

05-021

LANDSCAPE CRITERIA FOR SELECTING ALTERNATIVE LOCATIONS FOR PHOTOVOLTAIC PLANTS.

Sobrini, Iñigo ⁽¹⁾; Hernando Gallego, Ana ⁽¹⁾; Legrand, Mathieu ⁽¹⁾; Iglesias-Merchan, Carlos ⁽¹⁾; García-Abril, Antonio ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad Politécnica de Madrid

The use of renewable energies is becoming increasingly popular and accepted in society. However, their exact locations can be more conflictive due to the impacts caused during their use and after their abandonment. The visual and landscape impacts produced by the installation of photovoltaic panels and wind turbines are of great importance in environmental impact studies and serve as a basis for determining their final location. To this end, it is proposed to carry out a viewshed study from the different location alternatives to the population areas and nearby roads. The height of the facilities is considered for these studies, on which their impact depends. In the study of alternatives, it is proposed to calculate the number of people and kilometres affected. On the other hand, it is also proposed to analyse from various points of the population areas towards the location of the photovoltaic panels and/or wind turbines. Of the possible alternatives, the one with the least impact will be chosen. Landscape criteria are sufficiently important in an environmental impact study to be decisive in the choice of location.

Keywords: Landscape; renewable; photovoltaic; impact; alternatives.

CRITERIOS PAISAJÍSTICOS PARA SELECCIONAR ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS.

El uso de plantas solares fotovoltaicas está en creciente auge y aceptación en la sociedad. Sin embargo, el lugar de su localización puede ser más conflictivo por los impactos ocasionados, durante su uso y después en su abandono. Los impactos visuales y paisajísticos producidos por la instalación de placas fotovoltaicas y aerogeneradores tienen gran importancia en los estudios de impacto ambiental, y sirven de base para determinar su ubicación final. Para ello, se propone hacer un estudio de cuencas visuales desde las distintas alternativas de ubicación a los núcleos de población y las carreteras próximas. Se considera la altura de las instalaciones para estos estudios, de la cual depende su impacto. En el estudio de alternativas, se propone calcular el número de personas y de kilómetros afectados. Por otro lado, también se propone hacer un análisis desde varios puntos de los núcleos de población hacia el lugar de ubicación de las placas fotovoltaicas y/ aerogeneradores. De las posibles alternativas se elegirá aquella que tenga menor impacto. Los criterios paisajísticos tienen el peso suficiente en un estudio de impacto ambiental como para resultar decisivos al elegir su ubicación.

Palabras claves: Paisaje; renovables; fotovoltaicas; impacto; alternativas.

Correspondencia: Ana Hernando Gallego ana.hernando@upm.es



1. Introducción

Las plantas solares fotovoltaicas (PSF) se caracterizan por generar electricidad a partir del recurso energético renovable que es la radiación solar y operar de forma sostenible. Este hecho permite en mayor grado la coexistencia de la producción de electricidad con el respeto al medio ambiente. Este tipo de instalaciones, presentan ventajas respecto a otras instalaciones energéticas en lo relativo a la disminución de la dependencia exterior de fuentes fósiles para el abastecimiento energético, la no emisión de CO₂ y otros gases contaminantes y la baja o nula tasa de producción de residuos y vertidos contaminantes en su fase de operación. Objetivos y previsiones marcados en el Informe del COP 21 (Paris 2015) que persigue adoptar medidas para hacer frente al cambio climático; la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía en sintonía procedente de fuentes renovables, los intereses de sostenibilidad energética que propugna el Gobierno de España (extracto artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible) y recientemente, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, el PNIEC 2021-2030 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico 2020)) prevé la implantación de una nueva capacidad de generación fotovoltaica de más de 30 GW en los próximos 10 años en la óptica de totalmente descarbonificar la generación eléctrica en el 2050.

Por otro lado, la energía fotovoltaica es actualmente la energía renovable más implantada en todo el mundo, pero especialmente en España (Taylor et al. 2020) debido al gran potencial del recurso natural que ofrece el país. La fuerte y continua caída de los costes de instalación (principalmente de los módulos fotovoltaicos) ha permitido que el precio sea competitivo con la electricidad de origen no renovable. Actualmente, junto con la eólica terrestre, es la energía renovable más barata (Taylor et al. 2020). En 2018, la potencia fotovoltaica instalada en España superaba los 120 GW (UNEF (Unión española fotovoltaica) 2019). En España, después de un fuerte crecimiento entre 2006 y 2012 (4,5 GW instalados, (Red Eléctrica Española 2021)) debido al pago de subsidios e incentivos por generación, se paralizó el mercado hasta 2018. La introducción del mencionado PNIEC y una serie de cambios legislativos europeos y nacionales vuelven a impulsar la fotovoltaica en los últimos años: 7 GW adicionales se instalan en 2019 y 2020, (Red Eléctrica Española 2021), con expectativas de seguir creciendo (UNEF (Unión española fotovoltaica) 2019) para cumplir los objetivos marcados por el PNIEC. En el contexto español, Castilla La Mancha (925 MW), Andalucía (881 MW) y Extremadura (564 MW) fueron líderes en potencia PSF instalada en el 2019. El impacto sobre el paisaje de las instalaciones fotovoltaicas atiende a dos criterios, la aficción sobre la calidad del paisaje donde se ubique y la alteración que produzca en las vistas existentes en su entorno. Respecto al primer criterio, las instalaciones de PSF se están haciendo en su mayoría en tierras de cultivo y/o otros paisajes degradados. Por lo tanto, es más significativo el segundo criterio el cual implica analizar distintos parámetros visuales, como las cuencas o la incidencia visual, determinando así el número de potenciales observadores, así como la posible alteración de las vistas o perspectivas de calidad existentes, hecho que sobre todo sus dimensiones, y la distancia a la que se produzca la observación. El impacto paisajístico de las fotovoltaicas atiende básicamente a dos criterios, la aficción al paisaje donde se ubique y la alteración que produzca en las vistas existentes en su entorno, el cual implica analizar los distintos parámetros visuales existentes, como las cuencas visuales o la incidencia visual. Este impacto dependerá del tamaño de la planta y de

la distancia a la cual se produzca la observación de la planta (Chiabrando, Fabrizio, and Garnero 2009; Custódio, Zomer, and Rüter 2020; Fernandez-Jimenez et al. 2015).

2. Objetivos.

El objetivo del presente estudio es estudiar el emplazamiento geográfico más adecuado para la instalación de una PSF. Los objetivos específicos.

- Determinar los emplazamientos potenciales clasificando las coberturas.
- Calcular el impacto visual
- Localizar el emplazamiento de la PSF entre las alternativas posibles.

3. Caso de estudio.

El Proyecto contempla la instalación de paneles fotovoltaicos montados sobre una estructura que genera electricidad en corriente continua y que posteriormente es transformada en corriente alterna en los inversores y elevada su tensión en los centros de transformación. Las dos plantas solares evacuarán la energía generada a través de la Subestación Berrocales 220/30 kV, de nueva construcción, ubicada en la zona suroeste de las parcelas de las plantas. Desde esta subestación mediante una línea aérea a 220 kV llegará al nudo de la subestación Parla 220 kV de REE ubicada en el término municipal de Parla, en Madrid.

Contempladas las tres opciones posibles (fijo, seguidores a un eje, o seguidores a dos ejes), se escoge como alternativa de proyecto la instalación de seguidores solares de un eje. Este sistema incrementa de forma notable (30%) la generación eléctrica respecto a los sistemas tradicionales fijos, y supone únicamente un 5% menos de rendimiento frente a instalaciones de seguidores a dos ejes. Los sistemas de dos ejes, a pesar de su eficiencia superior, necesitan una mayor superficie para su instalación siendo necesario disponer de un área mayor para alcanzar la misma producción. De igual forma, el consumo energético del sistema de dos ejes es superior al de las otras dos alternativas. Teniendo unos trabajos de mantenimiento y probabilidad de averías por su sistema más complejo, superior al resto. A continuación, se presenta brevemente las plantas solares fotovoltaicas a instalar:

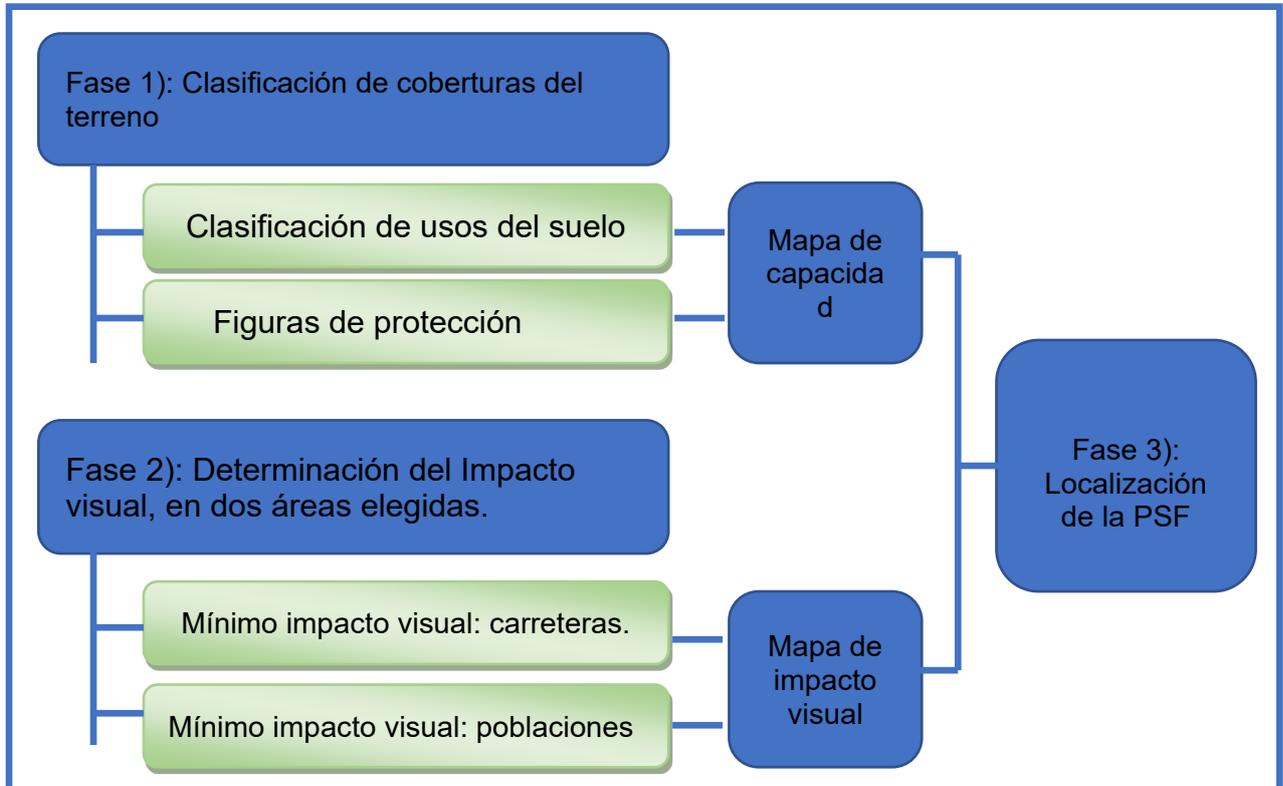
- Mantia Solar 2, con una potencia total instalada de 124,998 MWp y una potencia nominal a 25°C de 114,976 MW AC a salida de inversores. El parque Mantia Solar 2 estará diseñado por estructuras de tipo seguidor 2Vx42 compuesto por 284.088 módulos fotovoltaicos repartidos en estructuras de 2 alturas con 42 módulos por fila y que se mueven sobre un eje horizontal orientado de Norte a Sur y realizan un seguimiento automático de la posición del Sol en sentido Este-Oeste a lo largo del día.
- Mantia Solar 3, con una potencia total instalada de 29,975 MWp y una potencia nominal a 25°C de 25,151 MW AC a salida de inversores. El parque Mantia Solar 3 también estará diseñado por estructuras de tipo seguidor 2Vx42 compuesto por 76.860 módulos fotovoltaicos repartidos en estructuras de 2 alturas con 42 módulos por fila y que se mueven sobre un eje horizontal orientado de Norte a Sur y realizan un seguimiento automático de la posición del Sol en sentido Este-Oeste a lo largo del día.

3.1. Metodología.

Se propone una metodología para estudiar el emplazamiento geográfico más adecuado para la instalación de una PSF. Dicho emplazamiento debe dar cabida a infraestructuras de conexión libres y capaces de evacuar la energía generada. La metodología comprende una primera fase de clasificación de las coberturas del terreno. En ella se clasifican los usos del

suelo en función de la mayor o menor aptitud para la ubicación de la PSF, luego se identifican y localizan las figuras de protección ambiental existente.

Figura 1: Metodología para la localización de plantas solar fotovoltaica.



1) Clasificación de coberturas

Para ello, se determina qué zonas son las más aptas para la instalación de la PSF (se partió de la información contenida en el SIGPAC). Así, establecen cinco clases de aptitud del terreno en función de los usos del suelo. Se propone agruparles en grupos (diversos colores) para la determinación de las zonas más idóneas:

Figura 2: Clasificación de las coberturas del terreno en función de su idoneidad para ubicar un emplazamiento de PSF.



Como puede observarse en la clasificación arriba mostrada, las zonas no aptas se corresponden con las zonas urbanas, caminos, cauces y edificaciones. Las zonas poco aptas se corresponden con usos del suelo de interés a conservar bien por su alto valor ambiental o

bien por su escasez en el área circundante constituyendo hábitats naturales a mantener. En las zonas aptas se han agrupado los cultivos arbóreos o zonas de pastizal sin arbolado. En las zonas muy aptas se han agrupado las tierras arables, huertos, invernaderos y los cultivos no arbolados. Finalmente, hay una quinta clasificación denominada improductivo, cuyo uso real varía pudiendo ser infraestructuras energéticas, edificaciones, etc.

Además, la metodología propone estudiar las figuras de protección ambiental existentes. Únicamente se encontraron Hábitats de Interés Comunitario (HIC) y Lugares de Interés Geológico (LIG) dentro del municipio objeto. Para la selección de las parcelas idóneas para la ubicación de la PSF e infraestructuras de evacuación, se ha comprobado que en toda el área circundante: NO EXISTE ningún Espacio Natural Protegido recogido en la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Red Natura 2000, Reservas de la Biosfera, Hábitats de Interés Comunitario, montes de utilidad pública, Humedales Ramsar, elementos geomorfológicos de protección especial). NO se localiza dentro del Área Críticas de especies comprometidas como (el Águila Imperial Ibérica, el Buitre Negro, Águila Perdicera, Cigüeña Negra, Lince).

En este punto, se hace necesario valorar que ubicación de las instalaciones viene limitada por otros condicionantes:

- la disponibilidad de terrenos, y que todos los propietarios están dispuestos a ceder sus terrenos para la instalación de una planta e instalaciones como las propuestas, ya sea arrendamiento, venta u otra forma de toma de posesión.
- que el terreno no estuviera ya comprometido para otra actuación, incompatible con la que aquí se considera.

2) Determinación del impacto visual

En el proceso de selección del emplazamiento de la PSF, se buscaron localizaciones próximas de superficie similar, para garantizar la generación eléctrica óptima según los requisitos del proyecto. Si bien se ha establecido dos emplazamientos como alternativas, toda el área circundante es objeto de ser una alternativa en sí misma dada la ausencia de figuras de protección ambiental en la zona. Por tanto y dado que no existen las restricciones comentadas, en el término municipal de Yunclillos, se opta para la evaluación de alternativas de la ubicación de la PSF, basarse en criterios ambientales (paisajísticos):

- mínimo impacto paisajístico a los núcleos de población cercanos.
- mínimo impacto a las vías de comunicación (de alta ocupación).

Para ello, se determina la cuenca visual de las parcelas de actuación, entendida como la superficie desde la que son potencialmente visibles para un observador tipo a 1,50 m de altura partiendo del Modelo Digital del Terreno MDT05 (5x5m) de 5m (ETRS89) del Instituto Geográfico Nacional. Se establece un límite territorial de 7 km, a partir del cual se considera que la percepción visual queda muy mermada. En este caso, para el estudio de visibilidad se han considerado 4 rangos de distancias: corta, media y larga:

- **Cuenca visual cercana:** de 0 a 1 Km., donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos.

- **Cuenca visual cercana I:** de 1 a 3 Km., donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.
- **Cuenca visual cercana II:** de 3 a 5 Km, donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.
- **Cuenca visual lejana:** de 5 a 7 Km. Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.

3) Localización de la PSF

Dentro de la zona de 7 km desde la que será visible la PSF, se determinan los posibles puntos o zonas con especial número de observadores, que son las vías de comunicación más importantes, y los puntos de interés visual (poblaciones).

A continuación, se calcula para cada municipio:

3.1) % de municipio expuesto a la visión de la PSF: se calcula el número de celdas raster “visible” en el municipio. A su vez se proponen los siguientes rangos:

<15%: Impacto visual muy bajo.

15% y 25%: Impacto visual bajo.

25%- 35%: Impacto visual Bajo-medio.

3.2) Población expuesta a la visión de la PSF (habitantes afectados):

- Se hace una estimación a partir de la población total de municipio.
- % de autovía expuesta a la visión de la PSF: se calcula el número de celdas raster “visible” incluidas en la autovía.
- Kilómetros de autovía expuestos a la visión de la PSF.

4. Resultados.

1) Clasificación de las coberturas

Del resultado de la combinación de ambas capas (SIGPAC - HIC) se obtuvo el siguiente mapa del término municipal completo (Figura 3). Como puede observarse en la figura anterior, gran parte del término municipal de Yuncillos adquiere tonos amarillos de ambas intensidades, que indican una predominancia clara de tierras de cultivo. Constituye un ámbito bastante homogéneo. Los hábitats de interés comunitario se concentran en el suroeste del término municipal, con algún recinto aislado al noreste, siendo por tanto áreas a evitar en la implantación de la PSF. Tras este análisis se concluye que se trata de un área geográfica con unidades ambientales bastante homogéneas, con predominancia de cultivos. Con limitaciones impuestas por los ejes de comunicación existentes y la zona urbana de Yuncillos. La única figura de protección en el área es la vía pecuaria Vereda de Yuncillos. Esta vía pecuaria está clasificada con una anchura legal de 20 m, no observándose el trazado de la misma, que discurre en paralelo a una de las parcelas de la futura PSF.

Figura 3: Mapa de las coberturas del terreno en función de su idoneidad para ubicar un emplazamiento de PSF.

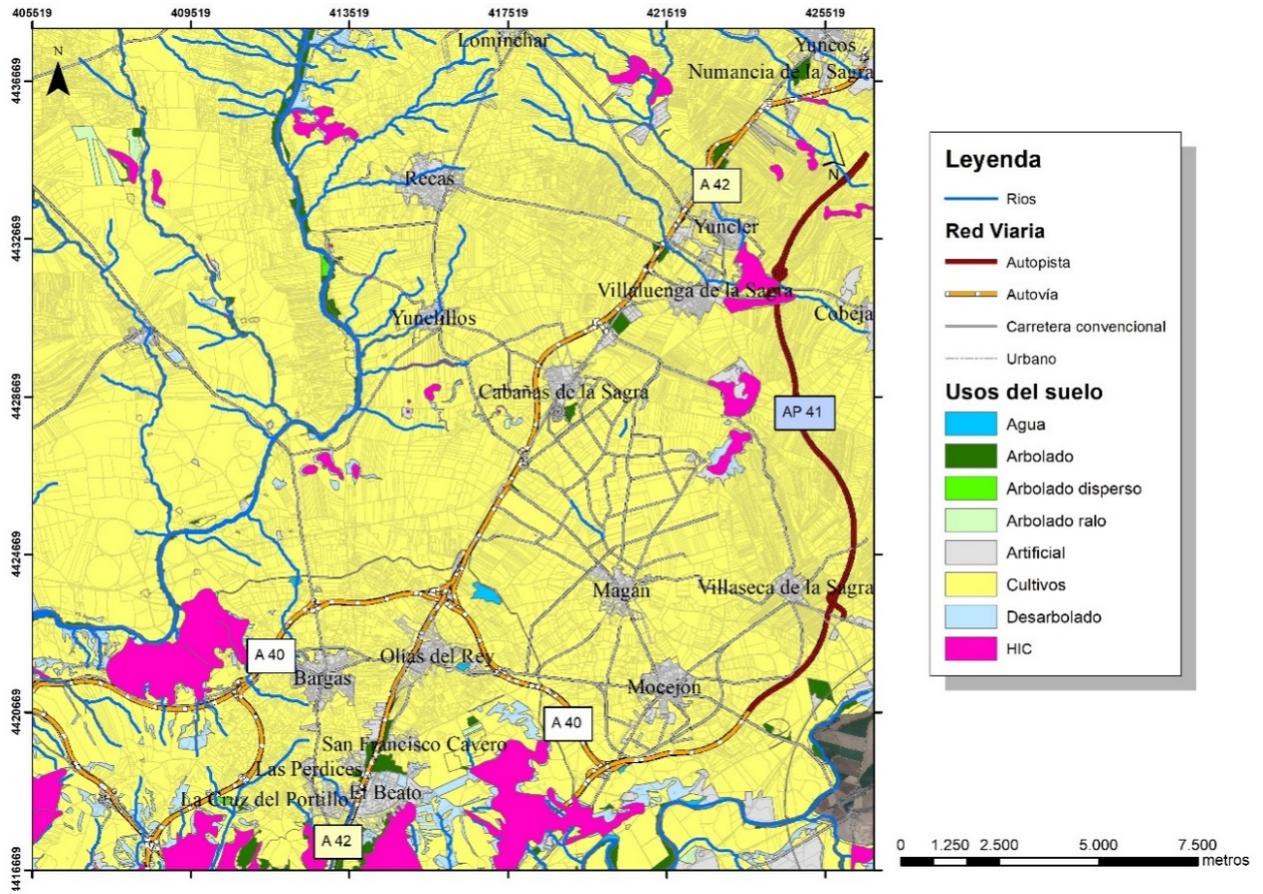


Figura 4: Zonas de cultivo aptas para la instalación de una PSF.



Figura 5: Paneles de una PSF.



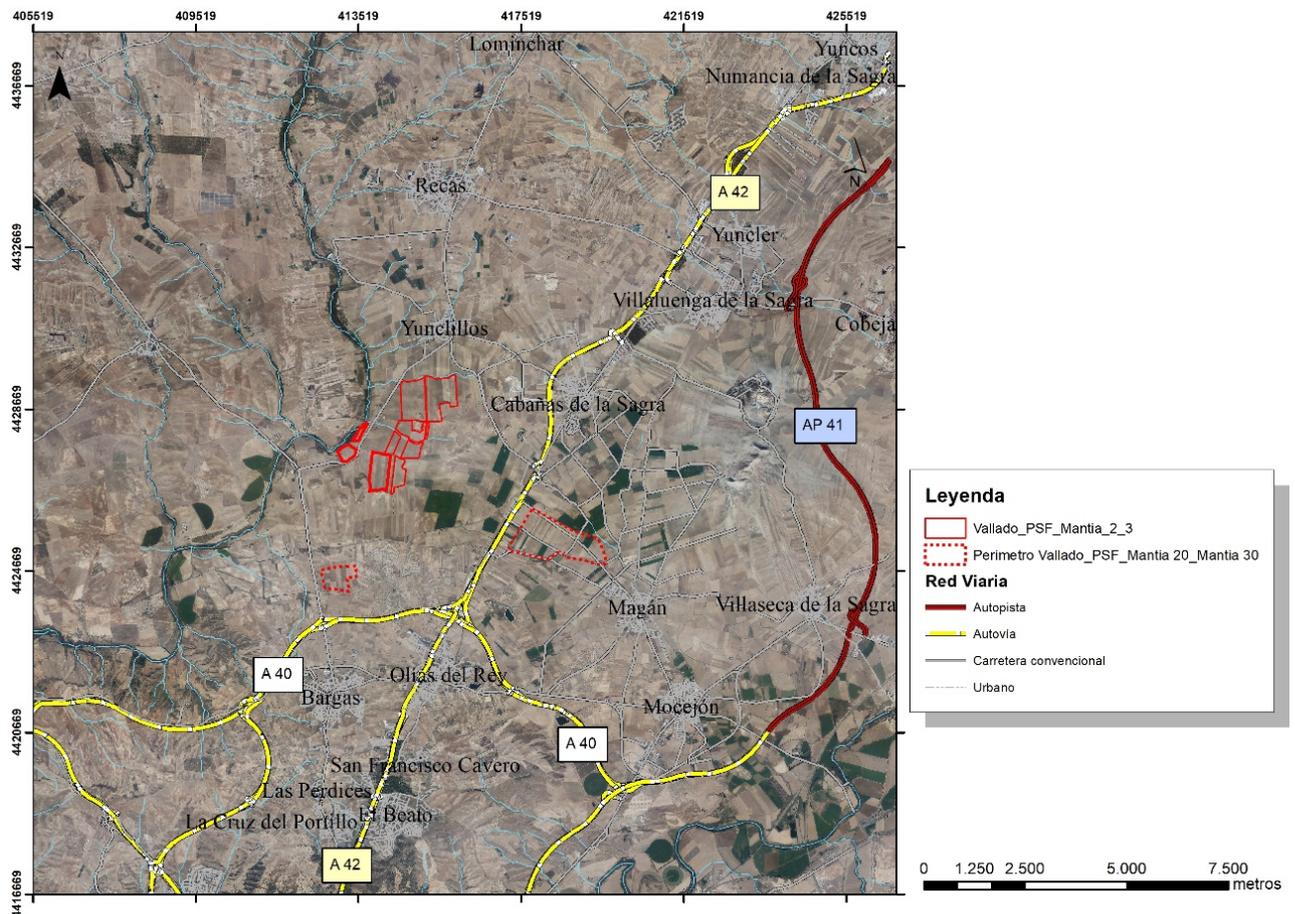
2) Determinación del impacto visual

De partida se localizaron dos grandes áreas para la implantación:

- A: Mantia 2 y Mantia 3.
- B: Mantia 20 y Mantia 30.

La opción, Mantia 2 y Mantia 3, se sitúa en el término municipal de Yuncillos, al este de la carretera T- 2515. La opción, Mantia 20 y Mantia 30, se sitúa en el término municipal de Yuncillos, al este de la carretera CM-3107.

Figura 6: Emplazamientos para las Mantia 2 y3 y sus alternativas M20 y M30 en el ámbito del proyecto. (Elaboración propia).



- Vías de comunicación: Se han considerado las siguientes:

- Autovía A42 (Carretera Madrid – Toledo)
- Autovía A40 (Autovía de Castilla la Mancha)

- Puntos de interés visual: Se han considerado los siguientes núcleos urbanos (dentro de los 5 km, de las respectivas cuencas visuales), total 33501 habitantes:

- Yunclillos (809 habitantes) y Cabañas de la Sagra (1799 habitantes).
- Bargas (10322 habitantes), Olias del Rey (7880 habitantes), Recas (4262 habitantes), Magán (3544 habitantes) y Mocejón (4875 habitantes).

Se han calculado las cuencas visuales tomadas desde el perímetro de las parcelas de actuación. Se ha utilizado para ello el programa de simulación ArcGis, para la determinación de cuál emplazamiento era más óptimo de las dos opciones. En las siguientes imágenes se muestra la cuenca visual obtenida, diferenciándose las áreas visibles (verde) de las no visibles (rosa). Igualmente se indica las isólinas de 1, 3,5 y 7 km de distancia, que determinan las zonas de visibilidad corta, media y larga, respectivamente. Véase la Figura 7 y 8.

3) Elección de alternativas: Localización de la PSF.

Para la elección de la localización se estudiará cuál de las dos opciones presenta:

- menor % de municipios expuesta a la visión de la PSF.
- menor número de población expuesta a la visión de la PSF.
- menor % de autovía expuesta a la visión de la PSF.
- menor número de kilómetros expuestos a la visión de la PSF.

Tabla 1. Análisis del Impacto visual paisajístico por municipios y autovías. *Considerando el tramo A-40 (72,04 km) y A-42 (81,01 km).

	Mantia 2- Mantia 3		Mantia 20- Mantia 30	
	% de municipio, ve la PSF	Población expuesta (habitantes)	% de municipio, ve la PSF	Población expuesta (habitantes)
Yunclillos	10,9	88	0,0	0
Cabañas de la Sagra	1,0	19	22,6	406
Bargas	21,5	2216	15,5	1599
Olias del Rey	11,1	873	28,6	2253
Recas	3,2	138	4,3	183
Magan	9,4	334	10,1	358
Mocejón	4,8	234	3,2	156
Total personas afectadas		3334 personas		4954 personas
% Total		11,6		14,8
	% de carretera, ve la PSF	Km, ven la PSF	% de carretera, ve la PSF	Km, ven la PSF
A-40*	7,1	5,11	11,9	8,5
A-42*	3,2	2,59	10,1	8,18

Figura 7: Cuenca visual Mantia 2 y Mantia 3 (Fuente: Elaboración propia).

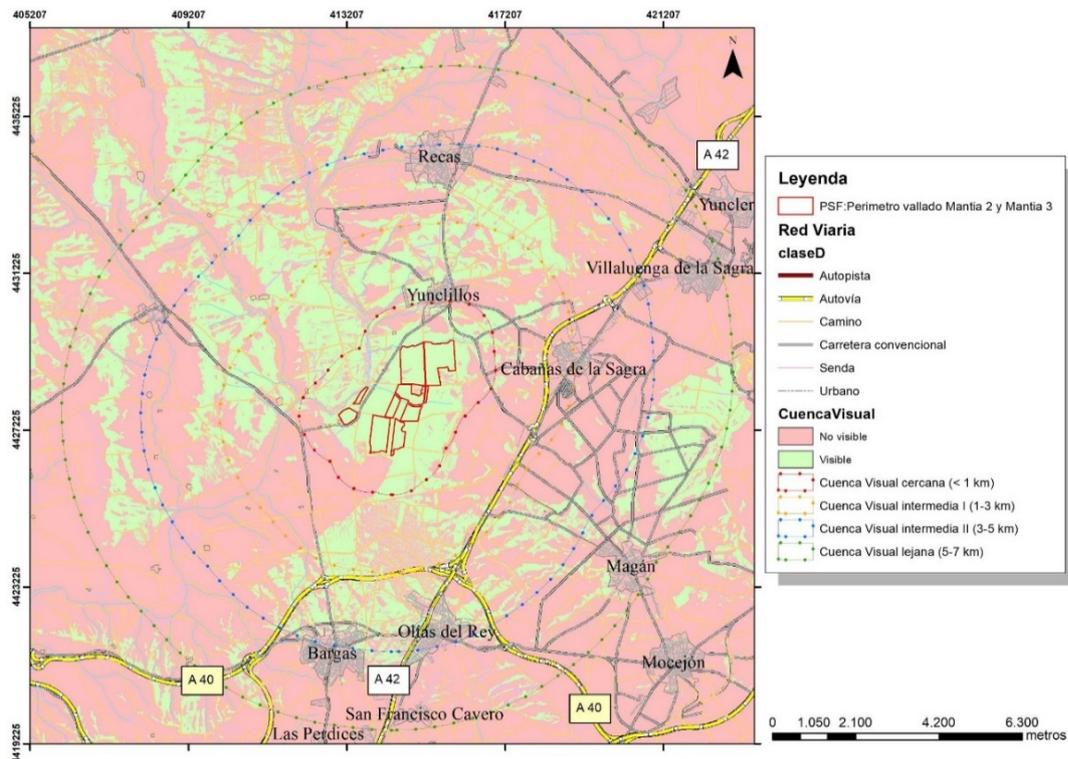
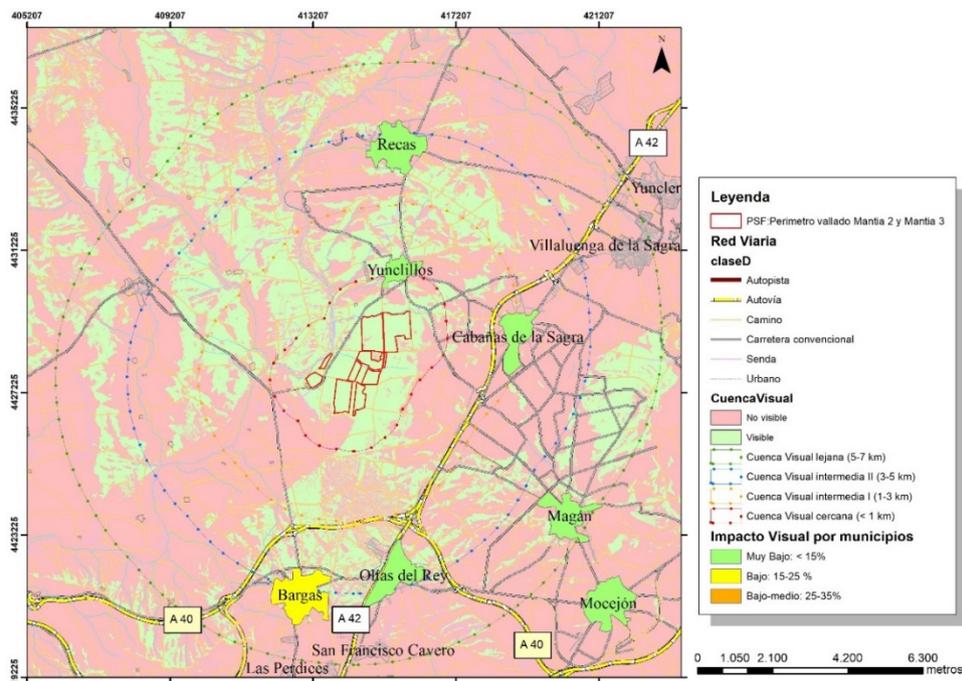


Figura 8: Impacto visual por municipio producido por la PSF Mantia 2 y Mantia 3 (Fuente: Elaboración propia).



Por todo ello se selecciona como la opción A: Mantia 2 y Mantia 3.

5. Conclusiones.

Existe una creciente implantación de plantas solares fotovoltaicas en España, especialmente en las zonas de cultivo de las comunidades Autónomas de la mitad Sur de España. Su implantación produce distintos tipos de impactos que deben ser considerados.

En este artículo se establece una metodología para elegir la mejor localización de una planta solar fotovoltaica teniendo en cuenta las coberturas del terreno en las cuales se puede instalar y las restricciones causadas por el impacto visual.

Se selecciona la opción A: Mantia 2 y Mantia 3 porque tiene menor % de municipios expuesta a la visión de la PSF, menor número de población expuesta a la visión de la PSF, menor % de autovía expuesta a la visión de la PSF y menor número de kilómetros expuestos a la visión de la PSF. Gracias a la metodología propuesta se puede contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible con la implantación de plantas solares fotovoltaicas, que aportan energía no contaminante y ayudan a la acción por el clima, y de las alternativas propuestas se elige la de menor impacto.

6. Referencias

Chiabrando, Roberto, Enrico Fabrizio, and Gabriele Garnero. 2009. "The Territorial and Landscape Impacts of Photovoltaic Systems: Definition of Impacts and Assessment of the Glare Risk." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(9): 2441–51.

Custódio, I., C. Zomer, and R. Rüter. 2020. "A Worldwide Approach to the LESO-QSV Method for Assessing the Visual Impacts of Solar Systems in Urban Environments." *Solar Energy* 212: 178–90.

Fernandez-Jimenez, L. Alfredo et al. 2015. "Site Selection for New PV Power Plants Based on Their Observability." *Renewable Energy* 78: 7–15.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2020. "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030." Gobierno de España: 25. <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>.

Red Eléctrica Española. 2021. "Series Estadísticas Del Sistema Eléctrico Español." <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/series-estadisticas-nacionales> (April 7, 2021).

Taylor, M., P. Ralon, H. Anuta, and S. Al-Zoghoul. 2020. International Renewable Energy Agency Renewable Power Generation Costs in 2019. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf

UNEF (Unión española fotovoltaica). 2019. Informe Anual 2019: El Sector Fotovoltaico Impulsor de La Transición Energética.

7. Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

