)	Superficie de terrenos de dominio público. Efectos sobre usos. Riesgos. Reversibilidad.	Distancia amortiguación 30 m. Prohibición. Medidas garantías. Acopios 50 m. Riesgo incendio 400 m. Restitución. Restauración. Compensación.

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Método Evaluación Impacto</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias</b>	<b>Impactos significativos Proyectos Singulares</b>	<b>Método Evaluación Impacto P. Singulares</b>	<b>Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares</b>
7.POBLACION	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.	Daños a elementos de infraestructura verde	Superficies totales ocupación. Pérdida servicios ambientales.	Modificar diseño. Restauración. Compensación.
7.POBLACION	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación	Daños al patrimonio cultural	Identificación. Limitaciones. Valoración	Modificar localización. Vallado. Compensación
7.POBLACION	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias	Impactos sobre espacios naturales protegidos instrumentos internacionales (particular sobre vegetación HIC, flora, fauna, patrimonio geológico o paisaje)	Evaluación repercusiones elementos objetivo conservación. Efectos cualitativos y cuantitativos. Grado compatibilidad con la normativa.	Medidas protección espacio. Medidas compensatorias
7.POBLACION	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.	Efectos sobre los usos del suelo y actividades socioeconómicas y desarrollo rural sostenible	Efectos sobre usos de la tierra y actividades económicas. Pérdida empleos, e inversiones, actividades, Encuestas	Diseño: Selección tecnologías mayor ratio. No ocupar parcelas agrícolas, Compensación.

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica	Efectos sobre la población local derivados de ingresos generados vía impositiva	Posibles efectos del incremento de ingresos municipales sobre servicios públicos	No aplica
7.POBLACION	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles	Efectos compatibilidad planificación del suelo/territorio	Identificación de incompatibilidades	Diseño: exclusión elementos zonas incompatibles
7.POBLACION	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.	Pérdida funcionalidad bienes dominio público y uso público e infraestructura verde	Superficie ocupación definitiva. Efecto finalidades. Grado compatibilidad.	Mitigación pérdida servicios. Compensaciones.
7.POBLACION	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos	Molestias por tráfico, ruido, polvo y contaminación	Identificación y cuantificación nº habitantes afectados	Mismas medidas aire Plan transporte residuos
7.POBLACION	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Identificación uso más apropiado. Diseño desmantelamiento y restauración.	Efectos desmantelamiento y restauración sobre posibles futuros usos	Usos posibles tras desmantelamiento y restauración. Oportunidad e idoneidad	Compensación ya que no está contemplado el desmantelamiento

Factores Ambientales	Impactos significativos	Método Evaluación Impacto	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias	Impactos significativos Proyectos Singulares	Método Evaluación Impacto P. Singulares	Medidas Preventivas /Correctoras /Compensatorias P. Singulares
7.POBLACION	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas desmantelamiento, explotación. Grado recuperar.	No localizar acopios ni residuos 30 m. Prohibición. Completo desmantelamiento	Impacto final desmantelamiento y restauración sobre bienes materiales	Superficie (ha y %) áreas ocupadas.	Compensación ya que no está contemplado el desmantelamiento

Tras la elaboración de estas tablas comparativas de los impactos significativos que afectan a los diferentes factores ambientales en los proyectos fotovoltaicos terrestres y en los proyectos de fotovoltaicos de ciudades lineales, se pueden extraer una serie de conclusiones que se van a exponer a continuación.

La primera de ellas es que, de los 79 impactos significativos identificados en proyectos fotovoltaicos terrestres, 77 van a producirse también en los proyectos fotovoltaicos de ciudades lineales, por lo que muchos de los tratamientos pueden aplicarse de forma transversal a los proyectos fotovoltaicos de ciudades lineales. A continuación, se muestra un gráfico donde podemos ver qué factores ambientales se ven más afectados en los parques fotovoltaicos de ciudades lineales, donde podemos apreciar que la fauna, la vegetación y la población van a ser los factores ambientales que más impactos significativos sufran.

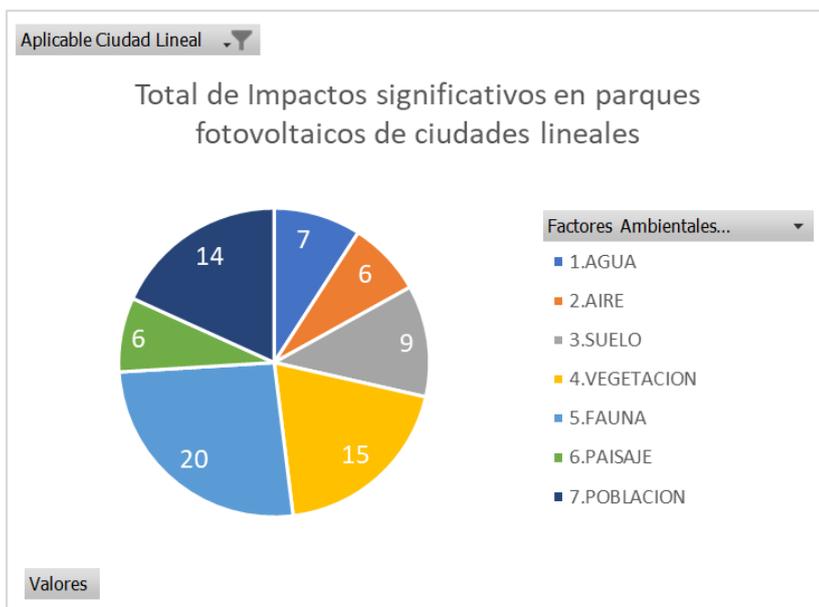


Fig. 31: Número de impactos significativos en parques fotovoltaicos de ciudades lineales.

La segunda conclusión que podemos extraer está relacionada con las diferencias en cuanto al tratamiento, en lo relacionado con los métodos de evaluación, pero sobre todo con las medidas preventivas, correctoras y compensatorias. Hay dos diferencias significativas en el tratamiento de los parques fotovoltaicos de ciudades lineales respecto a los parques fotovoltaicos terrestres.

Por un lado, el hecho de tratarse de la construcción de una ciudad implica no contemplar el desmantelamiento, lo cual supone un aumento exponencial en la gravedad en diversos impactos significativos, donde deberían establecerse medidas compensatorias.

Por otro lado, existe la desventaja de ser proyectos lineales, que, por lo tanto, afectan a más territorio y pueden aumentar la gravedad del impacto. Esta circunstancia obligaría a tomar medidas adicionales respecto de las adoptadas en partes fotovoltaicos terrestres, como es por ejemplo la construcción de corredores verdes. Estas medidas apreciamos que afectarían a un total de 3 impactos significativos concentrándose sobre todo a los factores ambientales del agua y la fauna.

También podemos apreciar que más del 80% (62 de 79) de los tratamientos de los impactos significativos para parques fotovoltaicos terrestres serían transversales, aplicables también a parques fotovoltaicos de ciudades lineales. No obstante, las especiales características de los proyectos de ciudades lineales condicionarían bastante su aplicación.

Estos aspectos se pueden apreciar en el siguiente gráfico donde se refleja el total de impactos significativos por factor ambiental, el total de impactos aplicables a proyectos fotovoltaicos de ciudades de lineales, el total de impactos susceptibles de verse afectados por el no desmantelamiento, y el total de impactos significativos con diferencias en el tratamiento.

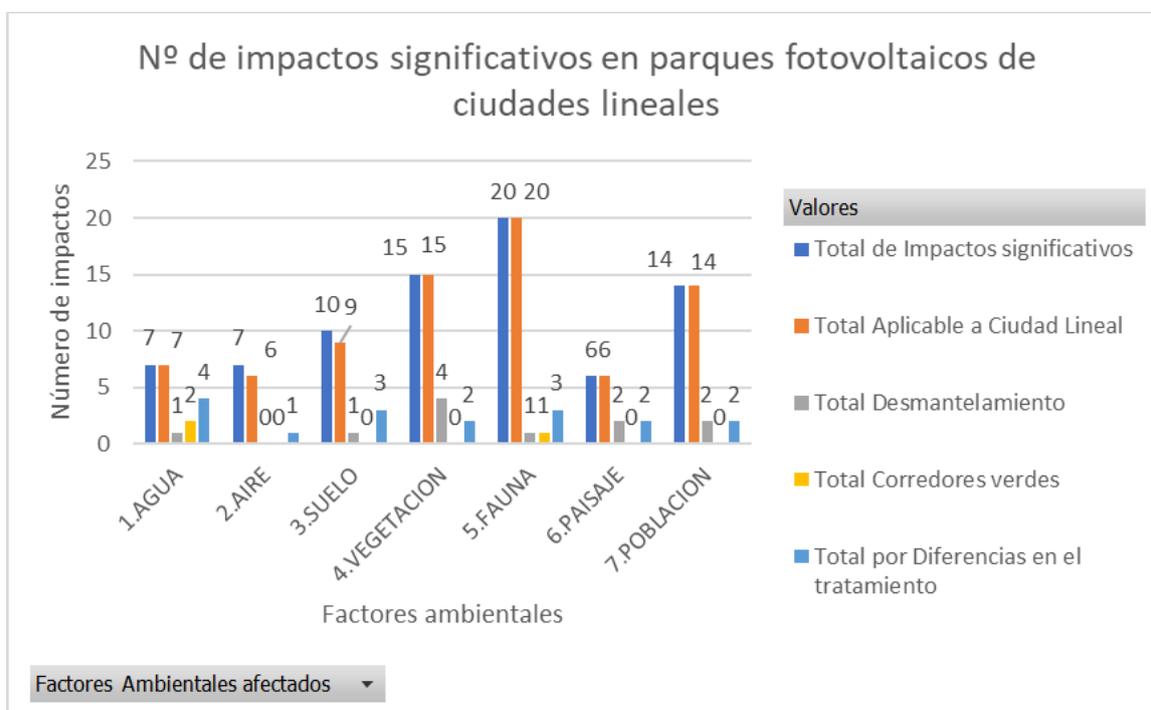


Fig. 32: Número de impactos significativos con diferencias en el tratamiento en parques fotovoltaicos de ciudades lineales

### *5.1.5. Ejemplos de Medidas identificadas aplicables en Proyectos Singulares*

A continuación, se desglosan algunos ejemplos de las principales medidas preventivas, correctoras y compensatorias que se pueden tomar para eliminar o mitigar los impactos más significativos de los parques fotovoltaicos en los proyectos singulares identificados.

Protección de murciélagos: redes en autovía para protección murciélagos (barranco de la batalla autovía A-7 en Alcoy (Alicante) -> 300 metros red mallada. Las medidas correctoras fueron la implantación de 4 pasos de fauna: un paso subterráneo ampliando dimensiones y eliminando iluminación artificial, y 3 pasos elevados con vegetación en zonas más cercanas a la cueva. Además, se instaló una cubierta con una gran red mallada de nylon que evita el daño con los vehículos que circulan por la carretera en el tramo más próximo a la cueva.



*Fig. 33: Redes para protección de murciélagos en Autopista A7 Alcoy (Alicante)*

Ejemplo ejecución de corredor verde: paso para osos Grizzlies en autopista TCH (Trans-Canadá).



*Fig. 34: Corredor verde o Paso para osos Grizzlies en Autopista TCH (Trans-Canadá)*

## 6. CONCLUSIONES

Mediante el análisis bibliográfico se han identificado posibles tratamientos para los tres impactos significativos en parques fotovoltaicos terrestres a los que desde el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico no se había propuesto un tratamiento oficial. Para el impacto significativo del aumento de temperatura diurna, reducción de humedad y generación de islas de calor, se han identificado como opciones de tratamiento la sustitución por parques fotovoltaicos flotantes, el uso de materiales de cambio de fase para los paneles, y el uso de pavimentos absorbentes. Para el impacto significativo de daños a las aves, se ha propuesto como métodos de evaluación el de empleo de perros y los programas de monitorización, así como cámaras de detección y ahuyentadores como medidas preventivas y correctoras. Para el impacto significativo de mejora de la cubierta vegetal para aumento de las poblaciones de insectos, se han propuesto diversas especies de pastos y hierbas perennes que han demostrado una resistencia mejorada en un ambiente mediterráneo y el uso de revestimientos antirreflectantes.

A través de la comparativa de los impactos significativos sobre los aspectos ambientales principales que afectan a parques fotovoltaicos terrestres, que son la gran mayoría de parques de energía renovable solar a nivel nacional, con aquellos parques fotovoltaicos de proyectos singulares, hemos podido llegar a una serie de conclusiones para cada tipología de las identificadas en este trabajo.

En el caso de las carreteras solares, bastantes de los impactos significativos se ven disminuidos en el caso de establecer estos parques de paneles solares fotovoltaicos en carreteras o vía ya existentes. No obstante, algunos de estos impactos significativos se ven agravados considerablemente por el hecho de la extensión lineal del parque. El mayor de ellos es la afección a la fauna, para lo cual es necesario plantear medidas correctoras adicionales, como es la ejecución dentro del proyecto de corredores verdes que permitan un mejor movimiento de la fauna. Dicha afección a la fauna de este tipo de parques fotovoltaicos sería un impedimento adicional respecto de los parques fotovoltaicos terrestres.

En el caso de los parques fotovoltaicos flotantes situados en embalses, ríos, o estuarios, se reduce considerablemente el número de impactos significativos respecto a aquellos aplicables a los parques fotovoltaicos terrestres. No obstante, y en contraposición, algunos de ellos se ven agravados considerablemente por el hecho de la ocupación

de las aguas por el parque. El mayor de ellos es la afección a la fauna, y en concreto a las aves, migratorias en su mayoría, cuyo impacto global es difícil de evaluar. Para ello, es importante evaluar, fijar y controlar la validez de unos determinados porcentajes de ocupación de las aguas por el parque, sobre todo en el caso de embalses.

En el caso de los Parques Fotovoltaicos flotantes situados en marquesinas sobre canales de riego, se reduce considerablemente el número de impactos significativos respecto a aquellos aplicables a los parques fotovoltaicos terrestres. En estos casos, la afección a la vegetación y a la fauna, al transitar por canales de riego previamente construidos para distribuir el agua, es menos impactante, y no debería afectar en demasía a las aves migratorias. A su vez, plantea una simbiosis con el medio donde se ubica, es decir, aporta ventajas a la propia canalización de agua, lo cual no se da en el resto de opciones de las tipologías de parques fotovoltaicos que se han contemplado en este trabajo.

En el caso de las ciudades lineales, bastantes de los impactos significativos se ven agravados considerablemente por el hecho de no plantearse un desmantelamiento como tal, al ser una ciudad. A su vez, algunos de ellos se ven condicionados adicionalmente por el hecho de la extensión lineal del parque, el mayor de ellos es la afección a la fauna y a la vegetación, teniendo en cuenta la extensión lineal de las ciudades. Por ello, es necesario plantear medidas adicionales de ejecución de corredores verdes que permitan un mejor movimiento de la fauna y flora, para el cual, este tipo de parques fotovoltaicos en ciudades lineales sería un impedimento adicional.

Teniendo en cuenta las distintas tipologías de proyectos singulares, se considera la cobertura de embalses y cobertura de canales de riego como las opciones más fácilmente aplicables a nivel nacional. En futuros trabajos podrían contemplarse los impactos significativos, métodos y medidas indicados en este trabajo para el análisis de proyectos de diseño de dichos parques fotovoltaicos flotantes.

A su vez, para futuros trabajos de proyectos de diseño de parques fotovoltaicos de proyectos singulares, se apunta una posible tipología no mencionada en la bibliografía y que se pretende apuntar como alternativa este trabajo, que consistiría en aplicar en la tipología de cobertura de carreteras fotovoltaicas una estructura de parque fotovoltaico flotante. Situando los paneles solares sobre corriente suave de agua controlada sobre el lateral de la vía, o bien sobre una estructura de marquesina más compacta, de forma que podría aumentarse la efectividad de generación de energía eléctrica. Dichas corrientes de agua se podrían conducir actuando en el diseño y



Investigación de aspectos ambientales ligados a  
implantación de parques de energía renovable fotovoltaica y  
su aplicación a carreteras fotovoltaicas

---

Conclusiones

aprovechando parte de esa misma generación de energía eléctrica  
producida.

## 7. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030:

- Objetivo 7 - Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos", mediante la investigación de impactos de una posible fuente de energía renovable, con tecnologías más limpias.



- Meta 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas
- Meta 7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias

- Objetivo 9 - Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación



- Meta 9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié, en el acceso asequible y equitativo para todos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias Bibliográficas (Citadas en el Texto, formato APA):

- Ali, K., Khan, S. A., & Jafri, M. M. (2014). Effect of double layer (SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>) anti-reflective coating on silicon solar cells. *Int. J. Electrochem. Sci*, 9(12), 7865-7874.
- Bernardino, J. (2019). w. *Journal of Environmental Management*, 252, 109651. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109651
- Bernardino, J., Bevanger, K., Barrientos, R., Dwyer, J.F., Marques, A. T., Martins, R. C., . . . Moreira, F. (2018). Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation*, 222, 1-13. doi:10.1016/j.biocon.2018.02.029
- Bernardino, J., Martins, R. C., Bispo, R., & Moreira, F. (2019). Re-assessing the effectiveness of wire-marking to mitigate bird collisions with power lines: A meta-analysis and guidelines for field studies. *Journal of Environmental Management*, 109651. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109651.
- Bernardino, J., Martins, R. C., Bispo, R., Marques, A. T., Mascarenhas, M., Silva, R., & Moreira, F. (2022). Ecological and methodological drivers of persistence and detection of bird fatalities at power lines: Insights from multi-project monitoring data. *Environmental Impact Assessment Review*, 93. doi:10.1016/j.eiar.2021.106707
- Bo, Y., Li, G., Zeng, Y., & Liu, Z. (2022). Floating Solar Park Impacts Urban Land Surface Temperature Distribution Pattern. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 271-278. doi:10.14358/PERS.21-00083R2
- De Schepper, E., Van Passel, S., Manca, J., & Thewys, T. (2012). Combining photovoltaics and sound barriers - A feasibility study. *Renewable Energy*, 297-303. doi:10.1016/j.renene.2012.03.022
- Duran Fernandez, J., & Romera Giner, J. P. (2020). The Extraordinary Case of Tokaido Linear City). *CONSTELACIONES*.

- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39(ISSN 1364-0321), 748-764. doi:10.1016/j.rser.2014.07.113
- EnergyPier - Suiza*. (2021). Obtenido de <https://energypier.ch/pages/projects>
- Fritz, B., Horváth, G., Hünig, R., Pereszlényi, Á., Egri, Á., Guttman, M., . . . Gomard, G. (2020, December 3). Bioreplicated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic insects. *PLOS ONE*, 15 (12): e0243296. doi:10.1371/journal.pone.0243296
- Insausti López, J., De Miguel Llanes, Á., Femenia Riutort, M., Álvarez Álvarez, S., Morales Carrión, G., Pinacho Lora, M., . . . Martín Herrero, J. (2018). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Retrieved from [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/red-de-autoridades-ambientales-raa-/tratamientoimpactosparquefotovoltaicogtraafinal\\_tcm30-523231.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/red-de-autoridades-ambientales-raa-/tratamientoimpactosparquefotovoltaicogtraafinal_tcm30-523231.pdf)
- Insausti López, J., De Miguel Llanes, Á., Femenia Riutort, M., Álvarez Álvarez, S., Morales Carrión, G., Pinacho Lora, M., . . . Martín Herrero, J. (2018). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Retrieved from [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/alcanceesiaparquefotovoltaicogtraafinal\\_tcm30-523230.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/alcanceesiaparquefotovoltaicogtraafinal_tcm30-523230.pdf)
- Mehedi, T. H., Gemechu, E., & Kumar, A. (2022). Life cycle greenhouse gas emissions and energy footprints of utility-scale solar energy systems. *Applied Energy*, 314. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118918>
- Mérida García, A., Fernández García, I., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P., & Rodríguez Díaz, J. A. (2018). Synchronization of the irrigation scheduling and photovoltaic energy production for smart irrigation network management. *9th Iberian Congress of Agroengineering*, (pp. 934-940). Braganca, Portugal.
- NEOM - The Line - Arabia Saudí. (2022). *NEOM*. Retrieved from <https://www.neom.com/en-us/regions/theline>
- Paula, J., Costa Leal, M., Silva, M., Mascarenhas, R., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2011). Dogs as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. *Journal for Nature Conservation*, 19, 202-208. doi:10.1016/j.jnc.2011.01.002

- Pérez-de-los-Reyes, C., Sánchez, M., Amorós, J. A., García, F. J., Campos, J., Martínez, R., . . . De la Rubia, O. (n.d.). Revegetation in solar photovoltaic farms in Mediterranean areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(12a), 3680-3688.
- Pimentel Da Silva, G., & Castelo Branco, D. (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 36:5, 390-400. doi:10.1080/14615517.2018.1477498
- Platio. (2022). Obtenido de <https://platio.com/platio/#pavement>
- Qi, L., Zheng, P., Wu, X., Duan, W., Li, L., & Zhang, Z. (2020). A hybrid wind-photovoltaic power generation system based on the foldable umbrella mechanism for applications on highways. *Solar Energy*, 208, 368-378. doi:10.1016/j.solener.2020.07.082
- Rahman, M. W., Mahmud, M. S., Ahmed, R., Rahman, M. S., & Arif, Z. (2017). Solar lanes and floating solar PV: New possibilities for source of energy generation in Bangladesh. *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, 1-6. doi:10.1109/IPACT.2017.8244878
- Redón Santafé, M., Ferrer Gisbert, P. S., Sánchez Romero, F. J., Torregrosa Soler, J. B., Ferrán González, J. J., & Ferrer Gisbert, C. M. (2014). Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs. *Journal of Cleaner Production*, 66, 568-570. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.006
- Redón Santafé, M., Torregrosa Soler, J. B., Sánchez Romero, F. J., Ferrer Gisbert, P. S., Ferrán González, J. J., & Ferrer Gisbert, C. M. (2014). Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation reservoirs. *Energy*, 67, 246-255. doi:10.1016/j.energy.2014.01.083.
- Rijkswaterstaat, D. (2021). <https://www.solarhighways.eu/en>. Obtenido de <https://www.solarhighways.eu/en>
- Ronald A. Coutu, J., Newman, D., Munna, M., Tschida, J. H., & Brusaw, S. (2020). Engineering Tests to Evaluate the Feasibility of an Emerging Solar Pavement Technology for Public Roads and Highways. *Technologies*. doi:10.3390/technologies8010009

- Sahu, A., Yadav, N., & Sudhakar, K. (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 815-824. doi:10.1016/j.rser.2016.08.051
- Sola Road*. (2014). Obtenido de <https://www.solaroad.nl/>
- Solar Earth*. (2022). Obtenido de <https://solarearth.ca/>
- Solar Highways*. (2018). Obtenido de <https://www.solarhighways.eu/en>
- Solar Roadways. (2009). <https://solarroadways.com/>. Obtenido de <https://solarroadways.com/>
- Solmove*. (2022). Retrieved from <https://www.solmove.com/en/>
- Sorensen, A. (2019). Tokaido Megalopolis: lessons from a shrinking megaconurbation. *International Planning Studies*, 23-39. doi:10.1080/13563475.2018.1514294
- Subramanian, G., & Neelameggham, N. R. (2022). Heat Island Mitigation Strategy for Ur-ban Areas Using Phase Change Materials (PCM). (C. Springer, Ed.) *In: , et al. REWAS 2022: Energy Technologies and CO2 Management (Volume II). The Minerals, Metals & Materials Series., Volume II*. doi:10.1007/978-3-030-92559-8\_12
- Swiss Energypier. (2021). *Energypier*. Obtenido de <https://energypier.ch/pages/projects>
- Száz, D., Mihályi, D., Farkas, A., Egri, A., Barta, A., & Kriska, G. (2016). Polarized light pollution of matte solar panels: anti-reflective photovoltaics reduce polarized light pollution but benefit only some aquatic insects. *J Insect Conserv*(20), 663-675. doi:10.1007/s10841-016-9897-3
- Szilágyi, A., & Gróf, G. (2020). Estimating the environmental footprint of a grid-connected 20 MWp photovoltaic system. *Solar Energy*, 197(0038-092X), 491-497. doi:<https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.01.028>
- The Ray*. (2020). Retrieved from <https://theray.org/technology/solar/#>
- Turlock Water & Power - California (USA). (2021). *Project Nexus*. Retrieved from <https://www.tid.org/about-tid/current-projects/project-nexus/>
- Uddin, M., Dutta, S., Kolipakam, V., Sharma, H., Usmani, F., & Jhala, Y. (2021). High bird mortality due to power lines invokes urgent environmental mitigation in a tropical desert. *Biological Conservation*, 109262. doi:10.1016/j.biocon.2021.109262.

- Uldrijan, D., Kováčiková, M., Jakimiuk, A., Vaverková, M., & Winkler, J. (2021). Ecological effects of preferential vegetation composition developed on sites with photovoltaic power plants. *Ecological Engineering*, 168(106274). doi:10.1016/j.ecoleng.2021.106274
- Wang, J., Xiao, F., & Zhao, H. (2021). Thermoelectric, piezoelectric and photovoltaic harvesting technologies for pavement engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151(111522). doi:10.1016/j.rser.2021.111522
- Wattway. (2016). Retrieved from <https://www.wattwaybycolas.com/>
- Zarzavilla, M., Quintero, A., Abellán, M., Serrano, F., Austin, M., & Tejedor-Flores, N. (2022). Comparison of Environmental Impact Assessment Methods in the Assembly and Operation of Photovoltaic Power Plants: A Systematic Review in the Castilla-La Mancha Region. *Energies*. doi:<https://doi.org/10.3390/en15051926>
- Zhu, S., & Mai, X. (2019). A review of using reflective pavement materials as mitigation tactics to counter the effects of urban heat island. *Adv Compos Hybrid Mater* 2, 381-388. doi:10.1007/s42114-019-00104-9

### **Bibliografía** (fuentes consultadas no citadas en el trabajo):

- Jolaolu, A.; Eterigho, E. and Olanrewaju, A. (2020). *Environmental Impact Assessment (EIA) of pH and Other Factors on Organic Photovoltaic Performance Output. In Proceedings of the 9th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems - SMART-GREENS, ISBN 978-989-758-418-3; ISSN 2184-4968, pages 159-168. DOI: 10.5220/0009782501590168*
- Xiaochun Qin, Yi Shen, Shegang Shao, "The Application Study in Solar Energy Technology for Highway Service Area: A Case Study of West Lushan Highway Low-Carbon Service Area in China", *International Journal of Photoenergy*, vol. 2015, Article ID 703603, 8 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/703603>
- Xiaochun Qin, Qingchao Wei, Lianjun Wang, Yi Shen, "Solar Lighting Technologies for Highway Green Rest Areas in China: Energy Saving Economic and Environmental

- Evaluation*", *International Journal of Photoenergy*, vol. 2015, Article ID 926235, 10 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/926235>
- M. A. Rahman, M. Y. Mukta, A. Yousuf, A. T. Asyhari, M. Z. A. Bhuiyan and C. Y. Yaakub, "IoT Based Hybrid Green Energy Driven Highway Lighting System," *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)*, 2019, pp. 587-594, doi: 10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech.2019.00114.
- Heo, J.; Moon, H.; Chang, S.; Han, S.; Lee, D.-E. Case Study of Solar Photovoltaic Power-Plant Site Selection for Infrastructure Planning Using a BIM-GIS-Based Approach. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8785. <https://doi.org/10.3390/app11188785>
- Theocharis Tsoutsos, Niki Frantzeskaki, Vassilis Gekas, *Environmental impacts from the solar energy technologies*, *Energy Policy*, Volume 33, Issue 3, 2005, Pages 289-296, ISSN 0301-4215, [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503002416>)
- Todde, G.; Murgia, L.; Carrelo, I.; Hogan, R.; Pazzona, A.; Ledda, L.; Narvarte, L. Embodied Energy and Environmental Impact of Large-Power Stand-Alone Photovoltaic Irrigation Systems. *Energies* 2018, 11, 2110. <https://doi.org/10.3390/en11082110>
- Nallapaneni Manoj Kumar, Shauhrat S. Chopra, Aline Kirsten Vidal de Oliveira, Hamsa Ahmed, Shima Vaezi, Uzoma Edward Madukanya, Juan M. Castañón, Chapter 3 - Solar PV module technologies, Editor(s): Shiva Gorjian, Ashish Shukla, *Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Academic Press, 2020, Pages 51-78, ISBN 9780128196106, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819610-6.00003-X>.
- Proyecto SABIA, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental>



## **Relación de documentos**

() Memoria 151 páginas

La Almunia, a 22 de Noviembre de 2022

Firmado: Francisco Burillo Julián