



Noviembre 2022

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica

Materia adscrita: Utilización sostenible de los recursos naturales



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Participantes en el proyecto

María Herrera. 76749003G. Becaría de la Universidad de Málaga. Universidad de Málaga

Mariano Sidrach de Cardona. 00654315B. Catedrático. Universidad de Málaga

Llanos Mora. 05158027R. Catedrática. Universidad de Málaga

María José Márquez. 44575331C. Arquitecto. Universidad de Málaga

Jesús Castaño López. 297612804B. Arquitecto, colaborador

Raquel Paule. 70862650H. Directora General. Fundación Renovables

Manuel Abeledo. 35609062W. Área Técnica. Fundación Renovables

Juan Fernando Martín. 02722932P. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

José Lomo. 70913755V. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables.

Javier Pamos. 29507786M. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables.

María Manzano. 51514263J. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables.

Ismael Morales. 06282265E. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables

Alexandra Llave. Y5787750K. Área de Comunicación. Fundación Renovables

Maribel Núñez. 33988353B. Gerente. Fundación Renovables



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Pedro Heredia 8, 2º Derecha

28008 Madrid

www.fundacionrenovables.org



Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y será publicado en la web de la Fundación Renovables, indicando dicha financiación.

Índice

Participantes en el proyecto	1
Justificación. Necesidad de la investigación	5
Objetivos del proyecto	8
Fases del proyecto	11
Antecedentes	13
Metodología.....	16
Herramientas de Sistemas de Información Geográfica	18
Método de las jerarquías analíticas.....	19
Criterios de restricción o análisis	22
Capas de restricción	26
Capas de análisis	31
Capas finales de restricción y análisis	38
Aplicación de la metodología: resultados.....	43
Municipio de Casares.....	44
Capas de restricción	44
Capas de análisis	47
Análisis en relación con los usos del suelo	51
Municipio de Gaucín	56
Capas de restricción	56
Capas de análisis	59
Análisis en relación con los usos del suelo	62
Municipio de Jimena de la Frontera	65
Capas de restricción	66
Capas de análisis	67
Análisis en relación con los usos del suelo	71



Municipio de San Martín del Tesorillo	74
Capas de restricción	75
Capas de análisis	77
Análisis en relación con los usos del suelo	80
Análisis de conjunto de la Zona	84
Capas de restricción	84
Capas de análisis	87
Análisis en relación con los usos del suelo	91
Necesidades energéticas de los municipios	96
Análisis de los proyectos fotovoltaicos en este territorio.....	100
Conclusiones y trabajos futuros	107
Anexos	111
Anexo 1. Planeamiento Municipal de los municipios analizados	111
Casares	111
Gaucín	111
Jimena de la Frontera.....	111
San Martín del Tesorillo	112
Anexo 2. Modificación del Planeamiento Municipal de Casares.....	112
Índice de figuras y tablas	115
Índice de figuras	115
Índice de tablas	117
Bibliografía.....	120



Justificación. Necesidad de la investigación

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Justificación. Necesidad de la investigación

La sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables para generar electricidad contribuye de manera directa a la descarbonización y, por tanto, a mitigar los efectos del cambio climático. En este sentido, en el ámbito de la transición ecológica, en el paquete Fit for 55¹ de la UE se incluye el objetivo de suministrar un 40% del consumo final de energía mediante renovables para el año 2030.

De entre las renovables, las energías solar fotovoltaica y eólica son la que más han crecido en los últimos años, entre otras cosas por la importante reducción del precio del kWh producido mediante estos sistemas. Este crecimiento, en el caso de la fotovoltaica, se ha producido tanto en sistemas distribuidos (autoconsumo individual o compartido, comunidades energéticas) como centralizados (grandes plantas). Asociado a este crecimiento, se apunta ya a la necesidad de que **la instalación de nuevas plantas debe hacerse con criterios de inclusión territorial y respeto a la biodiversidad, usos del suelo y participación ciudadana.**

Por ello, y especialmente para el emplazamiento de grandes plantas, **sería muy importante disponer de metodologías que permitan seleccionar las mejores ubicaciones** teniendo en cuenta no sólo criterios energéticos (de producción) sino también de impacto en el territorio, en la biodiversidad, en la sociedad, etc. No existe un criterio único, por lo que es fundamental hacer un análisis que permita la inclusión y ponderación de todas las variables que afectan a este tipo de instalaciones y con los resultados de este análisis, desarrollar y poder ofrecer una metodología que ayude a la selección de emplazamientos. Para contemplar las diferentes necesidades que se puedan dar dependiendo del territorio (tipo de municipio, usos del suelo, etc.) o de los objetivos a alcanzar (minimizar el impacto a zonas de cultivo, minimizar la distancia a las urbes donde se consumirá la energía, etc.), dicha metodología debe incorporar la posibilidad de calibrar de forma individualizada cada una de las variables consideradas.

La normativa actual para instalaciones fotovoltaicas centralizadas sólo obliga a presentar una declaración de impacto ambiental (DIA), que debe ser evaluada por la administración competente, según el tamaño de la planta.

Respecto a la disponibilidad de suelo para la ejecución de plantas de energía solar fotovoltaica en España no se perciben limitaciones en términos generales, según el informe “Renovables, ordenación del territorio y biodiversidad. Propuestas para mejorar la aceptación social” de la Fundación Renovables². La superficie agraria útil (SAU) de España es de más de 23 millones de hectáreas (ha), de las cuales casi 17

¹ <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/package-fit-for-55>

² *Renovables, ordenación del territorio y biodiversidad. Propuestas para mejorar la aceptación social.* Fundación Renovables, junio, 2021, <https://fundacionrenovables.org/documento/renovables-ordenacion-del-territorio-y-biodiversidad-propuestas-para-mejorar-la-aceptacion-social/>





millones son de cultivo. Para cumplir con los objetivos indicados por el PNIEC sólo sería necesario destinar menos del 0,34% de la SAU, considerando una ocupación media de 2 has por MW instalado. Sin embargo, hay lugares, como la región de Murcia o Andalucía, que están concentrando mucha más cantidad de plantas fotovoltaicas y ocupando porcentajes elevados de la SAU lo que está provocando la aparición de una importante respuesta ciudadana contra este tipo de instalaciones por no estar considerándose otros factores que sí afectan al territorio.

Para limitar la arbitrariedad y la falta de criterios que puede haber en cuanto a la declaración sobre la idoneidad del emplazamiento de estas instalaciones, principalmente por lo novedoso de esta problemática, algunas administraciones están empezando a elaborar **mapas de zonificación de sensibilidad**. Según algunas de las informaciones recogidas en el informe “El desarrollo de las renovables bajo criterios de inclusión territorial. Análisis de la integración de costes/impactos-beneficios/retornos” de la Fundación Renovables³, en Canarias y Baleares existe cartografía de condicionantes para la implantación de energía en general; en Cataluña, el Decreto Ley 16/2019 establece zonas de exclusión mediante criterios y directrices de implantación, sin que exista una cartografía específica. Por otra parte, el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico publicó una herramienta de zonificación ambiental (MTERD, 2021) que permite identificar áreas para la implantación de proyectos de energías renovables. Su objetivo es facilitar, a los agentes implicados, la toma de decisiones en lo relativo a la evaluación de impacto ambiental. Esta herramienta no incluye factores sociales y económicos y la información que ofrece es una clasificación por niveles de la idoneidad de zonas sólo desde el punto de vista medioambiental.

En paralelo a las actuaciones iniciadas por algunas autonomías, el gobierno central, en la disposición final cuarta del Real Decreto-ley 12/2021 incluye criterios socioeconómicos y ambientales que se pueden incorporar a los concursos de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, entre ellos: impacto socio-económico en el área y sus habitantes y grado de afección ambiental. Estos criterios deberán ser valorados mediante una metodología objetiva y cuantificable. Sin embargo, no existe en la actualidad ningún sistema que permita a las administraciones públicas poder integrar todos estos criterios según las especificidades de sus territorios, especialmente en municipios de tamaño medio y pequeño, que pueden no contar con personal suficientemente especializado ni con presupuesto para poder contratar estos trabajos.

³ El desarrollo de las renovables bajo criterios de inclusión territorial. Análisis de la integración de costes/impactos-beneficios/retornos, nov 2021. <https://fundacionrenovables.org/proyecto/el-desarrollo-de-las-renovables-bajo-criterios-de-inclusion-territorial-analisis-de-la-integracion-de-costes-impactos-beneficios-retornos/>



Objetivos del proyecto

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Objetivos del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo **definir una metodología que permita clasificar y valorar el suelo municipal para decidir las mejores ubicaciones posibles para los proyectos de plantas fotovoltaicas**. Esta metodología incluirá también el análisis del efecto acumulativo de las mismas sobre el territorio y su incidencia sobre el mismo. De acuerdo con la problemática anteriormente expuesta, es necesario disponer de una metodología que permita minimizar el impacto sobre el territorio de estos proyectos. Una metodología que debe diseñarse a partir de criterios científicos y que contemplen las singularidades tanto del territorio como de su biodiversidad y de los usos y costumbres de sus habitantes, incluidas sus necesidades energéticas y las posibilidades de implementación de sistemas de autoconsumo, garantizando su viabilidad.

A su vez, debe ser una metodología que permita el desarrollo de los proyectos de plantas fotovoltaicas en los territorios con **una participación activa de sus habitantes**, tanto en la toma de decisiones previas, respecto a las prioridades de cada municipio para los distintos criterios a considerar, como en los beneficios posteriores de los mismos. Esta metodología aportará datos objetivos sobre los diversos valores de los territorios y la posible afectación a los mismos de los proyectos renovables, lo que sin duda será útil tanto a las empresas fotovoltaicas como a los inversores y municipios afectados en la preparación y/o autorización de estos proyectos.

Una vez definida esta metodología se aplicará a una zona concreta con el fin de validarla para su aplicación posterior en otros territorios. Esta metodología consistirá en crear un mapa de zonificación que permita clasificar los territorios de acuerdo con los resultados obtenidos, gracias a la identificación de las zonas de mayor sensibilidad ambiental para la fauna y la flora, la superficie agraria útil, los puntos de conexión de acceso a la red y las instalaciones ya existentes, entre otros. Esta herramienta ayudará a realizar una planificación ordenada de los sistemas de producción de energía fotovoltaica teniendo en cuenta la especificidad de cada territorio con respeto a sus gentes y a su biodiversidad y permitirá que las grandes instalaciones no saturen la capacidad de la red y hagan imposible un modelo más sostenible de implantación de energías renovables, basado en el autoconsumo y las comunidades energéticas locales.

De la misma forma será **importante valorar y cuantificar la acumulación de estos proyectos en un mismo territorio** y cómo puede afectar al desarrollo sostenible futuro de los mismos, toda vez que la ocupación masiva del territorio puede hipotecar el desarrollo futuro de las actividades económicas en ellos.





Finalmente, se pretende también **cuantificar las necesidades energéticas de los municipios afectados** mediante una valoración de los consumos energéticos y de la disponibilidad de espacios para la ubicación de sistemas de autoconsumo (individual o colectivo), de forma que se puedan proponer acciones que permitan un desarrollo más distribuido de las energías renovables.



Fases del proyecto

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Fases del proyecto

Fase 1. Análisis y recopilación de las variables con impacto en la evaluación y potencial de plantas fotovoltaicas y eólicas.

Se recopilarán y analizarán todas las variables definidas en la bibliografía que deben ser tenidas en cuenta para poder evaluar los diferentes impactos que puedan proporcionar las plantas fotovoltaicas y eólicas.

Fase 2. Evaluación multicriterio de las variables de impacto en el modelo final.

Creación de una metodología para poder evaluar el impacto socioeconómico y ambiental a partir de variables multicriterio definidas en la Fase I.

Fase 3. Caso de uso. Aplicación y validación de la metodología en un área territorial que comprenda varios municipios.

Se validará que la metodología creada en la Fase II del proyecto sea correcta a partir de la elaboración de un modelo que evalúe el impacto socioeconómico y ambiental para un área con varios municipios.

Fase 4: Difusión del proyecto.

El proyecto estará disponible en la web de la Fundación Renovables y se publicará en RRSS.



Antecedentes

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Antecedentes

El Gobierno de España en su Plan Nacional de Energía y Clima para 2030 (PNIEC 2030) ha fijado unos ambiciosos objetivos de generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables, principalmente eólica y fotovoltaica. El objetivo es que en 2030 se hayan instalado en España 39 GW de energía fotovoltaica y 50 GW de energía eólica. Estas expectativas se han visto superadas por los proyectos que los promotores han presentado para la conexión a la red de alta tensión española, sumando casi 200 GW entre ambas tecnologías.

Sin embargo, el PNIEC 2030 presenta varias carencias, siendo la **falta de planificación y ordenación territorial** para la implantación de estas infraestructuras una de las principales. Esta falta de planificación pone en riesgo la valiosa biodiversidad de España, la más singular de Europa Occidental, ya que los promotores buscan los suelos más baratos y más próximos a los puntos de conexión, para instalar estas plantas de energía y aumentar su rentabilidad. En muchas ocasiones estos suelos coinciden con las zonas más valiosas ambientalmente, tal y como señalaban recientemente 23 prestigiosos investigadores en la revista Science⁴.

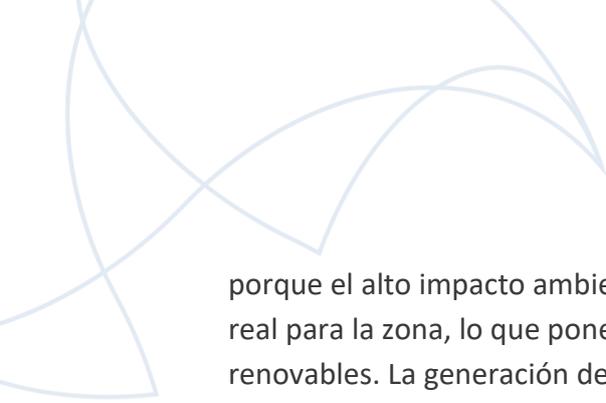
Se necesitan aproximadamente dos ha de terreno por cada megavatio pico instalado, por lo que para la instalación de grandes plantas se hace especialmente importante ser muy cuidadosos con su ubicación. Los actuales procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental que se están tramitando favorablemente para estos proyectos no son suficientes para evaluar este daño, debido a que **no se tiene en cuenta de manera adecuada el impacto sinérgico y acumulativo del gran número de proyectos que se pretenden instalar en una misma zona**.

Por otra parte, los Planeamiento Municipales, en muchos casos, son muy anticuados y se encuentran obsoletos. En ninguno de ellos se contempla la implantación de plantas de producción energética con fuentes renovables. Estos usos no vienen contemplados o su regulación es muy laxa. No contemplan la fuerte demanda de implantación de los nuevos proyectos ya que no existía esta problemática en el momento de su aprobación.

Esta falta de planificación está provocando que empiece a surgir un gran **rechazo social** en las regiones donde se pretenden instalar muchos de estos macro proyectos,

⁴ *Renewables in Spain threaten biodiversity. SCIENCE, 11-12-2020, Vol 370, Issue 6522 pp. 1282-1283. DOI: 10.1126/science.abf6509.*





porque el alto impacto ambiental y social no se traduce en un beneficio económico real para la zona, lo que pone en riesgo la necesaria transición energética a las renovables. La generación de trabajo que implican las grandes plantas es temporal, pero el impacto sobre el territorio es permanente, sobre todo cuando se seleccionan tierras de producción agrícola o ganadera en las cuales se contrataban a numerosos trabajadores para labrar los terrenos a lo largo de todo el año. Además, las empresas necesitan arrendar o comprar parcelas de gran tamaño, por lo que prefieren hacerlo a grandes terratenientes para tener solamente uno o dos arrendadores o vendedores, generando un aumento en la brecha salarial y social de las áreas afectadas.

Todo esto hace que sea necesaria una evaluación completa de todo el territorio, donde se puedan establecer bajo criterios científico-técnicos una clasificación de aquellas zonas especialmente sensibles para la biodiversidad e incluso establecer áreas de exclusión en las que no debe estar permitida la instalación de estos proyectos. De la misma forma, es necesario hacer una clasificación de los terrenos factibles para instalar este tipo de plantas de forma que la solución final adoptada afecte lo menos posible al desarrollo económico de la zona y produzca en la misma beneficios tangibles y evaluables.

Otra de las carencias del PNIEC 2030 es la **falta de objetivos desagregados de generación renovable distribuida y de autoconsumo**, tal y como exigen las directivas europeas del Paquete de Invierno, que consideran este modelo el más eficaz para luchar contra la emergencia climática, ya que de esta manera permite incorporar a la ciudadanía dentro del futuro sistema eléctrico renovable. **La generación distribuida y las comunidades energéticas locales han demostrado en Europa ser la forma más eficaz y más rápida para conseguir la penetración de las renovables de una manera más democrática.** Se ha contrastado también que la participación pública en el diseño y en los beneficios hace que sean positivamente aceptadas por parte de la población local. Así mismo, el modelo distribuido al instalar la generación de energía en suelos urbanizados y/o degradados no tiene impacto sobre la biodiversidad.

Por este motivo es necesario aportar nuevos criterios justificados que ayuden y faciliten a los gestores y técnicos municipales la evaluación de una manera más precisa, objetiva y justa de la idoneidad de determinadas instalaciones de gran tamaño. Es necesario contar con herramientas para ordenar el territorio adecuadamente, previniendo los impactos irreversibles que se puedan generar si se llevaran a cabo la instalación de todas las grandes plantas fotovoltaicas que hay solicitadas en algunos municipios.



Metodología

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Metodología

La metodología de trabajo consiste en identificar todos aquellos aspectos que definen el valor de cada territorio, estableciendo los criterios y condiciones de ponderación de acuerdo a su importancia. La superposición de todos estos criterios en un territorio o zona concreta, debidamente ponderados permitirá obtener un valor en una escala acotada que permitirá clasificarlos con el objetivo de poder decidir la conveniencia o no de instalar plantas fotovoltaicas.

Cada uno de estos aspectos se implementará en una capa de datos en un sistema GIS. Sobre estos mapas se georreferenciarán las áreas afectadas por los proyectos renovables ya desarrollados, así como los que están pendientes de autorización administrativa, por lo que se podrá observar si dichos proyectos afectan a la biodiversidad y en qué medida.

Para ello, se emplearán **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y la **Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM)**, que son las herramientas adecuadas para resolver problemas de localización complejos.

Los **SIG** son considerados una herramienta de gran utilidad en el presente trabajo, ya que no sólo permiten analizar y visualizar información geoespacial, sino que generan una base de datos que sirve apoyo al sistema de toma de decisiones.

Metodologías como **MCDM**, en el contexto de los **SIG**, ayudan a en la toma de decisiones a la hora de resolver un problema mediante un proceso analítico que emplea las variables cartográficas de la base de datos como sistema de partida. Los MCDM se utilizan con éxito en muchos procesos de planificación de diferente índole y siguen una serie de pasos: definición del problema, identificación de alternativas, selección de criterios, elaboración de la matriz de decisión y asignación de pesos a los criterios.

Un ejemplo de proyectos que combinan los SIG con los MCDM es el trabajo publicado en 2013, *“Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain”* (Sánchez-Lozano, Teruel-Solano, Soto-Elvira , & García-Cascales, 2013), que se proponía evaluar los mejores emplazamientos para plantas solares. En este trabajo, se priorizan los criterios técnicos y de eficiencia enfocados a buscar los emplazamientos como aquellos que generan la mayor cantidad de energía y se tienen



poco en cuenta aspectos medioambientales y sociales, algo que sí se plantea como algo fundamental en este proyecto.

Un esquema de cómo se usa y aplica esta metodología general puede verse en la Figura 1.

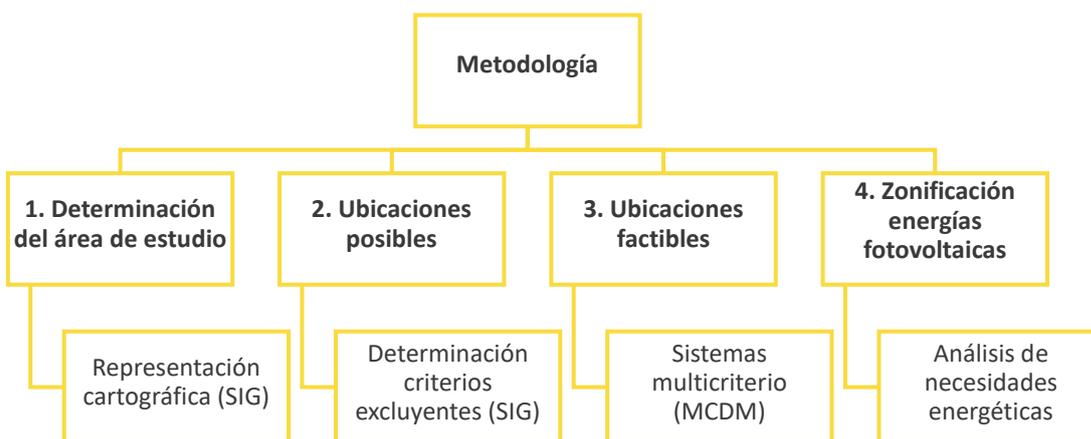
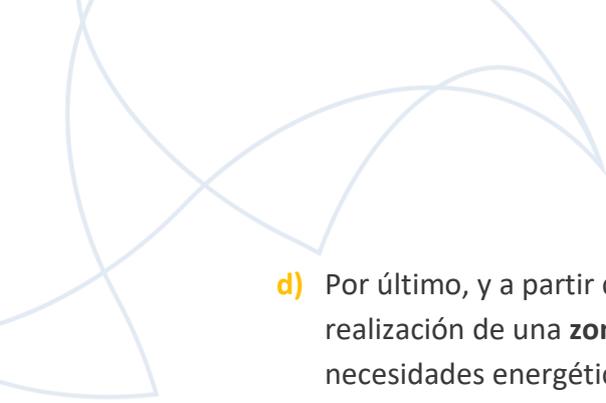


Figura 1. Esquema metodológico.

El procedimiento de trabajo es el siguiente:

- a) En primer lugar, se define un área de estudio. Este área se representa cartográficamente mediante un SIG.
- b) El siguiente paso es determinar las áreas que no son aptas para la implantación de este tipo de instalaciones por la política sectorial existente de rango estatal, autonómico o supramunicipal. Estas se consideran áreas de exclusión y así se incluyen en el SIG. Con ello, quedan las áreas en las que sería posible, en principio, hacer instalaciones fotovoltaicas.
- c) Se definen unos criterios de clasificación que tienen en cuenta variables de distinto tipo, como usos del territorio, proximidad a núcleos urbanos, instalaciones existentes, instalaciones autorizadas, etc. Para cada uno de ellos se establece la importancia que tiene para el territorio y, de acuerdo con la misma, se le asigna un peso. Después, para todas esas áreas que eran potencialmente factibles para ubicar instalaciones se les asigna un valor teniendo en cuenta los criterios y pesos de cada área. Los pesos asignados a cada uno de los criterios utilizados podrían ser distintos para cada municipio y ubicación. Es importante señalar que el peso que se asigna a cada criterio está justificado. Finalmente, utilizando la técnica MCDM se obtiene para cada área una clasificación que tiene en cuenta esos criterios y pesos.



- 
- d) Por último, y a partir de los resultados obtenidos por el modelo, se procede a la realización de una **zonificación del territorio** analizado, atendiendo a sus necesidades energéticas.

Herramientas de Sistemas de Información Geográfica

Los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** son sistemas de hardware, software que integran distintos procedimientos creados para poder capturar, almacenar, analizar, modelizar y presentar datos que están referenciados. Este tipo de sistemas son muy útiles para la resolución de problemas de planificación y gestión (Frank & Goodchild, 1990). La principal ventaja que ofrecen los SIG es que a una determinada cartografía se le asocia una base de datos georreferenciada. De esta forma, es posible realizar búsquedas en ambas direcciones: obteniendo información desde la cartografía o buscando en la base de datos.

Las representaciones en GIS son de dos tipos: **ráster y vectoriales**. Los archivos ráster se representan mediante una malla de rectángulos, todos del mismo tamaño, denominados píxeles. Estos tienen una determinada información en cada punto y su ubicación geográfica. Estas características geográficas se expresan como vectores y almacenan en un archivo vectorial que mantiene los atributos geométricos de las figuras. Además, éstos tienen información asociada a la base de datos.

Un GIS organiza la información geográfica de forma que permite seleccionar los datos necesarios para un determinado proyecto, mediante un sistema de **agregado de capas de información** asociadas a ubicaciones del mundo real (véase por ejemplo la Figura 2. Modelo de capas SIG.

). Cada una de estas capas de información serán los criterios que influirán en la toma de decisiones del proyecto.



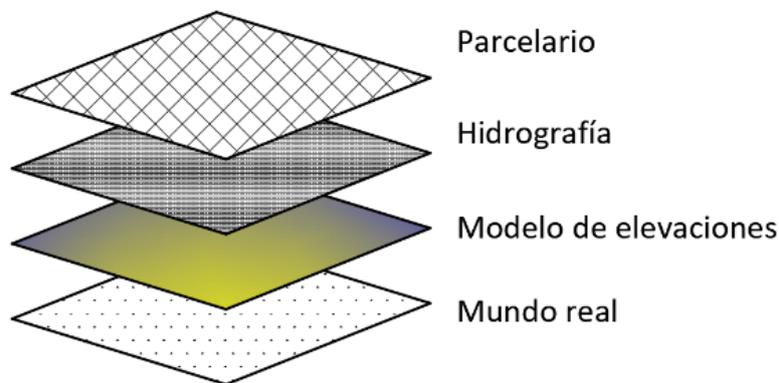


Figura 2. Modelo de capas SIG.

El empleo de los SIG permite trabajar con un diverso y amplio conjunto de variables espaciales. Esta gestión de la información geográfica permite a los SIG trabajar de forma conjunta con los sistemas de **análisis multicriterio**. La posibilidad de analizar y evaluar de forma simultánea los diferentes criterios o base del sistema de decisión, junto con los factores o pesos, aspectos que penalizan o potencia la decisión, son la base del desarrollo de una metodología de zonificación de las energías fotovoltaica en el territorio.

La herramienta SIG empleada en este proyecto es **QSIG**. El sistema QGIS, (*Quantum Geographical Information System*), es un software libre y de código abierto que proporciona una aplicación GIS para el tratamiento y análisis de información geográfica y que permite una visualización en forma de mapas (Gómez Gutiérrez, 2016). El motivo de esta elección para realizar este estudio se basa tanto en el carácter libre de este software como en la creciente expansión que ha experimentado en los últimos años, lo que le confiere un alto grado de fiabilidad y madurez.

Método de las jerarquías analíticas

El análisis del emplazamiento óptimo para una actividad, como pueden ser en este caso las ubicaciones de instalaciones fotovoltaicas puede realizarse mediante los métodos de evaluación multicriterio que están integrados en los SIG. Estos permiten obtener mapas de aptitud y proporcionan un entorno válido para la integración de los factores de distinto tipo que intervienen en la aptitud del suelo para cada uso. Estos factores pueden ser, por ejemplo, medioambientales, económicos o sociales.

De entre las técnicas de evaluación multicriterio que pueden ser aplicadas a la aptitud del territorio para un determinado uso del suelo en este proyecto se utilizará la que se



denomina - **Analytic Hierarchy Process (AHP)** o de **Saaty**. Con este método se presenta un problema específico mediante una estructura jerárquica y después se establecen las prioridades de las diferentes alternativas basándose en el juicio del usuario. Se considera adecuado porque:

- Permite una evaluación en la que existen factores cualitativos.
- Permite asignar pesos a cada criterio o capa. Esos pesos se utilizarán como criterios de decisión.

Este método de análisis jerárquico es un procedimiento en el que se realiza una comparación por pares de los distintos criterios. Se utiliza para ello una matriz cuadrada cuyo tamaño (filas y columnas) está determinado por el número de criterios a ponderar.

Se comparan dos a dos los criterios para establecer esa matriz de comparación entre pares. Se determina la importancia de cada criterio por comparación con cada uno de los demás, atendiendo a la definición de las ponderaciones según el método **AHP** (Tabla 1) ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Ponderaciones según el método AHP	
Extremadamente más importante	9
Intermedia	8
Mucho más importante	7
Intermedia	6
Más importante	5
Intermedia	4
Moderadamente más importante	3
Intermedia	2
Igual importancia	1
Intermedia	1/2
Moderadamente menos importante	1/3
Intermedia	1/4
Menos importante	1/5
Intermedia	1/6
Mucho menos importante	1/7
Intermedia	1/8



Extremadamente menos importante

1/9

Tabla 1. Ponderaciones según el método AHP.

La escala de medida que se emplea en este método determina el coeficiente a_{ij} , de acuerdo con la expresión siguiente:

$$a_{ij} = \left(\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right)$$

Ecuación 1

Se genera una matriz comparativa con los valores denominada A, cuadrada y de dimensiones n (número de criterios utilizados), a partir de los valores a_{ij} , como se muestra en la Tabla 2.

Matriz de comparaciones pareadas	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Criterio 1	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}
Criterio 2	a_{21}	1	a_{23}	a_{24}
Criterio 3	a_{31}	a_{32}	1	a_{34}
Criterio 4	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	1
Sumatoria	Σ	Σ	Σ	Σ

Tabla 2. Matriz A de comparaciones pareadas.

Si se suman los valores de cada columna de la matriz comparativas de criterios, y se divide cada valor de juicio a_{ij} entre la sumatoria de la columna correspondiente, se obtiene una matriz auxiliar normalizada, como se muestra en la siguiente expresión:

$$A = \begin{matrix} Aaa & Aab & Aac & Aad \\ Bba & Bbb & Bbc & Bbd \\ Cca & Ccb & Ccc & Ccd \\ Dda & Ddb & Ddc & Ddd \end{matrix}$$

Ecuación 2

Finalmente, para conocer el valor del vector principal (w_j), promedio de los valores normalizados de las filas, se divide cada uno de los valores de dicho vector entre n (número de criterios o factores), tal y como se muestra en la Tabla 3.



Matriz de factor	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Criterio D	Vector principal normalizado (W_j)
Criterio A	1	A_{ab}	A_{ac}	A_{ad}	$\Sigma A_{ij}/n$
Criterio B	B_{ba}	1	B_{bc}	B_{bd}	$\Sigma B_{ij}/n$
Criterio C	C_{ca}	C_{cb}	1	C_{dd}	$\Sigma C_{ij}/n$
Criterio D	D_{da}	D_{db}	D_{dc}	1	$\Sigma D_{ij}/n$

Tabla 3. Matriz auxiliar.

Criterios de restricción o análisis

Un criterio es cada una de las bases o conceptos que se usan para la toma de decisiones. Los criterios pueden ser medios y evaluados por lo que permiten construir una evidencia sobre la que se basa una decisión. Los tipos de criterios escogidos como determinantes en este trabajo son:

- Legales
- De ubicación
- Medioambientales
- Orográficos

La determinación de la metodología para la elección de las ubicaciones factibles está estrechamente vinculada a las capas de criterio que se establecen y los pesos que poseen. No se han considerado datos climatológicos (irradiación y temperaturas) pues se considera un criterio homogéneo en toda el área de estudio, tal como se puede observar en las Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

Irradiación Horizontal (kWh/m^2)				
	Horizontal media diaria anual (kWh/m^2)	Máxima	Mínima	STD (%)
Casares	4.9	5.1	4.7	2,3
Gaucín	4.9	5.2	4.7	2,1
Jimena	4.9	5.3	4.7	3,2
San Martín	5.1	5.4	4.9	2,1

Tabla 4. Valores de irradiación horizontal (kWh/m^2) del área de estudio.



	Inclinación óptima (grados)	Media diaria anual (kWh/m ²)	Máxima	Mínima	STD (%)
Casares	31	5.6	5.7	5.3	2,7
Gaucín	31	5.6	6.0	5.2	2,8
Jimena	31	5.5	6.0	5.2	3,8
San Martín	32	5.8	6.1	5.5	2,9

Tabla 5. Irradiación solar sobre superficie inclinada al ángulo óptimo (kWh/m²) para el área de estudio.

Temperatura diaria (°C)				
	Media (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	STD (%)
Casares	17.0	17.6	16.7	1,9
Gaucín	17.1	17.5	16.8	1,8
Jimena	17.8	18.3	17.3	1,7
San Martín	18.3	18.8	17.9	1,7

Tabla 6. Temperaturas diarias (°C) del área de estudio.

Es decir, la variabilidad de la irradiancia en esta zona es pequeña y siempre que se orienten los módulos al sur a una inclinación próxima a la óptima y en terrenos libres de sombras, todas las ubicaciones posibles tendrán producciones fotovoltaicas similares. Lo mismo podemos decir respecto a la temperatura ambiente. Sin embargo, sí se han tenido en cuenta en este estudio los criterios de orientación y pendiente que sí tienen un impacto significativo en la producción eléctrica fotovoltaica.

Todos los criterios enumerados se someten a un sistema de asignación de pesos para determinar su importancia relativa en la decisión final adoptada por el modelo. En la Tabla 7 se observa la matriz de comparaciones pareadas de criterios en la que los **criterios medioambientales y de ubicación** son considerados moderadamente más importantes que los orográficos.

	Medioambientales	Orográficos	Ubicación
Medioambientales	1.00	2.00	1.00
Orográficos	0.50	1.00	0.50
Ubicación	1.00	2.00	1.00



Suma	2.50	5.00	2.50
-------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 7. Matriz de comparaciones ponderadas de criterios.

En la Tabla 8 se muestra la matriz auxiliar y el valor del vector auxiliar:

Criterios	Medioambientales	Orográficos	Ubicación	W_j
Medioambientales	0.40	0.40	0.40	0.40
Orográficos	0.20	0.20	0.20	0.20
Ubicación	0.40	0.40	0.40	0.40

Tabla 8. Matriz de comparaciones con valor del vector auxiliar.

La jerarquía de criterios establecida es la siguiente:

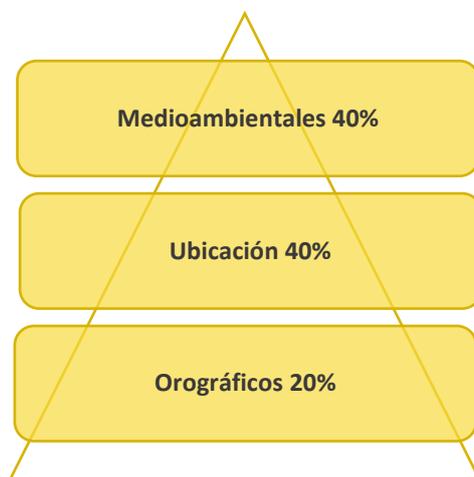
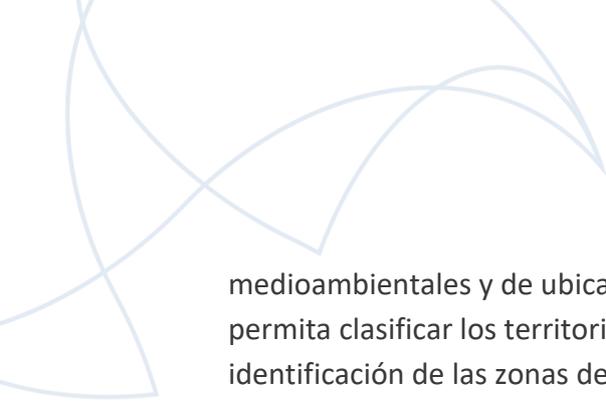


Figura 3. Jerarquía de criterios.

Como se ha apuntado anteriormente, los trabajos publicados previamente tienen en común la predominancia de los criterios climatológicos y orográficos sobre los medioambientales o de ubicación, con el objetivo de maximizar la producción energética. En el presente trabajo se otorgan estos pesos a los criterios





medioambientales y de ubicación con la intención establecer una zonificación que permita clasificar los territorios de acuerdo con los resultados obtenidos, gracias a la identificación de las zonas de mayor sensibilidad ambiental para la fauna y la flora, la superficie agraria útil o los puntos de conexión de acceso a la red, entre otros.

Como se observa en la Figura 3 uno de los criterios con más peso en el modelo es el **criterio medioambiental** (usos del suelo). El tipo de suelo, por ejemplo, no incide en el rendimiento de la planta, pero sí tiene graves repercusiones en el medioambiente y en la actividad socioeconómica de la región. Por este motivo, posee un mayor peso en la matriz de decisión que el criterio orográfico (orientaciones y pendientes), que influye de forma directa en la inversión inicial y producción de la planta plantas de energía fotovoltaica. El **criterio ubicación** (distancias a los centros de transformación y núcleos, y parcelario) posee el mismo peso que el medioambiental para garantizar una planificación ordenada de las instalaciones fotovoltaicas sin saturar la capacidad de la red y simplificando los trazados de la red al reducirse las distancias hasta los centros de transformación.

Por otra parte, cada uno de estos criterios se subdivide en criterios de **restricción** o de **análisis**. Un criterio de restricción es aquel que excluye determinadas áreas en la decisión final, mientras que los criterios de análisis potencian o detractan una determinada alternativa. Un ejemplo de criterio de restricción son los criterios legales, que deben cumplirse.

Estos criterios están constituidos por una serie de capas. Los pesos adjudicados a las **capas que constituyen el criterio de restricción** se determinan mediante un sistema binario (0-1), asignándole el valor 0 a aquellos píxeles que están dentro de la zona de exclusión y valor 1 al resto. En el caso de las **capas que constituyen el criterio de análisis** se genera una escala de decisión (0-3), estableciendo qué zonas son óptimas o desfavorables, dentro de las zonas calificadas como factibles para la instalación de plantas fotovoltaicas por las capas de restricción (Figura 4). Estas capas en principio se encuentran en formato **vectorial**, pero se convierten a formato **ráster** tras aplicarles el proceso de reclasificación (reclass) o buffer, para obtener las diferentes áreas de influencia ponderadas.



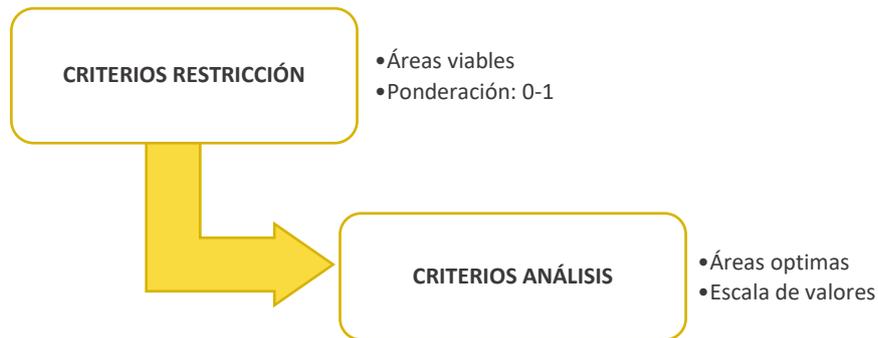


Figura 4. Tipos de criterios y características.

Finalmente, a todas estas capas en formato ráster se les aplica de forma conjunta el proceso de suma ponderada de criterios (*Weight Overlay*). Se trata de una herramienta de cálculo ráster que permite introducir los pesos de las respectivas capas que constituyen cada criterio, con el objetivo de realizar la suma ponderada de los mismos. De esta forma, se obtiene la cartografía para la zonificación del área geográfica a estudiar. La capacidad de acogida del territorio se entiende como la suma de todas las capas tanto de restricción como de análisis. Es por ello, que la primera cuestión a abordar es la determinación de los factores intervinientes en el proceso de toma de decisiones. A continuación, en la Figura 5, se muestran los criterios de restricción y análisis, y las capas que definen cada uno de ellos.



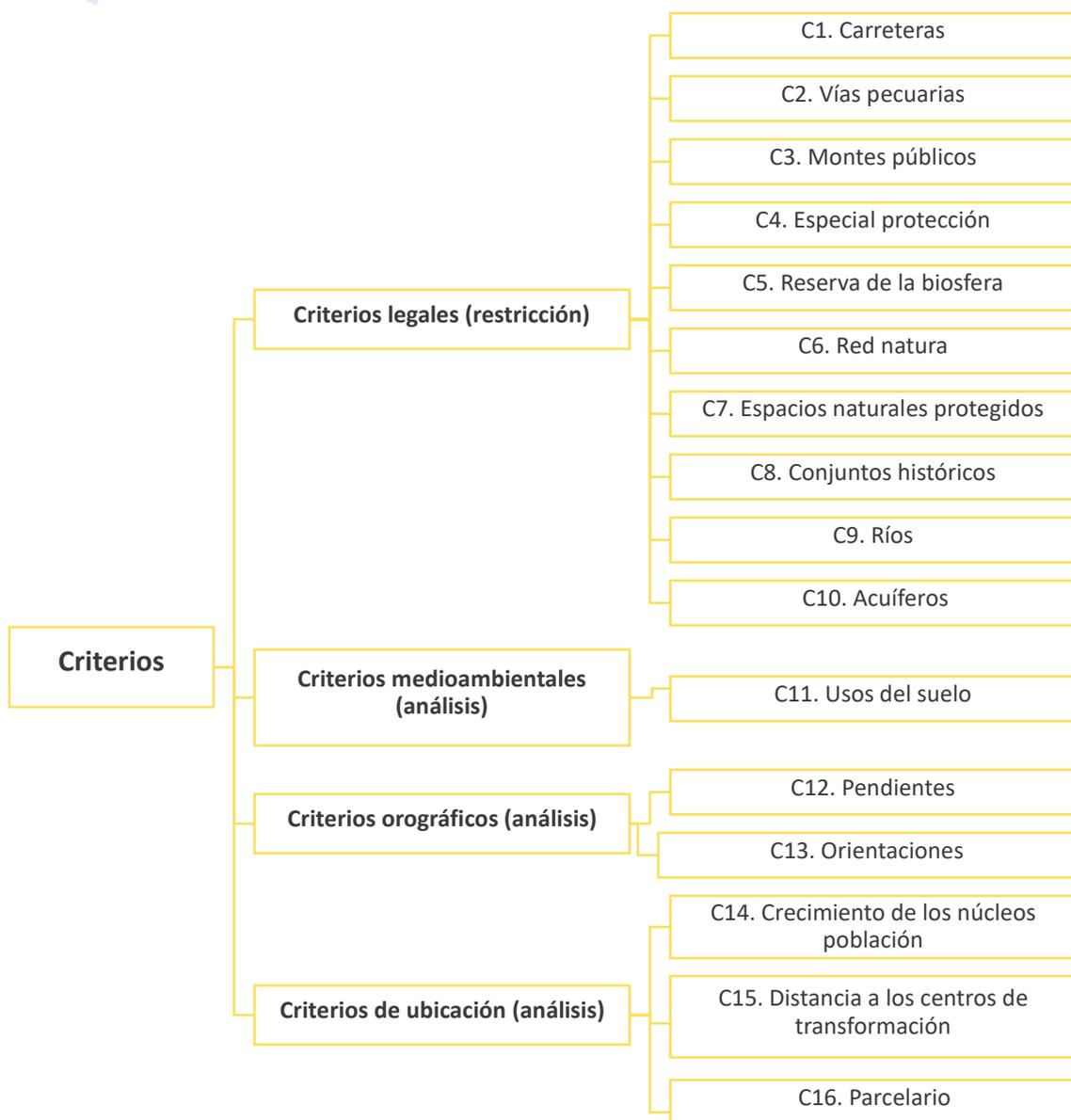


Figura 5. Criterios de restricción y análisis y sus capas definitorias.

Capas de restricción

En primer lugar, la superficie que se va a considerar adecuada para la posible instalación de parques fotovoltaicos se obtendrá aplicando restricciones, mediante el uso de QSIG, sobre aquellas áreas donde las políticas existentes prohíban la implantación de este tipo de instalaciones. Estas restricciones vendrán definidas por capas temáticas obtenidas a través de los distintos organismos y administraciones oficiales. Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas que, en principio, podrían ser aptas para implantar sistemas de generación fotovoltaicos.



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se recogen los criterios de exclusión, así como la fuente de datos utilizada para la obtención de la información.

Capas del criterio de restricción			
	Criterio	Nombre capa (GIS)	Fuente
Red de transporte	C1. Carreteras	09_14_RedCarreteras	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C2. Vías pecuarias	09_22_ViasPecuarias	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
Patrimonio	C3. Montes públicos	11_15_montes	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C4. Especial protección	11_11_EspecialProteccion	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C5. Reserva de la biosfera	11_10_ReservaBiosfera	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C6. Red natura	11_09_RedNatura	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C7. Espacios naturales protegidos	11_07_Enp	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C8. Conjuntos históricos	11_04_ConjuntoHistorico	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
Hidrografía	C9. Ríos	03_01_Rios	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C10. Acuíferos	04_12_Acuifero	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)

Tabla 9. Capas del criterio de restricción y fuentes de datos.

A continuación, se desarrolla el ámbito legal que justifica la pertenencia a una capa de exclusión:

Red de transporte

Como primera capa de exclusión se define la **red de transporte**, según las determinaciones recogidas en la Ley 8/2001 de Carreteras de Andalucía. (Ley 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía, 2001). Según esta ley, para **carreteras** se define una zona de no edificación consistente en una franja de territorio a ambos lados de ellas, delimitadas por las aristas exteriores de las calzadas y exteriormente por dos líneas paralelas. Es por ello, que en el modelo se establecen los siguientes desfases o *buffers* dependiendo del tipo de vía:

- Vías de gran capacidad, 100 metros



- Resto, 50 metros.

La fuente empleada para la representación de las carreteras es el archivo **09_14_RedCarreteras** de la Dera (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.). Este archivo, de acuerdo con la referencia (2) contiene *“información acerca del trazado de la red de carreteras existente en Andalucía incluyendo información acerca de su denominación, matrícula, titularidad, jerarquía, tipología y estado. Esta información procede de la Red de Transporte del Instituto Geográfico Nacional (IGN).”* Se han seleccionado los elementos siguientes: Autopista, Autovía, Carretera convencional y Carretera multicarril, además se han eliminado todos los registros con jerarquía No catalogada.

Para las **vías pecuarias** el área de exclusión es la resultante de considerar las vías pecuarias según la anchura que se establece en la Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias (Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias):

- Cañadas, 75 metros
- Cordeles, 37.5 metros
- Veredas, 20 metros

La fuente empleada para la representación de las carreteras es el archivo **09_22_ViasPecuarias** de la Dera (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.). Este archivo, de acuerdo con la referencia (2), *“contiene el trazado de las vías pecuarias de Andalucía. Los datos proceden del Inventario de Vías Pecuarias de Andalucía del banco de datos de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).”* La tipología se ha extraído del nombre de la vía pecuaria.

Patrimonio

Se consideran las siguientes capas de exclusión en relación con la categoría de patrimonio (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.) dentro de la capa de patrimonio se incluyen los archivos que se detallan. La descripción de estos archivos se ha tomado de la referencia (2):

- **11_04_ConjuntoHistorico.** *Contiene información acerca de los **Bienes de Interés Cultural** y **Bienes de Catalogación General** declarados en Andalucía.*
- **11_07_Enp_FiguraGestion.** *Contiene información de los **Espacios Naturales Protegidos de Andalucía** con los territorios que se acogen a la figura de gestión Espacio Natural. Este conjunto de datos procede del catálogo de información espacial de la Red de Información Ambiental de Andalucía*



(REDIAM). Los datos representados son aquellos que para el campo “figura” contiene el valor “Espacio Natural”.

- **11_09_RedNatura_LIC.** *Contiene la delimitación actual de la Red Ecológica Europea Red Natura 2000 en Andalucía. Incluye los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) declarados hasta febrero de 2017, competencia de la Junta de Andalucía. También en esta capa se incluyen, en los casos que corresponda, los Espacios propuestos como Lugares de Importancia Comunitaria (pLIC), pues a partir de este momento, gozan de un régimen de protección preventiva, de acuerdo al artículo 43.2 de la Ley 42/2007. Este conjunto de datos procede del catálogo de información espacial de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Se representan aquellos datos que para el campo “figura” contiene los valores siguientes “LIC: Lugar de Importancia Comunitaria”.*
- **11_10_ReservaBiosfera.** *Contiene las Reservas de la Biosfera de Andalucía, incluye la Intercontinental del Mediterráneo (Andalucía/España/Marruecos). Procedente de la capa de reservas existentes en España. Están reconocidas internacionalmente, aunque permanecen bajo la soberanía española. Se seleccionan por su interés científico, basándose en una serie de criterios que determinan si un espacio se incluye en el Programa. Este conjunto de datos procede del catálogo de información espacial de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).*
- **11_11_EspecialProteccion.** *Contiene información acerca de la localización y la tipología de los espacios del Plan Especial Protección del Medio Físico, incluidos en este inventario, existentes en Andalucía. Estos planes tienen como objetivo establecer las medidas necesarias en el orden urbanístico para asegurar la protección de los valores medioambientales de cada provincia. Todos aquellos espacios que estén acogidos a este tipo de planes tienen que ser respetados con todas las garantías en los planes y normas urbanísticas locales de cada provincia que se aprueben a partir de la entrada en vigor de cada Plan de Protección. Los datos proceden de la Dirección General de Desarrollo Territorial de la antigua Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.*
- **11_15_montes.** *Montes que integran el Catálogo de Montes Públicos de Andalucía, publicado por Orden de 23 de febrero de 2012 (BOJA número 62 de 29 de marzo de 2012). La capa de Montes Públicos se generó inicialmente con la delimitación previa de los montes sobre cartografía oficial del Instituto Cartográfico de Andalucía (actual IECA) a escala 1:10.000 en formato analógico, para lo que se tomaron como base los*



mapas disponibles en los antiguos servicios forestales de la Administración, posteriormente se procedió a su digitalización. Utilizando como base esta cartografía digital, se ha ido enriqueciendo con las coberturas de deslindes, ordenaciones de montes y modificaciones de cobertura a propuesta de las distintas Delegaciones Provinciales, dando como resultado la actual capa de montes disponible en la REDIAM, que se corresponde con la relación de montes públicos que constituyen el Catálogo de Montes de Andalucía, publicada en la Orden de 23 de febrero de 2012 (BOJA número 62 de 29 de marzo de 2012). La información está en constante actualización. Este conjunto de datos procede del catálogo de información espacial de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

Hidrología

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, recoge el marco de protección de cauces y arroyos. Según esta Ley se establece una zona de servidumbre de 5 metros de anchura para su uso público y otra zona de policía de 100 que condiciona las actividades que ahí se realizan. Es por ello, que para el proyecto se ha considerado un **buffer de 105 metros**, para obtener la zona de dominio público de los ríos que actuara como limitante en nuestro modelo. Para los acuíferos no se ha considerado ningún tipo de desfase.

La fuente empleada para la representación de las carreteras es la Dera (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.), considerando las capas de exclusión que se detallan. La información que se detalla se ha obtenido de la referencia (2):

- **03_01_Rio.** *Cursos fluviales ubicados en Andalucía. Este conjunto de datos procede de una generalización de la red fluvial que aparece en el Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 vectorial, producido por el antiguo Instituto de Cartografía de Andalucía, siendo su última versión la correspondiente a la revisión geométrica que se hizo sobre la Ortofotografía Digital Color de Andalucía 2007. Tras el proceso de generalización se ha revisado la conectividad, el sentido de flujo del agua y se ha agregado un atributo que permite la jerarquización de los elementos que componen la red.*
- **04_12_Acuifero.** *Contiene la distribución y tipología de los acuíferos existentes en Andalucía. Los datos proceden de la Secretaría General de Medio Ambiente y Agua de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, y aparecen publicados en el Compendio de Cartografía y*



Estadísticas Ambientales de Andalucía (2008), así como en el banco de recursos de la Red de Información Ambiental de Andalucía - REDIAM- (2012).

Capas de análisis

Una vez reducida la zona de estudio a la **zona factible para implantar**, se introducirán en QGIS las capas que inciden en la decisión o determinación de las zonas óptimas. Para evaluar la viabilidad del terreno para la ubicación de las plantas fotovoltaicas, las capas de análisis poseen una estructura jerárquica o de gradiente de valores (0- 3), sometiéndose a un proceso de reclasificación (*reclass*) que atiende a esta ponderación.

Los criterios se obtienen de la bibliografía existente y cabe destacar que se trata de criterios de diferente naturaleza. No se trata solo de criterios cuantitativos (distancias a centros transformación, crecimiento núcleos población...), definidos mediante valores numéricos, sino también cualitativos como por ejemplo clases de suelo, orientaciones... A continuación se muestran las capas que constituyen el criterio de análisis.

Capas de análisis			
	Criterio	Nombre capa (GIS)	Fuente
Criterios medioambientales	C11. Usos del suelo	SP valor	Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)
Criterios orográficos	C12. Pendientes	Pendiente reclass	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C13. Orientaciones	Aspect reclass	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
Criterios de ubicación	C14. Distancia núcleos población	Núcleos urbanos valor	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C15. Distancia a los centros de transformación	10_13_SubestacionElectrica_Valor	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)
	C16. Parcelario	Parcelas valor	Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)

Tabla 10. Capas del criterio de análisis y fuentes.

Criterios medioambientales: Usos del suelo

El análisis de los usos del suelo se realiza empleando como fuente el SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), s.f.). SIGPAC permite identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos, en cualquier régimen de ayudas relacionado con la superficie cultivada o aprovechada



por el ganado. De esta forma, conociendo el uso del suelo, es posible acercarse al impacto económico y medioambiental que podría tener en los municipios la implantación de plantas de energía fotovoltaica.

Mediante esta capa que define el criterio medioambiental, se pretende reducir el impacto sobre el medio y los sistemas productivos del lugar. De forma general, se consideran con mayor potencial para la implantación de energías fotovoltaicas, aquellos terrenos desprovistos de vegetación. Los siguientes valores van reduciéndose a medida que poseen un mayor valor agrícola y medioambiental. El Sistema de Información geográfica establece las siguientes categorías del suelo de acuerdo con la referencia (11):

- *Usos agrícolas*
 - *Asociaciones entre especies arbóreas: porciones del terreno en las que se observa mezcla de especies y no se pueden subdividir ambos usos en superficies monocultivo. En función del tipo de especies asociadas se pueden asignar en SIGPAC las siguientes asociaciones:*
 - (CF) Cítricos-Frutales.
 - (FL) Frutos secos – Olivar
 - (OF) Olivar - Frutal.
 - *Cítricos (CI): porción del territorio en el que existe una plantación de cítricos para la producción de fruto.*
 - *Olivar (OV): porción del territorio en el que existe una plantación de olivos para la producción de aceituna.*
 - *Frutos Secos (FS): porción del territorio en el que existe una plantación de frutales de cáscara (almendros, avellanos, nogal, pistacho u otros) y algarrobos para la producción de frutos secos y algarrobos.*
 - *Frutales (FY): porción del territorio en el que existe una plantación de árboles frutales que no puedan ser catalogados en alguna de las categorías anteriores.*
 - *Invernaderos, cultivos bajo plástico (IV): porción del territorio utilizado para cultivos protegidos mediante construcciones de vidrio o plástico o cubiertos por mantos de plástico que en cualquier caso proporcionan a las plantas mayor temperatura que en el exterior.*
 - *Viñedo (VI): porción del territorio en el que se observa una plantación de vides para la producción de uva.*
 - *Asociaciones con viñedo: asociaciones de viñedo con árboles frutales, entendiendo por asociación aquellas porciones del terreno*



en las que se aprecia una plantación de viñedo y árboles y no se pueden subdividir ambos usos en superficies monocultivo. En función del tipo de especie asociada al cultivo de viñedo se pueden asignar en SIGPAC las siguientes asociaciones:

- (VO) Viñedo - Olivar.
 - (VF) Viñedo – Frutal
- *Pastizal (PS): las tierras utilizadas para la producción de hierbas y otros forrajes herbáceos naturales (espontáneos) o cultivados (sembrados), que no hayan sido incluidas en la rotación de cultivos de la explotación durante cinco años o más, ni hayan sido roturadas durante cinco años o más.*
- *Pasto arbustivo (PR): Las tierras utilizadas para la producción de hierbas y otros forrajes herbáceos naturales (espontáneos) o cultivados (sembrados), que no hayan sido incluidos en la rotación de cultivos de la explotación ni hayan sido roturadas durante cinco años o más, en las que existen otras especies arbustivas que pueden servir de pastos, siempre que las hierbas y los otros forrajes herbáceos sigan siendo predominantes.*
- *Pasto arbolado (PA): Las tierras utilizadas para la producción de hierbas y otros forrajes herbáceos naturales (espontáneos) o cultivados (sembrados), que no hayan sido incluidos en la rotación de cultivos de la explotación ni hayan sido roturadas durante cinco años o más, en las que existen otras especies arbóreas que pueden servir de pastos, siempre que las hierbas y los otros forrajes herbáceos sigan siendo predominantes.*
- *Tierras Arables (TA): tierras dedicadas a la producción de cultivos o las superficies disponibles para la producción de cultivos, pero en barbecho. En caso de dedicarse al cultivo de hierbas u otros forrajes (sembrados) estos deberán ser incluidos en la rotación de cultivos de la explotación o roturados en un periodo menor a cinco años.*
- *Huerta (TH): porción del territorio utilizado para el cultivo de regadío de hortalizas, verduras y legumbres y en ocasiones árboles frutales entremezclados.*
- *Usos no agrícolas*
 - *Forestal (FO): porción del terreno ocupado de forma natural por arbolado denso o procedente de plantación para la obtención de productos forestales, u objeto de repoblación mediante técnicas silvícolas apropiadas. En los dos últimos casos se considera el uso forestal independientemente del porte o estado del arbolado.*



- *Improductivos (IM): porción del terreno que por sus características físicas no proporciona producción agrícola alguna (afloraciones rocosas, canteras, graveras, salinas, dunas etc.). También se asigna este uso a recintos con una cobertura asimilable a pasto cuyo uso no sea predominantemente agrícola, como parques recreativos, instalaciones deportivas, campos de golf, parques urbanos, etc.*

Los usos del suelo con mayor valoración, Tabla 11, son aquellos que preferentemente podrían destinarse a la implantación de plantas fotovoltaicas, ya que generarían un menor impacto en el medio y en la economía del lugar (Arán Carrión, 2008). Es por ello, que poseen una valoración de 5 los pastizales (PS y PR). Los cultivos leñosos tanto de secano como de regadío y los frutales poseen una ponderación intermedia, por el valor económico que poseen para el territorio de análisis. Por último, se sitúan las zonas forestales donde se prohíbe su emplazamiento, ponderándolas con 0.

Los terrenos clasificados como improductivos se ponderan con un 5 en el modelo. Sin embargo, será necesario un estudio detallado de la zona, pues podría tratarse de usos incompatibles tales como dunas o salinas, pero también de canteras o vertederos, compatibles con las plantas fotovoltaicas. No obstante, y en la mayoría de los casos, estos terrenos improductivos, quedarían descartados por los criterios de exclusión anteriormente detallados.

Criterio	Usos (Sigpac)	Ponderación
Usos del suelo	Pastizal (PS) Pasto arbustivo (PR) Improductivos (IM)	5
	Pasto arbolado (PA)	4
	Tierras Arables (TA) Frutos Secos (FS) Frutales (FY)	3
	Cítricos (CI) Cítricos-Frutales (CF)	2
	Viñedo – Olivar (VO) Olivar (OV) Viñedo (VI) Viñedo – Frutal (VF) Invernaderos (IV)	1
	Forestal (FO)	0



Tabla 11. Ponderación Usos del suelo.

Pendientes

El modelo de pendientes del área de estudio se ha obtenido la DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.), concretamente de la capa **04_16_mta400_R**. Esta capa ofrece una imagen ráster del mapa de Andalucía 1:400.000. Según la referencia (2) es un: *Mapa editado en 2008 por el antiguo Instituto de Cartografía de Andalucía. Este mapa tenía como objeto divulgar una imagen unitaria de Andalucía, así como ofrecer un recurso útil para el reconocimiento de su territorio. Sobre esta capa se ha aplicado el comando Slope, que permite el cálculo de pendientes del terreno.*

El criterio seguido para realizar la clasificación de las zonas según su **pendiente** ha sido dividir en 5 tipos de suelo el rango comprendido entre menos 3% más del 30%. Se ha elegido valor de comienzo el 3%, considerados como llanos y óptimos para su optima construcción ya que no necesitan generar grandes movimientos de tierra. Sin embargo, conforme aumenta la pendiente, se dificultan los accesos y los movimientos de tierra, dañando el suelo en mayor medida (Arán Carrión, 2008).

Criterio	Porcentaje (%)	Ponderación
Pendientes	<3%	5
	3-10%	4
	10-20%	3
	20-25%	2
	25-30%	1
	>30%	0

Tabla 12. Ponderación pendiente.

Orientaciones

El modelo de orientaciones del área de estudio se ha obtenido la DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), s.f.), de la capa **04_16_mta400_R**. Según la referencia (2): *Esta capa ofrece una imagen ráster del mapa de Andalucía*



1:400.000. Mapa editado en 2008 por el antiguo Instituto de Cartografía de Andalucía. Este mapa tenía como objeto divulgar una imagen unitaria de Andalucía, así como ofrecer un recurso útil para el reconocimiento de su territorio.

Sobre esta capa se ha aplicado el comando *Aspect*, empleado para obtener una paleta de niveles de gris optimizada para representar orientaciones. En cuanto a los criterios orográficos, se ha considerado como orientación óptima el sur, seguido del sureste al considerar como mejores los valores de radiación los del sol de mañana que el de tarde (Arán Carrión, 2008). Finalmente, como valor más desfavorable tenemos la orientación norte dándole el valor 0.

Criterio	Orientación (º)	Ponderación
Orientación	Sur	5
	Sureste	4
	Suroeste	3
	Este	2
	Oeste, Noroeste, Noreste	1
	Norte	0

Tabla 13. Ponderación orientaciones.

Distancia a núcleos de población

Para el factor de distancia a núcleos urbanos de menos de 5000 habitantes, se han establecido tres categorías. Se consideran óptimos aquellos terrenos ubicados entre los 1 y los 5 km de distancia del núcleo de población, para reducir los trazados de desplazamiento. Sin embargo, para una distancia inferior a 1 km, se penaliza ponderándolo con un 0, ya que podría frenar el crecimiento del núcleo y quedar en un futuro dentro del casco urbano (Arán Carrión, 2008).

Criterio	Distancias (km)	Ponderación
Distancia núcleos urbanos	<1 km	0
	1-5 km	2
	>5 km	1

Tabla 14. Ponderación distancia a núcleos de población.



Distancia a centros de transformación

Para este factor se puntúa de forma positiva la cercanía a la infraestructura para simplificar los trazados y evitar pérdidas en el transporte. En cuanto a distancia a subestaciones, se distribuye en 5 categorías, repartidas desde los suelos ubicados a distancia inferior a 1 kilómetro de una subestación, considerados como ideales (Arán Carrión, 2008), y aquellos situados a una distancia superior a los 5 kilómetros.

Criterio	Distancias (km)	Ponderación
Distancia subestaciones	<1 km	4
	1-2 km	3
	2-3 km	2
	3-5 km	1
	>5 km	0

Tabla 15. Ponderación distancia a centros de transformación.

Parcelario

Las parcelas pequeñas tienen menor valor en el modelo, considerándose óptimas aquellas con una superficie superior a los 1000 m² (Sánchez-Lozano, Teruel-Solano, Soto-Elvira, & García-Cascales, 2013). A partir de este punto, se realizó un análisis del tamaño medio de parcela en el área de estudio, empleando como capa de base cartográfica el parcelario de la Sede Catastro. El **tamaño medio de parcela** en el área de estudio es de 61.430,15 m², estableciéndose el siguiente criterio de ponderación:

Criterio	Superficie (m ²)	Ponderación
Parcelario	< 60.000	1
	>60.000	2

Tabla 16. Ponderación dimensión del parcelario.

Ninguna parcela será descartada por su tamaño de cara a promover la generación distribuida y las comunidades energéticas locales, entendidas como la manera más eficaz y rápida para conseguir la implantación de las fotovoltaicas

Capas finales de restricción y análisis



Para la obtención de las capas finales de restricción y análisis, han de sumarse todas y cada una de las capas que constituyen cada criterio.

La **capa final de restricción** es el resultado de la **sumatorio de la capa C1 a la C10**. Los pesos de la capa limitante quedan definidos por un sistema binario, con un 1 para aquellos píxeles que pertenecen a las zonas factibles y un 0 para aquellos que pertenecen a la zona de exclusión (Figura 6).

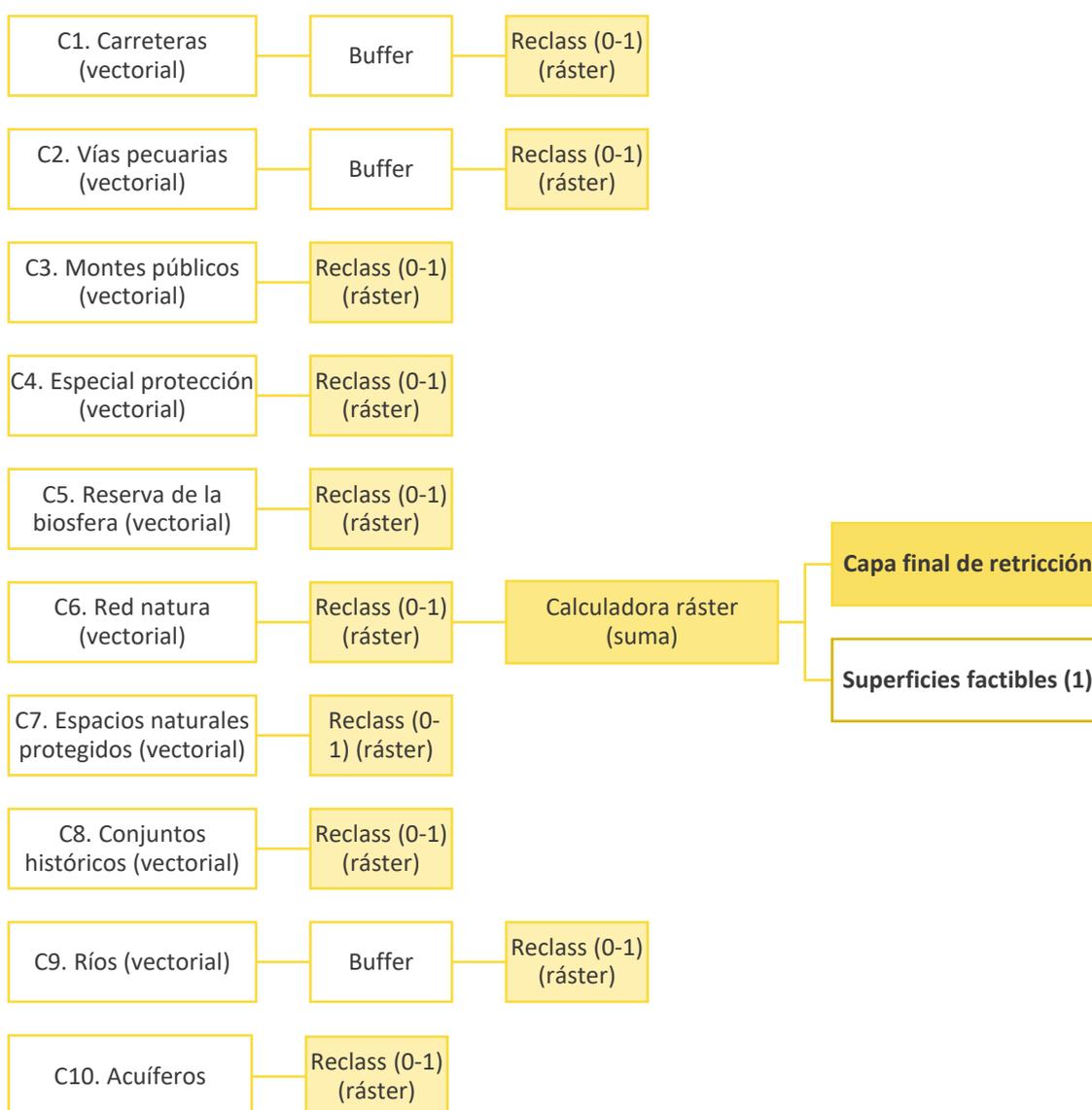


Figura 6. Obtención de la capa final de restricción.

Por otro lado, la **capa final de análisis** se obtiene de la suma de las capas de la C10 a la C17, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales. Los



pesos de las capas que constituyen este criterio están ponderados del 0 a un 3 (Figura 7).

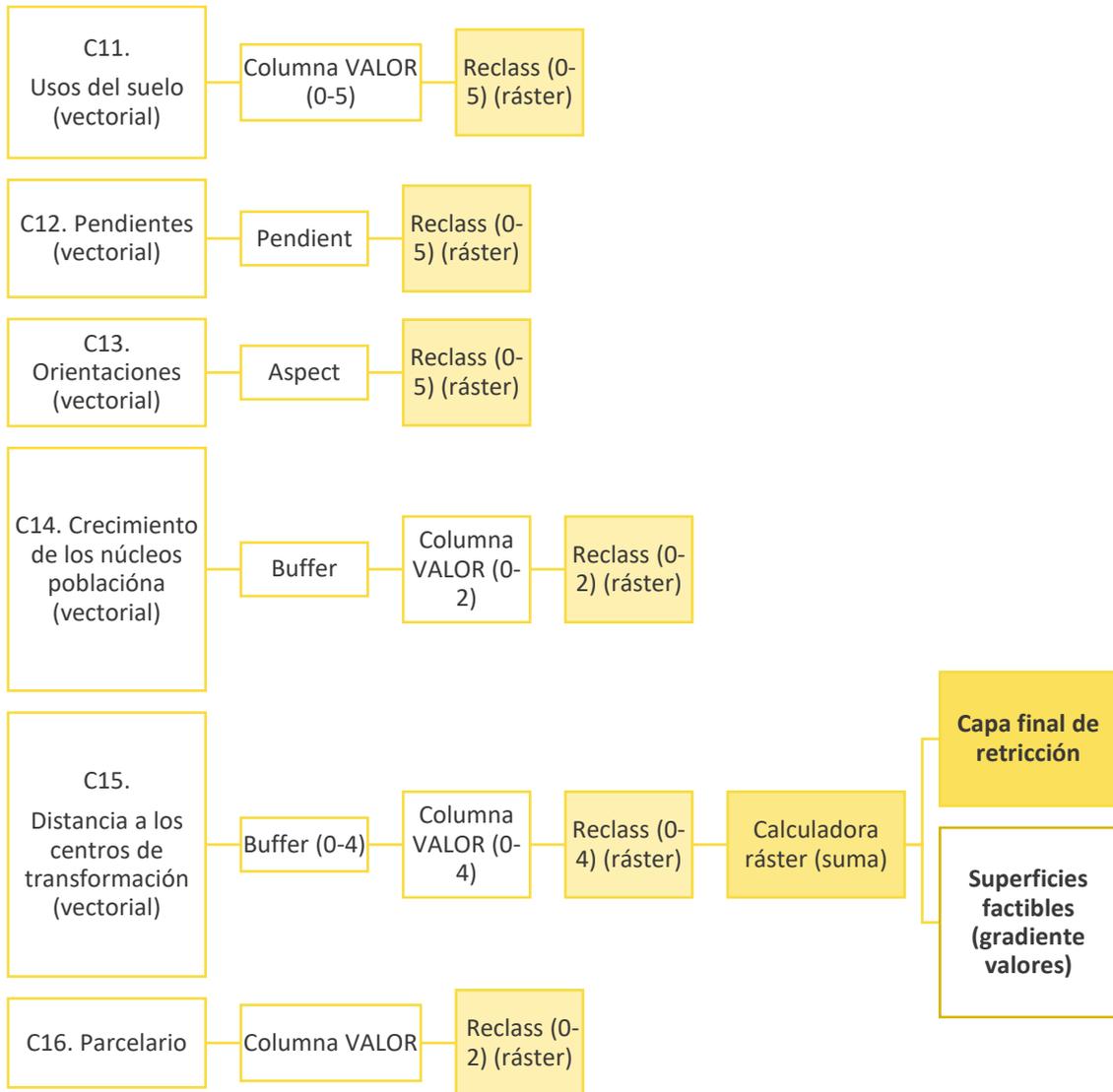


Figura 7. Obtención de la capa final de criterio.

Finalmente, se obtiene la zonificación basada en un gradiente de valores, que determinarán las zonas más viables dentro de las factibles. Así, cada territorio analizado queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a estas 4 puntuaciones finales:

- 0, que corresponde a las **áreas excluidas**. En los mapas se representarán en color blanco.
- 1, que corresponde a áreas **menos adecuadas**.



- 2, para identificar las áreas **más adecuadas**.
- 3, valor que identifica las áreas **óptimas**.

Para facilitar la comprensión de la valoración de los criterios, a continuación, se muestran en la Tabla 17 los datos organizados por categorías:

Criterio	Peso del criterio (wj)	Capa	Peso de la capa (xij)	Categorías	Valor de las ponderaciones	
Criterio medioambiental	0.40	C11. Usos del suelo	0.40	PS, PR, IM	5	
				PA	4	
				TA, FS, FY	3	
				CF, CI	2	
				VO, VI, VF, OV	1	
				FO	0	
Criterio orográfico	0.20	C13. Pendientes	0.10	<3%	5	
				3-10%	4	
				10-20%	3	
				20-25%	2	
				25-30%	1	
				>30%	0	
		C14. Orientaciones	0.10	Sur	5	
				Sureste	4	
				Suroeste	3	
				Este	2	
Criterio de ubicación	0.40	C15. Crecimiento de los núcleos	0.13	Oeste, Noroeste, Noreste	1	
				Norte	0	
				<1 km	0	
		C16. Distancia a los centros de transformación	0.13	0.13	1-5 km	2
					>5 km	1
					<1 km	4
					1-2 km	3
					2-3 km	2
					3-5 km	1
					>5 km	0
C17. Parcelario	0.13	0.13	<6000	1		
			>6000	2		

Tabla 17. Sistema de criterios y pesos.



Aplicación de la metodología: Resultados

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Aplicación de la metodología: resultados

Con el fin de probar la metodología se ha seleccionado un área geográfica de actuación que comprende **el municipio de Casares y los municipios del entorno inmediato, Gaucín, Jimena de la Frontera y San Martín del Tesorillo** y para la tecnología fotovoltaica.

La situación actual en estos municipios es de una total ausencia de planificación para la implantación de plantas de generación de energías renovables e inexistencia de normativa reguladora. El planeamiento no puede dar respuesta al carecer de regulación del nuevo uso demandado. El único municipio en el que se ha iniciado una respuesta a la problemática del Planeamiento ha sido Casares, que se encuentra actualmente tramitando la modificación de su Planeamiento Municipal con la finalidad de regular. En el Anexo I se incluyen los Planeamientos Municipales de estos municipios. En el Anexo II se ha incluido información de la propuesta de modificación del Planteamiento de Casares.

La selección de estos municipios se justifica porque es un territorio que está sometido a una gran presión por la existencia de un número considerable de proyectos de implantación de energías renovables en estado muy avanzado.

Por otro lado, y de acuerdo con lo indicado en la referencia (12): *la particular conformación geológica y climática, así como su ubicación geográfica en el sur de la Península Ibérica y en las proximidades del Estrecho de Gibraltar y de la vecina África, le han permitido albergar una notable variedad de flora y fauna.*

También, según se indica en la referencia (8): *“es lugar de paso de especies migratorias, siendo especialmente interesante la observación de las aves que en sus migraciones estivales se adentran en los bosques mediterráneos para llegar a sus refugios riparios, forestales o rocosos.”*

Presenta una gran diversidad paisajística, en el que el valor natural presente es bastante elevado, debida fundamentalmente a la presencia de las Sierra de Crestellina y Sierra Bermeja, que constituyen a su vez los valores naturales más características del territorio. Así mismo, el relieve permite que éste conserve un paisaje más o menos poco antropizado comparado con otros municipios de la Costa del Sol.

La aplicación de la metodología desarrollada a esta área de estudio permitirá conocer los impactos potenciales sobre un territorio poco alterado, en el que la existencia de



valores paisajísticos y naturales es muy importante. La acción humana se circunscribe al área de litoral. Se entrelazan áreas de montaña y áreas menos pronunciadas.

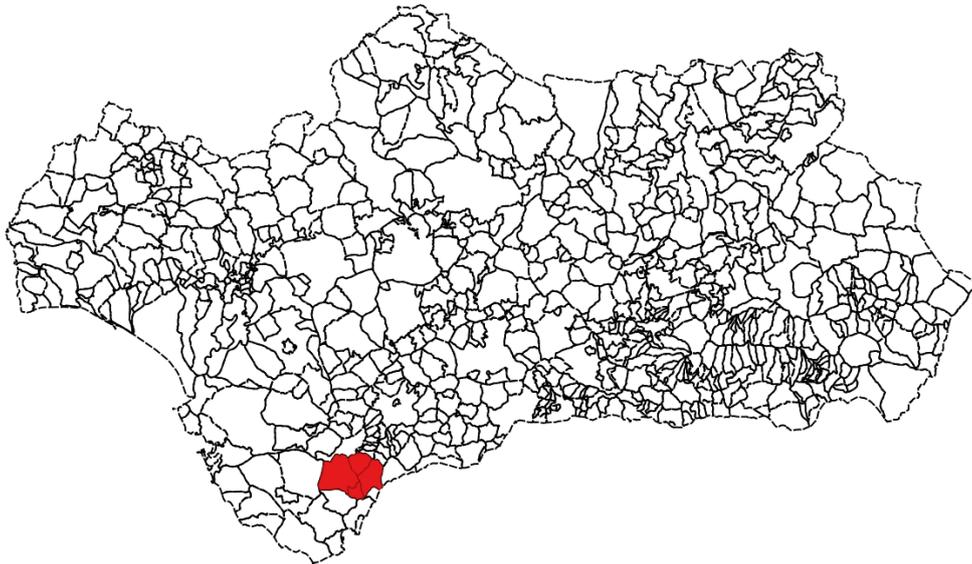


Figura 8. Zona de estudio.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los municipios del área de estudio y de forma conjunta de la **zona total**, siguiendo la metodología detallada en el apartado anterior.

Municipio de Casares

El término municipal de Casares se sitúa en el extremo occidental de la Costa del Sol con una extensión de 16.238 ha y una población de 6.883 habitantes. El término alberga diversidad de tipos de terreno desde la costa hasta la sierra, pasando por las vegas.

Capas de restricción

Atendiendo a la metodología descrita previamente se muestran los resultados de aplicar las capas de restricción al término municipal de Casares.



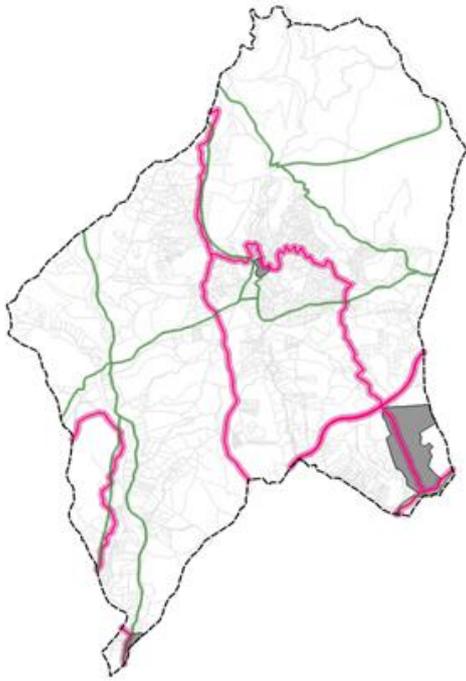


Figura 9. Red de transporte de Casares.

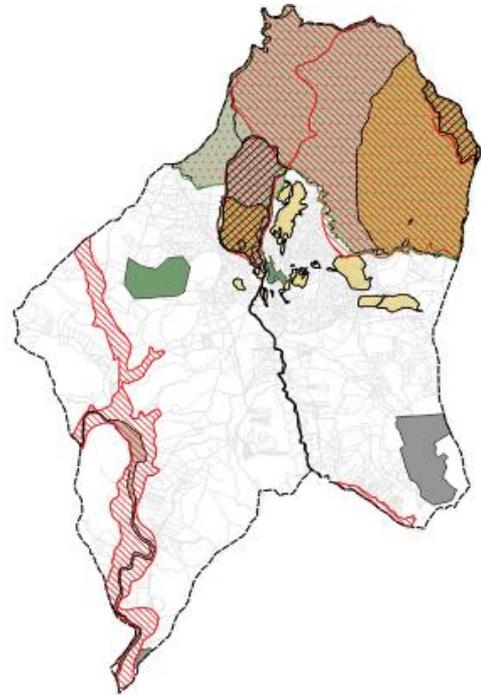


Figura 10. Patrimonio de Casares.

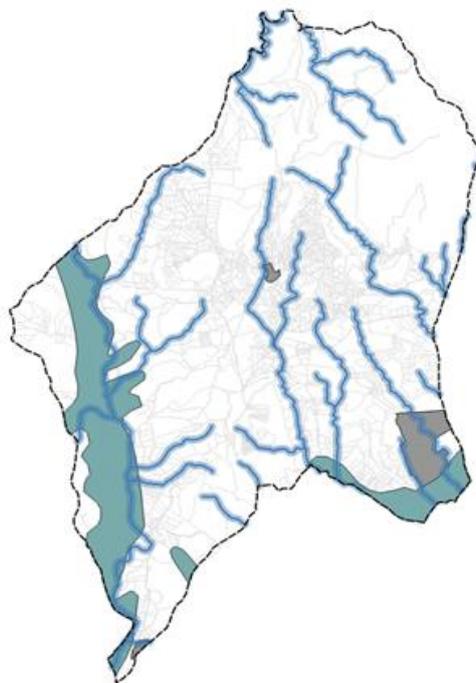


Figura 11. Hidrografía de Casares.



En la Figura 12 podemos observar la superposición de todas las capas de restricción (transporte, patrimonio e hidrografía). Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas que en principio son factibles para implantar sistemas de generación fotovoltaica.



Figura 12. Capa final de criterios de restricción en Casares..

Por último, en la Tabla 18, se muestra de forma detallada la proporción de término municipal que ocupa cada capa que define el criterio de restricción. En el caso de Casares, en un 59,4% de su territorio no sería posible ubicar las instalaciones, dejando un 4,6% del término municipal factible para la instalación de fotovoltaicas.

Municipio	Casares	Superficie (Ha)	16.238
Criterios exclusión			



Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Patrimonio	11_15_montes	2.143	Dera	13,2
	11_11_EspecialProteccion	5.276	Dera	32,5
	11_10_ReservaBiosfera	4.474	Dera	27,6
	11_09_RedNatura	4.622	Dera	28,5
	11_07_Enp	618	Dera	3,8
	11_04_ConjuntoHistorico	214	Dera	1,3
		6.161		37,9
Núcleo población	NUCLEOS Casares	1.047	Catastro	6,4
Hidrología	03_01_Rios	2.384	Dera	14,7
	04_12_Acuifero	1.869	Dera	11,5
		3.866		23,8
Red transporte	09_22_ViasPecuarias	455	Dera	2,8
	09_14_RedCarreteras	927	Dera	5,7
		1.324		8,2
TOTAL		9.644		59,4

Tabla 18. Criterios de exclusión en Casares expresados de forma porcentual.

Capas de análisis

Una vez reducida la zona de estudio a la zona factible para implantar fotovoltaica, se han introducido en QSIG las capas que inciden en la decisión o determinación de las zonas óptimas para el caso de Casares. Para evaluar la ubicación de las plantas fotovoltaicas, las capas de análisis poseen una estructura jerárquica o de gradiente de valores (0- 3), sometiéndose a un proceso de reclasificación (*reclass*) que atiende a esta ponderación.

A continuación de muestran los resultados de aplicar las capas que constituyen el criterio de análisis.



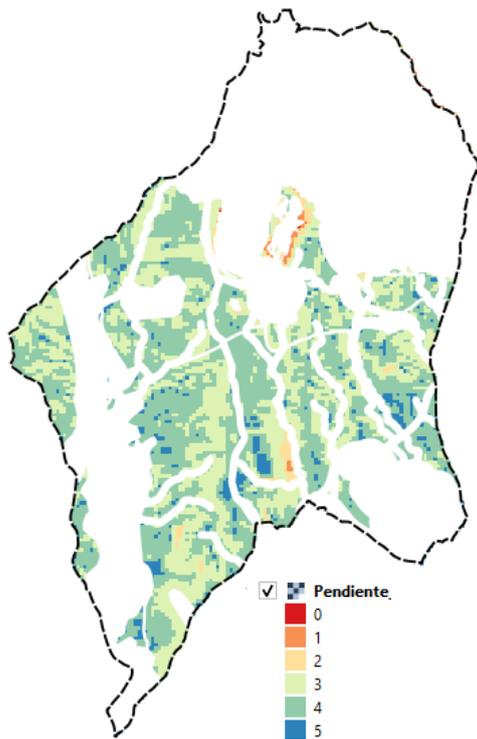


Figura 13. Pendientes en Casares.

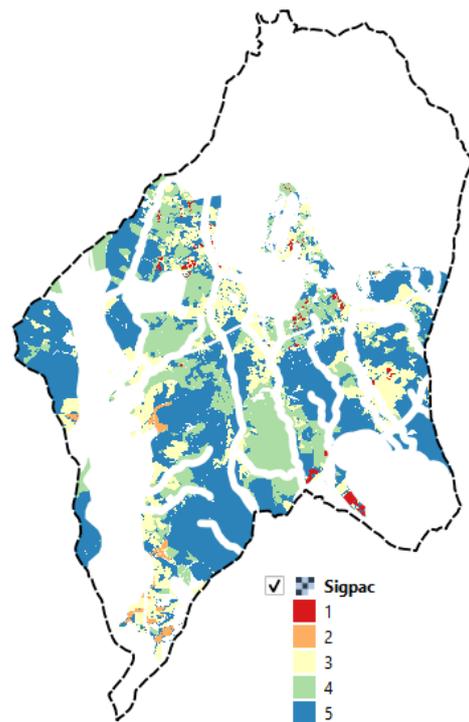


Figura 14. Usos del suelo en Casares.

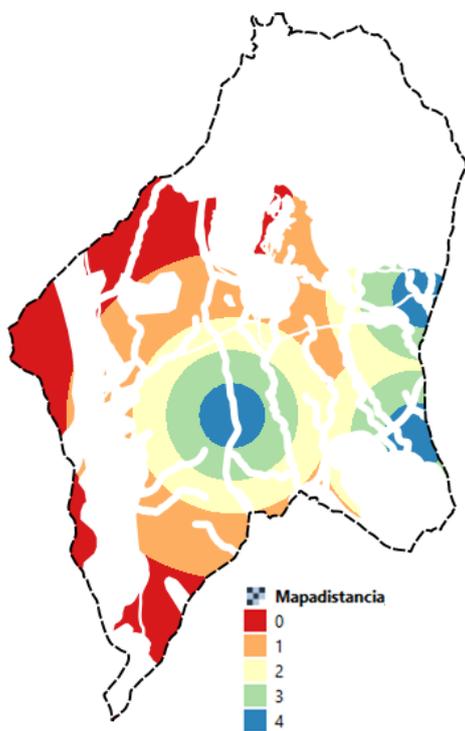


Figura 15. Distancia a centros de transformación en Casares.

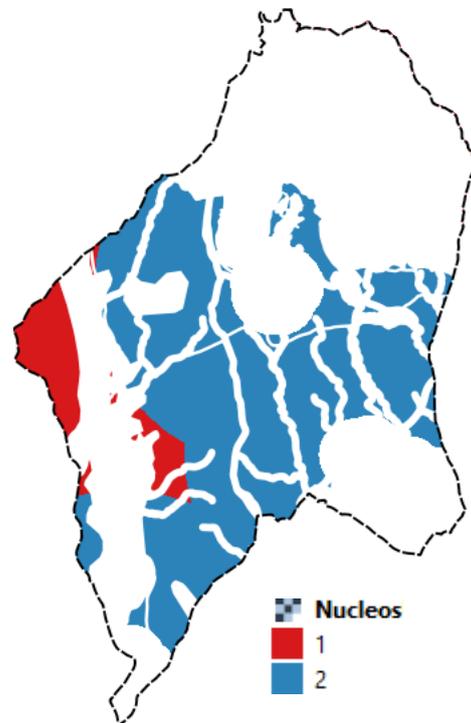


Figura 16. Distancia de núcleos urbanos en Casares.

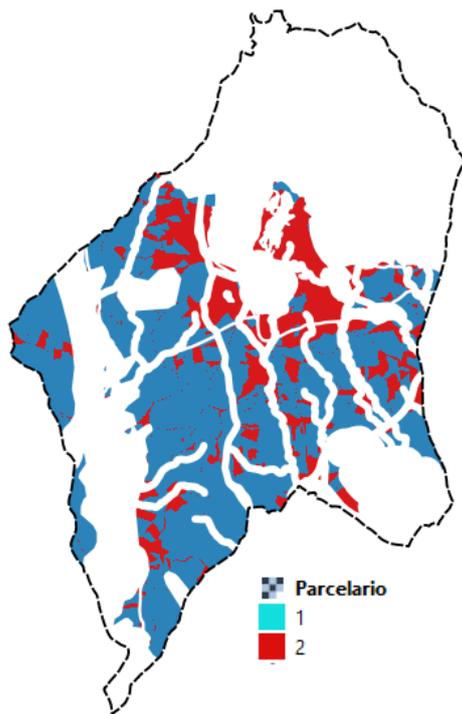


Figura 17. Parcelas en Casares.

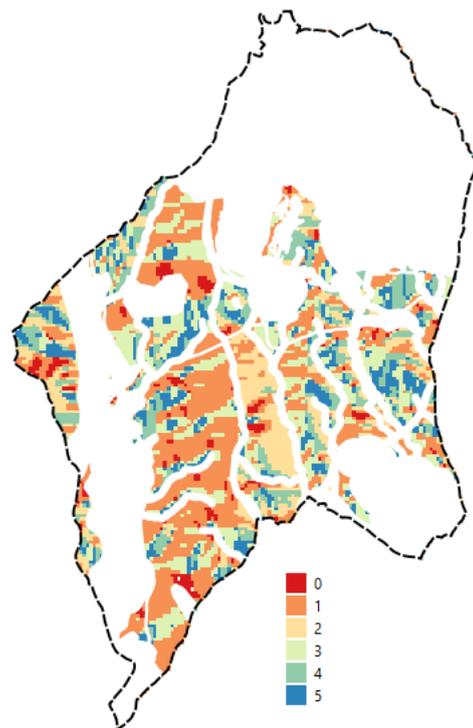


Figura 18. Orientaciones en Casares.

La capa final de análisis (Figura 19) es el resultado de la suma de las capas C11 a C16, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales, quedando sustraídas aquellas áreas definidas por el criterio de restricción.

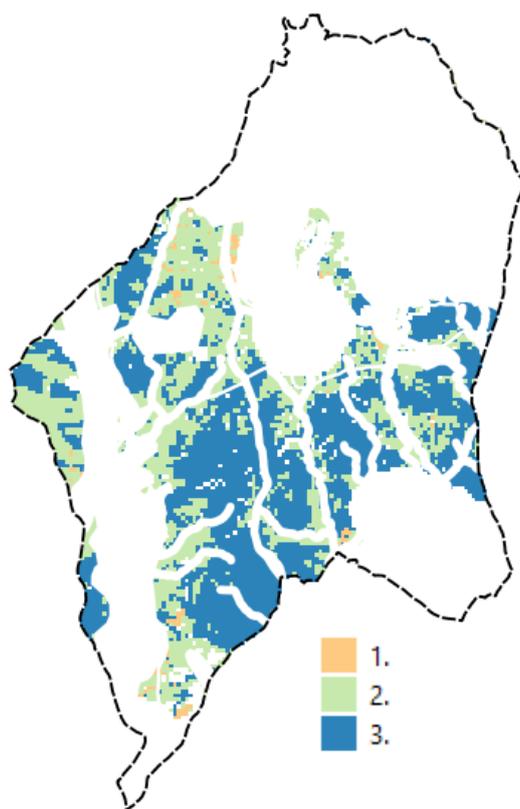


Figura 19. Zonificación de energías fotovoltaicas en Casares.

El territorio queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a 4 puntuaciones finales:

- 0, en color blanco **áreas excluidas.**
- 1, áreas **menos adecuadas.**
- 2, áreas **más adecuadas.**
- 3, áreas **óptimas.**

Ponderación	Superficie (Ha)*	% respecto zonificación	% aprox. respecto término municipal
Zona 1	97	1,7	2
Zona 2	2.203	39,7	16
Zona 3	3.254	58,6	22
Total zonas 1, 2, 3	5.554	100	
Total del término municipal	16.238		40
*Durante el proceso de rasterizado del modelo se produce una pérdida de información			

Tabla 19. Superficies por zonas en Casares..

Como podemos ver en la Tabla 19 la mayor parte del territorio donde sería en principio posible la instalación de plantas fotovoltaicas poseen una puntuación 3, áreas más



favorables, ocupando un 58,6 % de la zona factible para tal fin. Tan solo poseen una puntuación 1 (áreas menos favorables), un 1,7 % de las zonas factibles y las zonas más favorables, puntuación 2, representan el 39,7 %. La zonificación de la zona factible para la instalación de plantas fotovoltaicas presentaría la siguiente relación proporcional:

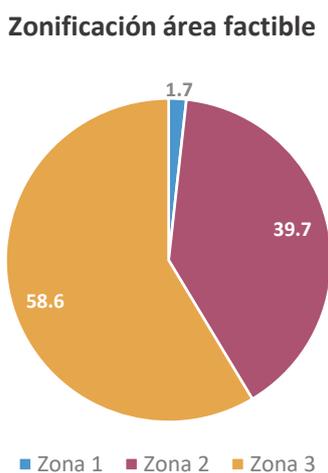


Figura 20. Zonificación área factible en Casares.

Sin embargo, hay que resaltar que el 60% de todo el territorio municipal está excluido para la instalación de grandes parques FV de acuerdo con los resultados obtenidos (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia).

Distribución territorial de Casares

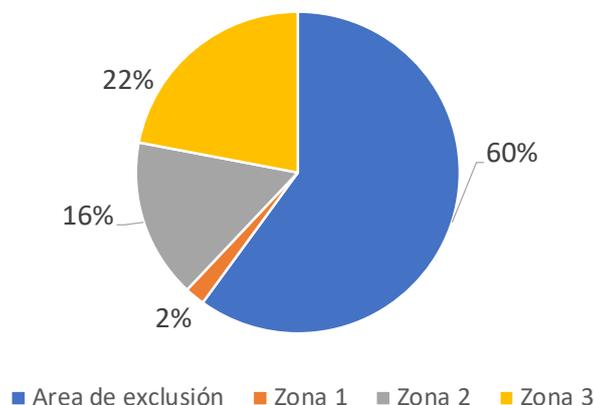


Figura 21. Distribución territorial para el municipio de Casares.

Análisis en relación con los usos del suelo



Si se realiza un estudio en profundidad de los usos del suelo ocupados por las Zona 1, 2 y 3, se observa que existe un predominio de los pastizales (PS, PR, PA), seguido de las tierras arables (TA) y los usos improductivos (IM). Esto queda reflejado en la Tabla 20 y en la cartografía de la Figura 22.

Uso suelo	Suma de área (Ha)	% respecto área zonificación	% respecto término municipal
PR	1.944,8	35,1	12,0
PA	1.308,6	23,6	8,1
TA	808	14,6	5,0
PS	748,2	13,5	4,6
IM	307	5,5	1,9
FY	186	3,4	1,1
CI	57,6	1	0,4
CA	54,3	1	0,3
FO	44,8	0,8	0,3
OV	29,2	0,5	0,2
AG	21,2	0,4	0,1
CF	8,3	0,15	0,05
VI	8,2	0,15	0,05
TH	2,7	0,05	0,02
ZU	1,7	0,03	0,01
ED	0,9	0,02	0,01
FS	0,9	0,02	0,01
IV	0,7	0,01	0,00
VF	0,4	0,01	0,00
OF	0,2	0,00	0,00
FL	0,2	0,00	0,00

Tabla 20. Usos del suelo en zonas factibles en Casares.



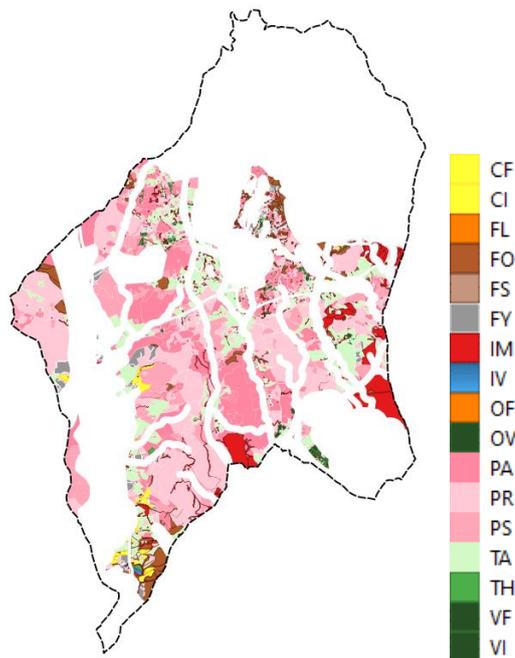


Figura 22. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Casares.

En las Figura 23 a Figura 28, se muestra la cartografía de los Usos del suelo para las áreas factibles (Zona 1, 2, 3). Si se analizan los diferentes usos del suelo en relación a la zonificación anteriormente descrita, se puede observar cómo en la zona 3 existe un predominio del pastizal, pastizal arbustivo y arbolado, en la zona 2 del pastizal arbustivo y tierras arables, mientras que en la zona 1 predominan las tierras arables junto con los cítricos y olivares.

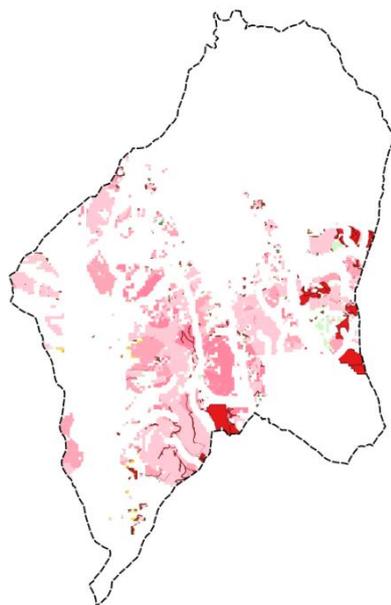


Figura 23. Usos del suelo Zona 3 en Casares.



Superficie (m²) usos del suelo Zona 3 en Casares

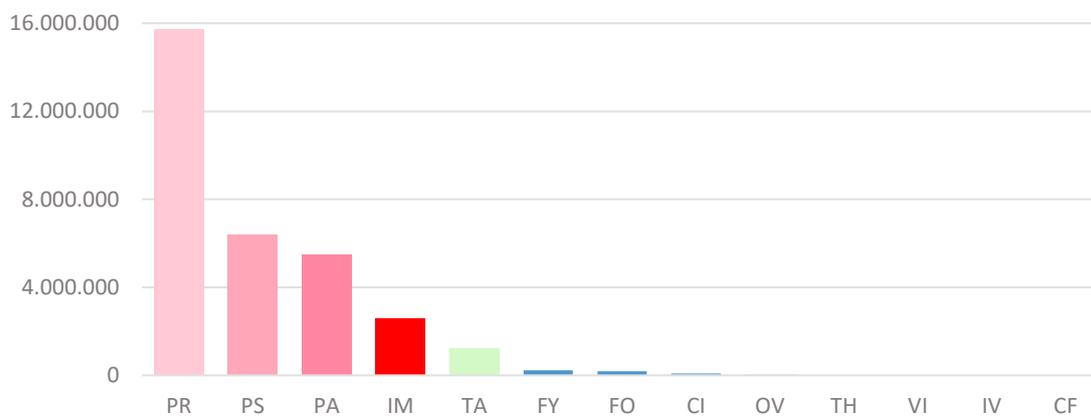


Figura 24. Superficies (m²) usos del suelo Zona 3 en Casares.

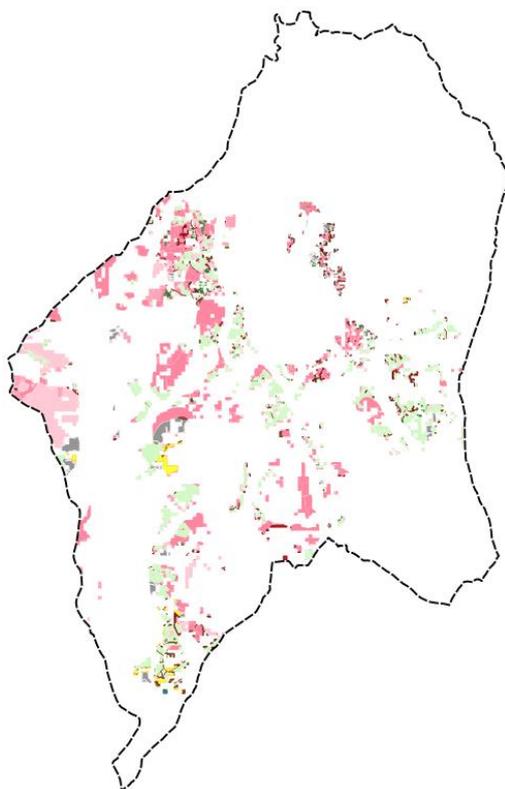


Figura 25. Usos del suelo Zona 2 en Casares.



Superficie (m²) usos del suelo Zona 2 en Casares

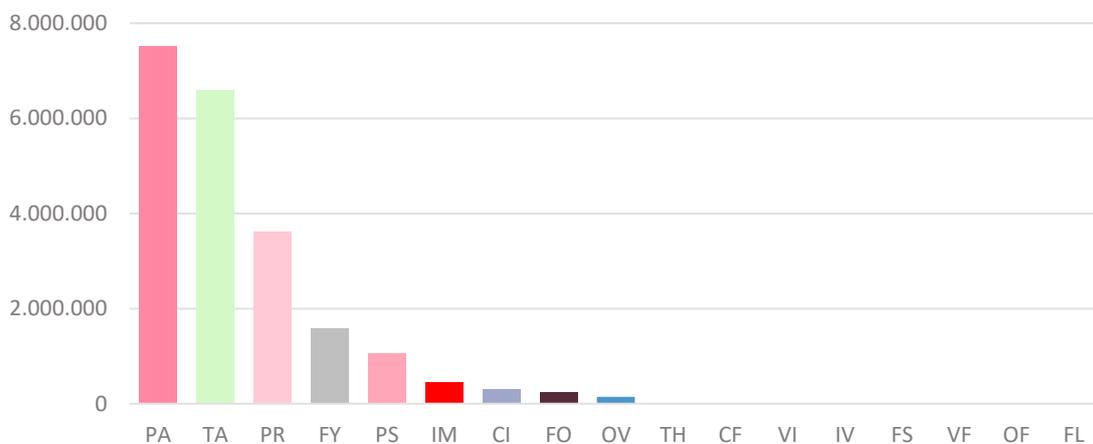


Figura 26. Superficie (m²) usos del suelo Zona 2 en Casares.

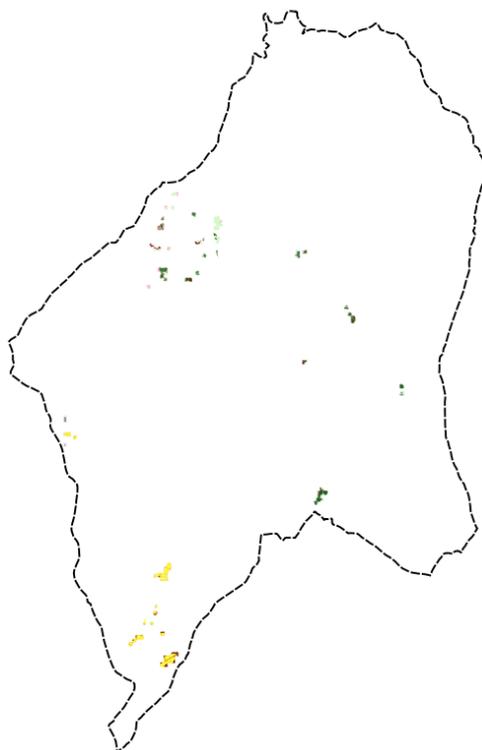


Figura 27. Usos del suelo Zona 1 en Casares.



Superficie (m²) usos del suelo Zona 1 en Casares

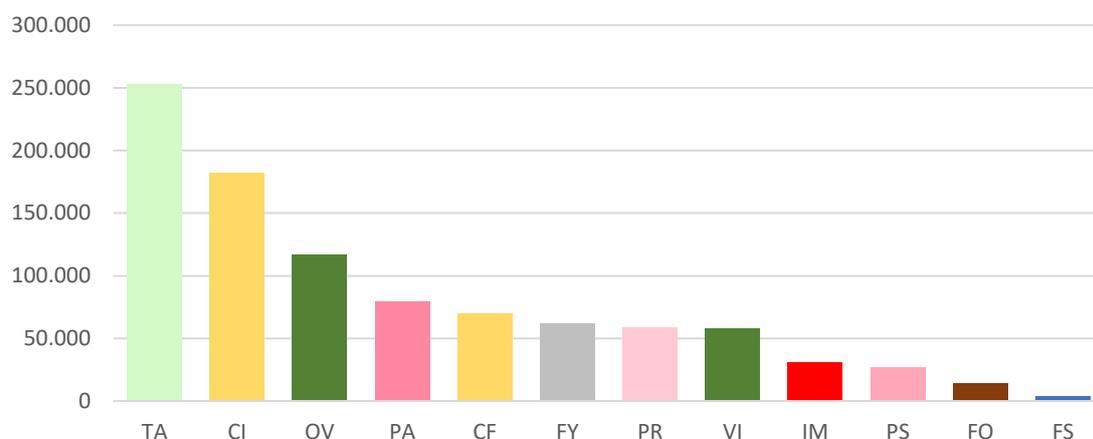


Figura 28. Superficies (m²) usos del suelo Zona 1 en Casares.

En este municipio se puede concluir, que los resultados obtenidos indican que el modelo cumple con los criterios de ponderación que fueron fijados, protegiendo los principales sistemas productivos y economías del territorio en que se inserta.

Municipio de Gaucín

Gaucín se encuentra en la provincia de Málaga, cerca de la costa, formando parte de la comarca del Valle del Genal, con una superficie de 9.830 Ha y una población de 1.589 habitantes.

Su situación estratégica lo convierte en el nexo entre la Costa del Sol, el Campo de Gibraltar y la serranía de Ronda, constituyendo un elemento fundamental en las comunicaciones interprovinciales y comarcales.

Capas de restricción

Atendiendo a la metodología desarrollada y descrita en el apartado anterior, se muestran los resultados de aplicar las capas de restricción al término municipal de Gaucín.



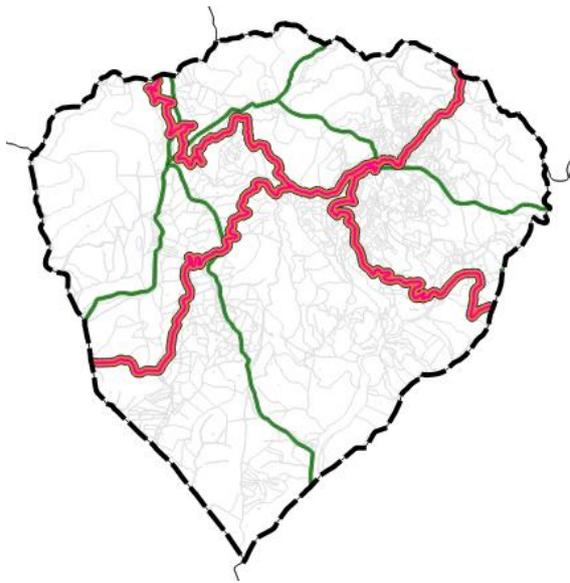


Figura 29. Red transporte de Gaucín.

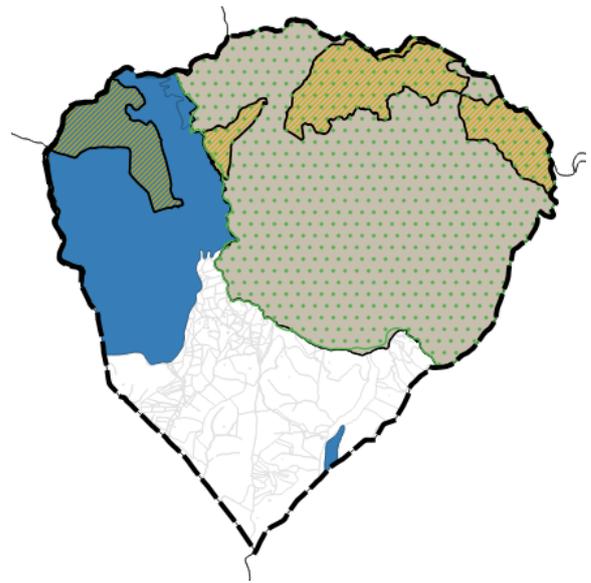


Figura 30. Patrimonio de Gaucín.

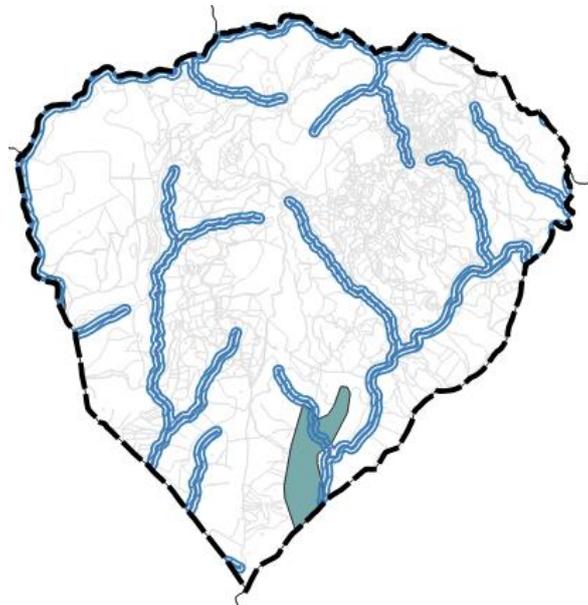


Figura 31. Hidrografía de Gaucín.

En la Figura 32 se puede observar la superposición de todas las capas de restricción (transporte, patrimonio e hidrografía). Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas factibles para implantar las plantas fotovoltaicas.



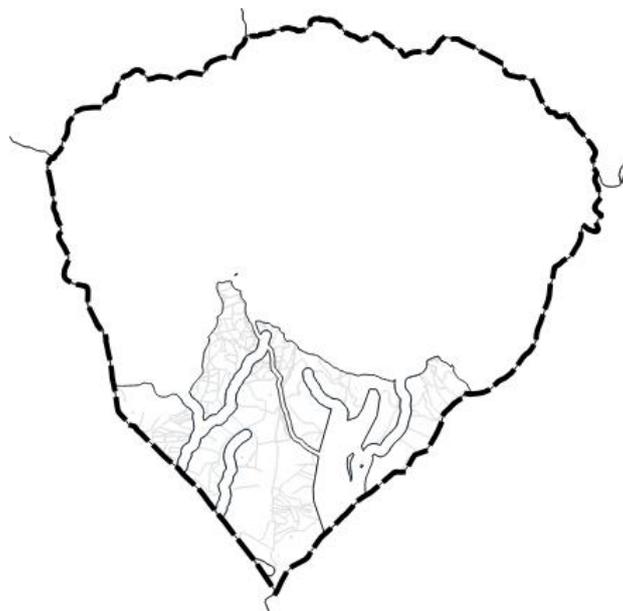


Figura 32. Capa final de criterios de restricción en Gaucín.

Por último, en la Tabla 21 se muestra de forma detallada la proporción de término municipal que ocupa cada capa que define el criterio de restricción. En el caso Gaucín, en un 82% no sería posible ubicar las instalaciones, dejando un 18.02% del término municipal factible para la instalación de fotovoltaicas.

Municipio	Gaucín	Superficie (Ha)	9.830	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	SUPERFICIE (Ha)	FUENTE	% municipio
Patrimonio	11_15_montes	269	Dera	2,7
	11_11_EspecialProteccion	3.983	Dera	40,5
	11_10_ReservaBiosfera	5.286	Dera	53,8
	11_09_RedNatura	5.274	Dera	53,7
	11_07_Enp	36	Dera	0,4
	11_04_ConjuntoHistorico	0	Dera	0,0
		7.450		75,8
Núcleo población	NUCLEOS POBLACION Gaucín	325	Catastro	3,3
Hidrología	03_01_Rios	1.243	Dera	12,6
	04_12_Acuifero	2.222	Dera	2,3
		1.432		14,6



Municipio	Gaucín	Superficie (Ha)	9.830	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	SUPERFICIE (Ha)	FUENTE	% municipio
Red transporte	09_22_ViasPecuarias	223	Dera	2.3
	09_14_RedCarreteras	675	Dera	6.9
		881		9.0
TOTAL		8.054		82.0

Tabla 21. Criterios de exclusión en Gaucín expresados de forma porcentual.

Capas de análisis

Una vez reducida la zona de estudio a la zona factible para implantar (18 % de todo el término municipal), se introducirán en QSIG las capas que inciden en la decisión o determinación de las zonas más favorables para el caso de Gaucín. Para evaluar la ubicación de las plantas fotovoltaicas, las capas de análisis poseen una estructura jerárquica o de gradiente de valores (0- 3), sometiéndose a un proceso de reclasificación (*reclass*) que atiende a esta ponderación.

A continuación de muestran los resultados de aplicar las capas que constituyen el criterio de análisis.

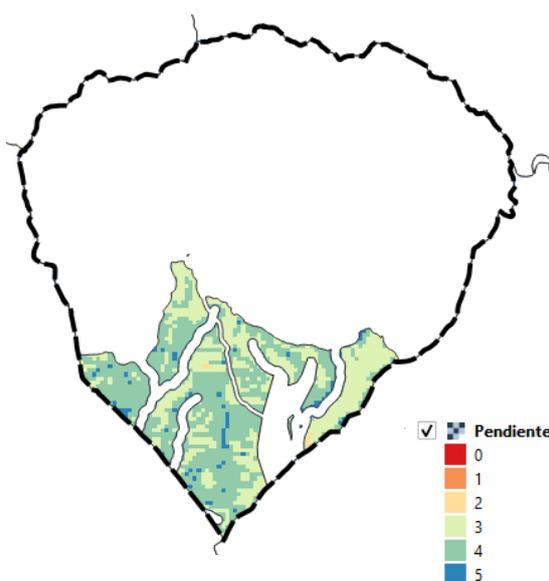


Figura 33. Pendientes en Gaucín.

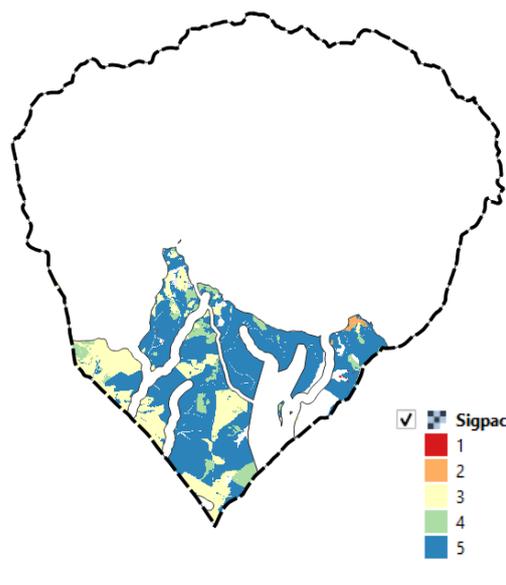


Figura 34. Usos del suelo en Gaucín.



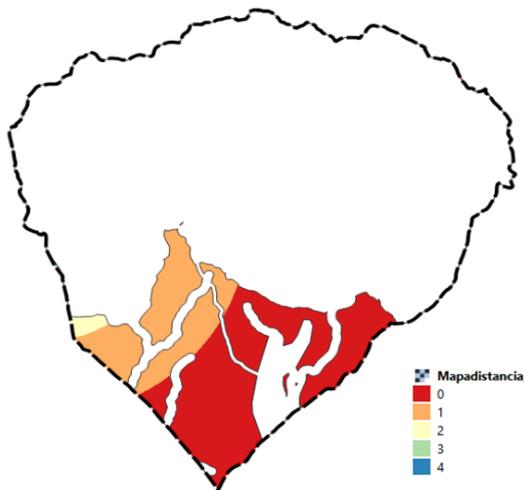


Figura 35. Distancia a centros de transformación en Gaucín.

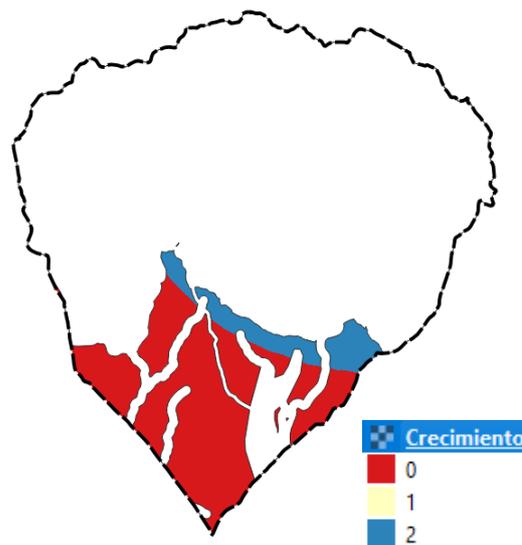


Figura 36. Distancia a núcleos urbanos en Gaucín.

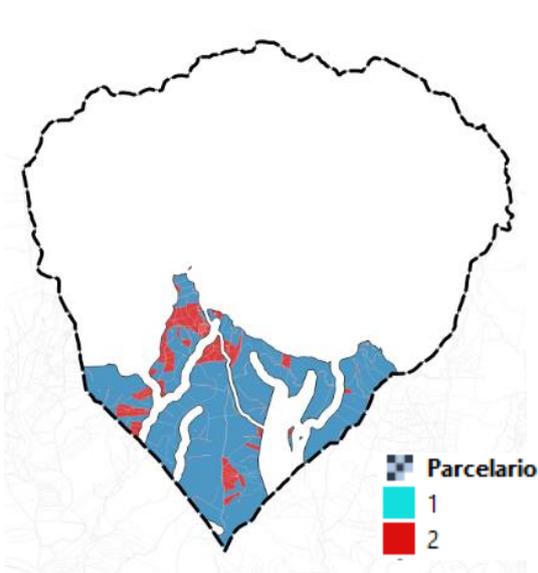


Figura 37. Parcelas en Gaucín.

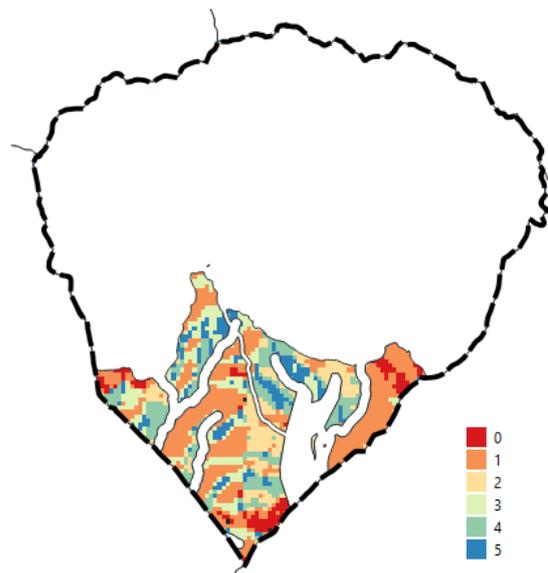


Figura 38. Orientaciones en Gaucín..

La capa final de análisis (Figura 39) es el resultado de la suma de las capas C11 a C16, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales, quedando sustraídas aquellas áreas definidas por el criterio de restricción. El territorio queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a 4 puntuaciones finales anteriormente



explicadas (para áreas excluidas que se verán en blanco en los mapas, 1 para áreas **menos favorables**, 2 para áreas **favorables** y 3 para áreas **más favorables**).

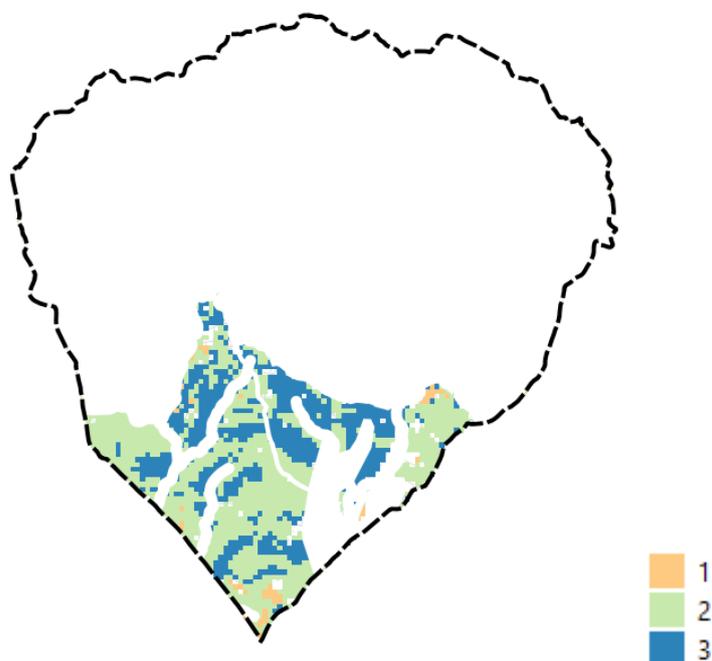


Figura 39. Zonificación de energías fotovoltaicas en Gaucín.

Ponderación	Superficie (Ha)*	% respecto zonificación	% aprox. respecto término municipal
Zona 1	43	2,7	1
Zona 2	1.004	61,6	11
Zona 3	583	35,7	6
Total zonas 1, 2, 3	1.630	100	
Total del término municipal	9.830		18

*Durante el proceso de rasterizado del modelo se produce una pérdida de información

Tabla 22. Superficies por zonas..

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 39 la mayor parte del territorio factible para la instalación de plantas fotovoltaicas posee una puntuación 2, áreas favorables, ocupando un 61,6 % la zona factible para tal fin. Tan solo poseen una puntuación 1 (áreas menos favorables), un 2,7 % de las zonas factibles y las zonas más favorables, puntuación 3, representan el



35,7 %. La zonificación de la zona factible para la instalación de plantas fotovoltaicas presentaría la siguiente relación proporcional:

Zonificación área factible

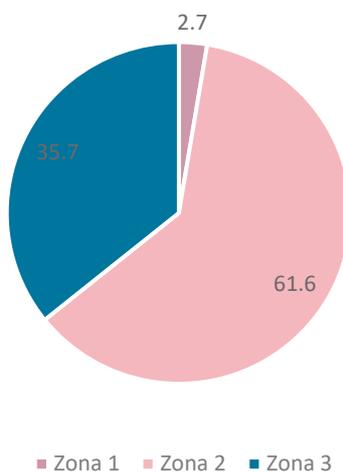


Figura 40. Zonificación del área factible en Gaucín.

Distribución territorial de Gaucín

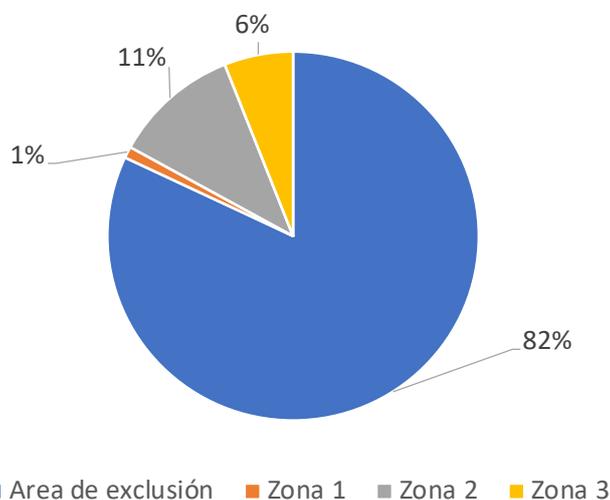


Figura 41. Distribución territorial para el municipio de Gaucín.

Análisis en relación con los usos del suelo

Si se realiza un estudio en profundidad de los usos del suelo ocupada por las Zona 1, 2 y 3, se observa que existe un predominio de los pastizales (PS, PR, PA), de las tierras arables (TA), seguido de los suelos forestales (FO). Esto queda reflejado en la Tabla 23 y en la cartografía de la Figura 42.



Uso suelo	Suma de área (Ha)	% respecto área zonificación	% respecto Término municipal
PS	552,8	34,4	5,6
PR	490,9	30,6	5,0
TA	362,2	22,6	3,7
PA	126,2	7,9	1,3
FO	18,7	1,2	0,2
CA	13,8	0,9	0,1
IM	13,7	0,9	0,1
AG	11,5	0,7	0,1
CI	9,6	0,6	0,1
FY	4,6	0,3	0,05
OV	1,0	0,06	0,01
ED	0,2	0,01	0,00
ZU	0,2	0,01	0,00
EP	0,1	0,01	0,00

Tabla 23. Usos del suelo en zonas factibles en Gaucín..

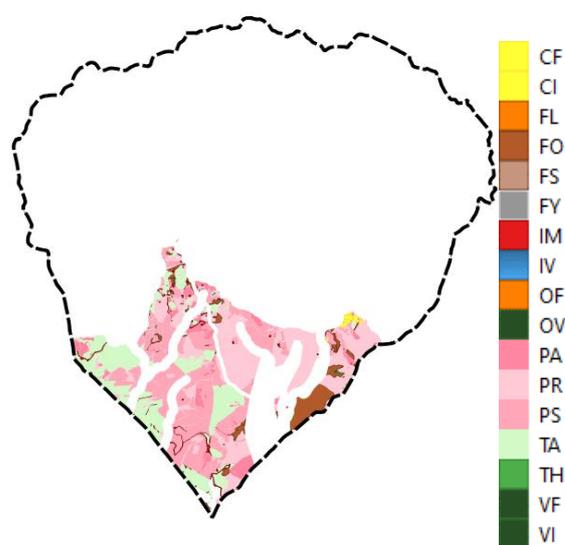


Figura 42. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Gaucín.

En las Figura 43 a Figura 46 se muestran los resultados de la cartografía de los usos del suelo para las áreas factibles (Zona 1, 2, 3). Si se analizan los diferentes usos del suelo en relación a la zonificación anteriormente descrita, se puede observar cómo en la zona 3 existe un predominio del pastizal y pasto arbustivo, en la zona 2 de las tierras arables y pastizal, y en la 1 de las tierras arables junto con los cítricos. El modelo



cumple con los criterios de ponderación que fueron fijados, protegiendo los principales sistemas productivos y economías del lugar en que se inserta.

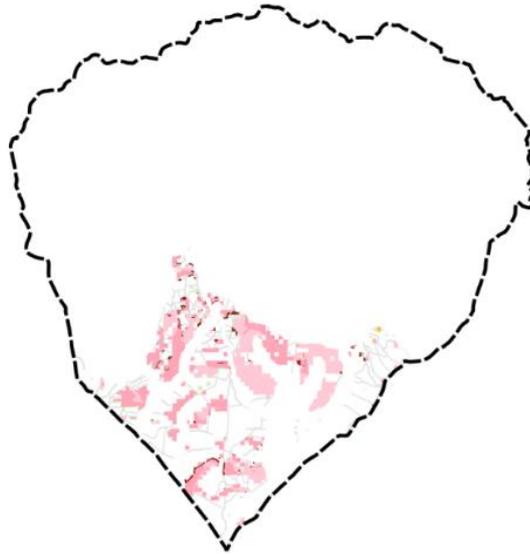


Figura 43. Usos del suelo Zona 3 en Gaucín.

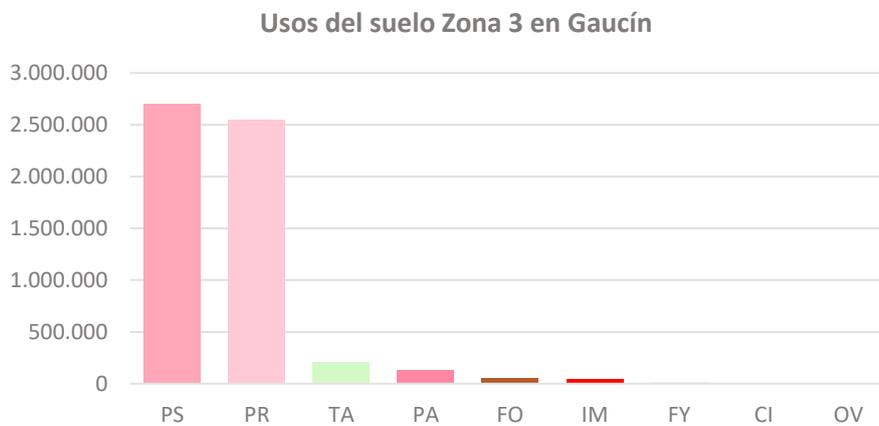


Figura 44. Superficies (m²) usos del suelo Zona 3 en Gaucín.



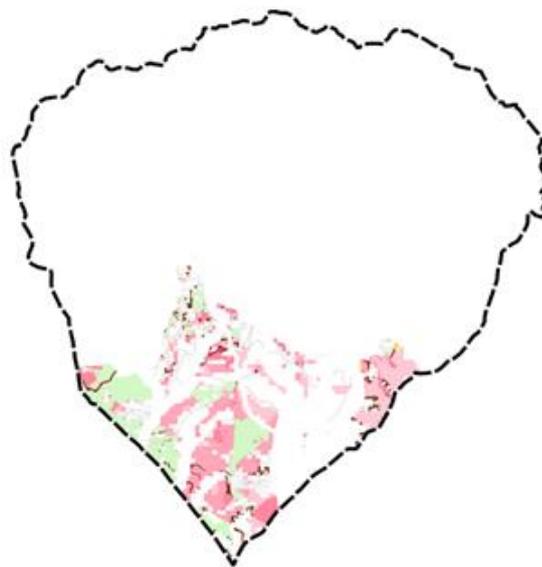


Figura 45. Usos del suelo Zona 2 en Gaucín.

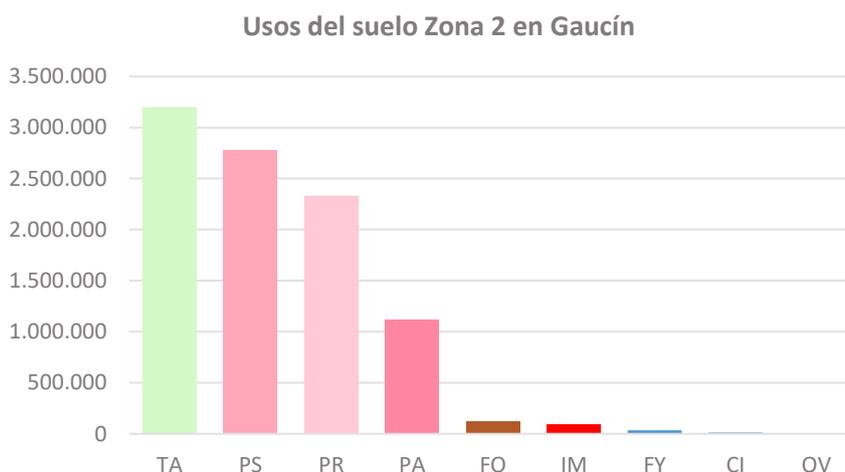


Figura 46. Superficies (m²) usos del suelo Zona 2 en Gaucín.

Municipio de Jimena de la Frontera

Jimena de la Frontera es un municipio de la provincia de Cádiz, en la comunidad autónoma de Andalucía. Está situado en la comarca del Campo de Gibraltar, a 157 km de la capital provincial, Cádiz.

El término municipal cuenta con 29.738 Ha de extensión y con una población de 6.707 habitantes. El municipio tiene tres núcleos de población: Jimena de la Frontera, Estación de Jimena de la Frontera y San Pablo de Buceite.



Capas de restricción

Atendiendo a la metodología descrita anteriormente, se muestran los resultados de las capas de restricción correspondientes al término municipal de Jimena de la Frontera (Figura 47 a Figura 49).

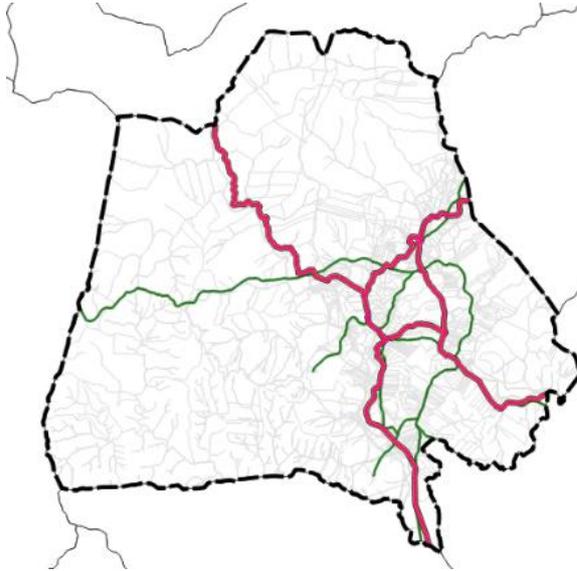


Figura 47. Red de transporte en Jimena de la Frontera.

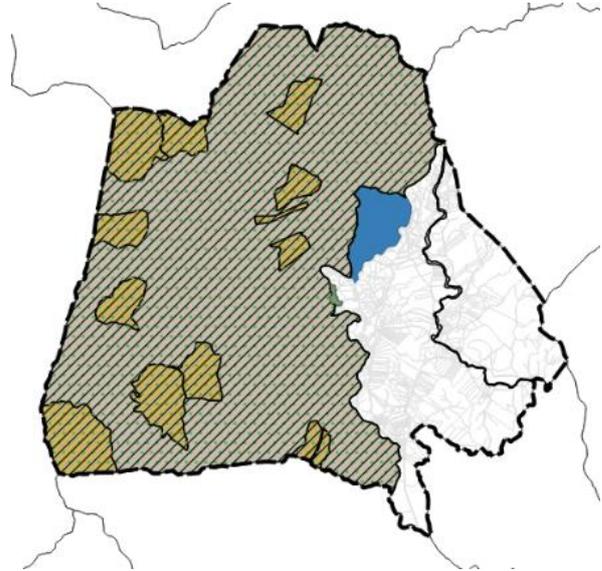


Figura 48. Patrimonio en Jimena de la Frontera.

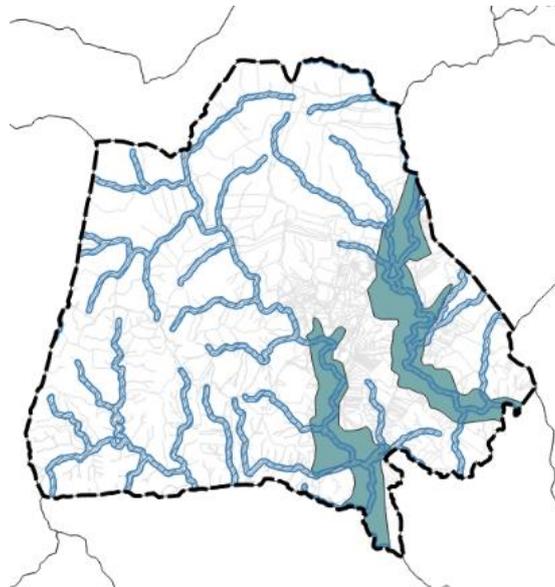


Figura 49. Hidrografía en Jimena de la Frontera.



En la Figura 50 se pueden observar la superposición de todas las capas de restricción (transporte, patrimonio e hidrografía). Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas factibles para implantar las plantas.



Figura 50. Capa final de criterios de restricción en Jimena de la Frontera.

Por último, en la Tabla 24 se muestra de forma detallada la proporción de término municipal que ocupa cada capa que define el criterio de restricción. En el caso Jimena de la Frontera, en un 87,2% no sería posible ubicar las instalaciones, dejando un 12,8% del término municipal factible para la instalación de fotovoltaicas.

Municipio	Jimena de la Frontera	Superficie (Ha)	29.738	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Patrimonio	11_15_montes	3.822	Dera	12,8
	11_11_EspecialProteccion	21.764	Dera	72,9
	11_10_ReservaBiosfera	21.764	Dera	72,9
	11_09_RedNatura	21.764	Dera	72,9
	11_07_Enp	36	Dera	0,1
	11_04_ConjuntoHistorico	25	Dera	0,1
		22.352		74,9
Núcleo población	NUCLEOS POBLACION	1.110		3,7
Hidrología	03_01_Rios	3.968	Dera	13,3
	04_12_Acuifero	3.401	Dera	11,4
		6.501		21,8
Red transporte	09_22_ViasPecuarrias	490,35	Dera	1,6



Municipio	Jimena de la Frontera	Superficie (Ha)	29.738	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
	09_14_RedCarreteras	910,98	Dera	3
		881,10		2,9
TOTAL		26.016		87,2

Tabla 24. Criterios de exclusión en Jimena de la Frontera expresados de forma porcentual.

Capas de análisis

Una vez reducida la zona de estudio a la zona factible para implantar, se introducirán en QGIS las capas que inciden en la decisión o determinación de las zonas óptimas para el caso de Jimena de la Frontera. Para evaluar la ubicación de las plantas fotovoltaicas, las capas de análisis poseen una estructura jerárquica o de gradiente de valores (0- 3), sometiéndose a un proceso de reclasificación (reclass) que atiende a esta ponderación.

A continuación se muestran los resultados de las capas que constituyen el criterio de análisis (Figura 51 a Figura 56).

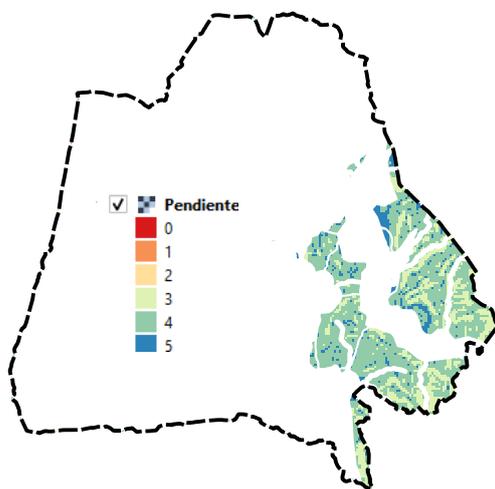


Figura 51. Pendientes en Jimena de la Frontera.

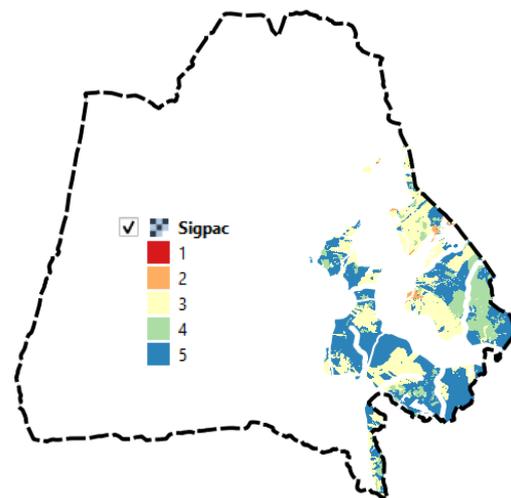


Figura 52. Usos del suelo en Jimena de la Frontera.



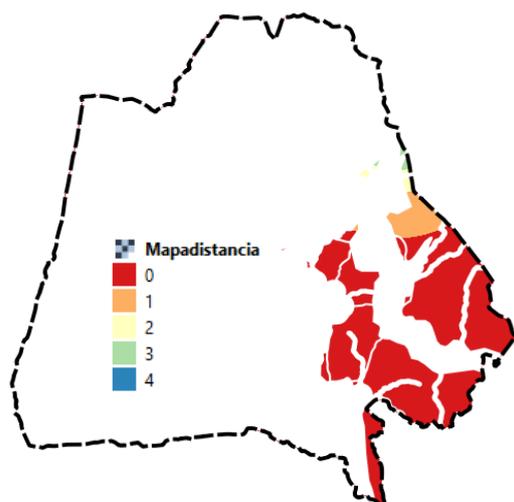


Figura 53. Distancia a centros de transformación en Jimena de la Frontera.

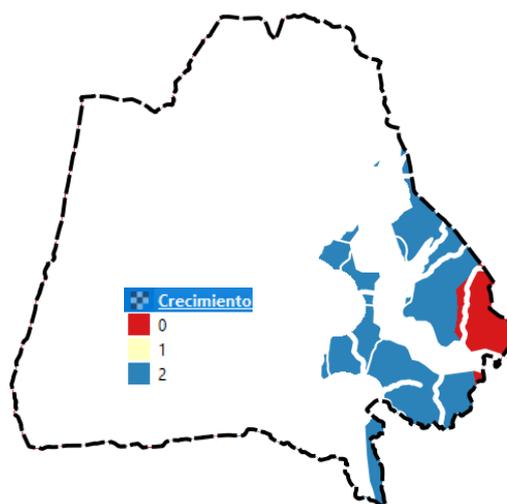


Figura 54. Distancia a núcleos urbanos en Jimena de la Frontera.

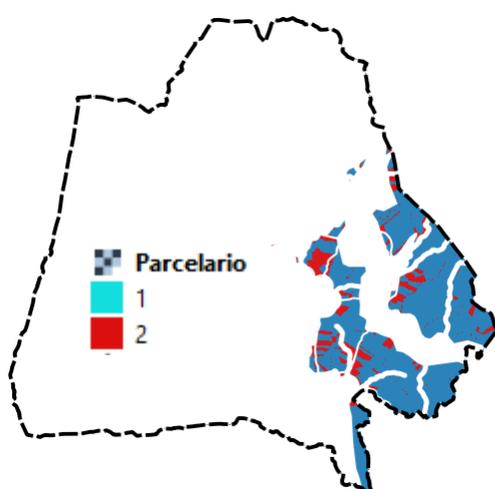


Figura 55. Parcelas en Jimena de la Frontera.

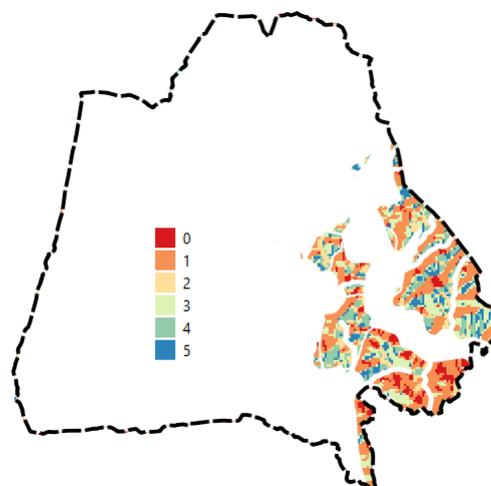


Figura 56. Orientaciones en Jimena de la Frontera.

La capa final de análisis (Figura 57) es el resultado de la suma de las capas C11 a C16, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales, quedando sustraídas aquellas áreas definidas por el criterio de restricción. El territorio queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a 4 puntuaciones finales anteriormente explicadas (para áreas excluidas que se verán en blanco en los mapas, 1 para áreas **menos favorables**, 2 para áreas **favorables** y 3 para áreas **más favorables**).



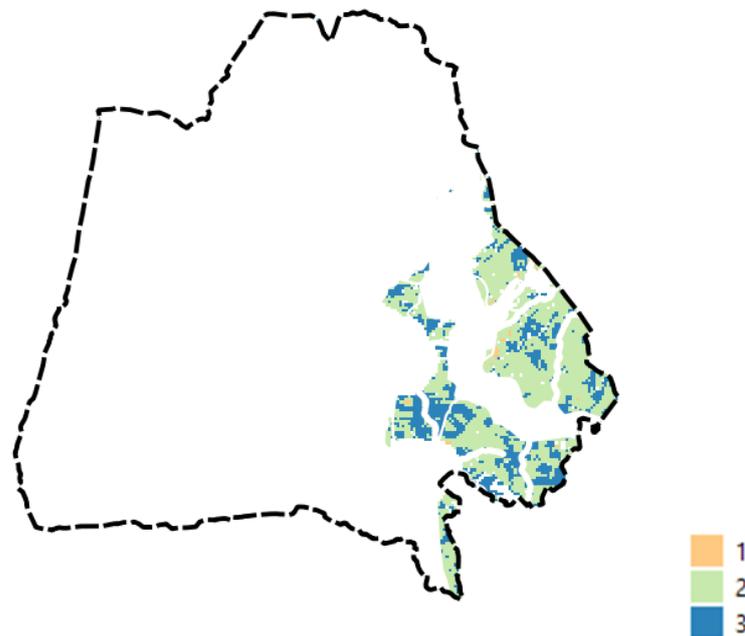


Figura 57. Zonificación de energías fotovoltaicas en Jimena de la Frontera.

Ponderación	Superficie (Ha)*	% respecto zonificación	% aprox. respecto término municipal
Zona 1	30	0,8	0,1
Zona 2	2.564	68,9	8,7
Zona 3	1.128	30,3	4,0
Total zonas	3.722	100	
Total del término municipal	29.738		12,8

***Durante el proceso de rasterizado del modelo se produce una pérdida de información**

Tabla 25. Superficies por zonas en Jimena de la Frontera.

Como se puede observar en la Tabla 25, la mayor parte del territorio factible para la instalación de plantas fotovoltaicas posee una puntuación 2, áreas favorables, ocupando un 68,9% la zona factible para tal fin. Tan solo poseen una puntuación 1 (áreas menos favorables), un 0,8% de las zonas factibles y las zonas más favorables, puntuación 3, representan el 30,3%. La zonificación de la zona factible para la instalación de plantas fotovoltaicas presenta la siguiente relación proporcional:



Zonificación área factible

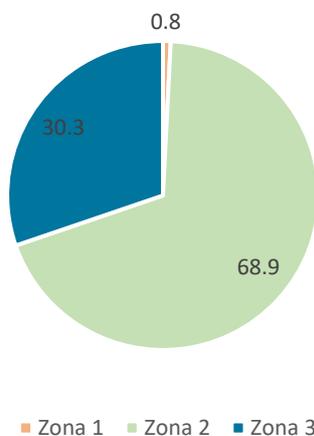


Figura 58. Zonificación del área factible en Jimena de la Frontera.

En este municipio es significativa la gran proporción de suelo que estaría en el área de exclusión, llegando a un 87% de la superficie del término municipal, y por lo tanto no siendo factible la instalación de plantas.

Jimena de la Frontera

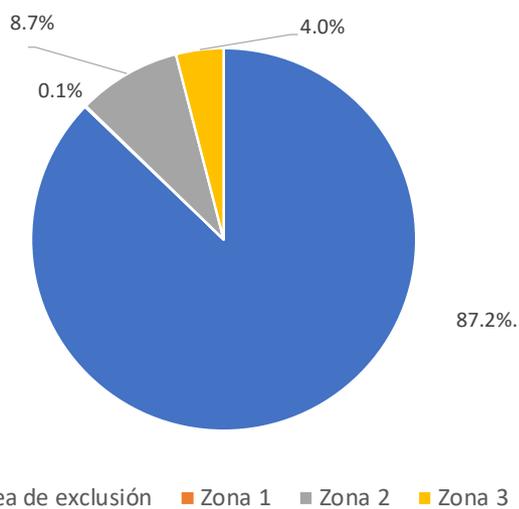


Figura 59. Distribución territorial de Jimena de la Frontera.



Análisis en relación con los usos del suelo

Si se realiza un estudio de los usos del suelo ocupados por las Zona 1, 2 y 3, se observa que existe un predominio de los pastizales (PS, PR, PA), seguido de las tierras arables (TA). Esto queda reflejado en la Tabla 26 y en la cartografía de la Figura 60.

Uso suelo	Suma de área (Ha)	% respecto área zonificación	% respecto término municipal
PS	1.162,52	36,5	3,9
TA	1.065,72	33,4	3,6
PA	497,19	15,6	1,7
PR	316,75	9,9	1
FY	54,18	1,7	0,2
IM	33,23	1	0,1
FO	29,22	0,9	0,1
CI	22,03	0,7	0,07
CF	6,93	0,2	0,02

Tabla 26. Usos del suelo en zonas factibles en Jimena de la Frontera.

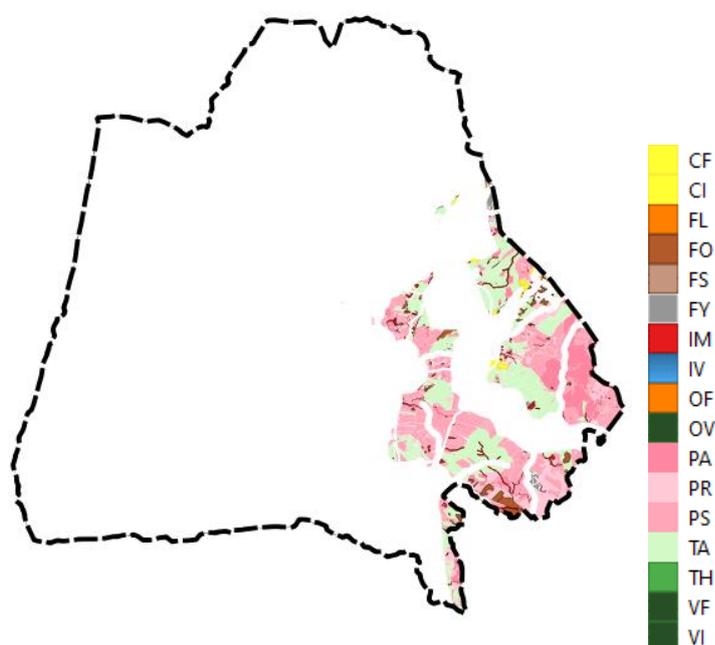


Figura 60. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Jimena de la Frontera.

En las Figura 61 a Figura 66, se muestra la cartografía de los usos del suelo para las áreas factibles (Zona 1, 2, 3). Si se analizan los diferentes usos del suelo en relación a la zonificación anteriormente descrita, se puede observar cómo en la zona 3 existe un predominio del pastizal y pastizal arbustivo, en la zona 2 de las tierras arables y



pastizal, y en la 1 de las tierras arables junto con los cítricos. El modelo cumple con los criterios de ponderación que fueron fijados, protegiendo los principales sistemas productivos y economías del lugar en que se inserta.

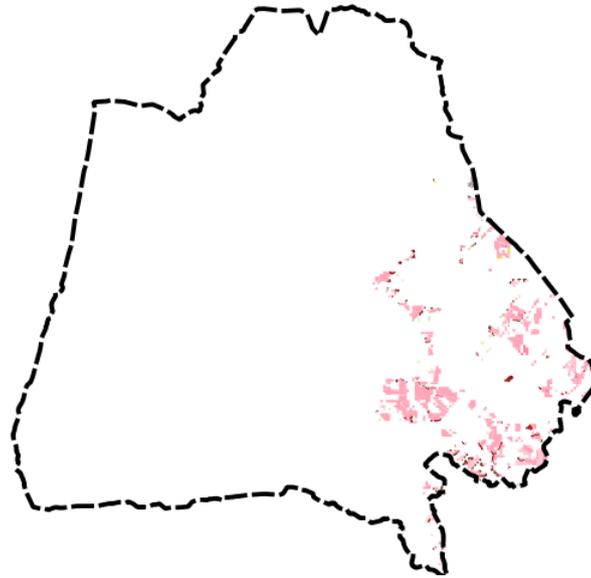


Figura 61. Usos del suelo Zona 3 en Jimena de la Frontera.

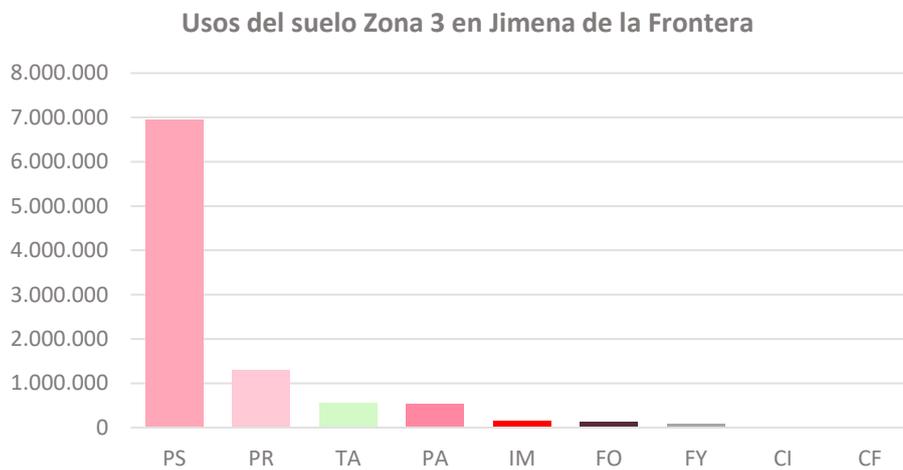


Figura 62. Superficies (m²) usos del suelo Zona 3 en Jimena de la Frontera.



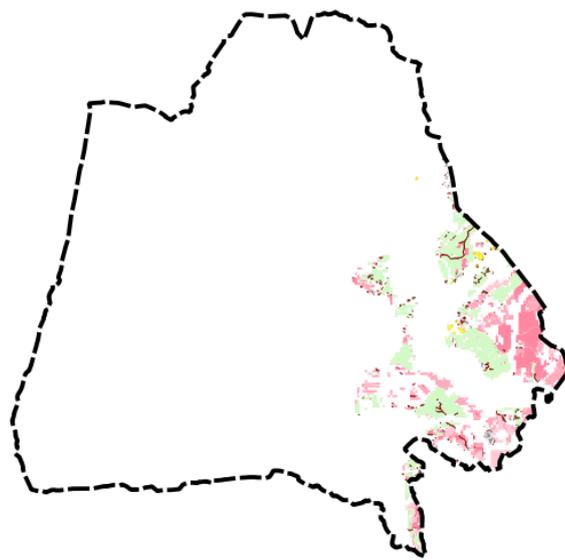


Figura 63. Usos del suelo Zona 2 en Jimena de la Frontera.

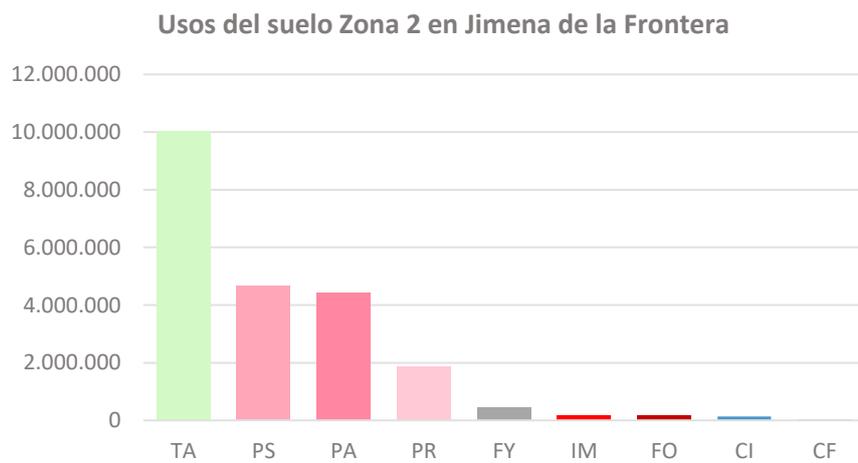


Figura 64. Superficies (m²) usos del suelo Zona 2 en Jimena de la Frontera.





Figura 65. Usos del suelo Zona 1 en Jimena de la Frontera.

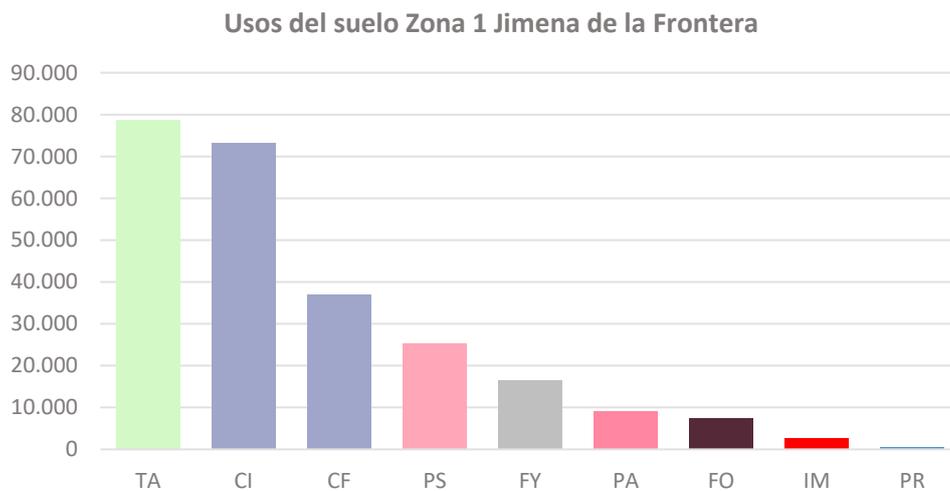


Figura 66. Superficies (m²) usos del suelo Zona 1 en Jimena de la Frontera.

Municipio de San Martín del Tesorillo

San Martín del Tesorillo es un municipio perteneciente a la provincia de Cádiz, en la comunidad autónoma de Andalucía, constituido como municipio independiente de Jimena de la Frontera en 2018. Su población es de 2.801 habitantes y tiene una superficie de 4.845 ha.



Capas de restricción

Atendiendo a la metodología descrita previamente, se muestran los resultados de las capas de restricción correspondientes al término municipal de San Martín del Tesorillo.

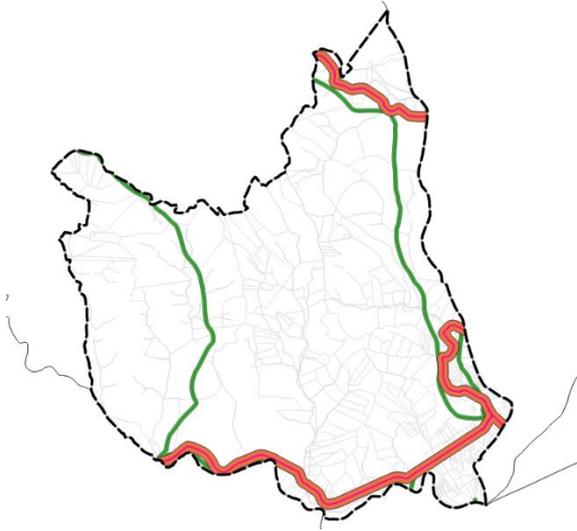


Figura 67. Red de transporte en San Martín del Tesorillo.

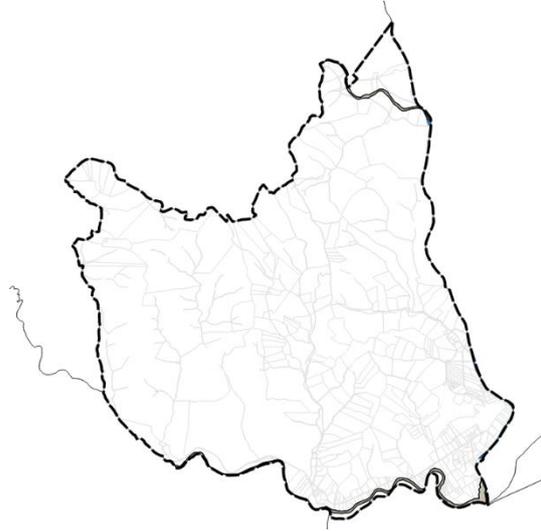


Figura 68. Patrimonio en San Martín del Tesorillo.

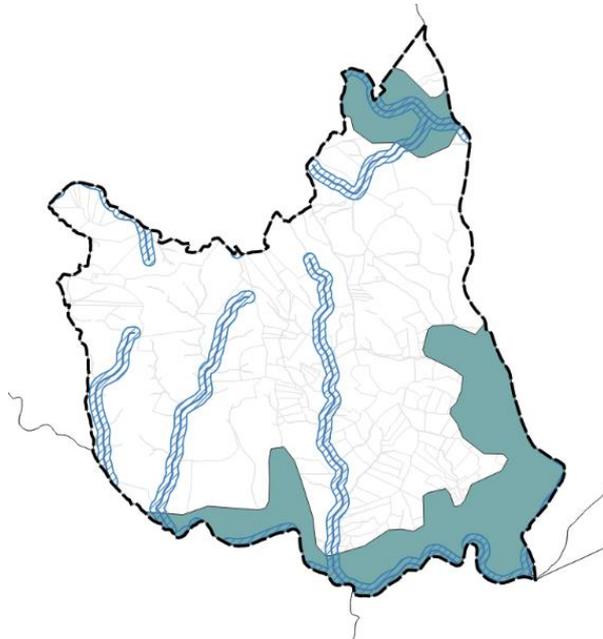


Figura 69. Hidrografía en San Martín del Tesorillo.



En la Figura 70 se muestra la superposición de todas las capas de restricción (transporte, patrimonio e hidrografía). Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas factibles para implantar las plantas.

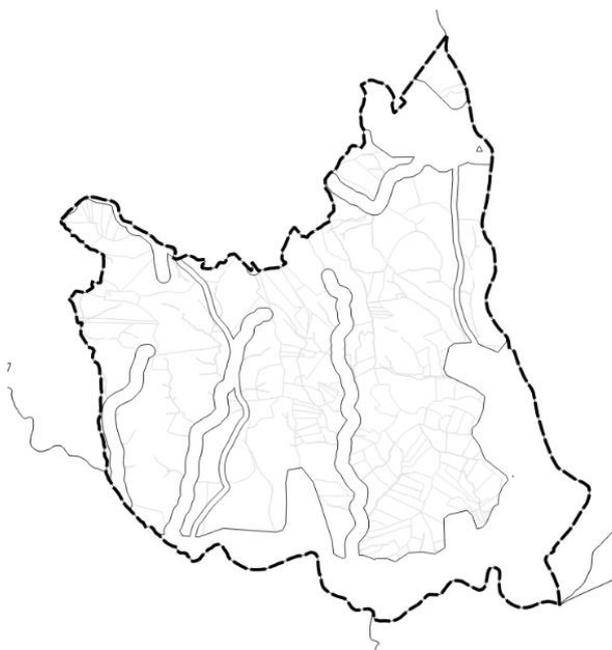


Figura 70. Capa final de criterios de restricción.

Por último, en la Tabla 27, se muestra de forma detallada la proporción de término municipal que ocupa cada capa que define el criterio de restricción. En el caso San Martín del Tesorillo, en un 33,74% no sería posible ubicar las instalaciones, dejando un 66,26% del término municipal factible para la instalación de fotovoltaicas.

Municipio	San Martín del Tesorillo	Superficie (Ha)	4.845	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Patrimonio	11_15_montes	0	Dera	0
	11_11_EspecialProteccion	0	Dera	0
	11_10_ReservaBiosfera	0	Dera	0
	11_09_RedNatura	43	Dera	0,9
	11_07_Enp	0	Dera	0
	11_04_ConjuntoHistorico	0	Dera	0
		43		0,9



Municipio	San Martín del Tesorillo	Superficie (Ha)	4.845	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Núcleo población	NUCLEOS POBLACION	287		5,9
Hidrología	03_01_Rios	546	Dera	11,3
	04_12_Acuifero	1.105	Dera	22,8
		1.465		30,2
Red transporte	09_22_ViasPecuarias	186	Dera	3,9
	09_14_RedCarreteras	272	Dera	5,6
		399		8,3
TOTAL		1.634		33,7

Tabla 27. Criterios de exclusión en San Martín del Tesorillo.

Capas de análisis

Una vez reducida la zona de estudio a la zona factible para implantar, se introducirán en QSIG las capas que inciden en la decisión o determinación de las zonas óptimas para el caso de San Martín del Tesorillo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos aplicando las capas que constituyen el criterio de análisis (Figura 71 a Figura 76).

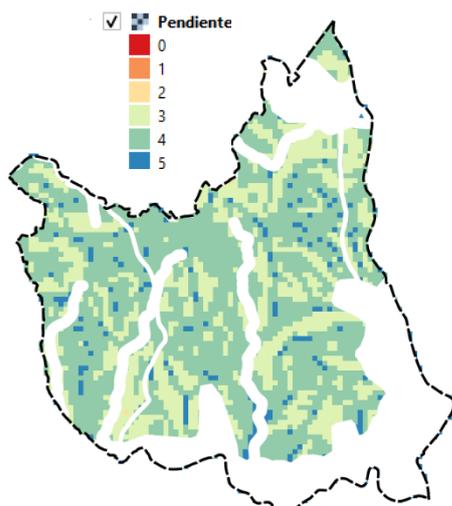


Figura 71. Pendientes en San Martín del Tesorillo.

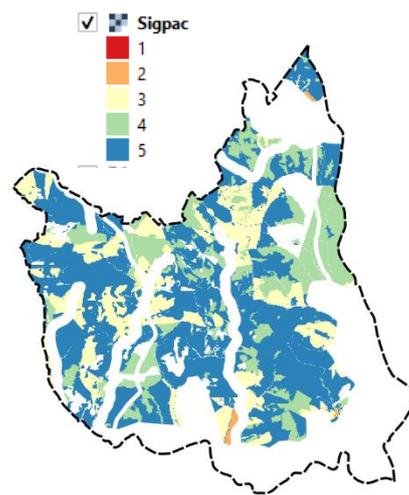


Figura 72. Usos en San Martín del Tesorillo.



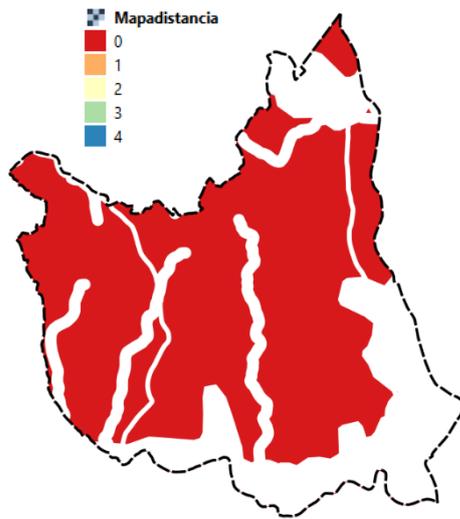


Figura 73. Distancia a los Centros de Transformación en San Martín del Tesorillo.

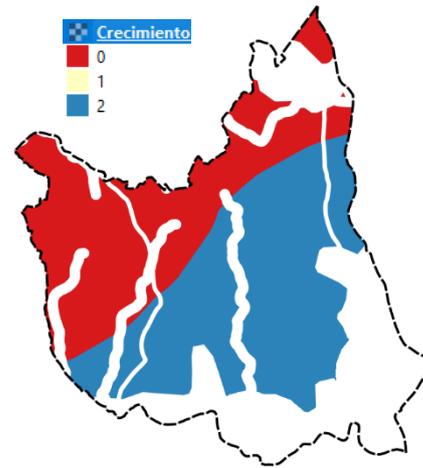


Figura 74. Distancia a núcleos urbanos en San Martín del Tesorillo.

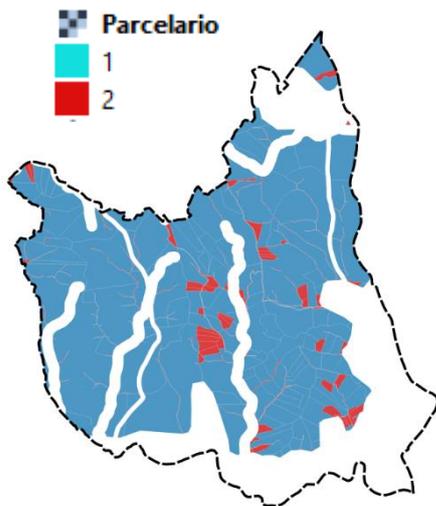


Figura 75. Parcelas en San Martín del Tesorillo.

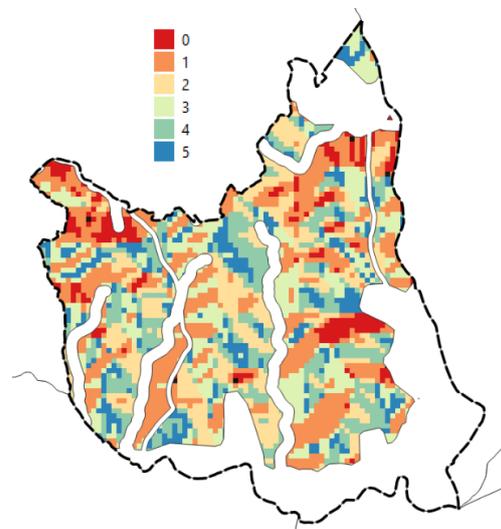


Figura 76. Orientaciones en San Martín del Tesorillo.

La capa final de análisis (es el resultado de la suma de las capas C11 a C16, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales, quedando sustraídas aquellas áreas definidas por el criterio de restricción. El territorio queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a 4 puntuaciones finales anteriormente explicadas (para áreas excluidas que se verán en blanco en los mapas, 1 para áreas **menos favorables**, 2 para áreas **favorables** y 3 para áreas **más favorables**).



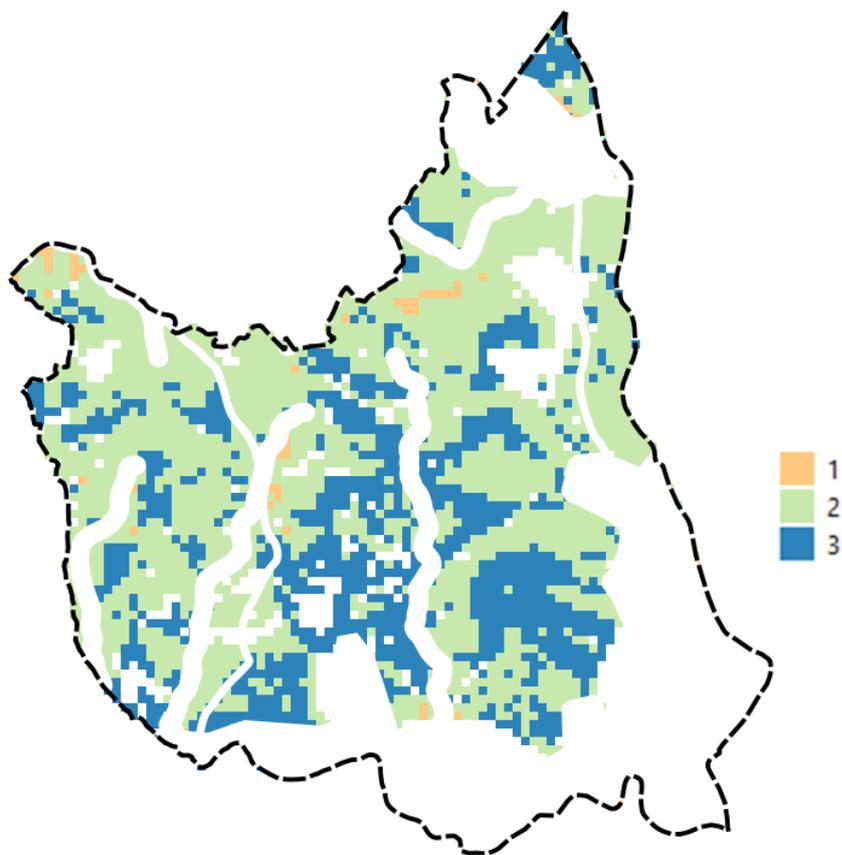


Figura 77. Zonificación de energías fotovoltaicas en San Martín del Tesorillo..

Ponderación	Superficie (Ha)*	% respecto a zonificación	% aprox. respecto término municipal
Zona 1	45	1,4	0,9
Zona 2	2.090	65,1	43,2
Zona 3	1.076	33,5	22,2
Total zonas	3.211	100	
Total del término municipal	4.845		66,3

*Durante el proceso de rasterizado del modelo se produce una pérdida de información

Tabla 28. Superficies por zonas en San Martín del Tesorillo.

Como se puede observar en la Figura 77 y en la Tabla 28 la mayor parte del territorio factible para la instalación de plantas fotovoltaicas poseen una puntuación 2, áreas favorables, ocupando un 65,1% la zona factible para tal fin. Tan solo poseen una puntuación 1 (áreas menos favorables), un 1,4 % de las zonas factibles y las zonas más



favorables, puntuación 3, representan el 33,5 %. La zonificación de la zona factible para la instalación de plantas fotovoltaicas presenta la siguiente relación proporcional:

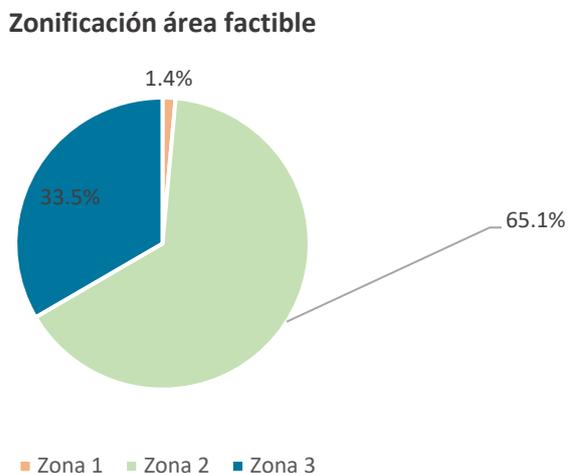


Figura 78. Zonificación del área factible en San Martín del Tesorillo..

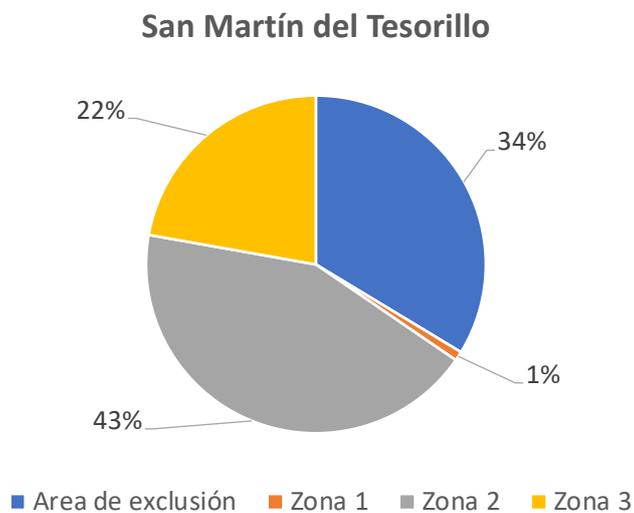


Figura 79. Distribución territorial en San Martín del Tesorillo..

Análisis en relación con los usos del suelo

Si se realiza un estudio en profundidad de los usos del suelo ocupados por las Zona 1, 2 y 3, se observa que existe un predominio de los pastizales (PS, PR, PA), seguido de las tierras arables (TA) y los suelos forestales (FO). Esto queda reflejado en la Tabla 29 y en la cartografía de la Figura 80.



Uso suelo	Suma de área (Ha)	% respecto área zonificación	% respecto término municipal
PS	860	31,3	17,7
PA	635	23,1	13,1
PR	625	22,7	12,9
TA	541	19,7	11,2
FO	49	1,8	1
IM	24	0,89	0,5
CI	7	0,24	0,1
FY	7	0,24	0,1

Tabla 29. Usos del suelo en Zonas factibles en San Martín del Tesorillo..

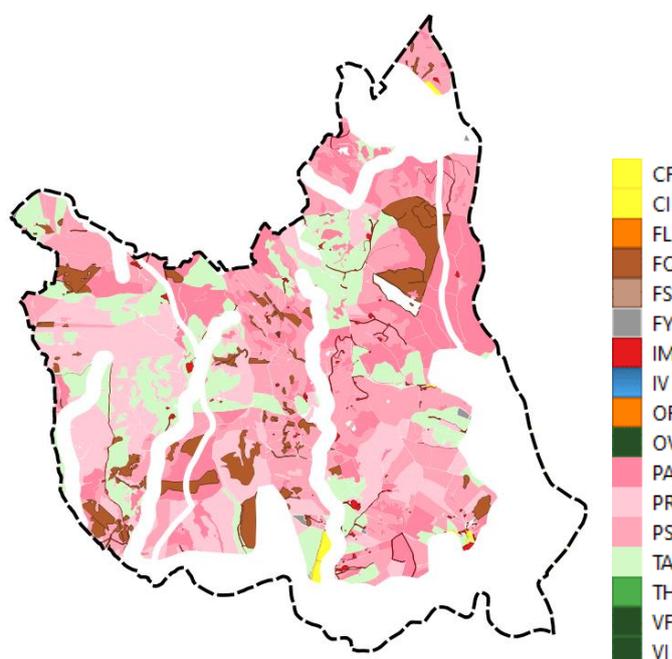


Figura 80. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en San Martín del Tesorillo.

Figura 81 a Figura 86 muestran la cartografía de los usos del suelo para las áreas factibles (Zona 1, 2, 3). Si se analizan los diferentes usos del suelo en relación a la zonificación anteriormente descrita, se puede observar como en la zona 3 existiría un predominio del pastizal y pastizal arbustivo, en la zona 2 del pasto arbolado y tierras arables, y en la 1 de las tierras arables junto con los cítricos. El modelo cumple con los criterios de ponderación que fueron fijados, protegiendo los principales sistemas productivos y economías del lugar en que se inserta.



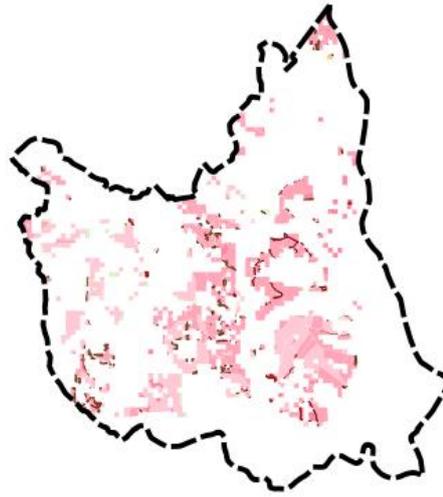


Figura 81. Usos del suelo Zona 3 en San Martín del Tesorillo.

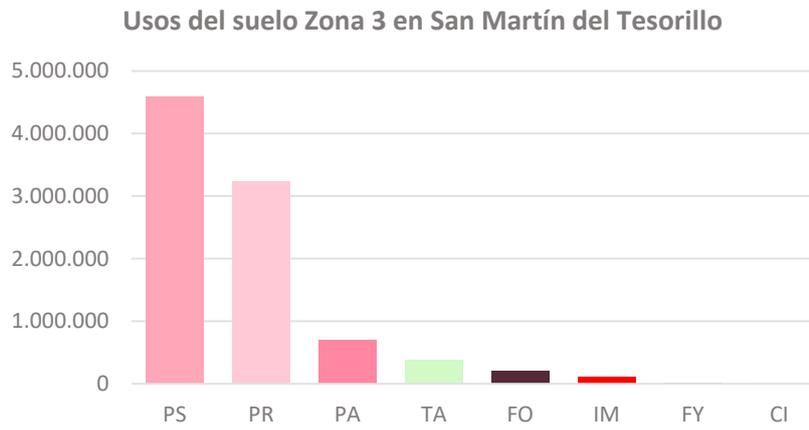


Figura 82. Superficies (m²) usos del suelo Zona 3 en San Martín del Tesorillo..

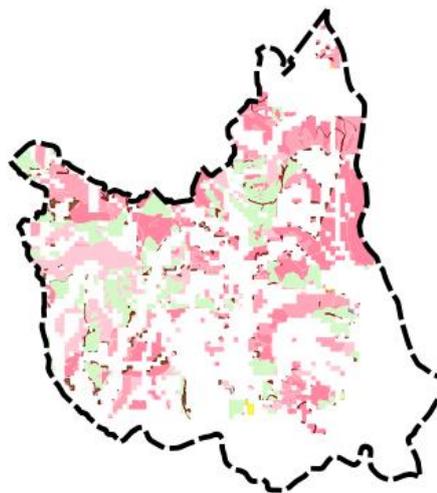


Figura 83. Usos del

Martín del Tesorillo.

suelo Zona 2 en San



Usos del suelo Zona 2 en San Martín del Tesorillo

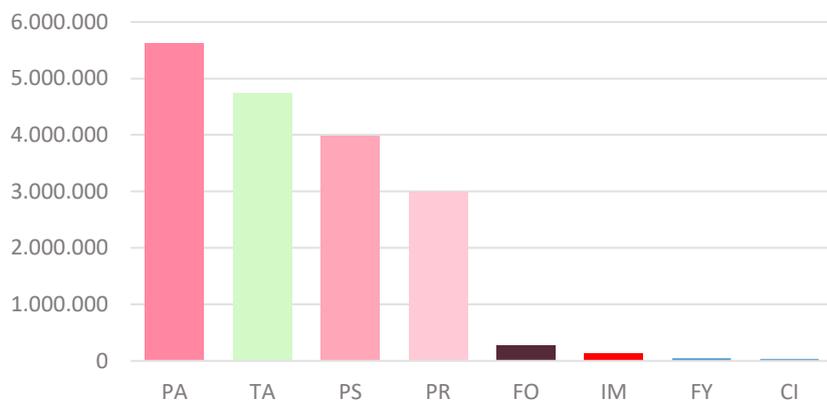


Figura 84. Superficies (m²) usos del suelo Zona 2 en San Martín del Tesorillo.



Figura 85. Usos del suelo Zona 1 en San Martín del Tesorillo.

Usos del suelo Zona 1 en San Martín del Tesorillo

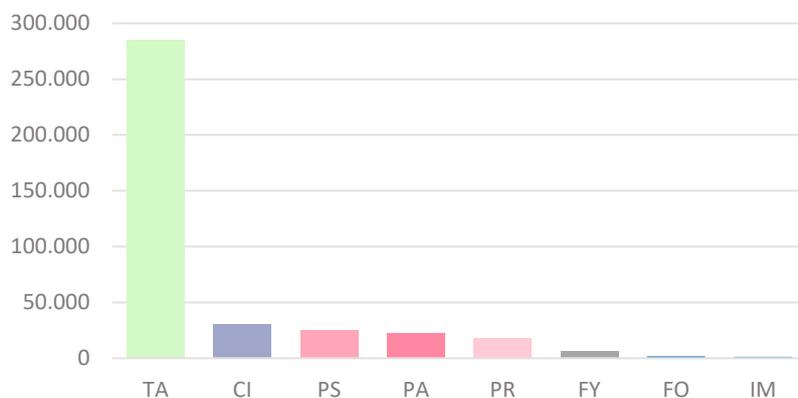


Figura 86. Superficies (m²) usos del suelo Zona 1 en San Martín del Tesorillo.



Análisis de conjunto de la Zona

Por último, para conocer cómo se relacionan los diferentes términos municipales, se realiza un análisis conjunto de la zona que incluye los cuatro municipios analizados de manera individual, siguiendo la misma metodología.

Este análisis se considera necesario ya que, si no se perdería gran cantidad de información o no se estaría siendo precisos en la consideración de algunas capas de información como, por ejemplo, si un término municipal posee determinados centros de transformación y no se consideran los centros de transformación de los municipios vecinos, no se estaría realizando un modelo válido, ya que se podrían penalizar áreas que quizás fuera óptimas o viceversa.

En cuanto a la infraestructura energética de la zona, cabe a destacar que, dentro del área de estudio, se encuentra el parque eólico de Los Llanos. Además, cuenta con la subestación eléctrica de La Jordana, que junto con las subestaciones de Tajo de la Encantada (Álora) y Cártama son los tres nudos fundamentales de la red de transporte de energía eléctrica de la provincia de Málaga (Figura 87).

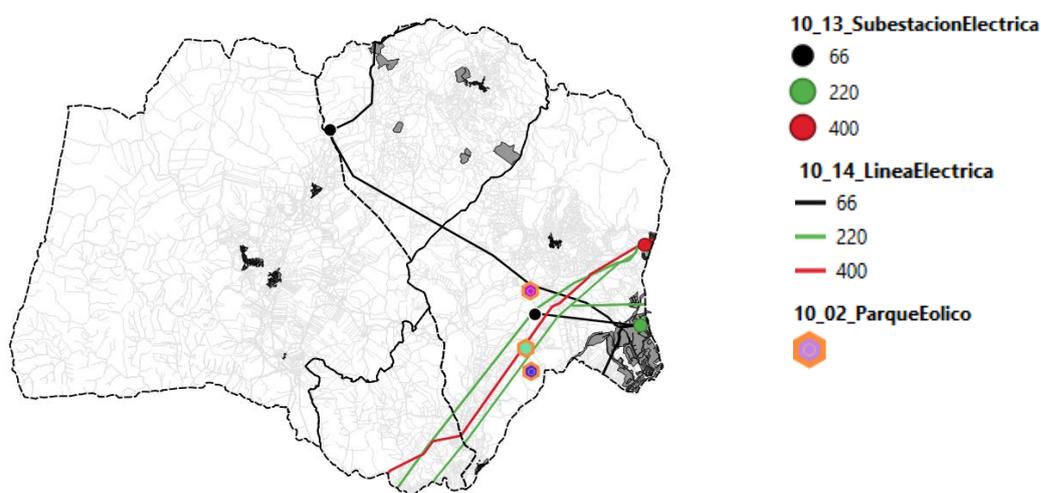


Figura 87. Infraestructura eléctrica en la zona de análisis..

Capas de restricción

Las capas de restricción que se han obtenido para todas las localidades, utilizando la metodología descrita se muestran en las (Figura 88 a Figura 90).

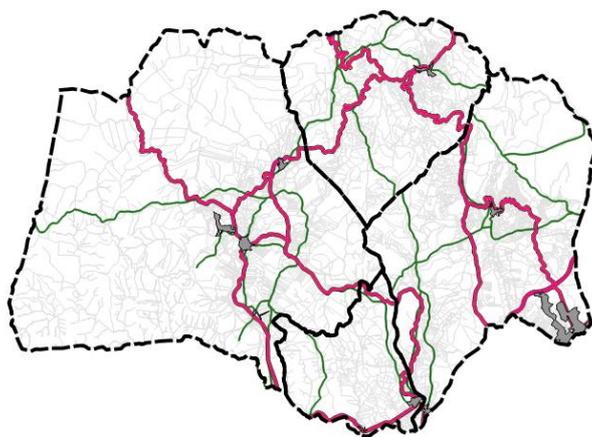


Figura 88. Red de transporte en la zona de análisis.

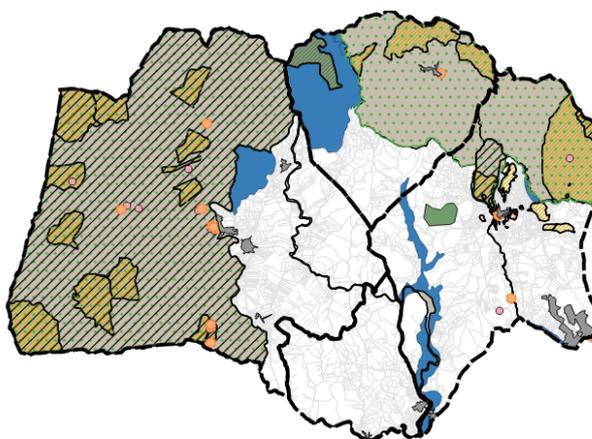


Figura 89. Patrimonio en la zona de análisis.

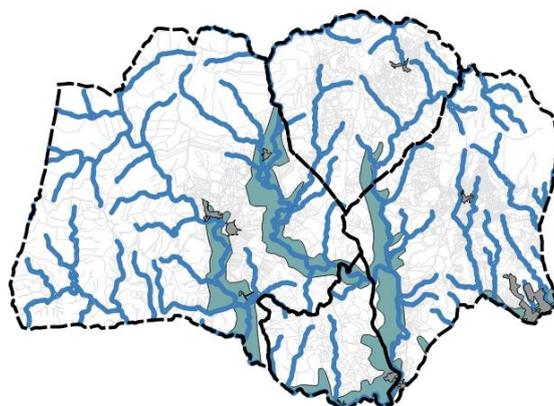


Figura 90. Hidrografía en la zona de análisis.



En la Figura 91 se puede observar la superposición de todas las capas de restricción (transporte, patrimonio e hidrografía). Deduciendo estas capas, mediante el software QGIS, de la capa original que cubre todo el territorio de estudio, se obtienen las áreas factibles para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas.

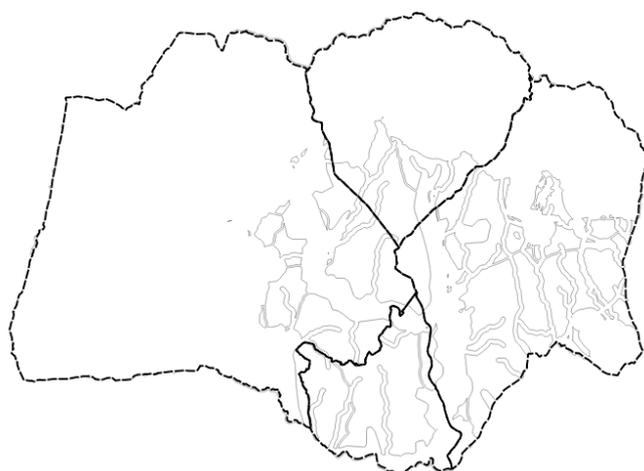


Figura 91. Capa final de criterios de restricción en la zona de análisis.

Por último, en la Tabla 30, se muestra de forma detallada la proporción de término municipal que ocupa cada capa que define el criterio de restricción. En la Zona 1 en un 75,7% no sería posible ubicar las instalaciones, dejando un 24,3% del término municipal factible para la instalación de plantas fotovoltaicas.

Municipios	Casares, Gaucín, Jimena de la Frontera y San Martín del Tesorillo	Superficie total (Ha)	60.651	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Patrimonio	11_15_montes	7.307	Dera	12
	11_11_EspecialProteccion	31.964	Dera	52,7
	11_10_ReservaBiosfera	31.377	Dera	51,7
	11_09_RedNatura	31.706	Dera	52,2
	11_07_Enp	22.271	Dera	36,7
	11_04_ConjuntoHistorico	199	Dera	0,3
		36.012		59,3
núcleo población	NUCLEOS POBLACION	3.057		5
Hidrología	03_01_Rios	8.350	Dera	13,8
	04_12_Acuifero	6.597	Dera	10,9
		13.471		22,2



Municipios	Casares, Gaucín, Jimena de la Frontera y San Martín del Tesorillo	Superficie total (Ha)	60.651	
Criterio exclusión				
Categoría	Capa	Superficie (Ha)	Fuente	% municipio
Red transporte	09_22_ViasPecuarias	1.715	Dera	2,8
	09_14_RedCarreteras	3.035	Dera	5
		3.858		6,4
TOTAL		45.989		75,7

Tabla 30. Aplicación de los criterios de exclusión en la zona de análisis.

Capas de análisis

Atendiendo a la metodología descrita en el apartado anterior, se muestran los resultados de aplicar las capas de análisis a la zona de análisis.

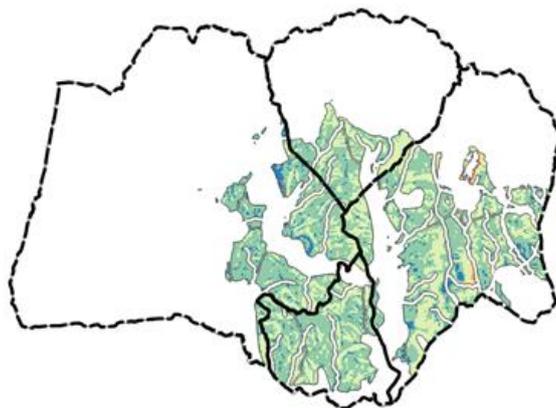


Figura 92. Pendientes en la zona de análisis.

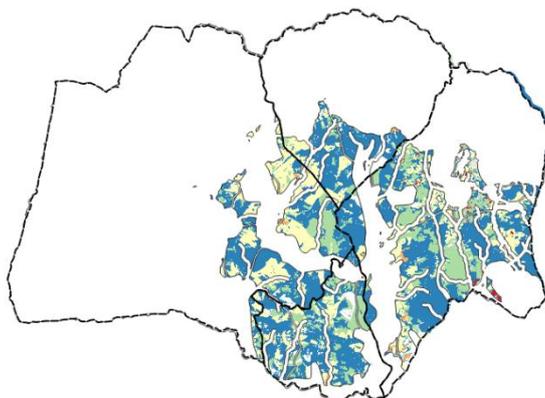


Figura 93. Usos del suelo en la zona de análisis.



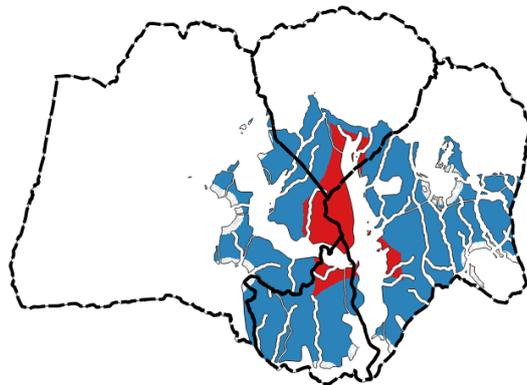


Figura 94. Distancia a núcleos urbanos en la zona de análisis.

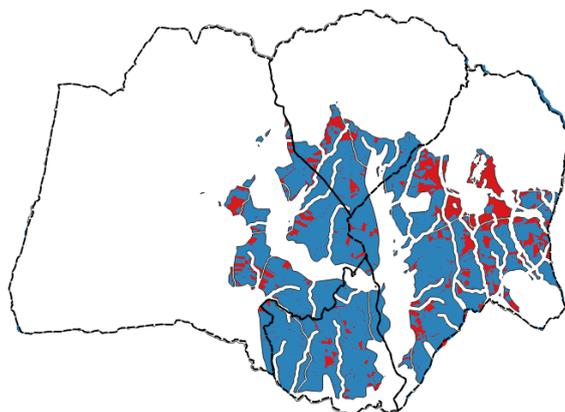


Figura 95. Parcelas en la zona de análisis.

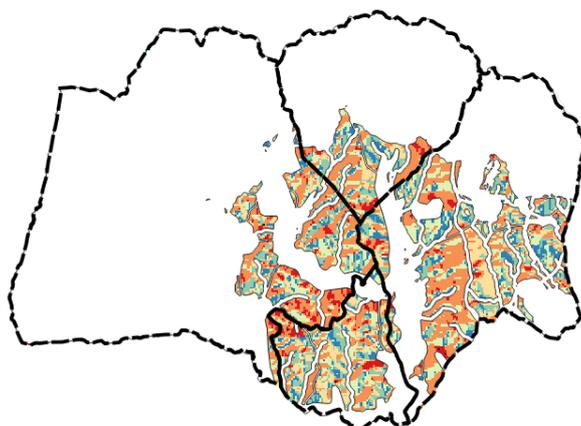


Figura 96. Orientaciones en la zona de análisis.



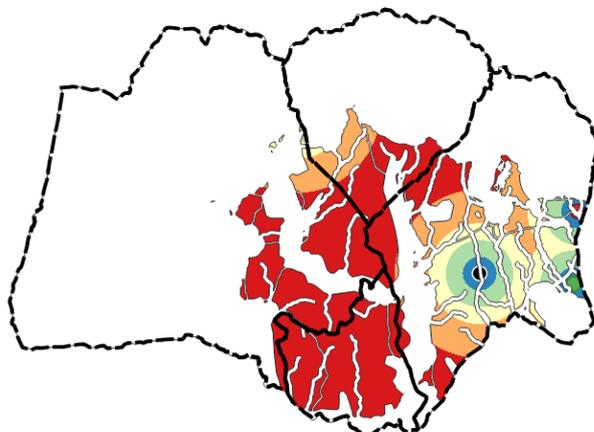


Figura 97. Distancia a centros de transformación en la zona de análisis.

La capa final de análisis (Figura 98) es el resultado de la suma de las capas C11 a C16, contenidas en los criterios orográficos, de ubicación y medioambientales, quedando sustraídas aquellas áreas definidas por el criterio de restricción. El territorio queda clasificado en cuatro zonas atendiendo a 4 puntuaciones finales anteriormente explicadas (para áreas excluidas que se verán en blanco en los mapas, 1 para áreas **menos favorables**, 2 para áreas **favorables** y 3 para áreas **más favorables**).

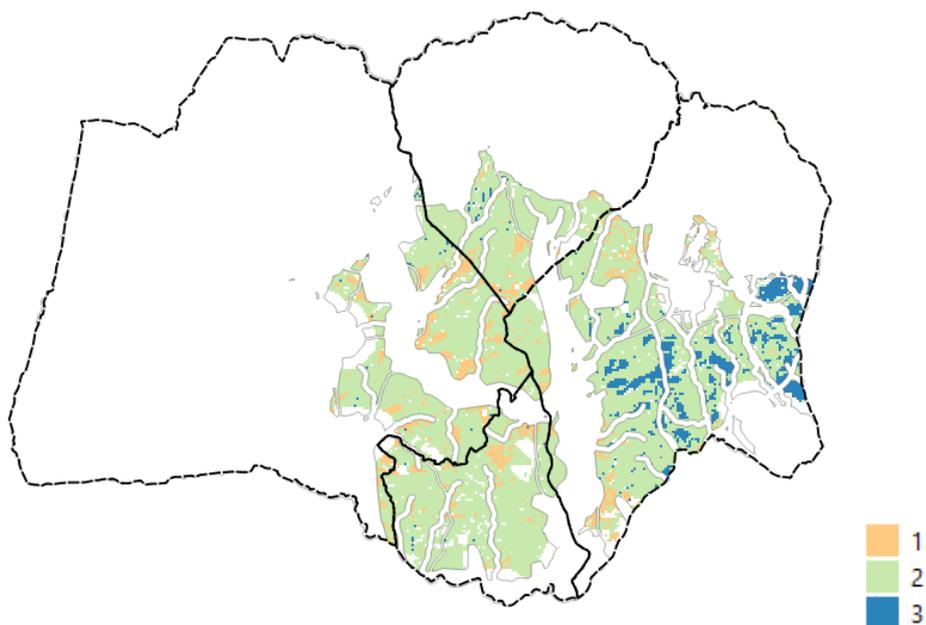


Figura 98. Zonificación de energías fotovoltaicas en la zona de análisis.



Ponderación	Superficie (Ha)*	% respecto a zonificación	% aprox. respecto término municipal
Zona 1	1.278	9,6	3
Zona 2	11.126	83,5	19
Zona 3	924	6,9	2
Total zonas	13.328	100	
Total del término municipal	60.745		24

Tabla 31. Superficies por zonas en la zona de análisis.

Como se puede observar en la Figura 98, la mayor parte del territorio factible para la instalación de plantas fotovoltaicas poseen una puntuación 2, áreas favorables, ocupando un 83,5% la zona factible para tal fin. Tan solo poseen una puntuación 1 (áreas menos favorables), un 9,6% de las zonas factibles y las zonas más favorables, puntuación 3, representan el 6,9%. La zonificación de la zona apta para la instalación de plantas fotovoltaicas presentaría la siguiente relación proporcional:

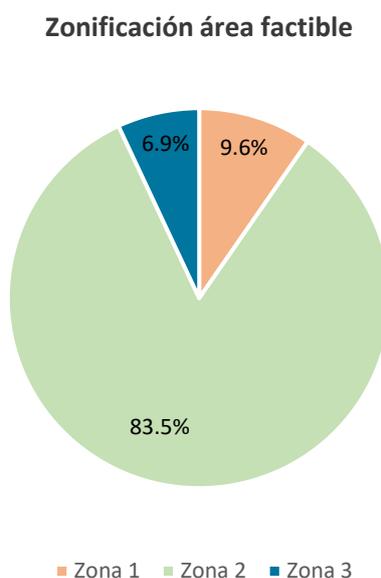


Figura 99. Zonificación del área factible en la zona de análisis.

Sin embargo, hay que destacar, que de acuerdo a la metodología propuesta el 76% de todo el territorio está excluido (Figura 100).



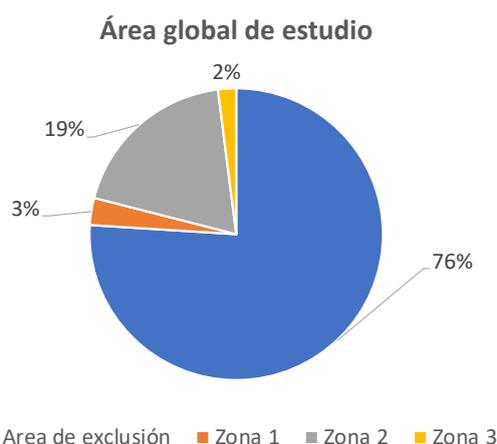


Figura 100. Distribución territorial del área de estudio.

Análisis en relación con los usos del suelo

Si se realiza un estudio en profundidad de los usos del suelo ocupados por las Zona 1, 2 y 3, se observa que existe un predominio de los pastizales (PS, PR, PA), seguido de las tierras arables (TA) y los suelos forestales (FO). Esto queda reflejado en la Tabla 32 y en la cartografía de la Figura 101.

Uso suelo	Suma de área (Ha)	% respecto área zonificación	% respecto término municipal
PR	3.422	26	5,6
PS	3.337	25,4	5,5
TA	2.849	21,7	4,7
PA	2.583	19,7	4,2
IM	384	2,9	0,6
FY	254	1,9	0,4
FO	159	1,2	0,3
CI	95	0,7	0,2
OV	30	0,2	0,1
CF	16	0,1	0,03
VI	8	0,1	0,01
ZU	2	0,02	0
TH	2	0,01	0
FS	0.9	0,01	0
IV	0.6	0	0
VF	0.4	0	0
OF	0.2	0	0
FL	0.2	0	0

Tabla 32. Usos del suelo en Zonas factibles en la zona de análisis.



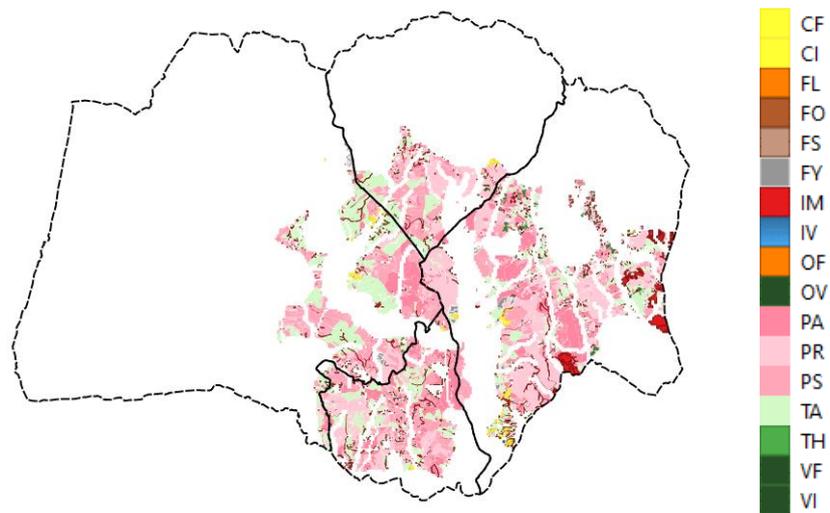


Figura 101. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en el área de análisis.

En las Figura 102 a Figura 107, se muestra la cartografía de los usos del suelo para las áreas factibles (Zona 1, 2, 3). Si se analizan los diferentes usos del suelo en relación a la zonificación anteriormente descrita, podemos observar como en la zona 3 existiría un predominio del pastizal y pastizal arbustivo, en la zona 2 del pasto arbolado y tierras arables, y en la 1 de las tierras arables junto con los cítricos. El modelo cumple con los criterios de ponderación que fueron fijados, protegiendo los principales sistemas productivos y economías del lugar en que se inserta.

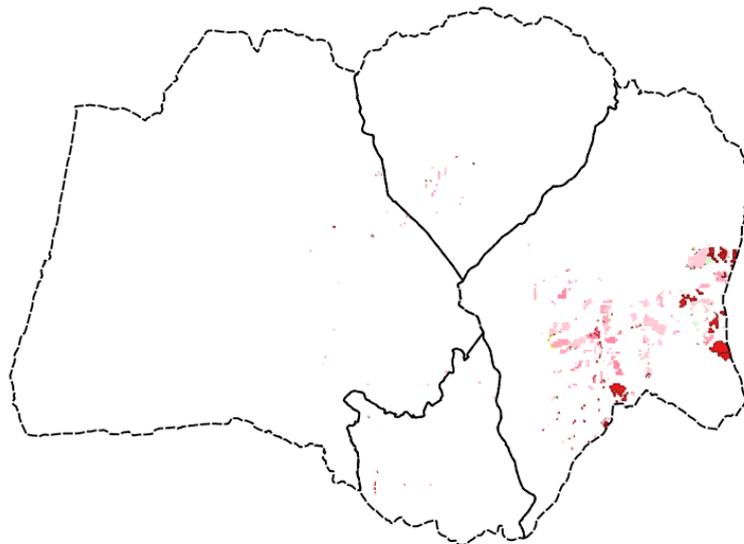


Figura 102. Usos del suelo en Zona 3 en el área de análisis.



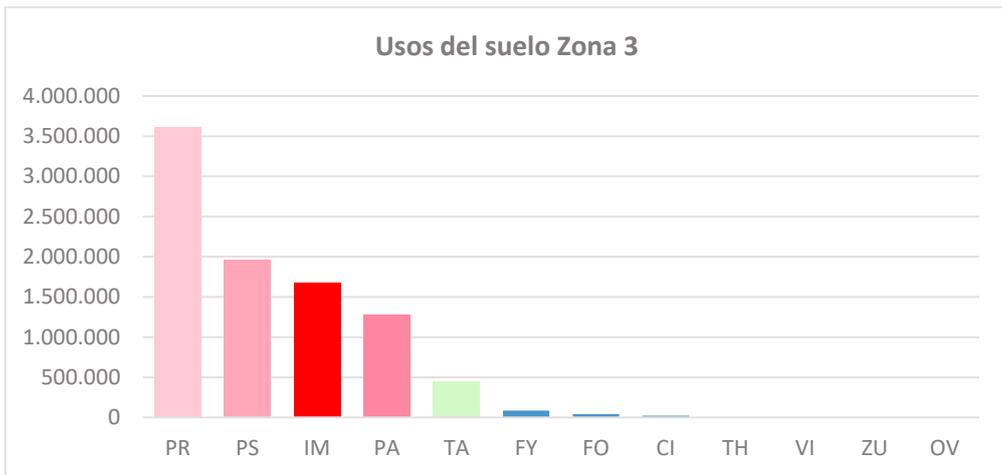


Figura 103. Superficies (m²) usos del suelo Zona 3 en el área de análisis.

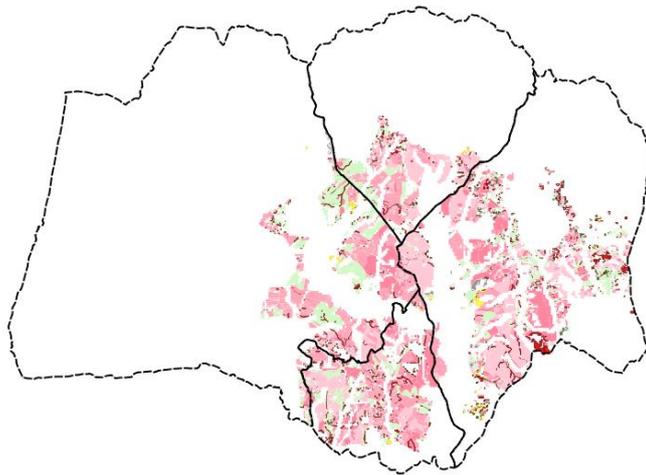


Figura 104. Usos del suelo Zona 2 en el área de análisis.

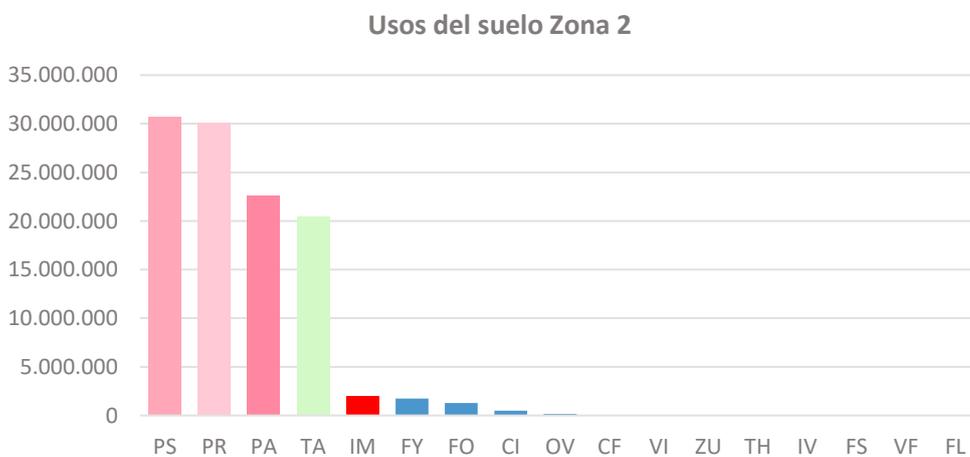


Figura 105. Superficies (m²) usos del suelo Zona 2 en el área de análisis.



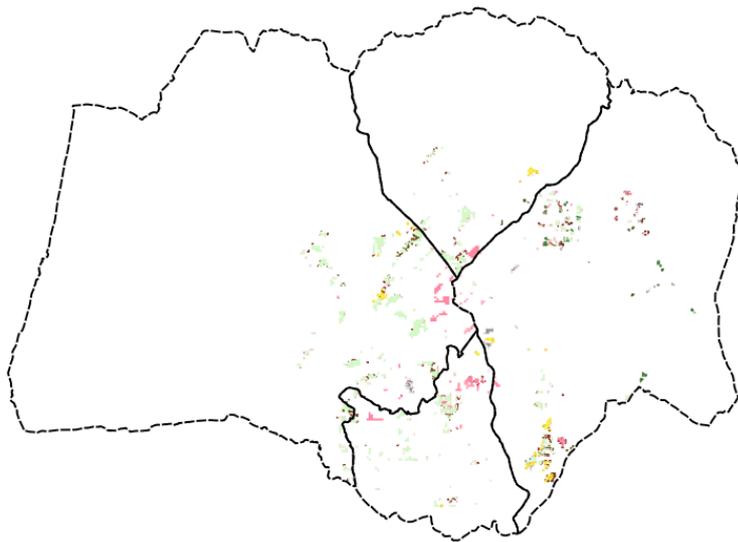


Figura 106. Usos del suelo Zona 1 en el área de análisis.

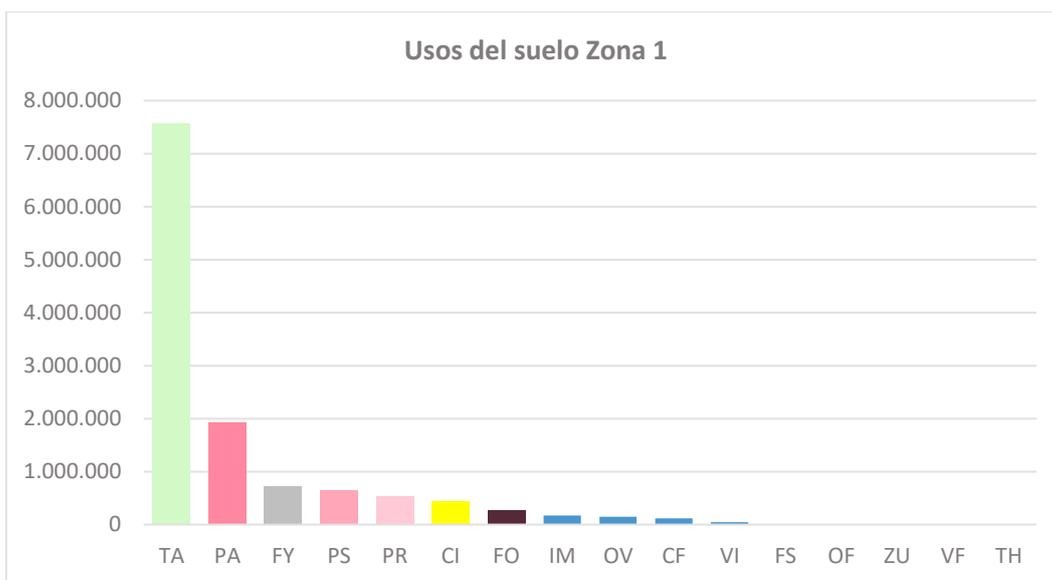


Figura 107. Superficies (m²) usos del suelo Zona 1 en el área de análisis.



Necesidades energéticas de los municipios

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Necesidades energéticas de los municipios

Se ha considerado necesario estudiar cuál es el **consumo eléctrico de los municipios encuadrados en la región de estudio** con el fin de comparar estos consumos con la producción eléctrica posible de los proyectos de grandes parques de energía fotovoltaica que se han solicitado en estos municipios.

De acuerdo con los datos de la Junta de Andalucía, en la Tabla 33 se recogen algunas características de los municipios.

Municipio	Extensión (Ha) 2019	POBLACIÓN TOTAL	Viviendas familiares principales. 2011	Población en núcleos. 2020	Población en diseminados. 2020	Densidad población (hab/km ²)
Casares	16.238	6.883	2.022	6.266	617	42,4
Gaucin	9.830	1.589	675	1.348	241	16,2
Jimena de la Frontera	29.738	6.707	3.715	6.103	604	22,6
San Martín del Tesorillo	4.845	2.801		2.708	93	57,8
	60651	17980		16425	1555	29,6

Tabla 33. Datos de los municipios.
Fuente: Junta de Andalucía.

Como puede observarse son municipios pequeños. La extensión total de la zona de estudio es de 60.651 ha. El número total de habitantes es de 17.980 (según el censo de 2019), siendo mucho más poblados los municipios de Casares y Jimena de la Frontera que pasan ambos de los 6.000 habitantes. Sin embargo, respecto a su territorio total, el que menos densidad de población tiene es Gaucín con 16 hab./km², seguido de Jimena de la Frontera con 23 hab./km², siendo San Martín del tesorillo el que más densidad de población presenta con 58 hab./km².

La densidad media de la población de toda el área de estudio es de 30 hab./km², si bien la población se concentra en el área municipal metropolitana, siendo los núcleos dispersos pequeños. Solamente en Gaucín la población diseminada es del 15 % de la población total.

Si nos fijamos en el consumo energético (Tabla 34), según datos de 2020, esta área tiene consumos eléctricos pequeños, donde aproximadamente el 60% de los mismos corresponde al consumo residencial. Esto indica que son municipios sin actividad industrial importante y en los que sus habitantes viven mayoritariamente de la agricultura y de pequeñas explotaciones ganaderas.



Municipio	Extensión (Ha) 2019	POBLACIÓN TOTAL	Viviendas familiares principales. 2011	Consumo de energía eléctrica residencial (MWh) (Endesa). 2020	Consumo de energía eléctrica residencial (MWh) (Endesa). 2020	Relación entre consumo eléctrico residencial y total (%)	Consumo de energía eléctrica residencial por habitante y año (MWh/año)	Consumo de energía eléctrica residencial por habitante y día (KWh/día)	Consumo de energía eléctrica residencial por vivienda y año (MWh/año)	Consumo de energía eléctrica residencial por vivienda y día (KWh/día)	Consumo de energía eléctrica municipal por habitante y año (MWh/año)	Consumo de energía eléctrica municipal por habitante y día (KWh/día)
Casares	16238	6.883	2.022	31.048	17.913	0,58	2,60	7,1	8,86	24,3	4,51	12,4
Gaucín	9830	1.589	675	5.800	3.480	0,60	2,19	6,0	5,16	14,1	3,65	10,0
Jimena de la Frontera	29738	6.707	3.715	24.071	14.582	0,61	2,17	6,0	3,93	10,8	3,59	9,8
San Martín del Tesorillo	4845	2.801		10.224	6.134	0,60					3,65	10,0
	60651	17980		71143,0	42109,4	0,59					4,0	10,8

Tabla 34. Características de los consumos eléctricos de la zona en estudio.
Fuente: Junta de Andalucía.

Un estudio más en detalle de los consumos nos indica que el consumo residencial medio diario por habitante está en torno a los 7 kWh y si dividimos el consumo eléctrico municipal total por el número de habitantes ofrece un valor medio de alrededor de 11 kWh/día. En Casares los consumos son un poco mayores, debido a ser un municipio con más población diseminada y con mayor número de explotaciones ganaderas.

Merece especial atención conocer cuál sería el tamaño de un sistema FV que fuera capaz de cubrir el 100% de la demanda eléctrica de cada municipio y que área ocuparía respecto al territorio municipal.

Un sencillo cálculo teniendo en cuenta la irradiación incidente media en cada uno de los municipios, nos da una primera aproximación de la potencia pico fotovoltaica necesaria. Los resultados se muestran en la Tabla 35.

Municipio	Extensión (Ha)	Viviendas familiares principales	Consumo de energía eléctrica residencial (MWh) (Endesa). 2020	Consumo de energía eléctrica residencial (MWh) (Endesa). 2020	Radiación global incli. Óptima (kWh/m2/día)	Necesidad FV total municipal (MWp)	Ocupación FV total (Hectáreas)	Ocupación FV total (%)
Casares	16238	2.022	31.048	17.913	5,6	19,0	38,0	0,23
Gaucín	9830	675	5.800	3.480	5,6	3,5	7,0	0,07
Jimena de la Frontera	29738	3.715	24.071	14.582	5,5	15,0	30,0	0,10
San Martín del Tesorillo	4845		10.224	6.134	5,8	6,0	12,0	0,25
	60651		71143	42109	5,6	43,5	87,0	0,14

Tabla 35. Estimación de la potencia pico FV necesaria para satisfacer el consumo municipal total.

Como se puede observar en esta Tabla, con instalaciones FV pequeñas se puede cubrir el consumo eléctrico de estos municipios y en ningún caso supone ocupar más de un 0,3% del territorio municipal.



Si además consideramos que una parte importante de este consumo puede ser satisfecho mediante instalaciones de autoconsumo en los tejados de las viviendas del municipio, los resultados son todavía mejores.

Si estimamos que en cada una de las viviendas familiares principales de cada municipio se podrían instalar al menos 2 kWp de módulos fotovoltaicos, podemos estimar que parte de la potencia necesaria total se podría instalar en autoconsumo. Los resultados se muestran en la Tabla 36.

Municipio	Necesidad FV total municipal (MWp)	Ocupación FV total (Hectáreas)	Ocupación FV total (%)	Autoconsumo FV (MWp)	FV centralizada (MWp)
Casares	19,0	38,0	0,20	4,0	15
Gaucin	3,5	7,0	0,07	1,4	2,2
Jimena de la Frontera	15,0	30,0	0,10	7,4	7,6
San Martín del Tesorillo	6,0	12,0	0,25	2,0	4,0
	43,5	87,0	0,14	14,8	28,7

Tabla 36. Estimación de la distribución municipal de sistemas FV de autoconsumo.

Los resultados indican que con un sistema de 43,5 MWp se puede cubrir la demanda eléctrica de la zona de estudio, con una ocupación aproximada de 87 ha.

De toda esta potencia, alrededor de un 30%, como mínimo, puede ser instalada en sistemas de autoconsumo en los núcleos urbanos, sobre los tejados de las viviendas y por tanto, sin ocupar territorio adicional. Esto nos da unas necesidades adicionales de terreno para instalar alrededor de 30 MWp, lo que equivale a 60 ha de terreno.

Se abre así la posibilidad de que cada ayuntamiento pueda diseñar pequeños sistemas FV centralizados en terrenos próximos a los núcleos urbanos con los que cubrir el consumo eléctrico municipal. Eso sí, después de haber agotado las posibilidades de instalaciones FV en tejados y cubiertas de naves industriales con el fin de que la ocupación adicional del territorio sea la menos posible.



Análisis de los proyectos fotovoltaicos en este territorio

Metodología para la evaluación del
potencial del territorio para la
implementación de energía
fotovoltaica y eólica desde una
perspectiva social y ecológica



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Análisis de los proyectos fotovoltaicos en este territorio

De acuerdo con los resultados obtenidos, el término municipal con mayor porcentaje de áreas restringidas es el de Jimena de la Frontera (87%), seguido de Gaucín (82%), Casares (60%) y por último San Martín del Tesorillo (34%).

La Zona de análisis cuenta con un total de **13.236 ha factibles** para la ubicación de plantas fotovoltaicas. Del total de esa superficie, el 42% se encuentra en el término de Casares, el 24,5% en Jimena de la Frontera, el 21,2% en San Martín del Tesorillo y el 12,3% en Gaucín (Figura 108).

Porcentaje de superficies factibles en la zona de análisis

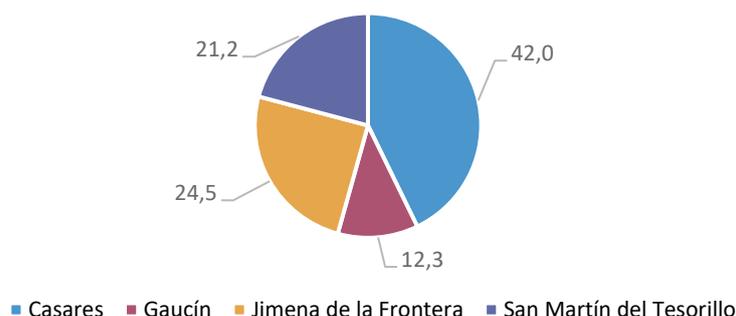


Figura 108. Porcentaje de superficies factibles en la zona de análisis.

Este territorio se ha clasificado en tres zonas: Zona 1: menos favorables, Zona 2: favorables, Zona 3: más favorables.

Tras generar el modelo, podemos observar cómo las zonas más favorables se encuentran en el término municipal de Casares, Zona 3 (Figura 109). El hecho de que dicho término posea, además, un menor porcentaje de áreas protegidas que sus municipios vecinos, ha contribuido a incrementar considerablemente las solicitudes para la instalación de nuevas plantas fotovoltaicas. En la actualidad, en el municipio de Casares se han presentado 21 megaproyectos de plantas fotovoltaicas. Además, se han solicitado 11 de parques eólicos, cuyo impacto sobre el territorio habrá que analizar de forma diferenciada al impacto de los parques fotovoltaicos.



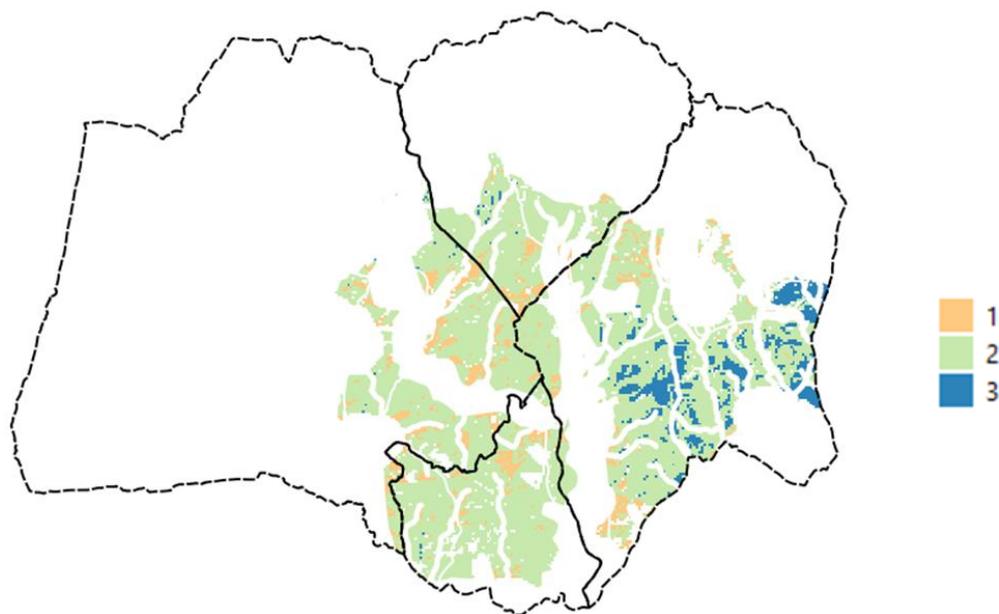


Figura 109. Zonificación de energías fotovoltaicas en la zona de análisis.

En las Figura 110 a Figura 112 se muestra la distribución de las áreas de las diferentes zonas (1, 2 y 3) del modelo en los cuatro municipios de análisis. La zona 1, áreas menos favorables, tiene un mayor peso en el término municipal de Jimena de la Frontera y Casares. En cuanto a la zona 2, áreas favorables, el término municipal de Casares alberga la mayor parte de las superficies, repartiéndose en los restantes municipios de forma homogénea. Finalmente, la zona 3, áreas más favorables, pertenecen al término municipal de Casares.

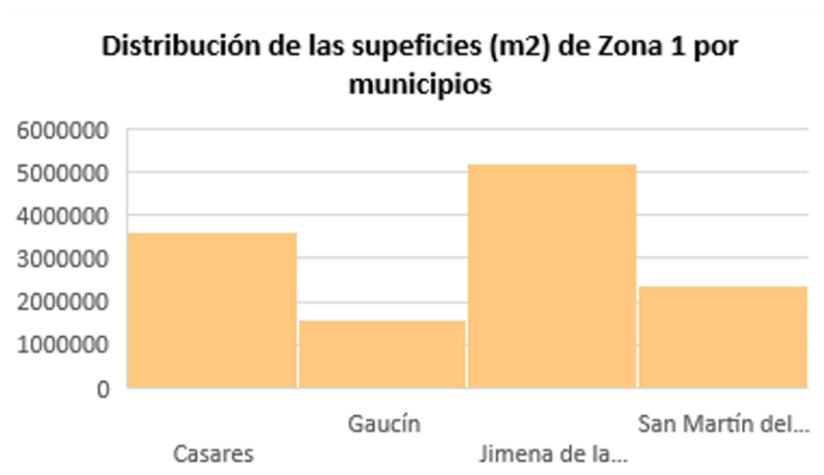


Figura 110. Distribución de las superficies (m²) de la zona 1 del modelo por municipio.



Distribución de las superficies (m²) de la Zona 2 por municipios

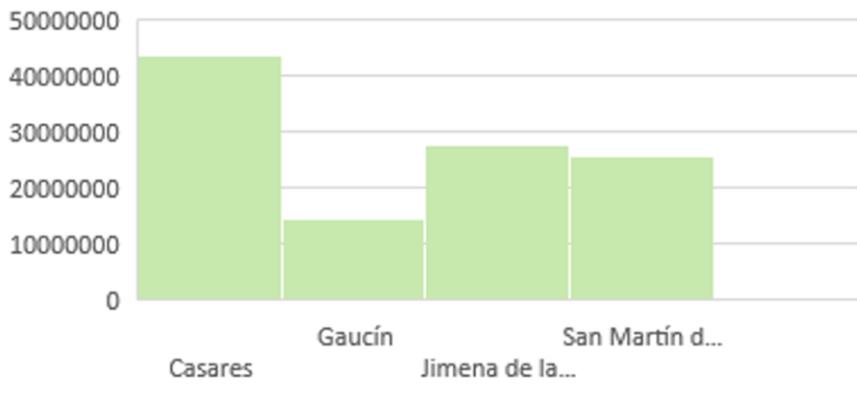


Figura 111. Distribución de las superficies (m²) de la zona 2 del modelo por municipio.

Distribución de las superficies (m²) de la Zona 3 por municipios

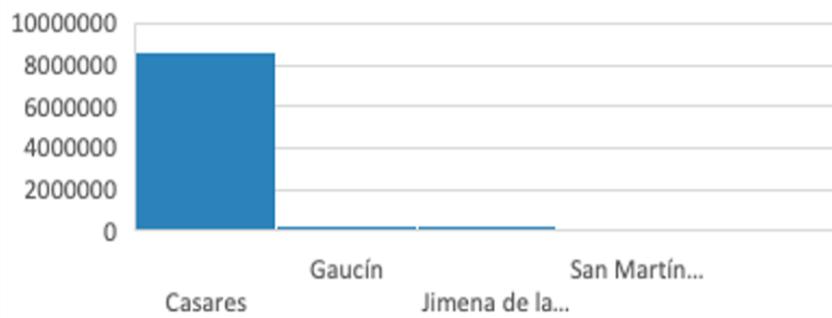


Figura 112. Distribución de las superficies (m²) de la zona 3 del modelo por municipio.

A continuación, se muestran los proyectos de energías renovables presentados para la Zona de análisis (Figura 113). En gris podemos ver las plantas fotovoltaicas proyectadas (PoIFV) y en rayado doble, las zonas que entran en conflicto con las zonas de restricción.





Figura 113. Proyectos de renovables y áreas de restricción en la zona de análisis.

Los proyectos presentados ocupan 2063 ha, lo que supone una potencia instalada mayor de 1.030 MW.

Los resultados muestran un total de 618,73 ha de proyectos solicitados están ubicados en zonas catalogadas como restringidas por el modelo. Es decir, aproximadamente un 30% de la superficie total de los proyectos de fotovoltaicas están planteados en áreas donde la política existente prohíbe la implantación de este tipo de instalaciones.

Si superponemos el modelo a los proyectos solicitados, podemos observar cómo apenas ninguno de ellos se asienta en las zonas con mayor ponderación. Casi todos se implantan en territorios con una valoración de 2, salvo en algunos casos excepcionales en el término de Casares que se encuentran en la zona 3 (Figura 114).



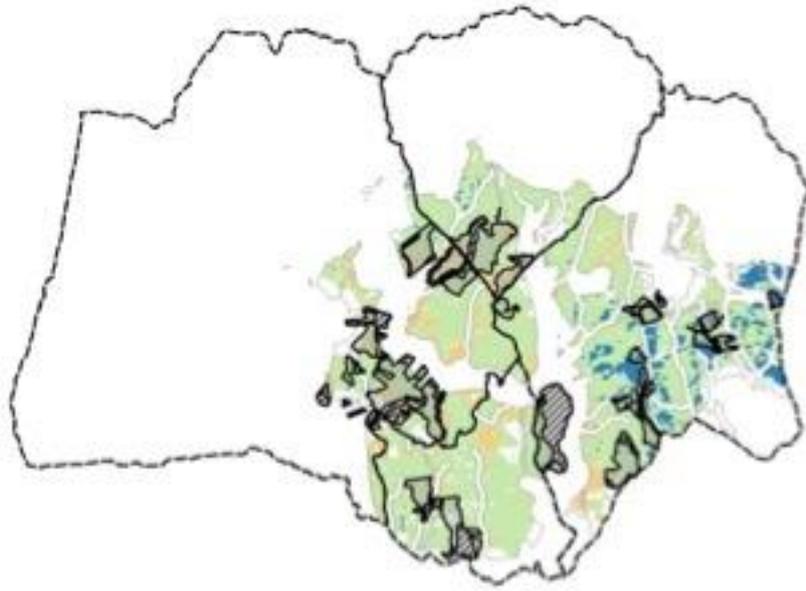


Figura 114. Zonificación de energías fotovoltaicas y proyectos de renovables en la zona análisis.

En la cartografía de la Figura 115 podemos observar la puntuación que cada una de las áreas ocupadas por los proyectos de fotovoltaica posee en el modelo diseñado.

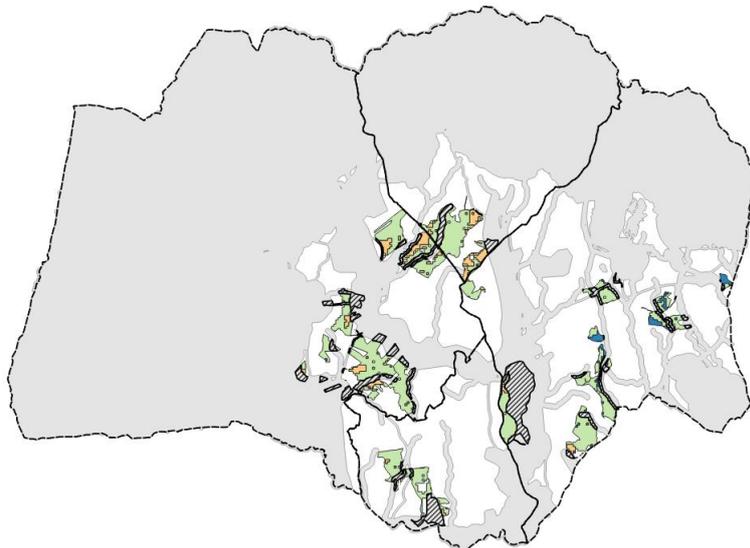


Figura 115. Proyectos de renovables y zonas (1,2,3) del modelo en que se emplazan.

En la Figura 116 podemos verlo expresado de forma porcentual. El 64% de la superficie de las plantas fotovoltaicas proyectadas se encuentran en zonas puntuadas con un 2 (áreas favorables). Aproximadamente un 21% de las mismas en zonas restringidas por



el modelo, es decir, en zonas donde no sería viable su implantación. El 11% se hallaría en las áreas menos favorables, aun siendo factibles para tal fin, y tan solo un 4% en las zonas más favorables (zona 3).

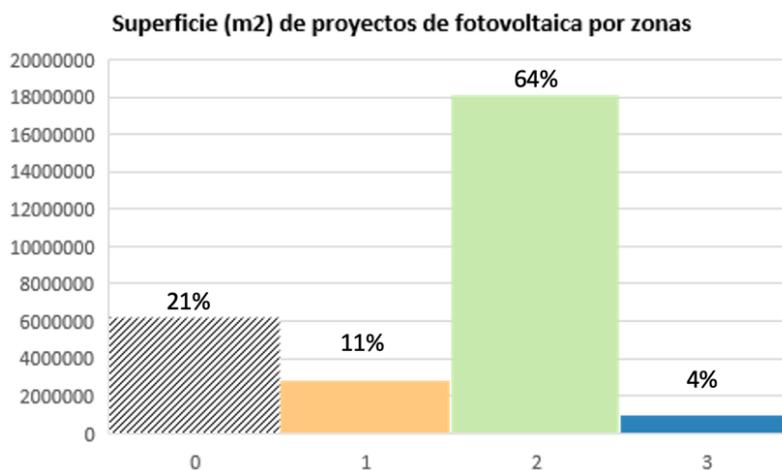


Figura 116. Superficie (m²) de proyectos de fotovoltaicas por zonas.

De todos los proyectos solicitados, el 50,5% de la superficie de estos se encuentra en el término municipal de Casares. El resto, 49,5%, se encuentra repartido de forma equitativa en los otros términos municipales (Figura 117). Existe pues, un colapso de proyectos de renovables en Casares que afectan no solo por su ubicación, sino también por la complejidad que supondría el trazado de las líneas de evacuación que cruzarían el municipio.

Superficie de proyectos renovables por municipio

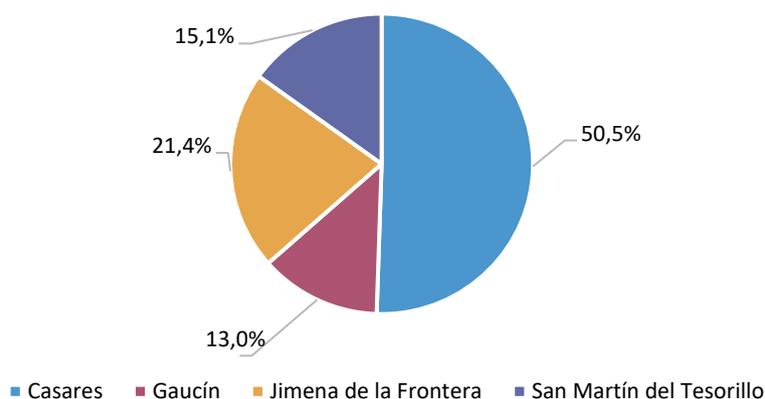


Figura 117. Porcentaje de superficie de proyectos renovables por municipio.



Conclusiones y trabajos futuros

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Conclusiones y trabajos futuros

Este proyecto ha desarrollado una metodología que permite conocer cuáles son los emplazamientos óptimos para las centrales fotovoltaicas y cuál es su impacto sobre el territorio.

Hemos tomado como hipótesis de partida que toda actuación humana tiene impacto ambiental, que cuanto mayor sea el parque fotovoltaico mayor impacto tiene sobre el territorio y que la energía fotovoltaica es necesaria debido a la urgencia climática. Por tanto, las preguntas que este proyecto quiere contestar son:

- ¿Dónde ubicarlos y qué tamaño deben tener de forma que tengan el menor impacto ambiental posible?
- ¿Qué beneficios tendrán estas instalaciones para las zonas afectadas?

Los trabajos **previos** buscaban definir en cada territorio las mejores ubicaciones para las plantas fotovoltaicas, basándose principalmente en criterios de rentabilidad, es decir, buscando los terrenos con mejores productividades eléctricas, dejando en **segundo plano las consecuencias medioambientales** y sociales sobre los territorios.

En este proyecto, se ha desarrollado una metodología que, basada en criterios científicos, contempla las singularidades tanto del territorio como de su biodiversidad y de los usos y costumbres de sus habitantes, incluidas sus necesidades energéticas y las posibilidades de implementación de sistemas de autoconsumo. Esta metodología también incluye el análisis del efecto acumulativo de las mismas sobre el territorio y su incidencia sobre este. La metodología desarrollada está basada en la utilización del método de las jerarquías analíticas. La metodología propuesta aporta datos objetivos sobre los valores del territorio y su posible afectación.

En esta metodología se utilizan **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y la **Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM)**. El **procedimiento** que se ha seguido es el siguiente:

- En primer lugar, se define un *área de estudio*, cuya representación cartográfica se llevará a cabo mediante los SIG.
- Se excluyen aquellas áreas que no son aptas para la implantación de este tipo de instalaciones debido a la legislación existente. Esto determina las áreas en las que sería posible en principio instalaciones fotovoltaicas.
- Utilizando la técnica MCDM se identifican las áreas en las que sería factible poner instalaciones. Para ello, se han seleccionado unos criterios de



clasificación y determinado otros de pesos justificables para cada uno de los criterios de decisión.

- La intersección de todos estos aspectos en un territorio o zona concreta, debidamente ponderados, nos arrojará un valor en una escala que nos permita clasificarlos y decidir la conveniencia o no de instalar plantas fotovoltaicas. Estas ponderaciones pueden ser cambiadas en función de las características singulares de los diferentes territorios en donde se quiera aplicar.

Como resultado de aplicar la metodología propuesta se crea un mapa de zonificación que integra todos los criterios de restricción y el análisis con su ponderación. Esta zonificación permite clasificar los territorios de acuerdo con los criterios establecidos e identificar las zonas de mayor sensibilidad ambiental para la fauna y la flora o la superficie agraria útil, entre otros.

Los resultados de este proyecto servirán de ayuda para la toma de decisiones sobre el emplazamiento de estas infraestructuras energéticas que implican un importante uso de territorio y pueden generar impactos ambientales significativos. Además, esta herramienta de evaluación ha de tener repercusiones en el marco de la legislación comunitaria, estatal y autonómica. Como se ha visto en el caso de estudio, el análisis individualizado de los términos no aporta grandes conclusiones, sin embargo, una visión más global y conjunta del área de estudio permite generar estrategias y herramientas de ubicación.

La metodología desarrollada se ha aplicado a una zona geográfica que comprende los municipios de Casares, Gaucín, Jimena de la Frontera y San Martín del Tesorillo. Este territorio tiene una extensión de 60.707 ha.

Las conclusiones más importantes de este trabajo son las siguientes:

- Es importante **contemplar zonas en su conjunto** para poder evaluar el impacto de la acumulación de proyectos sobre el territorio.
- En la zona estudiada el 76% del territorio queda excluido de acuerdo con la legislación actual. El 24% restante se ha clasificado en tres zonas que miden su idoneidad para este tipo de instalaciones.
- Los resultados obtenidos permiten conocer el porcentaje de superficie de cada municipio que se considera adecuado para la instalación de plantas fotovoltaicas. Se han establecido 4 niveles de adecuación. Las zonas con valor 0 son áreas de exclusión, en las que no pueden ubicarse este tipo de



instalaciones. Las áreas con valor 3 se consideran óptimas, mientras que las áreas con valor 2 son adecuadas y las de valor 1 menos adecuadas.

- De acuerdo con los resultados obtenidos, el término municipal con mayor porcentaje de áreas restringidas es el de Jimena de la Frontera (87%), seguido de Gaucín (82%), Casares (60%) y por último San Martín del Tesorillo (34%).
- La zona de análisis cuenta con un total de 13.328 ha factibles para la ubicación de plantas fotovoltaicas. Esta área se ha clasificado en tres zonas para cuantificar su impacto sobre el territorio.
- Del total de esa superficie, el 42% se encuentra en el término de Casares, el 24,5% en Jimena de la Frontera, el 21,2% en San Martín del Tesorillo y el 12,3% en Gaucín.
- Con estos valores, las zonas que se consideran óptimas, respecto al territorio municipal son un 22% para los municipios de Casares y San Martín del Tesorillo, un 6% para Gaucín y un 4% para Jimena de la Frontera.
- Cabe destacar que la zonificación cambia al considerar todo el territorio, midiendo así, la importancia de que la metodología se aplique a un área o comarca por encima del territorio municipal de forma individual.
- Los proyectos fotovoltaicos presentados actualmente ocupan 2.063 ha, lo que supone una potencia instalada mayor de 1.030 MW. De estos proyectos 1.350 ha son de proyectos solicitados en el municipio de Casares, es decir el 65%.
- Los resultados muestran un total de **618,73 ha** de proyectos solicitados ubicados en zonas catalogadas como restringidas por el modelo.
- El análisis de los consumos de electricidad de estos municipios y la posibilidad de generarlos con sistemas fotovoltaicos indica que, en todos los municipios, con menos del 0,25% de su superficie ocupada por plantas fotovoltaicas, se podría generar toda la energía que consumen a lo largo del año. La potencia pico total sería de 19 MW para Casares, 3,5 MW para Gaucín, 15 MW para Jimena de la Frontera y 6 MW para San Martín del Tesorillo. Parte de esta potencia podría corresponder a instalaciones de autoconsumo, tal y como se ha propuesto en este proyecto. En concreto, un total de 15 MW instalados sobre los tejados de las viviendas para reducir las necesidades de terreno adicional.

Por último, como línea futura de investigación, se trabajará en la elaboración de un modelo de zonificación de energías eólicas, siguiendo la misma metodología del presente documento, así como su aplicación a otros territorios de diferente naturaleza y configuración.



Anexos

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Anexos

Anexo 1. Planeamiento Municipal de los municipios analizados

Casares

Normas Subsidiarias de Planeamiento Urbanístico Municipal (NN. SS.) aprobadas definitivamente por la Comisión Provincial de Urbanismo en su sesión 2/86 de 7 de marzo de 1.986. Aprobación del acuerdo en el Boletín Oficial de la Provincia número 132 de 12 de junio de 1.986. Publicación del texto normativo completo en el Boletín Oficial de la Provincia de Málaga número 38 de fecha 25 de febrero de 2015.

El planeamiento está adaptado a la LOUA, informado favorablemente por la Comisión Interdepartamental de Valoración Territorial y Urbanística y aprobado definitivamente por acuerdo plenario el 4 de marzo de 2010.

Gaucín

Normas Subsidiarias de Planeamiento Urbanístico Municipal (NN. SS.) aprobadas definitivamente por la Comisión Provincial de Urbanismo de Málaga en su sesión 4/86 de 13 de junio de 1.986. Aprobación del acuerdo en el Boletín Oficial de la Provincia de Málaga número 161 de 17 de julio de 1.986.

El planeamiento está adaptado a la LOUA, informado favorablemente por la Comisión Interdepartamental de Valoración Territorial y Urbanística y aprobado definitivamente por acuerdo plenario el 26 de septiembre de 2012. Publicación en el Boletín Oficial de la Provincia de Málaga número 238 de fecha 12 de diciembre de 2012.

Jimena de la Frontera

Normas Subsidiarias de Planeamiento Urbanístico Municipal (NN. SS.) aprobadas definitivamente por la Comisión Provincial de Urbanismo de Cádiz en su sesión de 13 de julio de 1.984. Aprobación del acuerdo en el Boletín Oficial de la Provincia de Cádiz número 47 de 25 de febrero de 1.985.

El planeamiento está adaptado a la LOUA, informado favorablemente por la Comisión Interdepartamental de Valoración Territorial y Urbanística y aprobado definitivamente por acuerdo plenario el 19 de mayo de 2.011. Publicación en el Boletín Oficial de la Provincia de Cádiz número 46 de fecha 11 de marzo de 2013.



San Martín del Tesorillo

Normas Subsidiarias de Planeamiento Urbanístico Municipal (NN. SS.) de Jimena de la Frontera. Decreto 181/2018, de 2 de octubre, por el que se aprueba la creación del municipio de San Martín del Tesorillo, por segregación del término municipal de Jimena de la Frontera (Cádiz).

Anexo 2. Modificación del Planeamiento Municipal de Casares

Esta modificación se encuentra en fase de tramitación.

Se define el uso de **INFRAESTRUCTURAS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICAS MEDIANTE FUENTES RENOVABLES** y sus condiciones de implantación. Esta definición engloba a todas las infraestructuras de producción de forma general (páginas 157 – 159):

USO DE INFRAESTRUCTURAS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICAS MEDIANTE FUENTES RENOVABLES. *Se incluyen en esta categoría las instalaciones destinadas a la producción de energía mediante fuentes renovables, tales como energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, geotérmica y otras. Se definen así aquellas instalaciones y edificaciones anexas que, siendo de titularidad pública o de titularidad privada, demandan grandes extensiones de terreno para la generación de energía eléctrica; se entiende como gran demanda aquellas instalaciones de generación de más de 100 Kw. Quedan excluidas, todas las instalaciones destinadas a satisfacer las necesidades propias de autoabastecimiento o aquellas de pequeña entidad por debajo de 100 Kw.*

Se limita la ocupación máxima autorizable al **5% del territorio**, para la implantación de estas infraestructuras.

Se recoge la propuesta de **creación de un canon compensatorio** para que el Ayuntamiento de Casares proponga e inste a los organismos competentes en la materia, la creación y el establecimiento de un **canon de compensación ecológica** que compense la incidencia negativa que genera sobre el territorio la implantación de estas grandes infraestructuras.

Dentro del uso genérico INFRAESTRUCTURAS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICAS MEDIANTE FUENTES RENOVABLES se incluye un **apartado** específico para el uso de **PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS**.

Igualmente se incluye un **apartado B)** específico para el uso de **PARQUES EÓLICOS**.





Dentro del uso genérico se incluye un **apartado C)** específico para el uso de **TENDIDOS Y REDES DE TRANSPORTE ENERGÉTICO**.

Dentro del uso genérico se incluye un **apartado D)** específico para la definición de las **MEDIDAS CORRECTORAS** a incluir en el desarrollo y explotación de los nuevos proyectos y de los existentes.

Se incluyen, en los suelos especialmente protegidos, como **usos prohibidos:**

- *La implantación de todo tipo de plantas de producción energética.*
- *Los tendidos de redes eléctricas tanto aéreas como soterradas.*
- *La implantación de estaciones y subestaciones eléctricas.*

Índice de figuras y tablas

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Índice de figuras y tablas

Índice de figuras

Figura 1. Esquema metodológico.....	17
Figura 2. Modelo de capas SIG.....	18
Figura 3. Jerarquía de criterios.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Tipos de criterios y características.	25
Figura 5. Criterios de restricción y análisis y sus capas definitivas.....	26
Figura 6. Obtención de la capa final de restricción.....	39
Figura 7. Obtención de la capa final de criterio.	40
Figura 8. Zona de estudio.....	44
Figura 9. Red de transporte de Casares.....	45
Figura 10. Patrimonio de Casares.....	45
Figura 11. Hidrografía de Casares.....	45
Figura 12. Capa final de criterios de restricción en Casares..	46
Figura 13. Pendientes en Casares.....	4
Figura 14. Usos del suelo en Casares.....	4
Figura 15. Distancia a centros de transformación en Casares.....	4
Figura 16. Distancia de núcleos urbanos en Casares.....	4
Figura 17. Parcelas en Casares.....	4
Figura 18. Orientaciones en Casares.....	4
Figura 19. Zonificación de energías fotovoltaicas en Casares.....	50
Figura 20. Zonificación área factible en Casares.....	51
Figura 21. Distribución territorial para el municipio de Casares.....	51
Figura 22. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Casares.....	53
Figura 23. Usos del suelo Zona 3 en Casares.....	53
Figura 24. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 3 en Casares.....	54
Figura 25. Usos del suelo Zona 2 en Casares.....	54
Figura 26. Superficie (m ²) usos del suelo Zona 2 en Casares.....	55
Figura 27. Usos del suelo Zona 1 en Casares.....	55
Figura 28. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 1 en Casares.....	56
Figura 29. Red transporte de Gaucín.....	57
Figura 30. Patrimonio de Gaucín.....	57
Figura 31. Hidrografía de Gaucín.....	57
Figura 32. Capa final de criterios de restricción en Gaucín.....	58
Figura 33. Pendientes en Gaucín.....	59
Figura 34. Usos del suelo en Gaucín.....	59
Figura 35. Distancia a centros de transformación en Gaucín.....	60
Figura 36. Distancia a núcleos urbanos en Gaucín.....	60
Figura 37. Parcelas en Gaucín.....	60
Figura 38. Orientaciones en Gaucín.....	60
Figura 39. Zonificación de energías fotovoltaicas en Gaucín.....	61
Figura 40. Zonificación del área factible en Gaucín.....	62
Figura 41. Distribución territorial para el municipio de Gaucín.....	62
Figura 42. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Gaucín.....	63
Figura 43. Usos del suelo Zona 3 en Gaucín.....	64



Figura 44. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 3 en Gaucín.....	64
Figura 45. Usos del suelo Zona 2 en Gaucín.....	65
Figura 46. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 2 en Gaucín.....	65
Figura 47. Red de transporte en Jimena de la Frontera.....	66
Figura 48. Patrimonio en Jimena de la Frontera.....	66
Figura 49. Hidrografía en Jimena de la Frontera.....	66
Figura 50. Capa final de criterios de restricción en Jimena de la Frontera.....	66
Figura 51. Pendientes en Jimena de la Frontera.....	67
Figura 52. Usos del suelo en Jimena de la Frontera.....	67
Figura 53. Distancia a centros de transformación en Jimena de la Frontera.....	68
Figura 54. Distancia a núcleos urbanos en Jimena de la Frontera.....	68
Figura 55. Parcelas en Jimena de la Frontera.....	68
Figura 56. Orientaciones en Jimena de la Frontera.....	68
Figura 57. Zonificación de energías fotovoltaicas en Jimena de la Frontera.....	69
Figura 58. Zonificación del área factible en Jimena de la Frontera.....	70
Figura 59. Distribución territorial de Jimena de la Frontera.....	70
Figura 60. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en Jimena de la Frontera.....	71
Figura 61. Usos del suelo Zona 3 en Jimena de la Frontera.....	72
Figura 62. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 3 en Jimena de la Frontera.....	72
Figura 63. Usos del suelo Zona 2 en Jimena de la Frontera.....	73
Figura 64. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 2 en Jimena de la Frontera.....	73
Figura 65. Usos del suelo Zona 1 en Jimena de la Frontera.....	74
Figura 66. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 1 en Jimena de la Frontera.....	74
<i>Figura 67. Red de transporte en San Martín del Tesorillo.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 68. Patrimonio en San Martín del Tesorillo.....</i>	<i>75</i>
Figura 69. Hidrografía en San Martín del Tesorillo.....	75
Figura 70. Capa final de criterios de restricción.....	76
Figura 71. Pendientes en San Martín del Tesorillo.....	77
Figura 72. Usos en San Martín del Tesorillo.....	77
Figura 73. Distancia a los Centros de Transformación en San Martín del Tesorillo.....	78
Figura 74. Distancia a núcleos urbanos en San Martín del Tesorillo.....	78
Figura 75. Parcelas en San Martín del Tesorillo.....	78
Figura 76. Orientaciones en San Martín del Tesorillo.....	78
Figura 77. Zonificación de energías fotovoltaicas en San Martín del Tesorillo.....	79
Figura 78. Zonificación del área factible en San Martín del Tesorillo.....	80
Figura 79. Distribución territorial en San Martín del Tesorillo.....	80
Figura 80. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en San Martín del Tesorillo.....	81
Figura 81. Usos del suelo Zona 3 en San Martín del Tesorillo.....	82
Figura 82. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 3 en San Martín del Tesorillo.....	82
Figura 83. Usos del suelo Zona 2 en San Martín del Tesorillo.....	82
Figura 84. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 2 en San Martín del Tesorillo.....	83
Figura 85. Usos del suelo Zona 1 en San Martín del Tesorillo.....	83
Figura 86. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 1 en San Martín del Tesorillo.....	83
Figura 87. Infraestructura eléctrica en la zona de análisis.....	84
Figura 88. Red de transporte en la zona de análisis.....	85
Figura 89. Patrimonio en la zona de análisis.....	85
Figura 90. Hidrografía en la zona de análisis.....	85
Figura 91. Capa final de criterios de restricción en la zona de análisis.....	86



Figura 92. Pendientes en la zona de análisis.....	87
Figura 93. Usos del suelo en la zona de análisis.....	87
Figura 94. Distancia a núcleos urbanos en la zona de análisis.....	88
Figura 95. Parcelas en la zona de análisis.	88
Figura 96. Orientaciones en la zona de análisis.	88
Figura 97. Distancia a centros de transformación en la zona de análisis.	89
Figura 98. Zonificación de energías fotovoltaicas en la zona de análisis.	89
Figura 99. Zonificación del área factible en la zona de análisis.	90
Figura 100. Distribución territorial del área de estudio.....	91
Figura 101. Cartografía de usos del suelo en zonas factibles en el área de análisis.....	92
Figura 102. Usos del suelo en Zona 3 en el área de análisis.	92
Figura 103. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 3 en el área de análisis.	93
Figura 104. Usos del suelo Zona 2 en el área de análisis.	93
Figura 105. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 2 en el área de análisis.	93
Figura 106. Usos del suelo Zona 1 en el área de análisis.	94
Figura 107. Superficies (m ²) usos del suelo Zona 1 en el área de análisis.	94
Figura 108. Porcentaje de superficies factibles en la zona de análisis.....	100
Figura 109. Zonificación de energías fotovoltaicas en la zona de análisis.	101
Figura 110. Distribución de las superficies (m ²) de la zona 1 del modelo por municipio.	101
Figura 111. Distribución de las superficies (m ²) de la zona 2 del modelo por municipio.	102
Figura 112. Distribución de las superficies (m ²) de la zona 3 del modelo por municipio.	102
Figura 113. Proyectos de renovables y áreas de restricción en la zona de análisis.....	103
Figura 114. Zonificación de energías fotovoltaicas y proyectos de renovables en la zona análisis.	104
Figura 115. Proyectos de renovables y zonas (1,2,3) del modelo en que se emplazan.....	104
Figura 116. Superficie (m ²) de proyectos de fotovoltaicas por zonas.....	105
Figura 117. Porcentaje de superficie de proyectos renovables por municipio.....	105

Índice de tablas

Tabla 1. Ponderaciones según el método AHP.	20
Tabla 2. Matriz A de comparaciones pareadas.	21
Tabla 3. Matriz auxiliar.....	21
Tabla 4. Valores de irradiación horizontal (kWh/m ²) del área de estudio.....	22
Tabla 5. Irradiación solar sobre superficie inclinada al ángulo óptimo (kWh/m ²) para el área de estudio.....	22
Tabla 6. Temperaturas diarias (°C) del área de estudio.....	23
Tabla 7. Matriz de comparaciones ponderadas de criterios.	23
Tabla 8. Matriz de comparaciones con valor del vector auxiliar.....	24
Tabla 9. Capas del criterio de restricción y fuentes de datos.	27
Tabla 10. Capas del criterio de análisis y fuentes.	31
Tabla 11. Ponderación Usos del suelo.....	35
Tabla 12. Ponderación pendiente.	36
Tabla 13. Ponderación orientaciones.....	36
Tabla 14. Ponderación distancia a núcleos de población.	37
Tabla 15. Ponderación distancia a centros de transformación.....	37



Tabla 16. Ponderación dimensión del parcelario.....	38
Tabla 17. Sistema de criterios y pesos.	41
Tabla 18. Criterios de exclusión en Casares expresados de forma porcentual.....	47
Tabla 19. Superficies por zonas en Casares..	50
Tabla 19. Usos del suelo en zonas factibles en Casares.....	52
Tabla 20. Criterios de exclusión en Gaucín expresados de forma porcentual.....	59
Tabla 21. Superficies por zonas.....	61
Tabla 22. Usos del suelo en zonas factibles en Gaucín.....	63
Tabla 23. Criterios de exclusión en Jimena de la Frontera expresados de forma porcentual.	67
Tabla 24. Superficies por zonas en Jimena de la Frontera.....	69
Tabla 25. Usos del suelo en zonas factibles en Jimena de la Frontera.	71
Tabla 26. Criterios de exclusión en San Martín del Tesorillo.	77
Tabla 27. Superficies por zonas en San Martín del Tesorillo.	79
Tabla 28. Usos del suelo en Zonas factibles en San Martín del Tesorillo.....	81
Tabla 29. Aplicación de los criterios de exclusión en la zona de análisis.....	87
Tabla 30. Superficies por zonas en la zona de análisis.....	90
Tabla 31. Usos del suelo en Zonas factibles en la zona de análisis.....	91
Tabla 32. Datos de los municipios. Fuente: Junta de Andalucía.	96
Tabla 33. Características de los consumos eléctricos de la zona en estudio. Fuente: Junta de Andalucía.....	97
Tabla 34. Estimación de la potencia pico FV necesaria para satisfacer el consumo municipal total.	97
Tabla 35. Estimación de la distribución municipal de sistemas FV de autoconsumo.....	98



Bibliografía

Metodología para la evaluación del potencial del territorio para la implementación de energía fotovoltaica y eólica desde una perspectiva social y ecológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Bibliografía

Arán Carrión, J. (2008). *Modelo de análisis espacial para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio en la ubicación de centrales fotovoltaicas conectadas a la red*. Granada.

Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). (s.f.). Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/datos_espaciales.htm

Frank, A., & Goodchild, M. (1990). NCGIA.

Gómez Gutiérrez, V. (2016). QGIS: Geografía, Computación, Matemáticas. *Revista Electrónica de Matemáticas*, 46-72.

(s.f.). Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.

(2001). Ley 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía.

(s.f.). Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio. Ley de Aguas.

Sánchez-Lozano, J., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P., & García-Cascales, M. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24, 544–556.

Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). (s.f.). Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac/default.aspx>





FUNDACIÓN
RENOVABLES

Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28028 Madrid

www.fundacionrenovables.org

