

LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS EN EL PAISAJE. TIPIFICACIÓN DE IMPACTOS Y DIRECTRICES DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA^{1*}

Matías Mérida Rodríguez**
Rafael Lobón Martín***
María Jesús Perles Roselló**
Universidad de Málaga

RESUMEN

La reciente aparición y expansión de las centrales fotovoltaicas ha supuesto la generación de un problema de naturaleza paisajística en el espacio rural. En este artículo se ofrecen los principales resultados de un proyecto de investigación que aborda la caracterización paisajística de las plantas fotovoltaicas, así como la tipificación de los impactos sobre el paisaje que genera, como punto de partida para la elaboración de propuestas de integración paisajística de este tipo de instalaciones. El área de estudio analizada es el territorio andaluz, región donde el desarrollo de esta fuente de energía renovable ha sido especialmente intenso.

Palabras clave: paisaje, energía fotovoltaica, integración paisajística, Andalucía.

Photovoltaic power plants in the landscape. Impacts standardization and principles of landscape integration

ABSTRACT

The recent emergence and expansion of photovoltaic central power stations have led to the appearance of a problem of scenic nature in the rural areas, introducing a new use of the ground in these types of areas. In this document the main results from a research project are provided. This project tackles the landscape features of the photovoltaic power plants, as well as the impacts standardization on the generated landscape as the starting point for the elaboration of proposals regarding the landscape integration of these types of facilities. The field of study which has been analysed is the Andalusian territory, region where the development of this renewable energy source has been especially intense.

Key words: landscape, photovoltaic energy, landscape integration, Andalucía.

¹ Este artículo presenta resultados procedentes del proyecto de investigación “Estimación de impactos y propuestas de integración paisajística de las instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica en Andalucía”, realizado entre los años 2008-2009 y subvencionado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.

* Fecha de recepción: 1 de septiembre de 2010.

Fecha de aceptación: 20 de octubre de 2010.

** Departamento de Geografía. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos s/n 29071 Málaga (España).

E-mail: mmerida@uma.es, mjperles@uma.es

*** Arquitecto. Avda. España, 3, 3º-G, 29680 Estepona (Málaga). E-mail: rlm@coamala.es

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas fotovoltaicas han experimentado una importante expansión en España en la última década y han dado lugar a la aparición de problemas de naturaleza territorial, ambiental y, especialmente, paisajística. Su localización en entornos rurales, la extensa superficie ocupada, al menos respecto a fuentes de energía convencionales, así como la singularidad tipológica de sus instalaciones, ha dado lugar a bruscos cambios paisajísticos en las zonas donde se han ubicado. La transformación del paisaje se ha producido, además, de una forma acelerada y en escaso tiempo, por lo que las posibles medidas de planificación y ordenación territorial han ido a remolque de esta intensa expansión. Por otra parte, la energía fotovoltaica cuenta con un imagen positiva entre la población y entre los gobernantes políticos, por su carácter de energía limpia y renovable. Surge, por tanto, una *paradoja medioambiental*: instalaciones potencialmente impactantes sobre el paisaje, pero percibidas como medioambientalmente positivas.

La producción de energía solar fotovoltaica ha experimentado un gran crecimiento en España en los últimos años. Su desarrollo, apoyado en subvenciones públicas, ha sido tan fulgurante que ha pulverizado las previsiones de la Administración. El elevado coste económico y la detección de movimientos especulativos movieron al Gobierno a la elaboración de un marco más restrictivo. A pesar de esta ralentización, las perspectivas del sector fotovoltaico siguen apuntando a un importante desarrollo en el futuro. Gracias al impulso de los últimos años, España se ha convertido en la segunda potencia mundial en energía fotovoltaica. Gran parte de este desarrollo se debe a las plantas fotovoltaicas, siendo menor la aportación de las instalaciones sobre cubiertas.

Andalucía es una de las regiones españolas donde el desarrollo de la energía solar fotovoltaica ha sido mayor, situándose actualmente en el segundo lugar en potencia fotovoltaica instalada, con 584 MW. En el proyecto de investigación del que emana este trabajo (Mérida y Lobón, 2009) se han analizado 88 instalaciones fotovoltaicas, representando un porcentaje muy elevado del total existente en el conjunto del territorio andaluz.

Las centrales fotovoltaicas tienen una evidente dimensión paisajística, provocando su aparición intensas transformaciones del paisaje. Entre los factores que interviene en la afección al paisaje se encuentra, en primer lugar, su singularidad tipológica. Los materiales empleados y su disposición y distribución aumentan la intensidad de la incidencia visual. Esta singularidad tipológica se ve reforzada por su localización en zonas rurales, donde la introducción de este nuevo uso del suelo provoca fuertes contrastes paisajísticos con los usos agrarios dominantes. La extensión que alcanzan estas plantas, que requieren un volumen de terreno muy importante, y su orientación en terrenos de alta insolación refuerza su protagonismo paisajístico. Finalmente, su intensa profusión aleja a estas instalaciones de un tratamiento paisajístico individualizado y las acerca más a su consideración como un nuevo uso del suelo.

2. CARACTERIZACIÓN TIPOLOGICA Y PAISAJÍSTICA DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS

2.1. Localización y emplazamiento

Al margen de factores productivos, la implantación de plantas fotovoltaicas responde también a factores de naturaleza geográfica. Entre ellos destaca, en primer lugar, la insolación anual. Andalucía recibe un alto número de horas de sol, por lo que las posibilidades de desarrollo de las instalaciones fotovoltaicas son muy amplias. El segundo factor de localización es la cercanía a redes de distribución eléctrica. Por ello, las zonas montañosas, alejadas de las principales redes de distribución, cuentan con una menor implantación de este tipo de instalaciones. Finalmente, la ubicación de las plantas fotovoltaicas depende también del rendimiento de los usos del suelo existentes previamente.

En Andalucía las instalaciones muestran una clara preferencia por el valle del Guadalquivir y sus campiñas, así como por las depresiones y altiplanos del Surco Intrabético, siendo menor su desarrollo en las Cordilleras Béticas y Sierra Morena. La mayor parte de los terrenos dedicados a este nuevo uso del suelo son terrenos de vocación agraria siendo más infrecuentes los espacios degradados funcional y paisajísticamente.

Los emplazamientos habituales se concentran en dos grandes unidades fisiográficas: las lomas y colinas, con un 42% de los casos, y las llanuras (fluviales, altiplanos, intramontañas, etc.), que reúnen el 41% de ellos. Las instalaciones analizadas poseen, por lo general, amplias cuencas visuales. Prácticamente $\frac{3}{4}$ partes de ellas superan las 10.000 has. y de ellas, un 27% reúnen cuencas visuales superiores a 30.000 hectáreas. Cuentan también con un alto grado de incidencia visual: muchas de las plantas fotovoltaicas se sitúan en el entorno de importantes infraestructuras viarias.

La superficie ocupada por las plantas fotovoltaicas analizadas alcanza 1.171 has. Comparativamente con otras fuentes de energía, se trata de una cifra elevada; por el contrario, si se compara con otros usos del suelo, se sitúa aún en unos umbrales muy discretos.

2.2. Morfología y composición de la planta fotovoltaica

En general, en las plantas fotovoltaicas de tipo continuo, con disposición de paneles en hileras, los diseños más comunes son los cuadrangulares. Cuando los paneles se disponen en estructuras aisladas, las centrales adquieren un mayor tamaño y son más variables en su diseño, aunque el plano dominante siga siendo el cuadrangular.

A veces se producen una especie de proceso de concentración parcelaria, formando varias instalaciones una única planta, modalidad muy extendida que ha quedado abolida con la última normativa. El resultado, paisajísticamente, son instalaciones compartimentadas en sectores, que, con la ausencia de tratamientos en los espacios intermedios, genera discontinuidades de gran incidencia paisajística.

2.3. Movimientos de tierras

Algunas instalaciones afectan de forma importante a la topografía del terreno, generando desmontes, aterrazamientos y muros de contención. Los emplazamientos seleccionados y las estructuras utilizadas determinan el impacto sobre el terreno. Por lo general, ubicaciones en ladera, especialmente si la pendiente es importante, y estructuras de seguidores aislados suele ser la combinación más agresiva con el relieve. En otras ocasiones, los aterrazamientos y plataformas suponen el mayor impacto, por las repercusiones cromáticas y morfológicas de los desmontes y terraplenes creados.

2.4. Diseño de los componentes

2.4.1 Estructuras

Existen dos modalidades principales de estructuras, la continua en hilera (figura 1) y la de seguidores aislados (figura 2). Se caracterizan paisajísticamente, respectivamente, por la continuidad o discontinuidad de los captadores, así como por la menor o mayor altura de las estructuras.

Figura 1. Estructuras continua en hileras.

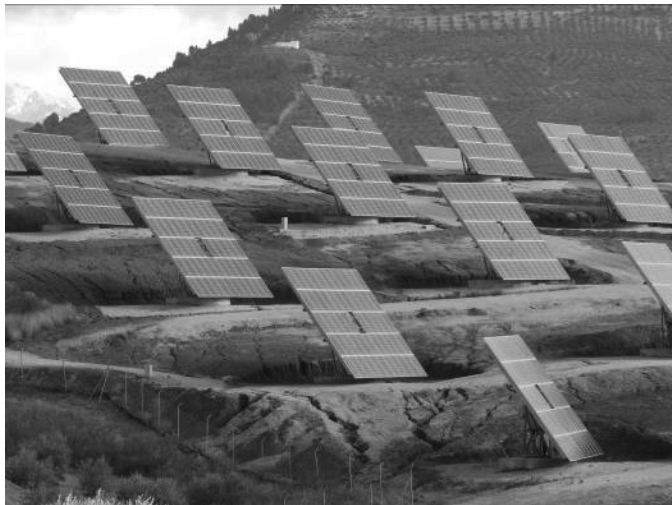


Los autores.

La compacidad de los sistemas en hilera y su menor altura aproximan estas instalaciones a la textura continua y horizontal, asemejándose a otros componentes del paisaje como el agua, mientras que la discontinuidad y mayor altura dominante en los de seguidores aislados toma al árbol como referencia. Las instalaciones en hilera sobre morfologías de terreno accidentadas suelen seguir las curvas de nivel, consiguiendo una buena adaptación. Ocasionalmente se utilizan las disposiciones en el sentido de la pendiente, más impactantes.

Los seguidores se disponen en el terreno sobre plataformas individuales, alterando la topografía en terrenos inclinados; sus bases, a veces, alcanzan un considerable protagonismo paisajístico.

Figura 2. Estructura de seguidores aislados.



Los autores.

El diseño de estas estructuras, tanto en los seguidores como en las hileras, se deriva exclusivamente de su funcionalidad. Hasta el momento las instalaciones adolecen de la ausencia de cualquier búsqueda formal en su diseño, dominando las morfologías cuadrangulares en los paneles. Existe, sorprendentemente, un nivel de estandarización escaso, síntoma claro de una fase inicial de desarrollo de esta industria productiva.

En las instalaciones de hileras continuas, su longitud viene determinada tanto por factores mecánicos como productivos. La altura de las hileras es por lo general de escala inferior a la humana y se conforma a modo de atril que permita la inclinación de los paneles o la conformación del eje horizontal, en caso de sistemas con seguimiento. En el caso de los seguidores aislados, su escala esta siempre por encima de la humana; en general oscila entre los 3-4 metros y los 15-18 metros de alzada.

El color característico de estas estructuras es el metálico de tonos grises, tanto sean el acero galvanizado como el aluminio los materiales empleados, evocando elementos industriales.

2.4.2. Módulos

El material más común es el silicio monocristalino de tonalidad azul o grisácea (figura 3) y el multicristalino de color azul brillante iridiscente (figura 4). La forma octogonal de las células de silicio monocristalino provoca una discontinuidad en el modulo en forma de rombo. Por su parte, el silicio multicristalino con células cuadradas permite una mayor continuidad, aunque siga siendo visible la cuadrícula. Finalmente, el silicio amorfo es ho-

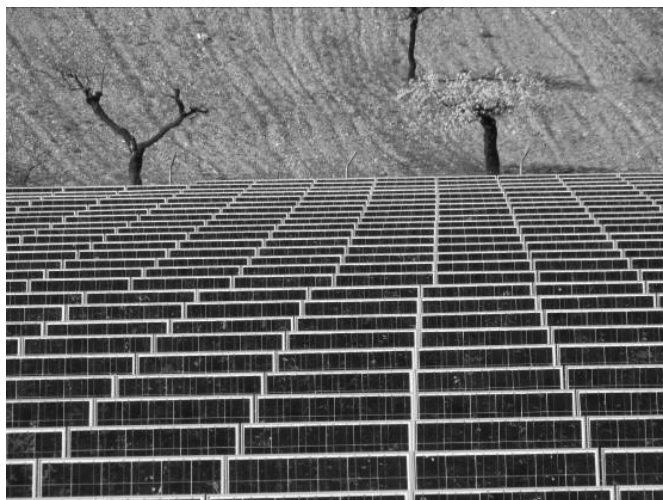
mogéneo y permite la continuidad cromática en el módulo. El tono puede variar desde las tonalidades azules-grisáceas hasta el rojo muy oscuro cercano al negro.

Figura 3. Módulos de silicio monocristalino.



Los autores.

Figura 4. Módulos de silicio multicristalino.



Los autores.

El diseño de los módulos, tanto en los seguidores aislados como en las hileras, se sitúa también exclusivamente en el marco de su funcionalidad. La única interrupción en la continuidad del panel es la disposición de hileras separadas para disminuir la resistencia

al viento. Hasta el momento, los módulos carecen de cualquier búsqueda formal en su diseño, dominando las morfologías rectangulares, alargadas en las hileras continuas y más proporcionadas en los seguidores aislados.

El tamaño de los módulos resulta variable, estando determinado por su manejabilidad. Debe ser autoportante, de tal manera que permita una vez asociado a los contiguos formar el panel. El color dominante es el del haz, el de exposición solar, y se deriva del material fotoeléctrico utilizado (grises en el silicio monocristalino, azulados en el multicristalino, tonalidades oscuras en el silicio amorfo). Por su parte, el envés está compuesto por la estructura soporte y dominan en él los colores grises claros metálicos.

En los marcos que rodean los módulos el material utilizado suele ser el acero galvanizado y el aluminio, de tonalidades grises metálicas. En comparación con el color de las células, el contraste aumenta, apareciendo a media distancia como tonos blancos.

2.4.3. Otras instalaciones

Las diferentes escalas de las instalaciones compactas en hilera y las de seguidores aislados, hacen que las instalaciones complementarias tengan un diferente protagonismo en unas y otras. En las primeras todos los elementos de vallado, señalización, transformación y transporte eléctricos suelen quedar expuestos visualmente. Por el contrario, en las de seguidores aislados, estas instalaciones quedan a la altura o por debajo de la alzada de los captadores y pasan mucho más desapercibidas.

Los alojamientos para los transformadores e inversores constituyen elementos en ocasiones de gran relevancia paisajística de la planta fotovoltaica. Su impacto puede ser mayor que el de los propios paneles fotovoltaicos, y, entre otras razones, se deriva frecuentemente de su tipología (figuras 5 y 6). Se ubican de forma individual, asociados a la misma estructura de captación, o asociados en un recinto específico.

Figuras 5 y 6. Modelos tipológicos en instalaciones técnicas auxiliares.



Los autores.

La exposición de las características técnicas principales de las instalaciones mediante un cartel es un requisito obligatorio para estas instalaciones. Las grandes dimensiones

de estos carteles destacan en las instalaciones de hilera continua por encima del vallado, constituyendo en zonas de topografía plana el elemento más visible de la instalación. Por el contrario, en instalaciones de seguidores aislados, sobre todo de captadores grandes, resultan algo menos relevantes.

Los vallados perimetrales surgen de la necesidad de seguridad de las instalaciones. De escala algo mayor que la humana, estos cerramientos se diferencian entre sí por la existencia o ausencia de modificaciones topográficas para su construcción y por el tipo de material utilizado. Se puede diferenciar entre vallados translucidos, generalmente constituidos por malla metálica de acero galvanizado o plastificado, y el masivo, formando un muro de cierre con materiales como el hormigón o, más infrecuentemente, materiales naturales, como la piedra, creando mamposterías de piedra seca o con aglomerante.

La trascendencia paisajística de los viales de acceso e interiores se debe a sus dimensiones, a las características del firme, y a su trazado, especialmente en zonas montañosas. También son relevantes paisajísticamente los espacios libres intermedios y perimetrales, que pueden representar un área mayor que la ocupada por viales.

El suelo existente bajo las estructuras posee una mayor relevancia en los sistemas discontinuos, que ofrecen mayor cantidad de suelo visible entre ellos. En algunas instalaciones se mantiene la vegetación herbácea natural; en otros casos se conservan ejemplares arbóreos, especialmente en zonas arboladas o en aquellas zonas agrícolas que conservan ejemplares de árboles en el interior de la parcela o matorral alto en las lindes.

2.5. Ordenación interior de los componentes

Las instalaciones de hileras continuas se disponen en franjas paralelas, alineadas al sur. En los terrenos inclinados, habitualmente se las franjas siguen las curvas de nivel, adaptándose al terreno; más excepcionalmente, se disponen siguiendo la línea de pendiente. En las instalaciones compuestas de seguidores aislados la disposición más seguida es la de plano regular, similar a la que utilizan las explotaciones arbóreas de tipo frutícola. Entre los casos analizados no existe ninguno con ordenación irregular de las estructuras, siendo la distribución de los seguidores rítmica y geométrica.

3. EL IMPACTO PAISAJÍSTICO DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS

El impacto sobre el paisaje de las instalaciones fotovoltaicas atiende a dos criterios: la afección sobre la calidad del paisaje donde se ubique y la alteración que produzca en las vistas existentes en su entorno. Respecto al primer criterio, el posible impacto es proporcional a la calidad del paisaje. En paisajes de alto valor, una intervención de esta naturaleza queda, en principio, desaconsejada; por el contrario, en paisajes degradados, la ubicación de este tipo de instalaciones puede contribuir a su recuperación paisajística. En el resto de paisajes el signo del impacto vendrá dado en buena medida por la calidad del diseño de la instalación y su capacidad para integrarse en el paisaje e incluso para mejorarlo, aunque en principio el signo será negativo, ya que, por su localización en espacios rurales, suponen un drástico cambio en los usos del suelo. La ausencia de tratamientos formales de estas

instalaciones, sometidos a la eficiencia productiva, condiciona en gran medida su posible percepción positiva.

El segundo criterio, su incidencia en las vistas, implica analizar distintos parámetros visuales, como las cuencas visuales o la incidencia visual, es decir, el número de potenciales observadores, así como la posible alteración de las vistas o perspectivas de calidad existentes. La intensidad del impacto visual estará en función de dos variables: las características de la planta fotovoltaica, sobre todo sus dimensiones, y la distancia a la que se produzca la observación. Incluso su signo, negativo a corta distancia, puede modificarse a gran distancia, debido a las similitudes fisonómicas que puede adoptar con otros componentes del paisaje percibidos positivamente, particularmente las masas de agua. Por el contrario, otros posibles parecidos fisonómicos refuerzan el signo negativo del impacto, como ocurre con los invernaderos o las naves industriales, excepto donde estos afloran de forma masiva.

Una instalación fotovoltaica posee unas determinadas características genéricas que les confieren un elevado protagonismo paisajístico. En primer lugar, su reflectancia, que la hace visible desde distancias lejanas; en segundo lugar, sus dimensiones, que a veces suman decenas de hectáreas; en tercer lugar, la singularidad tipológica de sus componentes y su particular organización interna. En cualquier caso, el impacto paisajístico puede producirse tanto por la interacción de distintos factores y componentes como por la relevancia visual que adquiera alguno de ellos. En las siguientes líneas se analizan de forma más detallada los diversos factores que intervienen en el impacto paisajístico de las instalaciones fotovoltaicas.

3.1. Localización

A escala de grandes tipos de paisaje, el impacto de la localización de plantas fotovoltaicas se produce, fundamentalmente, en los de carácter montañoso, en mayor medida cuanto mayor sea la pendiente media. La disposición vertical de las instalaciones que el relieve impone genera un alto impacto al colocarse de manera perpendicular al plano de visión. Además, otros componentes de la instalación adquieren una mayor relevancia paisajística en terrenos inclinados, como los viales de acceso. Por la mayor complejidad de la instalación, además de por su lejanía de las líneas de transporte eléctrico, no son habituales las plantas fotovoltaicas en paisajes de montaña; si ocurre, la elección de un emplazamiento adecuado adquiere un valor primordial.

Otros tipos de paisaje donde el impacto de las plantas fotovoltaicas es mayor son los espacios naturales, especialmente los terrenos boscosos. En estos casos, al margen de su mayor o menor visibilidad, el impacto emana del contraste que produce la ubicación de estas instalaciones en espacios poco transformados por el hombre y donde dominan usos del suelo naturales. Por esta razón, en áreas de importante componente natural pero donde exista una presencia de la acción humana, como las zonas adhesionadas o los montes ordenados, estas instalaciones generarían un menor impacto, siempre y cuando cumplan los pertinentes criterios de integración paisajística y cuenten con un adecuado emplazamiento.

En general, los paisajes transformados reciben un menor impacto por la localización de plantas fotovoltaicas. Sin embargo, en algunos casos, su carácter tradicional, sus rasgos fisonómicos y su fragilidad desaconsejan la ubicación en ellos de este tipo de instalaciones.

Un ejemplo, entre otros posibles, lo pueden representar los paisajes de regadíos tradicionales.

3.2. Emplazamiento y densidad

Los impactos sobre el paisaje derivados de la ubicación de una planta fotovoltaica se deban en mayor medida al emplazamiento seleccionado que a su localización en un determinado tipo de paisaje. Desde el punto de vista topográfico, los emplazamientos en ladera son los más impactantes, en mayor medida cuanto mayor sea la pendiente (figura 7). El impacto obedece a la disposición inclinada de la instalación, tendente a la perpendicularidad con el plano de visión. Por el contrario, otros emplazamientos, como las cumbres o, dentro de las laderas, los rellanos intermedios u hombreras, ofrecen un mejor resultado desde el punto de vista del impacto paisajístico.

Figura 7. Emplazamiento en pendientes pronunciadas.



Los autores.

Las afecciones sobre el paisaje se incrementan si el emplazamiento elegido posee una cuenca visual elevada. Otro criterio a tener en cuenta es la incidencia visual, es decir, el número de miradas potenciales que un determinado emplazamiento pueda recibir. En algunas ocasiones, el impacto paisajístico se deriva también de la cercanía topológica con elementos singulares del paisaje, de interés histórico, monumental o religioso. Puede surgir, finalmente, de la alteración de perspectivas valiosas, particularmente sobre los núcleos urbanos.

El impacto paisajístico, como cualquier otra clase de impacto, puede poseer un carácter sinérgico: una única intervención puede generar un impacto limitado pero múltiple pequeñas intervenciones acumulan e incrementan sus impactos.

3.3. Diseño conjunto de la instalación

Uno de los principales factores generadores de impacto paisajístico de una planta fotovoltaica es su extensión. Habitualmente son instalaciones amplias, pero en ciertas ocasiones alcanzan unas dimensiones especialmente elevadas, superando en algún caso las 100 has. También la morfología general de la planta fotovoltaica puede potencialmente representar un factor de impacto, especialmente cuando se introducen formas geométricas, normalmente cuadrangulares, en entornos naturales o en terrenos agrarios marcados por la irregularidad del parcelario.

Un factor determinante en la producción del impacto es la inadaptación de la instalación al relieve preexistente. Las alteraciones del terreno (taludes, desmontes, aterrazamientos) implican bruscos cambios morfológicos y cromáticos que suponen un componente muy importante del impacto total (figura 8).

Figura 8. Taludes.



Los autores.

La fragmentación de la instalación en sectores produce en sí misma un considerable impacto, por la introducción de ejes ortogonales correspondientes a los espacios de separación. Finalmente, por lo que respecta al diseño conjunto de la instalación, los cerramientos o vallados perimetrales constituyen en determinadas ocasiones elementos generadores de impactos sobre el paisaje.

3.4. Componentes de la planta fotovoltaica

3.4.1. Estructuras

Por lo general, los seguidores aislados producen un mayor impacto en el paisaje que las hileras continuas, por su propio carácter exento, que genera discontinuidades fisonómicas, su disposición vertical, perpendicular al plano de visión, y por el movimiento que introducen.

Los paneles sobre hileras continuas son menos impactantes, debido a su continuidad y a su desarrollo horizontal. La combinación de ambas tipologías en la misma instalación fotovoltaica produce un significativo impacto, ya que desestructura el paisaje generado por la instalación, complica su legibilidad, rompe su continuidad y hace más difícil su adaptación a otros componentes paisajísticos.

Las morfologías cuadrangulares de los paneles afectan al paisaje por la introducción de formas geométricas en entornos rurales, generalmente carentes de ellas. El impacto de las estructuras es menor en el caso de las hileras y algo más acentuado en los seguidores aislados, donde son más visibles. Merece la pena resaltar la incidencia en la imagen que en algunos casos generan las bases de los seguidores, generalmente de hormigón y de dimensiones sólo algo menores que las del panel. Los paneles generan un impacto mayor en función de sus dimensiones, o cuantos más módulos contengan, si se utilizan módulos de medidas estándar. Otra afección sobre el paisaje se produce por la utilización combinada de estructuras de diferente tamaño, que rompe la posible continuidad de la instalación.

El color característico de estas estructuras es el más funcional, el metálico en tonos grises, normalmente acero galvanizado. En general, no se trata de una variable especialmente impactante, excepto en el caso de las bases de los seguidores, que en algunos casos destaca visualmente por la ausencia de tratamiento cromático del hormigón (figura 9).

Figura 9. Bases de hormigón.



Los autores.

3.4.2. Módulos

El tipo de módulo depende del material del que esté compuesto. El silicio monocristalino posee una tonalidad básica (azul-gris) de menor impacto, por su parecido al color del agua, cielo o plásticos. Sin embargo, la morfología hexagonal de las células genera numerosas y rítmicas discontinuidades en el módulo, en forma de rombo, que acentúan su impacto y dificultan su integración. Por su parte, el silicio multicristalino no posee este problema, al ser sus células cuadradas, aunque siguen siendo visibles las líneas de separación; por otro lado, el color de estas células es heterogéneo, con predominio del color azul, más brillante, siendo sus posibilidades de adaptación a otros componentes del paisaje más limitadas. El silicio amorfo (figura 10) tiene la ventaja de disponerse de forma homogénea a lo largo del módulo, generando una superficie continua, de menor impacto. No obstante, las tonalidades que genere pueden incrementar su impacto, especialmente las más oscuras. Finalmente, debe tenerse en cuenta que las mezclas de materiales en una misma planta fotovoltaica generan un impacto mayor que el de su utilización individual.

Figura 10. Módulos de silicio amorfo.



Los autores.

Las morfologías dominantes son las rectangulares, reproduciendo la dominante en el panel, por lo que no genera un impacto diferente. Sin embargo, su incidencia aumenta si se combinan disposiciones diferentes de módulos, verticales y apaisadas, en el mismo panel.

En principio, los módulos de mayores dimensiones, siempre que no afecten al tamaño del panel, resultan menos impactantes, por la creación de una superficie continua y la eliminación de huecos intermedios. Los perfiles o marcos de los módulos fotovoltaicos producen un impacto visual mucho más importante que su relevancia en la instalación. El material utilizado suele ser el aluminio, siendo su tonalidad habitual la gris metálica,

apareciendo a media distancia con tonalidades blancas. En hileras, reproduce una malla geométrica altamente impactante (figura 11).

Figura 11. Marcos de módulos.



Los autores.

3.4.3. Otras instalaciones

Los transformadores, alternadores, acumuladores, casetas de monitorización, etc., constituyen componentes de la planta fotovoltaica de gran relevancia paisajística. En ocasiones, su impacto es mayor que el de los propios paneles fotovoltaicos, y, entre otras causas, este impacto se deriva frecuentemente de su tipología, especialmente de su cromatismo.

Las torretas y cableados son potencialmente impactantes por los contrastes morfológicos (torretas) y cromáticos (cableados) que producen, particularmente si la torreta está mal emplazada o si el cableado es de color llamativo, como el rojo. Los carteles y sus armazones producen en algunos casos una importante repercusión visual, derivada de sus magnitudes, de su emplazamiento, de su morfología (paño vertical) o de los colores utilizados (figura 12).

Respecto a los viales, habitualmente el elemento mayor incidencia en la imagen es el firme, potencialmente muy impactante cuando el contraste cromático es acusado, junto a la anchura, en ocasiones excesiva, y, en zonas inclinadas, el trazado y los desmontes y terraplenes. En ocasiones también las cunetas y desagües pueden generar un elevado impacto, particularmente cuando adoptan trazados inclinados o cuando están formados por hormigón sin ningún tipo de revestimiento.

Entre las estructuras, entre los distintos sectores de la instalación o en su perímetro, los espacios libres suelen ser abundantes, y producen un impacto visual en ocasiones significativo, sobre todo cuando los terrenos se muestran desnudos y poseen un importante albedo. En menor medida, el suelo existente bajo las estructuras posee también un cierto grado de repercusión visual, sobre todo cuando la planta fotovoltaica está compuesta de seguidores aislados.

Figura 12. Impacto de carteles.



Los autores.

3.5. Ordenación interior de los componentes

3.5.1. Estructuras

Las estructuras y sus correspondientes paneles fotovoltaicos pueden impactar en el paisaje, además de por su diseño, por su ordenación interior. En el caso de las hileras continuas, el impacto se produce por la visión de las franjas alternantes de paneles y terrenos libres, y se acrecienta si se mezclan diferentes orientaciones en la misma instalación o si no existen en su entorno alineaciones semejantes (por ejemplo, olivares o cítricos).

El impacto de la ordenación de los seguidores aislados, por su parte, se debe a su propio espaciado, que genera grandes huecos intermedios, y a su patrón de ordenación, particularmente si contrasta claramente con su entorno. La unánime utilización de patrones geométricos encaja de forma defectuosa en entornos marcados por patrones de ordenación irregulares. Por el contrario, el impacto se reduce notablemente si el entorno presenta una ordenación regular, en mayor medida si se adecua a la disposición de las alineaciones.

3.4.2. Instalaciones técnicas auxiliares

Debido a sus características tipológicas, en ocasiones más nítidas que las propias estructuras, pueden generar un mayor impacto que los paneles fotovoltaicos. Las disposiciones rítmicas, en especial cuando se combinan con una alta densidad, suelen tener una alta repercusión paisajística. Por la misma razón, las agrupaciones son menos impactantes, excepto si se ubican en las zonas más visibles de la instalación.

4. LA INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

La integración en el paisaje de una determinada instalación se alcanza mediante la aplicación de una o varias medidas de integración paisajística, organizadas en diferentes estrategias (Mérida y Lobón, 2009). Su aplicación puede ser útil para diversos modelos de gestión del paisaje, como la protección de paisajes valiosos, la mejora de paisajes deteriorados, la recuperación de zonas degradadas (terrenos mineros, eriales periurbanos, etc.) e incluso para la creación de paisajes.

La primera estrategia consiste en adaptar la instalación a las características fisonómicas de la unidad de paisaje donde se inserte, reduciendo su protagonismo paisajístico y diluyendo sus contenidos formales entre los existentes en su entorno. Esta estrategia puede aplicarse de forma más cómoda en tipos de paisaje fisonómicamente y semánticamente idénticos (paisajes de renovables) o semejantes (por ejemplo, paisaje de invernaderos, paisajes de agua). Igualmente, la estrategia resulta apropiada para la intervención en paisajes de gran calidad, a través de la mimesis de sus componentes con el paisaje existente.

La segunda estrategia persigue la adaptación de la planta a los componentes más relevantes en la caracterización de un determinado paisaje. Este mecanismo es más versátil que el anterior, y hace posible que la integración se alcance, por ejemplo, mediante la adaptación a instalaciones industriales aisladas, pequeñas masas de agua, instalaciones de producción o distribución energéticas, etc.

La tercera estrategia se basa en la referenciación al paisaje existente. La referenciación se entiende como un estadio anterior a la plena adaptación. Implica establecer un lenguaje formal y de contenidos con el paisaje existente y tomarlo como referencia, sin renunciar a su identidad paisajística. Por ejemplo, escoger el patrón de distribución existente en un paisaje homogéneo y trasladarlo al diseño de la instalación, o incorporar determinados rasgos del carácter de un paisaje en la localización de una instalación.

La cuarta estrategia consiste en la referenciación a alguno o algunos de los componentes del paisaje. En este caso, no se toma como referencia el conjunto del paisaje, sino sus componentes, siempre que tengan una adecuada impronta en su unidad o tipo de paisaje. Por ejemplo, las infraestructuras de transporte (carreteras, autovías, etc.), o el hábitat.

La quinta estrategia supone la referenciación a paisajes o componentes del paisaje de valor histórico o patrimonial. Esta estrategia no toma como modelo el paisaje existente o sus principales componentes, sino paisajes o componentes paisajísticos preexistentes, pero que de alguna forma mantengan una cierta conexión con el paisaje actual o con su representación social, aunque no tengan más presencia que como huellas o vestigios. Una segunda condición que deben cumplir es que por su naturaleza (funcionalidad, morfología, etc.) sean susceptibles de ser tomados como referentes.

4.1. Criterios y medidas específicas de integración paisajística

4.1.1. Localización

Siempre en el marco de una escala territorial, la localización de plantas fotovoltaicas se adecua en mayor medida a determinados tipos de paisaje y a componentes paisajísticos

presentes en otros tipos de paisaje, que deben tener la consideración de preferentes para la implantación de esta actividad.

Invernaderos. Tanto en tipos de paisaje como en componentes de otros tipos de paisaje (por ejemplo, los regadíos litorales, los paisajes periurbanos), ofrece semejanzas fisonómicas con las estructuras fotovoltaicas, tanto en color como en texturas. Igualmente, su significado posee un claro paralelismo, tratándose en ambos casos de paisajes modificados por el hombre. Comparten también su carácter reversible, algo especialmente importante en usos del suelo dinámicos: en líneas generales, su sustitución material por los usos del suelo preexistentes resulta, al margen de su probabilidad real, factible.

Instalaciones y paisajes industriales. Las plantas fotovoltaicas también poseen apreciables similitudes con las instalaciones industriales, tanto formales (materiales, tonalidades, texturas) como semánticas (transformación). Al mismo tiempo, su introducción permite la posibilidad de introducir puntos de descanso visual en las zonas industriales, de alzados más contundentes. Pero resulta más viable su ubicación junto a instalaciones industriales aisladas en el medio rural (azucareras, aceiteras, etc.), como componentes singulares de otros paisajes (figura 13).

Figura 13. Localización junto a instalaciones industriales.



Los autores.

Paisajes mineros y explotaciones mineras aisladas. Se trata de paisajes intensamente transformados, cuyo significado permite encajar nuevas instalaciones productivas. Además, son terrenos percibidos como deteriorados, desordenados y, al menos respecto al relieve, desestructurados (montículos, terraplenes, etc.).

Paisajes periurbanos. Las áreas periurbanas se caracterizan, entre otras cuestiones, por las mezclas existentes en los usos del suelo, que a menudo desemboca en un cierto grado de confusión en el paisaje. Además, con frecuencia incluyen espacios degradados paisajística-

mente, como eriales sociales, en espera de su próxima urbanización, escombreras, bordes de infraestructuras, etc. La inclusión de plantas fotovoltaicas tendría el efecto beneficioso de la introducción de orden en paisajes por naturaleza confusos.

Paisajes de marismas y zonas inundables. En general, los paisajes de agua, o con componentes de agua, suponen una localización adecuada para este tipo de instalaciones, debido a las semejanzas fisonómicas con los paneles fotovoltaicos. En concreto, los paisajes de marismas y zonas inundables representan un buen referente, pues a la presencia de agua se une el predominio de líneas horizontales y, cuando ocurre, la presencia de geometrías semejantes, por ejemplo en los arrozales o en las salinas. No obstante, en la elección de la ubicación definitiva será necesario tener en cuenta, al margen de la necesaria evaluación de posibles impactos, la protección existente en el entorno de estos paisajes por sus valores naturales.

Paisajes lacustres. El entorno de las actuales lagunas interiores puede suponer potencialmente una adecuada localización. La semejanza fisonómica con el agua de los paneles fotovoltaicos constituye el principal argumento, pero también apoyan esta localización factores como la escasa pendiente, las reducidas cuencas visuales y la menor incidencia visual. Sin embargo, la mayor parte de estos paisajes gozan de diferentes niveles de protección, atendiendo a sus valores naturales. Más posibilidades se abrirían si se aprovechara el emplazamiento de antiguas lagunas, actualmente desecadas.

Paisajes de regadío. El agua aparece como componente del paisaje en un tipo de paisaje ampliamente representado en Andalucía, el paisaje de regadío. Al margen de los embalses, tratados en otro apartado, las acumulaciones de agua de mediano y pequeño tamaño pueden significar potencialmente una adecuada localización. Las presas de derivación y particularmente las balsas de riego constituyen ejemplos de esta argumentación.

Paisajes de renovables. Una orientación genérica de localización es agrupar las instalaciones fotovoltaicas con otras instalaciones de energías renovables, especialmente las más extensivas: termosolar, eólica, hidroeléctrica. Además de la afinidad semántica que comparten todas ellas (energías limpias, innovadoras, actuales), en el caso de la hidroeléctrica o la termosolar aparecen semejanzas fisonómicas.

Paisajes energéticos convencionales. El significado común de equipamientos energéticos puede servir de vía para la asociación de las instalaciones fotovoltaicas con otras instalaciones de producción (térmicas, ciclo combinado), así como de transformación y distribución (estaciones y subestaciones eléctricas), alejadas de los núcleos urbanos.

Infraestructuras de transportes. Las conexiones existentes entre instalaciones fotovoltaicas e infraestructuras de transportes son diversas. Por un lado, existen semejanzas cromáticas, particularmente con las viarias. Por otro, comparten significados comunes, como el carácter de paisajes transformados, su modernidad como nuevos paisajes o su potencialidad paisajística desligada de su funcionalidad (creación de paisajes de calidad).

Su complementariedad puede alcanzarse por la existencia en las infraestructuras de transportes de grandes extensiones de terreno. La inclusión de las instalaciones fotovoltaicas puede producirse en el interior de estas infraestructuras o en sus cercanías. Potencialmente se podrían localizar las plantas fotovoltaicas en las grandes instalaciones de transportes: puertos, espacios libres aeroportuarios, complejos y estaciones ferroviarias.

Un apartado especial merecen las principales infraestructuras viarias, autovías y autopistas. Se trata de terrenos públicos, con espacios libres disponibles y que cuentan con vallas que aíslan su perímetro. El paisaje generado por estas infraestructuras comparte similitudes fisonómicas con la imagen de las plantas fotovoltaicas: asfalto, mobiliario, etc. Además, poseen un significado común de paisaje transformado y funcional. Otra ventaja es la posibilidad de adaptación a elementos funcionales existentes en la autovía, duplicando su utilidad, como sería el caso de las pantallas visuales.

Cercanías carreteras y autovías. Los espacios contiguos a las infraestructuras viarias pueden suponer también una localización adecuada (figura 14). Mantendría la cercanía conceptual y fisonómica, aunque ganaría en viabilidad por la posibilidad de adquirir mayores dimensiones y un carácter más masivo y menos lineal. No obstante, esta localización plantea nuevos problemas: la transformación del paisaje, la posible alteración de las vistas lejanas existentes desde la carretera, y la elevada incidencia visual.

Figura 14. Localización junto a carreteras.



Los autores.

Tendidos ferroviarios. De igual forma que en autovías y autopistas, los tendidos ferroviarios cuentan con la ventaja de su vallado perimetral y con la posibilidad de inclusión de la instalación en el propio paisaje de la infraestructura. El significado común de paisaje transformado por el hombre se ve aquí reforzado por la utilización de la energía eléctrica en el transporte ferroviario, reconocible fisonómicamente en la presencia de catenarias y cableados.

4.1.2. Emplazamiento

En una primera escala de aproximación, pendiente de un estudio más pormenorizado en cada caso, el emplazamiento adecuado para las instalaciones fotovoltaicas deberá contemplar los siguientes aspectos:

Terrenos horizontales. Las líneas horizontales se integran mejor en el paisaje, evitando rupturas del plano de visión y reduciendo el espacio visible de la instalación. Son por tanto claramente preferibles los espacios llanos y, en los espacios ondulados, las zonas subsidentes. Normalmente, el emplazamiento sobre laderas dificulta su integración paisajística, en mayor medida cuanto mayor sea la pendiente de la ladera; en el caso de laderas son preferibles los rellanos intermedios u hombreras.

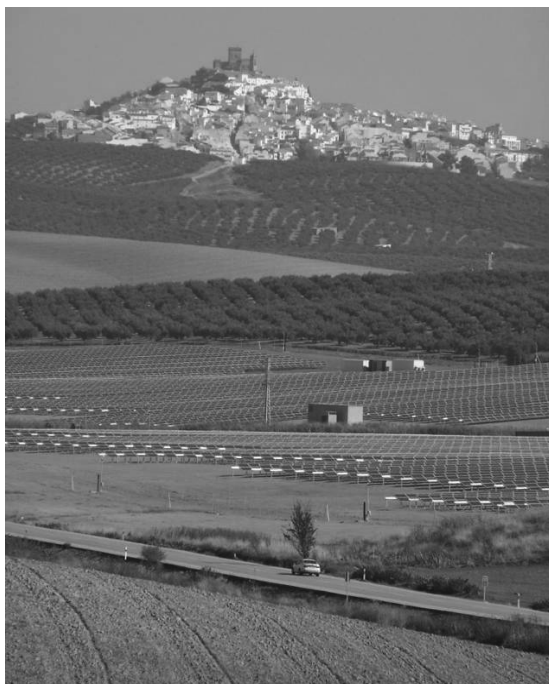
Cuenca visual reducida. El emplazamiento más apropiado estaría en el interior de pequeñas cuencas cerradas o semicerradas, como áreas subsidentes o estrechos valles fluviales

Reducida incidencia visual. alejándose de puntos de concentración o tránsito de la población, como las grandes infraestructuras viarias.

Alejamiento de elementos singulares del paisaje de interés cultural, como, entre otros, cementerios o cortijos tradicionales.

Conservación de las perspectivas de calidad existentes en su entorno (figura 15), en especial las emitidas desde vías de comunicación y espacios frecuentados por la población.

Figura 15. Emplazamiento en perspectivas de núcleos de población.



Los autores.

4.1.3. Densidad de plantas fotovoltaicas

En general, una densidad baja de plantas fotovoltaicas, más allá de la instalación puntual (que debe ser tratada como un elemento singular del paisaje), permite reducir su impacto mediante la aplicación de medidas de integración paisajística, especialmente si su diseño persigue también este objetivo y si el tamaño de las instalaciones es, al menos, moderado. En este sentido, debe cuidarse también la separación o distancia existente entre plantas, evitando que se unan en su percepción a media distancia.

4.1.4. Diseño conjunto de la planta fotovoltaica

Extensión. La integración en el paisaje es más factible con superficies pequeñas o moderadas. Desde el punto de vista de la extensión relativa, es aconsejable ajustar la superficie ocupada por la instalación con la extensión media del parcelario en la zona donde se vaya a ubicar.

Morfología exterior. La morfología exterior de la instalación también debe ajustarse a la dominante en el parcelario preexistente o en los componentes del paisaje dominantes: regular o irregular, lineal o masiva.

Adaptación al relieve. Las instalaciones deberán evitar la alteración de las condiciones fisiográficas de emplazamiento, persiguiendo la mayor adaptación posible al relieve preexistente. En terrenos inclinados, las estructuras deben disponerse de forma paralela a las curvas de nivel. En particular, se evitarán grandes movimientos de tierra y desmontes.

Composición interna. Aunque en muchas ocasiones la compartimentación de la planta se debe a razones jurídicas, en general deben evitarse las subdivisiones y, al menos, limitar las dimensiones de las franjas de separación. La composición debe tender a ser unitaria, ya que así es más viable su integración. Igualmente es aconsejable que se siga un único patrón de organización interna.

Incorporación de elementos preexistentes. El diseño de una instalación fotovoltaica debe contemplar la incorporación de componentes naturales y humanos del paisaje, en especial la vegetación arbórea (árboles aislados) y las construcciones (aisladas o en pequeñas agrupaciones) e instalaciones agrarias. En el caso de las edificaciones ruinosas, el proyecto puede contemplar su reutilización, por ejemplo como instalaciones técnicas auxiliares.

Vallados perimetrales. Como mejor opción, es preferible que el vallado se realice con materiales de escaso protagonismo visual, semitransparentes, como la malla metálica, cuyo cromatismo es muy semejante al de las estructuras de la instalación. Respecto a los trazados, se consigue un mayor grado de integración paisajística si los vallados siguen antiguas lindes y se adapta a las líneas del paisaje preexistente.

4.1.5. Diseño de los componentes de la planta fotovoltaica

Estructuras. En general, se integran en el paisaje con mayor facilidad las instalaciones fijas, con hileras de paneles, que las compuestas por seguidores exentos. Las principales razones son la menor altura que tienen las hileras, su disposición horizontal sobre el terreno y la mayor continuidad de los paneles. Por el contrario, los seguidores aislados son más

complicados de integrar paisajísticamente. Generan líneas verticales, y su discontinuidad limita su desarrollo horizontal y la continuidad de la textura de los paneles; además, introducen el movimiento. En cualquier caso, deben evitarse las mezclas de tipologías en la misma instalación fotovoltaica.

Desde el punto de vista de su inserción en el paisaje, sería importante avanzar en innovaciones en el diseño de estas estructuras, tanto en los seguidores aislados como en las hileras, al margen de su funcionalidad. La incorporación de formas innovadoras aportaría a la instalación una imagen de calidad. Hasta el momento, las instalaciones carecen de intenciones estéticas, dominando las morfologías cuadrangulares en los paneles, tanto en los fijos (rectangulares) como los situados sobre seguidores (cuadradas).

Los paneles, tanto en instalaciones fijas como sobre seguidores, se integran con mayor facilidad cuanto menor sea su tamaño, o, en otros términos, cuanto menor sea el número de módulos (si están estandarizados). Debe evitarse la utilización de estructuras de diferente tamaño, ya que las discontinuidades que producen aumentan su impacto paisajístico.

Una modificación del color hacia tonalidades presentes en su entorno puede ser una buena estrategia de integración para el caso de los seguidores. Para las estructuras fijas a suelo el tratamiento cromático es menos necesario, ya que son poco visibles. En los seguidores debe prestarse una especial atención al tratamiento cromático o textural de su base.

Módulos fotovoltaicos. El material que posiblemente produce un mejor resultado actualmente es el silicio monocristalino, por sus tonalidades grisáceas, frente a las azuladas más intensas del multicristalino y las más oscuras y variables del amorfo. Sin embargo, sus discontinuidades internas condicionan su integración, por lo que se debe prestar atención al tratamiento cromático de estas discontinuidades. Sería aconsejable también para el silicio multicristalino actuar cromáticamente sobre las líneas de división de células. Por su parte, el silicio amorfo tiene la gran ventaja de generar una superficie continua, aunque las tonalidades empleadas hasta el momento no son plenamente satisfactorias.

Una línea a explorar en el diseño de instalaciones fotovoltaicas es la creación de nuevos diseños de módulos. Hasta el momento, dominan las morfologías rectangulares. La única variación es su disposición, vertical o apaisada, cuya combinación es recomendable evitar. Sin embargo, solamente se encuentran diseños innovadores en actuaciones fotovoltaicas singulares y de carácter simbólico, como los denominados árboles fotovoltaicos.

Respecto al tamaño de los módulos, son aconsejables módulos amplios. Con ello se aumenta la continuidad, desapareciendo perfiles y espacios huecos entre los módulos.

El color de los módulos constituye otra vía a recorrer en la introducción de diseños de calidad en estas instalaciones: verdes en entornos cultivados, ocre o amarillos en zonas áridas, etc. Existen en el mercado disponibilidad de células fotovoltaicas de diferentes tonalidades, tanto en silicio monocristalino como en multicristalino, aunque su eficiencia disminuye, en mayor o menor medida, dependiendo del tono escogido. El silicio amorfo, que compensa su menor eficiencia con un coste de fabricación más bajo, también permite una cierta gama de colores, desde el marrón rojizo al gris oscuro. Respecto a los perfiles, debe optarse por soluciones que contengan marcos de escasa incidencia visual, y preferentemente de tonalidades oscuras.

Otros componentes. En las instalaciones técnicas auxiliares son aconsejables diseños con dominio de líneas horizontales sobre las verticales, y sobre todo, con un adecuado tratamiento cromático y textural, utilizando, por ejemplo, tonalidades terrizas y revestimientos

con piedra o mampostería o madera. En cualquier caso, es necesario evitar las mezclas de tonalidades en la misma planta fotovoltaica. Finalmente, es recomendable aprovechar las construcciones abandonadas preexistentes como instalaciones técnicas auxiliares.

Se propone sustituir el cableado rojo por otras tonalidades o recubrimientos, si la normativa lo permite, y, en caso contrario, situarlos en puntos poco visibles. Para la ubicación de las torretas debe seleccionarse el emplazamiento menos impactante visualmente. Los carteles y sus armazones, normalmente traducido en un único cartel de grandes dimensiones, debe tener un tratamiento de calidad que permita un mayor grado de integración paisajística, tanto en el material utilizado como en su morfología, en los colores, o en la tipografía. Debe evitarse la proliferación de carteles, especialmente los publicitarios.

El tratamiento de los viales atenderá a sus dimensiones (sobre todo la anchura), y especialmente el firme, adaptándolo cromáticamente a su entorno. En viales situados en zonas inclinadas el trazado debe adaptarse a la topografía, evitando desmontes y terraplenes. Para las cunetas y desagües se requiere una adaptación morfológica, de texturas y cromática a su entorno.

El tratamiento más inmediato de los espacios libres, tanto los intermedios como los perimetrales, es el vegetal, con especies herbáceas, particularmente las existentes en los terrenos aldeaños. Supone un acierto la conservación de ejemplares arbóreos, especialmente en entornos arbolados. Otra posibilidad de tratamiento de los espacios libres podría ser, en determinadas zonas, el pétreo, empleando materiales dominantes en su entorno.

El suelo existente bajo las estructuras, especialmente bajo los seguidores, debe ser objeto también de algún tipo de tratamiento para reducir la incidencia visual del terreno desnudo en aquellas zonas donde produzca un gran contraste. Las dos alternativas antes expuestas, la vegetal (figura 16) y la pétreo, podrían aplicarse también a estos terrenos.

Figura 16. Tratamiento vegetal de suelos.



Los autores.

4.1.6. Ordenación interior de los componentes

Estructuras. Para garantizar un mayor grado de integración, las hileras deben estar dispuestas de forma regular, paralelas a las curvas de nivel en los terrenos inclinados, y con la separación mínima que técnicamente se requiera. Una mayor separación supone la aparición de franjas horizontales entre las propias hileras. También es aconsejable que prolonguen, en su caso, las alineaciones existentes en su entorno. Es recomendable, finalmente, evitar la combinación de diferentes orientaciones en la misma planta.

Los seguidores aislados, por su parte, deben tender también a su concentración, intentando crear una masa homogénea de paneles. Su disposición debe guardar semejanzas con las existentes en su entorno, especialmente si es arbolado.

Instalaciones técnicas auxiliares. Siempre que los requerimientos técnicos lo permitan, es preferible una disposición irregular de estas edificaciones, e incluso agrupada en determinados puntos, particularmente en los menos visibles. Si no están agrupadas, resulta aconsejable que las instalaciones técnicas tiendan a organizarse en el espacio siguiendo el patrón de distribución del hábitat disperso o de las casas de aperos.

4.2. Medidas correctoras

Por sus dimensiones, la efectividad de las medidas correctoras sobre el conjunto de la planta fotovoltaica es limitada, siendo prácticamente imposible ocultar o diluir su impacto. En cambio, pueden ser muy pertinentes para la adecuación paisajística de algunas partes de la planta: taludes, vallados perimetrales o viales interiores. También resultan aconsejables en el tratamiento de las estructuras, especialmente de sus vistas traseras y laterales.

Entre las medidas correctoras, las pantallas vegetales son las más frecuentes; sin embargo, su aplicación es limitada, ya que no pueden dar sombra a la instalación; tiene más sentido en el caso de instalaciones con seguidores, que alcanzan una mayor altura, o de instalaciones situadas a cotas más elevadas que los puntos de visión. Se emplean en mayor medida en el tratamiento de los vallados perimetrales. En el diseño de pantallas vegetales es muy importante elegir bien las especies vegetales, adecuándose a las existentes en su unidad de paisaje, así como evaluar el efecto que la introducción de geometrías puede producir. Otra posibilidad es la creación o mantenimiento de pantallas vegetales alejadas de la instalación y situadas en las perspectivas existentes desde los puntos de mayor incidencia visual.

Otro tipo de medidas correctoras son de índole topográfica, como el empleo de ligeros movimientos de tierra y la utilización como pantallas de las plataformas (figura 18) creadas para otras infraestructuras limítrofes (canales, caminos). Más puntualmente, las medidas correctoras pueden ir desde la construcción de muretes de piedra a la plantación de especies vegetales (herbáceas, arbustivas), pasando por el revestimiento cromático o textural de determinados componentes de la instalación.

Figura 17. Plataforma de carretera como pantalla visual.



Los autores.

Las medidas correctoras pueden aplicarse de forma prioritaria a los diferentes márgenes de la instalación, aunque de un modo preferente en los laterales y en su parte trasera.

5. CONCLUSIONES

Las previsiones apuntan a que, al menos a medio plazo, el desarrollo de la energía fotovoltaica proseguirá, aunque a un ritmo mucho más sostenido. Por ello, encajar en el medio rural este nuevo uso del suelo emerge como un reto de naturaleza territorial y paisajística. Su ordenación y, sobre todo, la introducción del diseño de calidad en su creación, deben entenderse, tanto por la Administración como por la iniciativa privada, como ineludibles para garantizar su correcta integración. En este contexto, la incorporación de medidas de integración paisajística constituye una herramienta muy útil para conseguir esa finalidad. Al mismo tiempo, las centrales fotovoltaicas se convierten en nuevos objetos de trabajo para el desarrollo de metodologías genéricas de integración paisajística, y abre nuevas perspectivas de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- ASIF (2009): *Hacia la consolidación de la energía solar fotovoltaica*. Informe Anual, Madrid.
- AYUGA TÉLLEZ, F. (Dir.) (2001): *Gestión Sostenible de Paisajes Rurales, Técnicas e Ingeniería*. Madrid, Fundación Alfonso Martín Escudero.

- EUROPEAN UNION (2007): *Eurobarometer 2007. Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures*. Luxembourg.
- FROLOVA, M. Y PÉREZ PÉREZ, B. (2009): “El desarrollo de las energías renovables y el paisaje: algunas bases para la implementación de la convención europea del paisaje en la política energética española”, *Cuadernos Geográficos*, 43, pp. 289-309, Granada.
- GIL GARCÍA, G. (2008): *Energías del siglo XXI: de las energías fósiles a las alternativas*. Madrid, Mundi-prensa.
- KASTNER, J. (ed.) (2005): *Land Art y arte medioambiental*. Londres, Phaidon.
- MARTÍN CHIVELET, N. Y FERNÁNDEZ SOLLA, I. (2007): *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*. Barcelona, Reverté.
- MÉRIDA RODRÍGUEZ, M. (DIR.), LOBON MARTÍN, R. *et al.* (2004): *Integración paisajística de la arquitectura en los Parques Naturales Andaluces y sus Áreas de Influencia Socioeconómica*. Informe técnico, Sevilla, Consejería de Medio Ambiente, Inédito.
- MÉRIDA RODRÍGUEZ, M. Y LOBÓN MARTÍN, R. (Coords.) (2009): *Estimación de impactos y propuestas de integración paisajística en las instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica en Andalucía*. Informe Técnico, Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes. Inédito.
- WINTER, C. (1991): *Solar power plants: Fundamentals, technology, system, economics*. Berlín, Springer-Verlag.
- ZOIDO, F. Y VENEGAS, C. (Coords.) (2002): *Paisaje y Ordenación del Territorio*. Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes - Junta de Andalucía, Fundación Duques de Soria.