

Paisajes solares
Integración paisajística
de plantas fotovoltaicas
en Andalucía



Paisajes solares
Integración paisajística
de plantas fotovoltaicas
en Andalucía



JUNTA DE ANDALUCÍA
Consejería de Obras Públicas y Vivienda

Centro de Estudios
Paisaje y Territorio

Paisajes solares: integración paisajística de plantas fotovoltaicas en Andalucía / autores, Matías Mérida Rodríguez...[et al.] . – Sevilla : Consejería de Obras Públicas y Vivienda, 2012.

132 p. : il. fot. col.; 18 cm. + disco compacto
D.L.
ISBN: 978-84-7595-274-1

1. Paisaje- Andalucía. 2. Recursos energéticos renovables - Andalucía. I. Mérida Rodríguez, Matías II. Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Vivienda.

Equipo realizador

Coordinadores

Matías Mérida Rodríguez y Rafael Lobón Martín

Autores

Matías Mérida Rodríguez, Rafael Lobón Martín, María Jesús Perles Roselló
Belén Zayas Fernández. Sergio Reyes Corredera y Francisco José Cantarero Prados

Dirección y seguimiento institucional

Consejería de Obras Públicas y Vivienda:
Juan Luis Díaz Quidiello y Luis Ramajo Rodríguez
Centro de Estudios Paisaje y Territorio:
Pascual Riesco Chueca y Florencio Zoido Naranjo

Fotografía

Los autores

© Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Vivienda
© Los autores. Centro de Estudios Paisaje y Territorio

Coordina la edición

Secretaría General Técnica. Servicio de Publicaciones

ISBN: 978-84-7595-274-1
Nº Registro: JAOPV/SGT-26-2011

Diseño Gráfico: Faustina Morales
Maquetación: Teresa Barroso, Ensenada3
Corrección: Salud Moreno Alonso
Impresión: Egondi Artes Gráficas
Depósito Legal: SE-2403-2012

Desde la Junta de Andalucía se apuesta por la generación y mejora del conocimiento de nuestros paisajes, que se considera una condición necesaria para la mejor ordenación y gestión sostenible del territorio de Andalucía y sus recursos. Este interés viene apoyado por esta Consejería, entre otras líneas de acción, a través de sucesivas convocatorias de subvenciones encaminadas a impulsar la investigación en materia de paisaje, que tienen por objeto favorecer el estudio y conocimiento del paisaje, en trabajos promovidos desde la universidad y desde el ejercicio profesional en diversas materias. Ello también, con el objeto de contribuir a mejorar la acción de las Administraciones y de los agentes que actúan sobre el territorio y dotar de intención paisajística sus intervenciones.

A esta intención responde el trabajo que aquí se ofrece, como resultado de una de estas ayudas a la investigación que ha dado sus frutos en forma de estudio de interés para la acción pública sobre el paisaje. El presente trabajo constituye una aportación valiosa y oportuna, al tiempo que novedosa, sobre la consideración del paisaje en las instalaciones generadoras de energía fotovoltaica en Andalucía.

Andalucía ha apostado por las energías renovables como fuentes no contaminantes en línea con los compromisos energéticos de la Unión Europea, y ha adquirido un liderazgo internacional en este sector, especialmente en cuanto a la energía solar. Resultado de ello ha sido la extensión de estas instalaciones a lo largo del territorio andaluz en los últimos años, que por sus características están creando, también, nuevos paisajes.

Este trabajo aborda el hecho, asociado a estas instalaciones, de su dimensión paisajística y lo hace desde diversas perspectivas, considerando sus características visuales, sus relaciones con el entorno en el que se ubican, las percepciones que de dichas instalaciones se van configurando en la sociedad y ofreciendo ideas y propuestas para hacer de estos nuevos paisajes espacios de desarrollo más cualificados e imbuidos de buenas prácticas paisajísticas. De ahí el valor de sus aportaciones.

Por otro lado, el proceso de implantación de instalaciones fotovoltaicas presumiblemente se mantendrá en los próximos años siendo necesario alimentar el bagaje de reflexiones, ideas y criterios paisajísticos para las nuevas implantaciones o mejora de las existentes, y facilitar a las administraciones la evaluación de su incidencia paisajística y la adopción de medidas de integración. De aquí, también, la oportunidad de estos planteamientos.

El trabajo tiene, además, una componente importante de novedad porque en Andalucía y en España en general son escasas y fragmentarias las valoraciones y aportaciones a la consideración paisajística de este tipo de instalaciones.

Las reflexiones y propuestas paisajísticas que se ofrecen con esta investigación pueden servir de estímulo a nuevas aproximaciones y reflexiones desde otras instancias que ayuden, en definitiva, a afrontar con éxito las demandas y necesidades territoriales, ambientales y paisajísticas asociadas a las tendencias evolutivas y transformaciones del territorio andaluz. Difundir y compartir estas reflexiones es el propósito de esta publicación.

Gloria Vega González
Secretaria General de Ordenación del Territorio y Urbanismo



El Centro de Estudios Paisaje y Territorio, creado por convenio entre la Consejería de Obras Públicas y Transportes y las Universidades Públicas de Andalucía en 2005, es integrante del Sistema Andaluz de Agentes del Conocimiento como "centro de investigación" desde 2011 y viene impulsando tres líneas prioritarias de dedicación:

- Mejorar el conocimiento de los paisajes andaluces,
- sensibilizar, educar y formar especialistas,
- asesorar a las administraciones públicas.

Una tarea que sirve simultáneamente para lograr este triple objetivo ha sido la de alentar, asesorar y hacer el seguimiento de las dos convocatorias (2007 y 2009) de la citada Consejería de ayudas a la investigación en materia de paisaje que, en total, impulsaron y dotaron seis interesantes proyectos científicos, casi todos ya terminados. Esta publicación da a conocer por primera vez uno de ellos y habrá de convertirse en referencia obligada en una temática en la que existen por ahora pocos antecedentes.

El Convenio Europeo del Paisaje (Florenca, 2000), ratificado por España y vigente desde marzo de 2008, plantea, entre otros retos, que el paisaje sea tenido en cuenta por las actuaciones y políticas que inciden en él. Este reto se va desarrollando en el conjunto de Europa, no sólo según los distintos Estados, sino también respecto a las diferentes políticas. Las relativas a las nuevas fuentes de energía están adquiriendo, por múltiples razones, un especial protagonismo.

La expansión de las instalaciones propias de las energías renovables en el territorio andaluz se ha convertido en una realidad paisajísticamente muy significativa en los primeros años de la presente centuria. En dicha etapa ha habido cierta dedicación intelectual y científica a establecer las relaciones entre energías renovables y territorio en general y a la energía eólica en particular, pero se ha reflexionado poco en cuanto se refiere, en dicha perspectiva, a la energía solar, particularmente en el caso de la fotovoltaica, la de mayor y más reciente dinamismo en diferentes lugares de Andalucía¹.

La presente publicación, resultado de la investigación realizada por un amplio equipo coordinado por el profesor Matías Mérida y el arquitecto Rafael Lobón, encuadra e informa con precisión de dicho proceso, da las claves generales de la evaluación paisajística de esta clase de instalaciones y añade un valioso capítulo final dedicado a criterios de integración en diferentes tipos de paisajes andaluces. La bibliografía y los anexos son también de calidad e inestimable valor práctico.

Como responsable de un centro de investigación dedicado al territorio y al paisaje quiero manifestar mi satisfacción por haber contribuido a hacer posible esta publicación y darla a conocer, agradeciendo al equipo investigador y a la Universidad de Málaga el esfuerzo realizado. Al mismo tiempo deseo subrayar dos ideas generales que considero de gran importancia para la reflexión y la práctica en esta temática en el futuro inmediato. En primer lugar la mayor proximidad y afinidad de las energías renovables respecto a los territorios;

1. Ver, a título de ejemplo, la publicación Energías renovables: paisaje y territorio del Grupo de Estudios Avanzados sobre Territorio y Medio Ambiente, editada en 2010 con el apoyo de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía y de Red Eléctrica de España.

frente al fuerte carácter exógeno de la energía basada en recursos fósiles, las renovables se sustentan en características propias del ámbito en que se insertan (horas de sol, fuerza y continuidad de los vientos, producción local de biomasa); este hecho lo entiendo como una invitación general a relacionar mejor la producción y el consumo de energía con el propio territorio. La diversidad territorial debería impulsar modelos energéticos más endógenos y territorializados en un futuro próximo.

En segundo lugar la relación entre instalaciones de energía renovable y paisaje está por desarrollar. Se trata de hechos nuevos, de objetos a los que nuestra visión no está habituada, que debemos aprender a colocar y a entender en el paisaje. Ya nuestras percepciones más básicas están empezando a discriminar en relación con los aerogeneradores, valorados a veces como instalaciones que realzan la singularidad de un determinado lugar. Un reciente informe encargado por el Consejo de Europa² aporta criterios y muestra ejemplos significativos, y, además, subraya una conclusión de gran interés: estas infraestructuras “deben ser objeto de planificación a escala territorial aplicando principios de ordenación; en ello está la clave de su buena inserción en el paisaje y, consecuentemente, de una coherencia general comprensible y aceptada por gran parte de la población”.

Florencio Zoido Naranjo
Director del Centro de Estudios Paisaje y Territorio

2. Emmanuel CONTESSE (2010), “Paysages et éoliennes”, 6ª Conferencia del Consejo de Europa sobre el Convenio Europeo del Paisaje, Estrasburgo (ver en [http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/Landscape/ReunionConf/6eConference/CEP-CDPATEP\(2011\)11_en.pdf](http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/Landscape/ReunionConf/6eConference/CEP-CDPATEP(2011)11_en.pdf))

Índice

Introducción	11
Capítulo 1	
Estructura y funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas	23
Capítulo 2	
El territorio andaluz y las instalaciones fotovoltaicas	29
Capítulo 3	
La incidencia paisajística de las plantas fotovoltaicas y su percepción social	37
Capítulo 4	
Líneas estratégicas, criterios y medidas de integración paisajística	49
Capítulo 5	
Factores de repercusión paisajística. Caracterización, efectos sobre el paisaje y propuestas de integración paisajística	55
Capítulo 6	
Medidas correctoras del impacto paisajístico	113
Capítulo 7	
Orientaciones específicas de integración paisajística para los grandes paisajes de Andalucía	119
Bibliografía	131



Introducción



La aparición y espectacular desarrollo de instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica sobre suelo, las denominadas plantas fotovoltaicas, o más coloquialmente huertos solares, incorpora también una compleja dimensión paisajística, especialmente en aquellos territorios donde más intensa ha sido su expansión, como ha ocurrido en España y con especial incidencia en Andalucía. La localización de estas instalaciones en entornos rurales, la gran cantidad de superficie ocupada y la singular tipología de sus componentes han generado importantes cambios paisajísticos en los lugares donde se han implantado. La transformación del paisaje se ha producido, además, de una forma muy rápida y

calificar como una *paradoja medioambiental*: instalaciones de potencial incidencia sobre el paisaje, pero percibidas como medioambientalmente positivas. Esta paradoja posee una doble lectura. Por un lado, la restricción no constituye una opción viable; por otro lado, su inserción en el paisaje, su integración, resulta más factible partiendo de una valoración social y política favorable.

En este contexto se sitúa el proyecto de investigación "Estimación de impactos y propuestas de integración paisajística de las instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica en Andalucía", subvencionado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, cuyo propósito general es analizar las relaciones

Perspectivas de las energías renovables

Las energías renovables han experimentando un fuerte desarrollo en los últimos años y cuentan, además, con un creciente apoyo entre la opinión pública y los responsables políticos. Los problemas originados por las bruscas oscilaciones del precio del petróleo, con recientes incrementos exponenciales, la dependencia estratégica generada en la mayoría de países occidentales respecto de los países exportadores de hidrocarburos y las obligaciones impuestas por el fenómeno del cambio climático, que aconseja y obliga al desarrollo de fuentes de energía no contaminantes, han convertido a las fuentes de energía renovables en



Fotografía 1. Planta fotovoltaica (Las Gabias, Granada)



Fotografía 2. Planta fotovoltaica (Casabermeja, Málaga)

en fechas muy recientes, dejando apenas espacio para el análisis de las profundas modificaciones del paisaje que implican y para la reflexión sobre las posibles medidas que se pudieran adoptar de regulación y planificación territorial. El análisis se hace más complejo si se tiene en cuenta la imagen medioambientalmente positiva de la energía solar, particularmente su carácter de energía limpia y renovable, en un contexto de intenso debate sobre la energía. Emerge, por tanto, lo que se podría

existentes entre estas novedosas instalaciones y el paisaje. Más concretamente, el proyecto contempla como objetivos la caracterización paisajística de las plantas fotovoltaicas existentes en Andalucía, la evaluación de sus repercusiones sobre el paisaje, incluyendo la exploración de su percepción social, y el establecimiento de propuestas de integración paisajística, tanto de carácter general como adaptadas a los principales tipos de paisaje andaluces.

un sector con gran potencial de futuro. En este sentido, la Unión Europea, a través de la Directiva 2009/28/CE, obliga a España a producir en 2020 un 20% de su energía a través de fuentes de energía renovables, y un 40% en el caso de la generación eléctrica. En la actualidad, estos porcentajes se sitúan aproximadamente en la mitad de los previstos, alcanzando, respectivamente, el 9,4% y el 24,7% (PANER, 2010), por lo que existe un amplio margen de crecimiento. Además,



la citada Directiva establece un objetivo específico para los vehículos de transporte, en los que el 10% de la energía consumida debe provenir de fuentes renovables. Los coches eléctricos (algunos incorporando techos fotovoltaicos) o híbridos comienzan a aparecer en el mercado, con unas previsiones de importantes crecimientos, mientras que en la planificación energética la red de conexiones eléctricas (electro-gasolineras) comienza a tomar cuerpo, aunque todavía se encuentre en una fase prácticamente experimental.

La actual crisis económica no parece haber afectado sustancialmente a la potencialidad futura de estas fuentes de energía, al menos a medio y a largo plazo, si bien ha detenido su crecimiento desaforado (como ha ocurrido con la fotovoltaica en España) al recortar la Administración las importantes subvenciones que lo alentaron. Junto a esta relativa dependencia de la intervención pública, cuyo cuestionamiento está constituyendo el talón de Aquiles del sector, otras circunstancias han ralentizado el desarrollo de las fuentes de energía renovables a corto plazo, como el relativo descenso del precio del petróleo, motivado por la menor demanda, y especialmente la competencia de la energía nuclear. Sin embargo, en general las expectativas a largo plazo de las energías renovables se mantienen, frente a los hidrocarburos (previsibles incrementos de precio, coste medioambiental, dependencia estratégica) y frente a los riesgos que aún concita entre la población la energía atómica. En concreto, España prevé superar en 2020 los porcentajes establecidos por la Comisión Europea, representando las renovables el 22,7% de la producción de energía primaria y el 42,3% de la eléctrica (PANER, 2010).

En el plano político, la administración estadounidense, presidida por Barack Obama, ha apostado por impulsar la producción de energías renovables como una de las fórmulas de estímulo para la recuperación económica y como exponente de

un nuevo modelo de desarrollo, más respetuoso con el medio ambiente. En alguna de sus declaraciones ha citado a España, junto a Alemania, como países a imitar en el apoyo a las energías renovables. La presencia de las energías renovables en el discurso del mandatario norteamericano es muy frecuente, y ha pasado a formar parte habitual de los discursos de otros gobernantes como uno de los pilares de un nuevo orden económico, y a más corto plazo, como uno de los posibles revulsivos de salida de la crisis. El estado de California, por ejemplo, está apostando fuertemente por estas energías como vía de solución de sus conocidos problemas energéticos.

Pero el impulso de las energías renovables no procede únicamente de las naciones más desarrolladas. También importantes países de los denominados emergentes, como es el caso de China, están fomentando el desarrollo de las energías renovables, tanto en su producción como en la fabricación de componentes. La reducción de la dependencia energética (y consiguientemente geopolítica) y los compromisos de reducción de las emisiones de CO₂ se encuentran detrás del giro energético del gigante asiático.

La energía solar fotovoltaica. Génesis y desarrollo

El estudio de la energía fotovoltaica hunde sus raíces en el siglo XIX. Se considera a Alexandre Becquerel el descubridor del efecto fotovoltaico en 1839, al experimentar con láminas de plata expuestas al sol. En 1876, Adams y Day construyeron la primera fotocélula, aprovechando la variación de las propiedades del selenio expuesto a la luz. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884 y estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro. El efecto fotoeléctrico fue descrito por primera vez por Heinrich Hertz en 1887, mientras la explicación

teórica fue construida por Albert Einstein en 1905 con su formulación de la fotoelectricidad, basada en los cuantos de Max Planck. Los Laboratorios Bell Telegraph, entre otros, investigaron en torno a 1950 las propiedades de los semiconductores, dando comienzo la era del transistor. Se empezó a utilizar el silicio como material semiconductor, generalizándose su uso al ser un elemento extraordinariamente abundante en la naturaleza.

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica, hasta llegar a su uso comercial, se inicia en 1955 cuando la industria estadounidense produce los primeros paneles fotovoltaicos para aplicaciones espaciales, imponiéndose a otras alternativas. Este hecho, junto al paulatino incremento de su eficiencia productiva, supuso un impulso muy importante en su expansión. La dificultad para trasladar la tecnología espacial fotovoltaica a su utilización terrestre radicaba en su alto coste de producción, que si bien para las pequeñas instalaciones a bordo de los satélites resultaba irrelevante, lo hacía prácticamente inviable para su aplicación al consumo eléctrico.

Fue Elliot Berman quien en los primeros años 70 consiguió reducir el coste de producción de la fotocélula hasta situarlo en una quinta parte, pero manteniendo un alto porcentaje de su rendimiento. La fórmula elegida consistió en el uso de un silicio de menor pureza. Este salto cualitativo permitió convertir en rentables las instalaciones fotovoltaicas aisladas de pequeño consumo eléctrico, desde las señalizaciones marítimas hasta las edificaciones rurales situadas en zonas de difícil acceso.

La investigación en las últimas décadas ha conseguido reducir los costos, principalmente por la producción a gran escala de los paneles solares para abastecer la proliferación de plantas de generación fotovoltaica conectadas a red. Sin embargo, el avance en eficiencia energética está siendo más lento, centrándose, en las plantas fo-

tovoltaicas, en el uso de sistemas de seguimiento solar automatizado, campo en el que se ha experimentado con todo tipo de soluciones.

Las últimas innovaciones en la tecnología fotovoltaica han llegado por la diversificación en el uso de variantes del silicio, lo que ha permitido un mayor catálogo de fotocélulas para superar la tecnología de los paneles solares. Entre ellas, las tecnologías de láminas continuas o capa fina son las que están permitiendo su aplicación experimental en la arquitectura contemporánea a la vez que abren nuevas perspectivas de aplicaciones continuas a gran escala.

La energía solar fotovoltaica. Situación y perspectivas

En el contexto general de desarrollo de las energías renovables, el progreso experimentado por la energía solar ha sido muy significativo en los últimos años. Tradicionalmente vinculada a la producción de agua caliente (energía solar térmica) y a la electrificación de edificaciones aisladas, desde hace algunos años, particularmente desde 2005, los principales proyectos se centran en la producción de electricidad con conexión a red, bien mediante tecnología fotovoltaica o bien

mediante tecnología termosolar de media y alta temperatura.

La primera, la energía fotovoltaica, se produce tanto en edificios como, especialmente en España, en centrales de producción de medianas y grandes dimensiones, los denominados huertos solares, plantas fotovoltaicas o centrales fotovoltaicas, instalaciones que constituyen el objeto de estudio de este trabajo. La segunda, la energía termosolar, se genera en grandes plantas de producción, utilizando diferentes tipos de concentradores solares para calentar un líquido (normalmente aceite) a la temperatura necesaria para caldear el vapor que

TABLA 1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN ESPAÑA A TRAVÉS DE FUENTES RENOVABLES

ENERGÍA PRIMARIA (KTEP)								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ÁREAS ELÉCTRICAS								
Biomasa	131	139	103	242	433	553	563	683
Biogás	37	47	51	60	71	95	181	185
RSU	203	226	227	276	304	351	281	377
Eólica	116	232	403	596	826	1.037	1.383	1.799
Hidráulica	3.102	2.246	2.535	3.528	1.998	3.533	2.714	1.628
Fotovoltaica	1	1	2	2	3	3	5	7
Mixtas Eólica Fotovoltaica	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ELECTRICIDAD	3.590	2.891	3.321	4.704	3.635	5.572	5.127	4.679
ÁREAS TÉRMICAS								
Biomasa	3.299	3.317	3.340	3.356	3.361	3.388	3.428	3.444
Biogás	24	25	25	25	28	28	28	36
Biocarburantes	0	0	51	51	121	184	228	265
Solar térmica	26	28	31	36	41	47	53	62
Geotermia	4	5	8	8	8	8	8	8
TOTAL TÉRMICAS	3.353	3.375	3.455	3.476	3.559	3.655	3.745	3.815
TOTAL RENOVABLES	6.943	6.266	6.776	8.180	7.194	9.227	8.872	8.494

Fuente: IDEA. Santamarta Florez: "Energías Renovables en España", Revista World Watch, edición española, Gaia Proyecto 2050



pone en funcionamiento las turbinas. Las experiencias pioneras se localizaron en el sur de California, con las ya míticas instalaciones de Solar One y Solar Two en Dagget, con 1.800 espejos planos y torre de 100 metros. Estas instalaciones han encontrado continuidad en Andalucía, convirtiéndola en referente internacional de esta tecnología. Destacan especialmente las plantas PS10 y PS20, en Sanlúcar la Mayor (Sevilla), compuestas por miles de helióstatos que concentran la radiación solar en sendas torres de 115 y 165 metros de altura.

En 2009 la energía solar supuso el 0,5% de la generación de energía primaria y el 2,3% de la energía eléctrica (PANER, 2010). De este porcentaje, el 2% corresponde a la energía fotovoltaica y el 0,3% a la termosolar. En particular, la energía fotovoltaica ha experimentado en España una expansión fulgurante en los últimos años, debido en buena parte al impulso de las subvenciones públicas, la denominada prima de producción, superando ampliamente las previsiones de la Administración. Las cifras establecidas en el RD 661/2007, de 371 MW conectados a red en 2010, fueron absolutamente desbordadas durante el propio 2007 y sobre todo durante 2008, alcanzando a finales de dicho año los 3.300 MW (ASIF, 2009).

De esta forma España se ha convertido en una potencia en materia de energía fotovoltaica situándose en el segundo puesto mundial, sólo por detrás de Alemania (5.308 MW) y por delante de países como Japón o Estados Unidos. Las cifras de 2008 reflejan el espectacular incremento registrado en España: 2.600 MW instalados en ese año, el 45% del total mundial, por delante de Alemania (1.500 MW, el 27% mundial). Gran parte de este desarrollo se debe a las plantas fotovoltaicas. El incremento de centrales fotovoltaicas ha sido muy importante, suponiendo un incremento de la capacidad de generación eléctrica, así como del territorio dedicado a este novedoso uso del suelo.

Las condiciones climáticas existentes en España han favorecido la expansión de estas instalaciones, alcanzándose cifras muy destacadas a nivel mundial. Cualitativamente relevante ha sido también la incorporación de la iniciativa privada a este tipo de proyectos, que ha despertado el interés de un elevado número de inversores y de importantes empresas. Por otra parte, empresas españolas participan en la construcción y gestión de plantas fotovoltaicas en otros países.

El elevado coste económico y la detección de fenómenos especulativos movieron al Gobierno a la elaboración de un marco regulatorio más restrictivo. Así, el Real Decreto 1578/08 establece un cupo de potencia máxima de 500 MW al año hasta 2011, además de reducir la retribución en torno a un 30%, frenando de este modo el rápido ritmo de crecimiento experimentado en los últimos años. Respecto a las plantas fotovoltaicas en particular, establece una limitación de potencia de 10 MW para las nuevas centrales. Por el contrario, el Decreto privilegia el segmento de producción en edificios, de escaso desarrollo en España respecto a otros países europeos, como Alemania, otorgándole una retribución ligeramente superior. Recientemente un nuevo marco regulatorio, el Real Decreto 1565/2010, elaborado en un contexto de crisis económica, reduce sensiblemente la prima de producción, en especial para la energía generada en instalaciones fijas a suelo (plantas fotovoltaicas).

A pesar de los indudables efectos restrictivos de los nuevos marcos normativos, las perspectivas del sector fotovoltaico siguen apuntando a un importante desarrollo en el futuro, tanto en plantas de producción sobre suelo como, con mayor intensidad que en la actualidad, en edificios. Se estima que la potencia instalada en 2020 alcance los 8.367 MW (PANER, 2011), que supondrá el 3,6% de la generación total de energía eléctrica. Por otra parte, se prevé un progresivo incremen-

to de la eficiencia productiva de esta tecnología, acercándose paulatinamente, según las previsiones del sector en 2013, a la denominada Paridad de la Red, esto es, competir a precio de mercado sin depender de subvenciones (ASIF, 2009). Simultáneamente, los proyectos centrados en edificios (los denominados edificios solares), tanto de promoción pública como privados, están recibiendo también un nuevo impulso, multiplicando su número y abarcando una variedad cada vez mayor de tipologías. En este sentido, la inclusión de la energía solar fotovoltaica en el nuevo Código Técnico de la Edificación (2006) y la obligatoriedad de su instalación en edificios de gran consumo energético ha supuesto también un estímulo para su desarrollo, semejante al recibido por la energía solar térmica para agua sanitaria, obligatoria en todas las nuevas construcciones.

Un referente para el análisis de la evolución y desarrollo de la energía fotovoltaica en España y en Andalucía lo ha supuesto el Plan de Energías Renovables de España 2005-2010, que determinaba los objetivos a cumplir en esta materia hasta el año 2010, estando próximo su vencimiento temporal. No obstante, algunas reflexiones establecidas en dicho Plan siguen teniendo vigencia. Por ejemplo, las dirigidas a establecer las principales limitaciones. Según se indica en el Plan, *“las medidas que se plantean en el área de solar fotovoltaica están dirigidas a salvar las barreras de carácter económico, tecnológico, normativo y social identificadas. El éxito de los objetivos establecidos en el Plan se encuentra principalmente ligado a salvar dichas barreras”*. También es significativo en el diagnóstico del Plan la propuesta de *“salvar las barreras de carácter social identificadas”*, lo que pone de manifiesto el interés en profundizar sobre la opinión social que reciben estas instalaciones, materia que se aborda de forma experimental en este estudio mediante la realización de una encuesta. Por otra parte, este documento aboga por



Fotografía 3. Planta fotovoltaica (Cúllar, Granada)

la integración de las estructuras e instalaciones, aunque limitando dicha integración a los edificios. Como recoge el Plan, “la *integración arquitectónica supone uno de los mayores retos de la energía solar fotovoltaica para los próximos años*”. En este sentido, trasladar esta aseveración a los entornos rurales y a las plantas sobre suelo constituye el objetivo central de este estudio.

El Plan de Energías Renovables 2005-2010 ha sido sustituido por el Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PANER), ya publicado. Además de estimar la cantidad de energía generada por las instalaciones fotovoltaicas, apunta al crecimiento de instalaciones en edificaciones, que supondrían el 67% frente al 33% que representarían las instalaciones en suelo con seguimiento. Igualmente, pre-

vé un desplazamiento progresivo de la ubicación de las instalaciones hacia las zonas con mayor radiación. Es reseñable que en este documento tan solo aparezca una referencia al paisaje, indirecta y relativa a la energía eólica de origen marino.

El PANER establece las siguientes medidas específicas para el sector solar (térmica, fotovoltaica y termosolar):

Denominación y referencia de la medida	Tipo de medida	Resultado esperado	Grupo y/o actividad a la que se destina	Existente o en proyecto	Fechas de inicio y final de la medida
1. Medidas de difusión, promoción y adaptación reglamentaria de las instalaciones solares (fotovoltaicas, térmicas y termoeléctricas) para fomentar su penetración horizontal en todos los sectores (edificación, agropecuario, industrial y servicios).	Financiera Reglamentaria Campaña de información	Cambio de actitud hacia la energía solar	Administración Pública Instaladores Promotores y usuarios finales Existente	Existente	2010-2020
2. Desarrollo de los mecanismos necesarios para fomentar las instalaciones de desalación basadas en tecnologías solares (térmica de baja temperatura, fotovoltaica y termoeléctrica).	Financiera	Facilitar el despegue de nuevos usos para las tecnologías solares	Administración Pública Promotores Centros tecnológicos y de investigación	En proyecto	2010-2020
3. Impulso de proyectos para la optimización de las instalaciones solares térmicas que incluyan soluciones integrales (ACS, calefacción y refrigeración).	Financiera Campaña de información	Optimización de los sistemas solares Mejora de rentabilidad	ESE, Centros tecnológicos, fabricantes, instaladores y usuarios	En ejecución o en proyecto	2010-2020



Denominación y referencia de la medida	Tipo de medida	Resultado esperado	Grupo y/o actividad a la que se destina	Existente o en proyecto	Fechas de inicio y final de la medida
4. Medidas para la profesionalización del sector y para fomento del cambio de percepción de los usuarios mediante la difusión de las ventajas de la energía solar así como de los derechos y obligaciones de sus usuarios.	Campaña de difusión	Cambio de actitud hacia la energía solar	Instaladores Promotores y usuarios finales.	En proyecto	2010-2020

Energía solar fotovoltaica en Andalucía

Andalucía, una de las regiones de Europa con mayor número de horas de sol, posee un gran potencial para el desarrollo de centrales de energía solar, tanto fotovoltaicas como termosolares. La existencia de grandes extensiones de terreno sin urbanizar en los espacios rurales andaluces posibilita la ubicación de este tipo de instalaciones, altamente consumidoras de terreno. De hecho Andalucía se sitúa actualmente en el segundo lugar entre las Comunidades Autónomas en potencia fotovoltaica instalada, con 675 MW en 2010, sólo detrás de Castilla-La Mancha, con 812 MW. Por provincias, Sevilla y Córdoba ocupan respectivamente el octavo y noveno lugar nacional, con cifras que superan los 150 MW. Por el contrario, las provincias de Málaga y Cádiz son las que poseen un volumen menor de potencia instalada, con 40,4 y 41,7 MW respectivamente.

La propia Administración Autonómica, a través de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, ha venido favoreciendo el desarrollo de la energía fotovoltaica en la región (programa PRO-SOL). El Decreto 86/2003, de 1 de abril, aprobó el Plan Energético de Andalucía 2003-2006 (PLEAN), que prestaba una especial atención al fomento de las energías renovables. Concretamente se marcaba como objetivo incrementar hasta el 15% la aportación de las energías renovables al consumo

TABLA 2. POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA EN ANDALUCÍA POR PROVINCIAS EN 2010

PROVINCIAS	MEGAVATIOS
Sevilla	153,6
Córdoba	151,8
Granada	80,3
Almería	68,5
Jaén	67,9
Huelva	60,2
Cádiz	51,7
Málaga	40,4
ANDALUCÍA	674,9

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía / Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

energético en torno al año 2010. El incremento experimentado en los últimos años por la energía solar fotovoltaica, tanto en edificios como en plantas sobre suelo, llevó a la Administración autonómica a actualizar las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas (Orden de 26 de marzo de 2007). Igualmente, el desarrollo de otras fuentes de energía de origen solar ha sido muy intenso. Según datos de la Agencia Andalu-

za de la Energía, Andalucía cuenta actualmente con un 30% de la superficie de captación solar térmica de España. Por su parte, la expansión de centrales termosolares tiene en la región uno de sus principales focos, tanto a escala nacional como europea.

La actualización del Plan Energético de Andalucía 2003-2006 lo constituye el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER). En este documento, como ocurre en los planes nacionales, tampoco existen referencias directas al paisaje, aunque contiene aspectos de incidencia paisajística. Por ejemplo, la propuesta para propiciar las asociaciones de producción eléctrica renovable: *“La flexibilidad de las instalaciones de energías renovables permite prácticamente cualquier asociación entre ellas, tanto para la producción eléctrica (eólica, solar fotovoltaica, biogás, hidroeléctrica, etc.), térmica (solar térmica, biomasa, etc.) e incluso mixtas generación térmico - eléctricas (motores Stirling con seguimiento fotovoltaico, etc.)”*.

Las previsiones del PASENER indican un importante crecimiento de las energías renovables en general y de la fotovoltaica en particular (tabla 3), cuya producción se multiplicaría por 11 entre 2007 y 2013, suponiendo el 5,45% de la energía obtenida en régimen especial (tabla 4). Igualmente, el Plan prevé un incremento de la producción de energía termosolar, aunque en términos ab-



TABLA 3. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ESTIMADA POR TECNOLOGÍAS RENOVABLES (2007-2013)

ENERGÍAS RENOVABLES POR TECNOLOGÍAS (PARAMÉTRICO)		2007	2010	2013
Hidráulica régimen especial	MW	129,80	137,80	148,00
Hidráulica régimen ordinario	MW	464,20	476,00	476,00
Eólica	MW	1.284,00	4.000,00	4.800,00
Solar fotovoltaica	MWp	36,20	220,00	400,00
Solar térmica	1.000 m ²	407,00	765,22	1.341,55
Solar termoeléctrica	MW	60,00	250,00	800,00
Biomasa uso térmico	ktep	583,50	615,60	649,00
Biomasa generación eléctrica	MW	169,90	209,90	256,00
Biomasa co-combustión	MW	0,00	61,00	122,00
Biogás uso térmico	ktep	2,10	2,50	3,00
Biogás generación eléctrica	MW	16,00	17,10	20,10
Biocarburantes consumo	ktep	50,00	220,00	460,00
Biocarburantes producción	ktep	263,70	2.000,00	2.300,00
Energía primaria procedente de fuentes renovables	ktep	1.401,00	2.570,00	4.282,00

Fuente: PASANER 2007-2013

TABLA 4. ESTIMACIÓN POTENCIA INSTALADA EN ANDALUCÍA EN RÉGIMEN ESPECIAL, POR TECNOLOGÍAS

	Potencia (MW)					
	2006		2010		2013	
Total Régimen Especial	1.869,6		5.948,4		7.333,0	
Solar fotovoltaica	21,2	1,13%	220,0	3,69%	400,0	5,45%
Termosolar	11,0	0,59%	250,0	4,20%	800,0	10,91%
Eólica	607,9	32,51%	4.000,0	67,24%	4.800,0	65,46%
Otras	1.229,5	65,76%	1.478,4	24,85%	1.333,0	18,18%

Fuente: PASANER 2007-2013

solutos el dominio de la energía eólica entre las renovables seguirá siendo muy destacado. En concreto, para la energía fotovoltaica, el documento calculaba una potencia instalada de 400 MW en 2013, cifra que ha sido ampliamente superada en la realidad, con casi 700MW en 2010.

Paisaje y energía fotovoltaica

Además de suponer una parte cada vez más importante de la producción de energía eléctrica, las fuentes de energía renovables poseen una relevante dimensión territorial y paisajística. Las

fuentes alternativas más extendidas en España, la eólica, la fotovoltaica y la hidráulica, consumen una gran cantidad de superficie, comparativamente muy superior a la de las energías convencionales (combustibles fósiles) y a la energía nuclear. Por ello su impacto en el paisaje es mucho más significativo, particularmente en aquellas tecnologías cuya expansión se encuentra lejos de tocar techo, como son los casos de la eólica, la termosolar y la fotovoltaica. Expresado en otros términos, la apuesta por el impulso a las energías renovables supone admitir, debido a su carácter extensivo, intensas transformaciones territoriales y paisajísticas.

En relación con la energía fotovoltaica, el aumento creciente del número de plantas a suelo, sus grandes dimensiones y sus singulares características tipológicas están produciendo unos sensibles cambios paisajísticos en numerosas zonas rurales de Andalucía. Su rápida expansión, frenética durante los años 2007 y 2008, puede llegar a suponer, aunque ralentice su ritmo, uno de los principales factores de transformación del paisaje en el territorio andaluz, semejante, en cierta medida, al experimentado en el litoral mediterráneo por la proliferación de invernaderos. A diferencia de estos, las plantas fotovoltaicas poseen, salvo excepciones, un mayor grado de dispersión sobre el territorio.

Desde el punto de vista ambiental se produce una aparente contradicción, semejante a la existente con las instalaciones generadoras de energía eólica. La opción del desarrollo de la energía solar fotovoltaica supone una decidida apuesta por el respeto al medio ambiente, ya que potencia una fuente de energía renovable y no contaminante. Sin embargo, su proliferación puede afectar de forma muy marcada a los valores paisajísticos del territorio. Independientemente de otros planteamientos de índole territorial, evitar o reducir los impactos sobre el paisaje de una acti-

vidad cuya restricción sería difícilmente admisible por la sociedad se convierte así en un reto para la política de protección del paisaje de la Comunidad Autónoma.

Entre los factores que afectan al paisaje en este tipo de instalaciones 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 en las par-

zadas, como construcción singular, y las acerca más a su consideración como un nuevo uso del suelo.

La vida útil media de las células fotovoltaicas a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la eficiencia disminuye. Este periodo supone una vida útil considerablemente inferior al resto de infraestructuras de producción eléctrica, por lo que su aumento constituye uno de los objetivos de la industria fotovoltaica. Esta circunstancia, unida a que su rentabilidad está basada en una subvención, la denominada prima de producción, a su vez sometida a los avatares de la política económica y de

modificadas en función del mercado, e incluso al de los invernaderos, aunque estos tengan un grado de consolidación territorial mucho mayor. Por ello, aunque el desarrollo de la energía fotovoltaica no parezca que vaya a tener marcha atrás en las próximas décadas, el principio de prudencia debe regir en la expansión de las plantas, primando aquellas instalaciones que, teniendo como referencia paisajística el medio rural, modifiquen de manera mínima la topografía del terreno y limiten las construcciones, permitiendo un desmontaje sencillo de las estructuras sin dejar huellas significativas, frente a otras que alteren la topografía



Fotografía 4. Planta fotovoltaica (Los Barrios, Cadiz)



Fotografía 5. Planta fotovoltaica (Huéscar, Granada)

celas limítrofes. La *extensión* que alcanzan estas plantas energéticas, que requieren una superficie muy considerable, supone también un factor de impacto sobre el paisaje. La *orientación*, que obligatoriamente debe ser en terrenos de alta insolaación y por tanto coincidentes con zonas prioritarias para usos del suelo tradicionales, refuerza su protagonismo paisajístico. Finalmente, su intensa y más que previsible *profusión* aleja a estas instalaciones de un tratamiento paisajístico individuali-

las fluctuaciones de precios de otras fuentes de energía (convencionales o renovables), conforma un horizonte temporal muy definido para las instalaciones fotovoltaicas.

Por ello, esta condición de reversibilidad debe ser un criterio rector que impregne la implantación de estas instalaciones, de forma primordial para aquellas emplazadas en el medio rural, concediéndoles un tratamiento similar al de las plantaciones agrícolas de ciclo medio y largo, que pueden ser

de forma sustancial, mediante abancalamientos o desmontes, e incluyan excesivas obras de fábrica. Por el contrario, en los espacios muy transformados, como las zonas periurbanas, industriales, mineras, etc., el seguimiento de este criterio de reversibilidad es menos relevante, aunque ciertamente sea menos probable en ellos la ubicación de plantas fotovoltaicas, tanto por cuestiones normativas (clasificación y calificación del suelo) como por el mayor precio del suelo.

El paisaje y las plantas fotovoltaicas en la normativa sectorial y medioambiental

En la normativa sectorial, recogida en Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas, apenas se incide en el impacto paisajístico, y más ampliamente ambiental, de este tipo de instalaciones, más allá del compromiso genérico que aparece en su preámbulo de que los sistemas respeten “el entorno arquitectónico y ambiental”.

Respecto a la normativa ambiental, en Andalucía la ley 7/2007 de Gestión Integral de la Calidad Ambiental (GICA) establece la obligatoriedad de elaborar una Autorización Ambiental Unificada para proyectos de instalaciones de producción de energía eléctrica solar o fotovoltaica, en suelo no urbanizable y cuando ocupen una superficie superior a 2 hectáreas, señalando la posibilidad de resolver el procedimiento de AAU en seis meses, en lugar de los 8 o 10 que contempla la norma general. En su artículo 21 la ley establece como finalidad de la Autorización Ambiental: *“La utilización de manera eficiente de la energía, el agua, las materias primas, el paisaje, el territorio y otros recursos”*.

Por ello, en un contexto de expansión de estas instalaciones y ante la patente ausencia de criterios paisajísticos en su diseño, adquiere una particular importancia profundizar en las repercusiones sobre el paisaje de las plantas fotovoltaicas y disponer de medidas que permitan un mayor grado

de integración paisajística. En definitiva, intentar conseguir un razonable equilibrio entre su inevitable crecimiento y su integración en el paisaje.

Esto implica que el proceso de implantación de instalaciones fotovoltaicas deberá estimar, desde la fase de proyecto, sus efectos sobre el paisaje, estableciendo criterios y medidas de integración paisajística. Esta consideración constituye un avance respecto a la situación precedente, evitando la percepción de que este tipo de instalaciones puedan establecerse en cualquier lugar disponible. La contundencia de las transformaciones del paisaje exige la ordenación y regulación de esta actividad, persiguiendo su adecuación al entorno. Al mismo tiempo, la creación de instalaciones de calidad, adaptadas al paisaje, e incluso enriquecedoras del mismo en determinadas situaciones, tiene una lectura positiva, produciendo efectos beneficiosos para sus promotores en términos de valor añadido, ya que mejoraría la imagen y aumentaría el prestigio de la empresa. De igual forma, la incorporación de criterios paisajísticos incrementaría el apoyo social a este sector productivo, resolviendo uno de los escasos factores de rechazo con los que cuenta. En cualquier caso, resulta manifiesta la constatación de que esta actividad se encuentra en una etapa primaria, dominada por la eficiencia productiva, y que progresivamente deberá ir evolucionando hacia otra fase en la que otras variables se unan a la puramente productiva, en un proceso semejante al recorrido por otro tipo de infraestructuras y actividades productivas.



Capítulo I

Estructura y funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas



Un sistema fotovoltaico completo en Régimen Especial está compuesto de tres subsistemas: el primario, el secundario y el de transporte. El primario lo constituyen los captadores o dispositivos fotovoltaicos, formados por las células fotosensibles y su agrupación básica en módulos. A su vez, un conjunto de módulos forma el panel fotovoltaico. El subsistema primario convierte la luz solar en energía eléctrica de tipo continuo o DC, siendo por tanto el responsable de la generación de energía fotovoltaica.

El subsistema secundario es el que acondiciona la electricidad. En el Régimen Especial, donde la producción no se destina al autoconsumo, la energía eléctrica generada fotovoltaicamente necesita de un tratamiento para acomodarla al estándar de transporte eléctrico. Normalmente a este subsistema se le denomina balance del sistema (BOS). Está formado por los componentes eléctricos, como los inversores y los transformadores, que regulan y acondicionan la electricidad. Otros elementos conectan los diferentes componentes del sistema entre sí. En este régimen de volcado a red no existe sistema de acumulación importante, como baterías, fundamentales por el contrario en los sistemas de autoconsumo. No obstante, las plantas fotovoltaicas pueden incluir también elementos secundarios de alimentación, como generadores o baterías, para asegurar la instalación frente a averías en el sistema o la activación de mecanismos de protección en instalaciones de seguimiento. Otros sistemas complementarios habituales los constituyen los de seguridad, comunicación, iluminación e incluso el de refugio para el personal.

El tercer componente es el sistema de transporte eléctrico, cuya función es la distribución de la energía generada. Está formado por las líneas de media o alta tensión y por las subestaciones transformadoras, que pueden o no formar parte

de la propia instalación, aunque habitualmente suelen ubicarse en las proximidades.

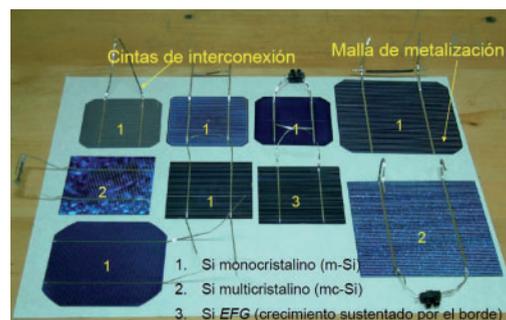
El funcionamiento del sistema fotovoltaico se realiza de forma completamente automática, tanto para su puesta en marcha como para su parada. Al amanecer, los dispositivos de control del sistema miden la potencia disponible en el generador fotovoltaico. Una vez alcanzado el nivel mínimo de funcionamiento, el inversor arranca y comienza la generación de corriente. Al anochecer, cuando se detecta un nivel de potencia del generador inferior al mínimo con el que puede funcionar, el equipo se desconecta hasta un nuevo amanecer. En los sistemas con seguimiento existen mecanismos automáticos de protección que sitúan la instalación en horizontal en caso de fuerte inclemencia meteorológica.

Componentes de la instalación

De forma sintética, los términos relativos a componentes y conceptos más usualmente utilizados en un sistema fotovoltaico son los siguientes:

Radiación. Es la energía que incide en los paneles en forma de luz. Puede ser directa o reflejada.

Célula Fotovoltaica. Constituye la unidad primaria de generación eléctrica, siendo de un pequeño voltaje de corriente continua.



Fotografía 6. Tipos de células.

Fuente: Nuria Martín Chivelet, División de Energías Renovables, CIEMAT



Fotografía 7. Distintos tipos de módulos fotovoltaicos.

Fuente: Nuria Martín Chivelet, División de Energías Renovables, CIEMAT

• **Módulos fotovoltaicos.** Los módulos fotovoltaicos generan la electricidad por la interconexión de las células fotovoltaicas de corriente continua a partir de la luz solar. Las células están conectadas y encapsuladas como un único bloque entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie. Su número viene determinado por la potencia a producir, la radiación disponible y el sistema elegido. Suelen disponer de una carcasa soporte de acero galvanizado o aluminio.

• **Paneles fotovoltaicos.** Los módulos se agrupan en función del sistema a utilizar, que generalmente es en hilera o componiendo un rectángulo. Para ello se dispone de una estructura soporte para unirlos de forma estable, y para conseguir la inclinación óptima, cuando son fijos, y para permitir, además, el giro en uno o dos ejes, cuando son de seguimiento.

• **Inversores.** Convierten la corriente continua en alterna, siendo necesarios para acceder a los transformadores. El inversor fotovoltaico de conexión a la red es el encargado de proporcionar corriente alterna senoidal a partir de la energía en corriente continua entregada por los módulos solares fotovoltaicos.



Fotografías 8 y 9. Conexión entre módulos para la formación de paneles con variedad de células y sistemas. Alcaudete (Jaén) y Las Gabias (Granada)



Fotografías 10 y 11. Instalaciones técnicas con referencia de escala distinta en función del tamaño de panel. Aguilar (Córdoba) y Archidona (Málaga)



Fotografía 14. Cercado de obra con construcciones de apoyo. Aguadulce (Sevilla)



Fotografías 12 y 13. Cableado y protecciones de paneles. Los Barrios (Cádiz) y Puente Génave (Jaén)



- **Transformadores.** Elevan en una o varias etapas el potencial eléctrico. La energía que entrega el inversor se encuentra sincronizada con la existente en la red de abastecimiento, una vez que el transformador eleva el voltaje de los inversores al nivel de la red de evacuación. Dicha energía es inyectada en frecuencia y fase a la línea de distribución eléctrica existente. De esta forma queda disponible para su transporte.

- **Reguladores.** Actúan como unión entre el generador fotovoltaico y el transporte eléctrico que lo conecta a los consumos. Protegen al sistema de sobrecargas.



- **Estructura soporte.** Estas estructuras sirven para armar los paneles fotovoltaicos y se clasifican en fijas o de seguimiento. Estas últimas acompañan el movimiento solar, pudiendo ser de uno o dos ejes.

- **Estructura base.** Transmite el peso de la instalación al terreno a modo de cimiento y pueden ser por hincas directas cuando el sistema es ligero o con plataformas de hormigón para los de más peso.

- **Protecciones eléctricas e interconexiones.** Se requiere un sistema de protección eléctrica y conexas entre los diferentes componentes del sistema, con secciones variables en función de la intensidad de la corriente.

Seguridad y mantenimiento de la instalación

Dado el elevado coste económico de los componentes de la instalación, es primordial la protección de la planta fotovoltaica ante cualquier eventualidad. La seguridad se traduce habitualmente en un vallado perimetral, presente en todas las instalaciones, apoyado en muchos casos con cámaras de seguridad por infrarrojos. Estas cámaras se sitúan a lo largo del perímetro sobre mástiles elevados por encima del vallado y con conexión a centralita telefónica, con su correspondiente antena. También disponen de torretas o mástiles para soporte de focos de iluminación nocturna. En las

instalaciones de gran tamaño existe un servicio de seguridad permanente o temporal que puede precisar de una instalación de alojamiento para el personal.

En cuanto a su conservación, los sistemas fotovoltaicos requieren un mantenimiento regular para comprobar el cableado y las condiciones generales del sistema, así como para la limpieza de los módulos. El acceso se realiza mediante pasillos existentes entre las agrupaciones de captadores. Cuando las instalaciones son de gran tamaño puede existir un servicio de mantenimiento de carácter permanente o temporal, incluyendo en ocasiones una instalación de alojamiento propia, que puede o no coincidir con la de seguridad.



Capítulo 2

El territorio andaluz y las
instalaciones fotovoltaicas

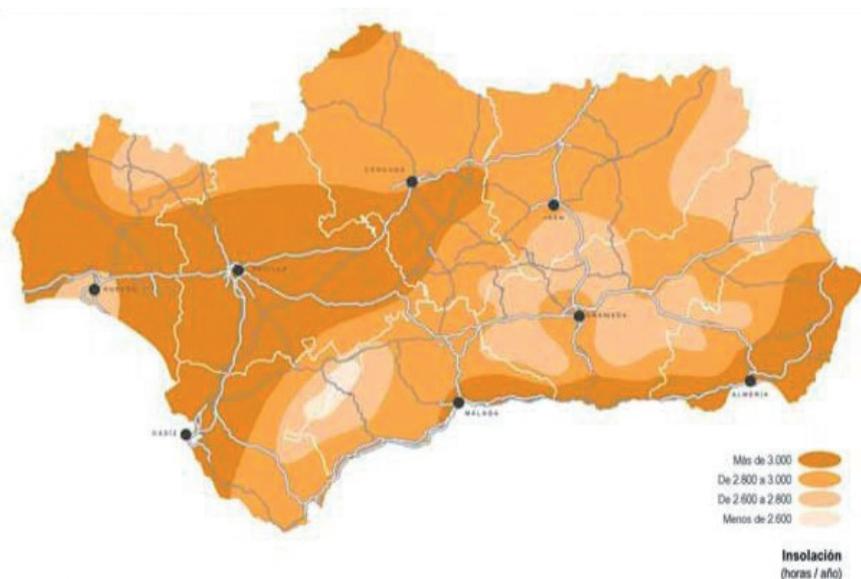


Factores de localización de las plantas fotovoltaicas

Independientemente de su eficiencia tecnológica y de su rentabilidad económica, el desarrollo de la energía fotovoltaica, y más concretamente de las plantas de producción, responde también a factores de naturaleza geográfica. Entre ellos destaca, ante todo, la insolación anual que reciba el territorio, ya que el rendimiento energético es proporcional al soleamiento. En general, el conjunto

subbética (Cazorla y Segura, subbética cordobesa y jienense) como de la penibética (Serranía de Ronda, Tejeda-Almijara-Güájares, Sierra Nevada-Filabres) y la Sierra Morena onubense (Aracena). Por el contrario, los espacios con mayor insolación se encuentran, a grandes rasgos, en el valle medio y bajo del Guadalquivir y en los litorales atlántico y mediterráneo, exceptuando la zona del Estrecho. Por el levante almeriense, las áreas más soleadas penetran hacia el interior con una mayor profundidad, abarcando las zonas más áridas. Igualmente

puede observar en el mapa 2, en el marco europeo la región mediterránea posee una insolación media muy superior a la registrada en otras zonas, como el norte o el centro del continente, siendo también elevada en las zonas meridionales de Francia e Italia, y apreciable en las llanuras occidentales francesas, los Balcanes y el entorno del mar Negro. Sin embargo, de forma paradójica esta mayor potencialidad genérica de la región mediterránea no se refleja por el momento en un mayor grado de expansión de la energía fotovol-

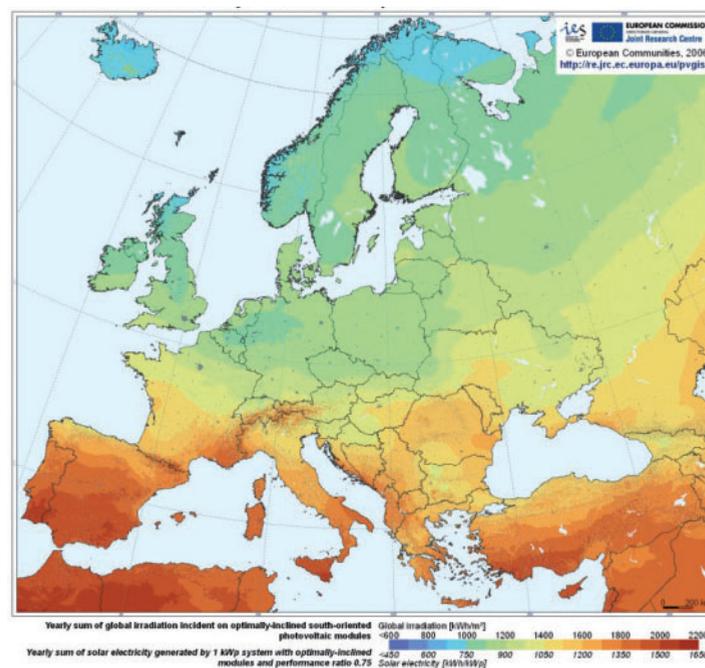


Mapa 1. Insolación anual en Andalucía.

Fuente: Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética. Consejería de Innovación Ciencia y Empresa

Mapa 2. Insolación anual en Europa.

Fuente: Comisión Europea, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability



de Andalucía recibe un alto número de horas de sol, por lo que las posibilidades de localización de las instalaciones fotovoltaicas son muy amplias. El número de horas de sol tiene una variación inferior al 10% en el 90% del ámbito andaluz y obedece fundamentalmente a la altitud y a la orientación respecto a los frentes de lluvia. Por ello, las zonas con menor número de horas de sol, son las áreas montañosas de las Cordilleras Béticas, tanto de la

te, el extremo norte de la región, ocupado por la penillanura de los Pedroches, registra un elevado número de horas de sol.

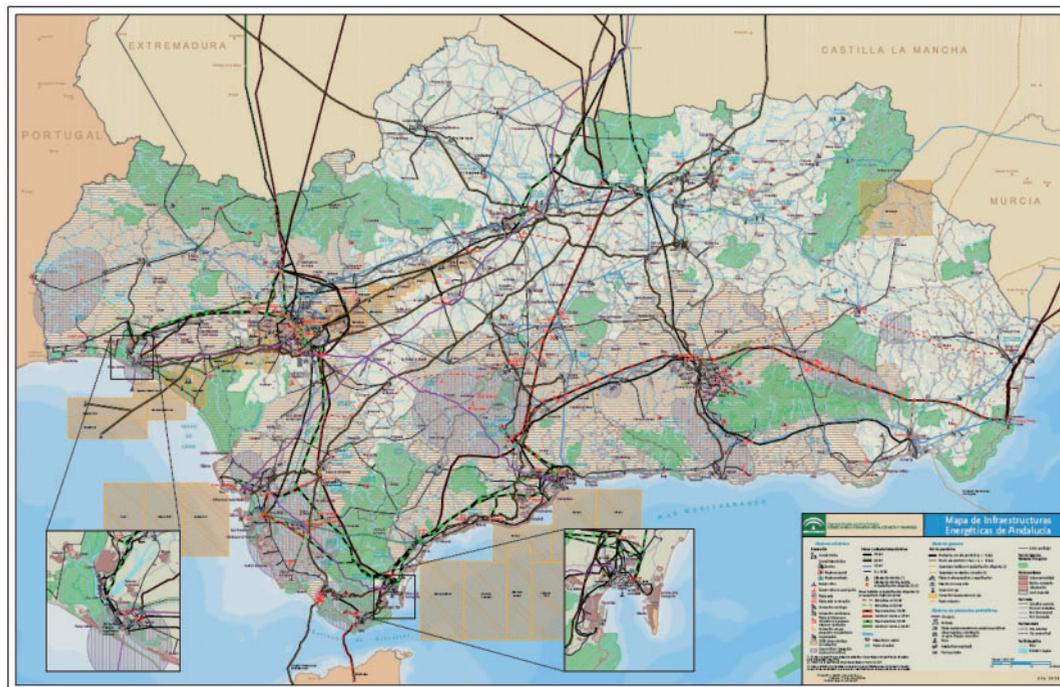
El alto potencial de soleamiento del territorio andaluz se pone de manifiesto claramente si lo comparamos con el del resto de Europa, por lo que la Comunidad andaluza representa un emplazamiento inmejorable para las instalaciones fotovoltaicas en el contexto europeo. Como se

taica, destacando entre los países europeos sobre todo Alemania, cuyo territorio, como se puede apreciar, no se encuentra entre los más beneficiados por la radiación solar. En los últimos años España, y también Portugal, se han sumado con fuerza a la producción de este tipo de energía, que sigue siendo prácticamente testimonial en otros países mediterráneos como Italia. Entre las regiones españolas, Andalucía ha experimentado

un importante desarrollo en la producción fotovoltaica, en consonancia con su potencialidad física.

Tras el potencial de insolación, el segundo factor de implantación de instalaciones fotovoltaicas de carácter territorial lo supone la existencia de grandes redes de distribución eléctrica cercanas, principalmente porque el modelo elegido de mercado eléctrico es el de volcado a red con prima de producción, lo que hace inviables los autoconsumos. Esta circunstancia condiciona su expansión, por ejemplo, en zonas carentes de redes eléctricas de transporte, como ocurre en las regiones desérticas.

En España, la necesidad de evacuar la producción de las instalaciones acogidas al Régimen Especial, recogida en el Real Decreto 2366/1994 (sobre producción de energía eléctrica por instalaciones de energía renovables), obliga a situar las instalaciones próximas a las líneas de alta y media tensión. En la práctica se utiliza preferentemente la red de media tensión, ya que la mayoría de las instalaciones, por su tamaño y por las exigencias normativas, están limitadas y no tienen producción suficiente como para alcanzar los mayores potenciales eléctricos. En Andalucía, como se puede observar en el mapa adjunto (mapa 3), el sistema de transporte eléctrico posee una densidad importante, cubriendo las grandes redes una parte importante del territorio, lo que redundará en una aptitud favorable para el desarrollo de esta fuente de energía. No obstante, numerosas áreas montañosas, tanto en Sierra Morena como en las cordilleras béticas, se encuentran alejadas de las principales redes de distribución, lo que explica, junto a otras causas, la menor implantación de plantas fotovoltaicas en estos espacios. Igualmente, áreas del extremo occidental, y en mayor medida del oriental, se encuentran más alejadas de las grandes infraestructuras de transporte eléctrico.



Mapa 3. Infraestructuras energéticas de Andalucía. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

Por el contrario, los ejes con mayor densidad de redes de distribución se organizan en torno al valle del Guadalquivir, prolongándose hacia la ciudad de Huelva, la Costa del Sol occidental, los principales ejes territoriales transversales (Campo de Gibraltar-Bahía de Cádiz-Sevilla, Motril-Jaén, o Málaga-Córdoba) y las depresiones intrabéticas (Antequera, Granada), ramificándose hacia la provincia de Almería por la comarca del Marquesado y el valle del río Nacimiento.

A una escala de más detalle, la ubicación de una planta fotovoltaica depende también de factores topográficos y productivos. En principio, las planicies constituyen los terrenos más idóneos para estas instalaciones, ya que no implican movimientos de terrenos para las estructuras fotovoltaicas, ni para otros elementos de la instalación como los cerramientos perimetrales o los accesos. No obstante, la facilidad de adaptación de los distintos tipos de captadores, sean seguidores aisla-

dos o hileras continuas, a distintas condiciones topográficas, convierten a las laderas, sobre todo las orientadas al sur, en emplazamientos aptos para este tipo de plantas, siempre que la pendiente o la litología así lo permitan, aunque no siempre se aprovecha correctamente esta cualidad en los proyectos analizados.

Por otra parte, la inclinación del terreno facilita un aprovechamiento más intensivo de la instalación, reduciendo espacios intermedios y perimetrales, así como la sombra proyectada. Por el contrario, las zonas escarpadas, por el mayor coste económico que implican los movimientos de tierra y las dificultades de acceso, suponen ubicaciones menos atractivas. En Andalucía, las planicies se concentran tanto en el litoral, sobre todo el atlántico, como en los valles bajos de los principales ríos, destacando en este sentido el del Guadalquivir. Las laderas de pendiente suave o mediana son frecuentes, a grandes rasgos, en unidades fisio-

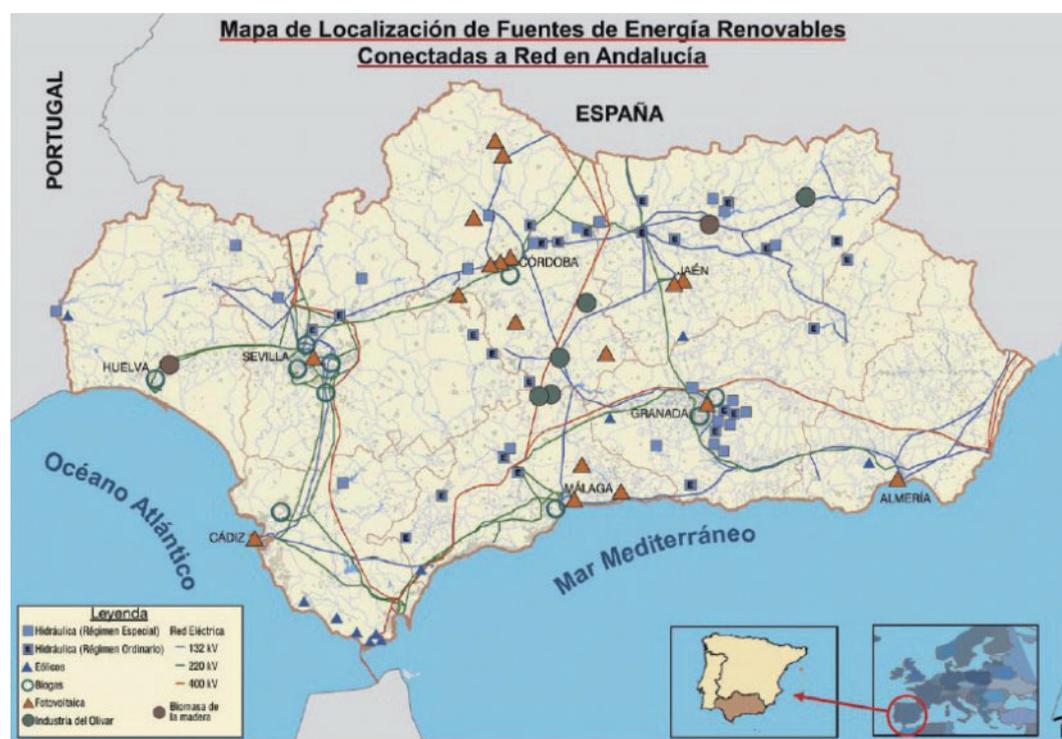
gráficas como las campiñas o las montañas medias silíceas o margosas, mientras que los terrenos más inclinados se concentran en los flancos de las grandes cordilleras y de las sierras calcáreas.

Por otro lado, para la elección del lugar de implantación de las instalaciones, dada la importante superficie que consumen, influye decisivamente su menor rendimiento alternativo en otros aprovechamientos económicos, por lo que a menor rentabilidad del suelo más productiva resulta la planta fotovoltaica. En este sentido Andalucía, como otras regiones españolas (Castilla-La Mancha, por ejemplo), cuenta con amplios espacios rurales de rentabilidad económica limitada, como los terrenos agrarios marginales, cultivos abandonados, eriales o espacios ocupados por formaciones vegetales de escaso valor (pastizales, matorral de sustitución, etc.). Por el lado contrario, el desarrollo de las plantas fotovoltaicas se dificulta en entornos dominados por actividades económicas más productivas, como los cultivos intensivos, las zonas industriales o los espacios próximos a áreas urbanas, entre otras.

De forma recíproca, la implantación de instalaciones fotovoltaicas puede condicionar en determinadas zonas el posible desarrollo de otros sectores productivos, como por ejemplo el turístico. Por ello, en estos espacios de confluencia la integración paisajística de estas instalaciones se convierte en una prioridad económica.

Plantas fotovoltaicas analizadas en Andalucía

La imposibilidad de acceder a un inventario pormenorizado de estas instalaciones, en parte posiblemente debido a la aplicación del Real Decreto 1720/2007, que aprobó el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos, obligó a optar por la selección de una muestra lo más amplia posible de instalacio-



Mapa 4. Instalaciones de energías renovables con conexión a red en Andalucía (estimación 2005).

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

nes para el análisis de las plantas fotovoltaicas. La muestra se realizó recurriendo a procedimientos indirectos, como análisis de fuentes cartográficas, imágenes de satélite, fotografía aérea, noticias en prensa, consultas a profesionales y, particularmente, un intensivo trabajo de campo por toda la región.

En total, se analizaron 88 instalaciones fotovoltaicas andaluzas. Estas instalaciones representan, en cualquier caso, un porcentaje muy elevado del total existente en el conjunto del territorio andaluz, estando ampliamente representadas todas las provincias. En el trabajo de campo se realizó un exhaustivo tratamiento fotográfico y se elaboraron fichas de trabajo recopilando datos sobre la localización, emplazamiento, potencia, tecnología utilizada, dimensiones, organización interna de sus elementos, características fisonómicas, etc.

La evolución del número de instalaciones fotovoltaicas ha sido muy importante en los últimos años y si se comparan las 88 instalaciones analizadas en este estudio (tabla 5) con las que recoge el mapa de la Agencia Andaluza de la Energía del año 2005 (mapa 4), relativo a la localización de las plantas de energías renovables conectadas en Andalucía, se puede apreciar el gran crecimiento experimentado por las plantas fotovoltaicas en la Comunidad Autónoma.

La superficie ocupada por el conjunto de instalaciones fotovoltaicas analizadas alcanza una extensión de 1.171 hectáreas, superficie equivalente, por ejemplo, a la ocupada en la región por los cultivos de flor cortada y plantas ornamentales, 1.005 hectáreas en 2009, según datos del Boletín de Información Agraria de la Junta de Andalucía. Por tanto, nos encontramos ante una

TABLA 5. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS CON DENOMINACIÓN, LOCALIZACIÓN Y SUPERFICIE OCUPADA (HAS.)

Nº	DENOMINACIÓN	PROVINCIA	LOCALIDAD	SUPERFICIE (HAS.)
1	La Capellanía, Zalea	Málaga	Pizarra	4,41
2	La Maya, Carmona,	Sevilla	Carmona	4,00
3	Ardales	Málaga	Ardales	5,71
4	Campillos	Málaga	Campillos	1,44
5	Humilladero	Málaga	Humilladero	20,79
6	Cortijo El Cura Santa Ana	Málaga	Antequera	7,90
7	Bobadilla, Estación	Málaga	Antequera	14,61
8	Archidona y Las Palomas	Málaga	Archidona	10,83
9	Archidona	Málaga	Archidona	22,01
10	Moclinejo	Málaga	Moclinejo	13,22
11	La Sierresita, Espejo	Córdoba	Espejo	87,46
12	Baena	Córdoba	Baena	24,29
13	Herrera	Sevilla	Herrera	3,02
14	Puente Genil	Córdoba	Puente-Genil	4,60
15	Aguilar	Córdoba	Aguilar de la Frontera	30,38
16	Ronda I	Málaga	Ronda	2,49
17	Ronda II	Málaga	Ronda	7,47
18	El Salar	Granada	Salar	4,20
19	Villanueva-Mesía	Granada	Villanueva Mesía	2,99
20	Casabermeja	Málaga	Casabermeja	4,66
21	Fuensanta	Granada	Pinos-Puente	7,56
22	Nueva Carteya	Córdoba	Baena	6,47
23	Alcaudete	Jaén	Alcaudete	20,77
24	Andújar	Jaén	Andújar	16,21
25	Arjona	Jaén	Arjona	5,08
26	Aguadulce	Sevilla	Osuna	10,95
27	Osuna	Sevilla	Osuna	2,95
28	Arahal	Sevilla	Paradas	11,74
29	Paradas	Sevilla	Paradas	4,85
30	Marchena	Sevilla	Marchena	1,76

actividad de carácter extensivo pero cuya repercusión territorial aún es limitada. Sin embargo, la percepción de su impacto sobre el paisaje trasciende sus dimensiones reales, en primer lugar por la dispersión de las instalaciones sobre el conjunto del territorio. En los siguientes capítulos se profundizará en el análisis de las consecuencias territoriales y paisajísticas.

TABLA 5. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS CON DENOMINACIÓN, LOCALIZACIÓN Y SUPERFICIE OCUPADA (HAS.)

Nº	DENOMINACIÓN	PROVINCIA	LOCALIDAD	SUPERFICIE (HAS.)
31	Huércal-Overa	Almería	Huércal-Overa	5,81
32	Arge Sol del Sur	Almería	Lucainena de las Torres	14,42
33	Almería	Almería	Almería	7,13
34	Benahadux	Almería	Benahadux	36,30
35	Dólar	Granada	Dólar	5,62
36	La Calahorra 1	Granada	La Calahorra	5,27
37	La Calahorra	Granada	La Calahorra	10,08
38	Valle del Zalabí	Granada	Valle de Zalabí	4,78
39	Cuevas del Rifeño	Granada	Aldeire	6,07
40	Alhama de Granada Vacío	Granada	Alhama de Granada	5,14
41	Las Gabias	Granada	Gabias (Las)	97,88
42	El Chaparral	Granada	Mala (La)	15,00
43	Mirador	Granada	Darro	30,68
44	Carmona	Sevilla	Carmona	4,23
45	Fuentes de Andalucía	Sevilla	Fuentes de Andalucía	6,70
46	El Tesoro	Sevilla	Alcolea del Río	3,44
47	Cantillana 1	Sevilla	Cantillana	9,31
48	Cantillana 2	Sevilla	Cantillana	4,03
49	Arvasolar	Sevilla	Alcolea del Río	4,31
50	Fuentesol	Sevilla	Fuentes de Andalucía	4,45
51	Aguilar	Huelva	Escacena del Campo	4,80
52	Manzanilla	Huelva	Manzanilla	10,90
53	Villalba del Alcor	Huelva	Villalba del Alcor	0,86
54	La Palma del Condado - Gamesa	Huelva	Palma del Condado (La)	6,02
55	La Palma del Condado - Ecostream	Huelva	Palma del Condado (La)	1,80
56	Lucena del Puerto	Huelva	Moguer	2,16
57	Alosno	Huelva	Alosno	4,62
58	Calañas	Huelva	Calañas	28,59
59	Jerez de la Frontera 1	Cádiz	Jerez de la Frontera	0,54
60	Rotasol	Cádiz	Rota	13,78

TABLA 5. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS CON DENOMINACIÓN, LOCALIZACIÓN Y SUPERFICIE OCUPADA (HAS.)

Nº	DENOMINACIÓN	PROVINCIA	LOCALIDAD	SUPERFICIE (HAS.)
61	El Puerto de Santa María	Cádiz	El puerto de Santa María	0,88
62	Las Cañas	Cádiz	Jerez de la Frontera	12,02
63	Almonte	Huelva	Almonte	2,47
64	Beas	Huelva	Beas	2,28
65	Aznalcóllar - Detea	Sevilla	Aznalcóllar	12,45
66	Sevilla Pv	Sevilla	Sanlúcar la Mayor	11,66
67	Olivares	Sevilla	Olivares	8,78
68	Aznalcóllar - Grande	Sevilla	Aznalcóllar	49,40
69	Los Palacios	Sevilla	Palacios y Villafranca (Los)	5,08
70	Solesfero	Sevilla	Cabezas de San Juan (Las)	26,06
71	Utrera	Sevilla	Utrera	6,85
72	El Coronil I	Sevilla	Coronil (El)	70,36
73	Alcalá de Guadaíra	Sevilla	Alcalá de Guadaíra	4,55
74	Écija	Sevilla	Écija	3,70
75	Posadas	Córdoba	Fuente Palmera	18,32
76	Almodóvar	Córdoba	Almodóvar del Río	57,65
77	El Viso	Córdoba	Viso (El)	7,14
78	El Carpio	Córdoba	Carpio (El)	14,13
79	Linares	Jaén	Linares	6,15
80	Puente de Génave	Jaén	Puente de Génave	16,35
81	Cúllar	Granada	Cúllar-Baza	6,02
82	Benamaurel	Granada	Benamaurel	1,29
83	Huéscar	Granada	Huéscar	14,69
84	Caniles	Granada	Caniles	0,60
85	La Alquería Galera	Granada	Galera	7,75
86	Los Barrios	Cádiz	San Roque	35,97
87	Hornachuelos Los Cabezos	Córdoba	Hornachuelos	4,20
88	Vejer Los Caños	Cádiz	Vejer	45,00
TOTAL SUPERFICIE				1.171,35

Capítulo 3

La incidencia paisajística
de las plantas fotovoltaicas
y su percepción social



La incidencia sobre el paisaje de las instalaciones fotovoltaicas responde a dos razones: la afición sobre la calidad del paisaje preexistente y la alteración que produzca en las vistas emitidas en su entorno. En ambos casos, la extensión del área modificada es notable, cifrándose en hectáreas e incluso decenas de hectáreas. Como cualquier otro posible impacto ambiental, su valoración debe tener en cuenta tanto la intensidad del impacto como su signo, positivo o negativo. Su determinación se producirá a partir de un estudio detallado que tenga en cuenta tanto las características de la instalación como la identidad y contenidos de la unidad de paisaje donde se inserte.

En líneas generales, la intensidad del efecto de las plantas fotovoltaicas sobre el paisaje preexistente es importante, debido, en primer lugar, a la singularidad tipológica de sus principales componentes, realizada especialmente en los entornos rurales donde de forma preferente se sitúan estas instalaciones. Sus rasgos formales, morfológicos y cromáticos, junto a su naturaleza productiva y su carácter innovador, las acercan más a las instalaciones industriales que a las agrarias; la casi total inexistencia de tratamientos formales, sometidos a la eficiencia económica, limita hasta el momento la posibilidad de suavizar el contraste generado con los usos rurales.

El signo del impacto es, en principio, negativo, debido a los nítidos cambios de usos del suelo que provoca, sustituyendo paisajes rurales que son percibidos como tradicionales, extensivos, de dominante componente vegetal e integrados en el medio, por otros ajenos, que denotan una intensa transformación y resultan extraños al territorio. No obstante, tanto el signo como también la intensidad del impacto están en función de la adaptación de la instalación al carácter, a la identidad paisajística de la unidad de paisaje en la que se inserte, así como de la calidad del paisaje de dicha unidad.

La adecuación de la planta fotovoltaica a los contenidos formales y semánticos del espacio elegido garantiza en gran medida su integración paisajística, del mismo modo que su inadecuación genera un impacto de mayores dimensiones. Por ejemplo, la intensidad del impacto sería mucho menor y su signo incluso podría ser positivo si la planta fotovoltaica se encontrara en un entorno industrial, o de especial concentración de instalaciones energéticas, o en zonas agrarias intensivas bajo techo, donde a la condición productiva se unirían las semejanzas formales de los módulos fotovoltaicos con los invernaderos. En cualquier caso, para la evaluación de esta adecuación será necesario analizar pormenorizadamente las características de la unidad de paisaje donde se emplaza la instalación.

La relación de la calidad del paisaje preexistente con el signo positivo o negativo del impacto es estrecha. Por ejemplo, en paisajes valiosos el signo sería negativo y una intervención de esta naturaleza quedaría, en principio, desaconsejada, al igual que otras intervenciones, siguiendo una básica norma de prudencia. Por el contrario, en paisajes intensamente degradados la implantación de este tipo de instalaciones puede contribuir a su recuperación paisajística, incorporándoles coherencia y legibilidad. En estos casos el impacto podría llegar a ser, por tanto, de signo positivo.

Tanto la intensidad del impacto paisajístico como incluso su signo pueden verse alterados también por la localización y el emplazamiento escogidos para la planta fotovoltaicas así como por su diseño. De esta forma, un emplazamiento erróneo puede incrementar la intensidad del impacto de la instalación, de la misma forma que un diseño de calidad, adaptado al paisaje, puede reducirla y hasta cambiar su signo.

Las repercusiones paisajísticas de las centrales fotovoltaicas son muy relevantes también en las

condiciones de visión existentes en su entorno. La intensidad del impacto visual de estas instalaciones depende de dos variables: las características de la planta fotovoltaica y la distancia a la que se produzca la observación. Las plantas fotovoltaicas poseen una característica que les confieren un elevado protagonismo visual: su reflexión solar, que las hace visibles desde puntos muy alejados, multiplicando su efecto en el paisaje más allá de su propia entidad superficial. Además, sus considerables dimensiones, que a veces alcanzan decenas de hectáreas, realzan su protagonismo, junto a otras variables, derivadas de su diseño conjunto, de la singularidad tipológica y distribución interna de sus componentes o de los emplazamientos seleccionados.

La distancia a la que se produce la observación adquiere también una especial importancia para estimar la intensidad del impacto visual, ya que a menudo alcanza grandes extensiones. Con carácter general, a corta y media distancia la intensidad del impacto aumenta, ya que se perciben, además de la reflexión de los módulos fotovoltaicos, la estructura general de la instalación y sus componentes, con todas las variaciones morfológicas y cromáticas que introducen; de nuevo, el diseño de la planta fotovoltaica, despojado de la función, adquiere una gran importancia para solventar o paliar su impacto paisajístico.

Por el contrario, con la distancia disminuye el impacto, que puede quedar reducido a un brillo de origen indeterminado. Incluso su signo, por lo general negativo a corta distancia, puede modificarse en la lejanía, debido a las similitudes fisonómicas que puede adoptar con otros componentes del paisaje percibidos positivamente, particularmente, en topografías planas, con las masas de agua. Por el contrario, otras posibles semejanzas fisonómicas refuerzan el signo negativo del impacto, por su imagen paisajísticamente adversa,



como sería el caso de los invernaderos o las naves industriales, excepto en entornos donde estos se dispongan de forma preponderante y las repercusiones visuales de las plantas fotovoltaicas puedan diluirse entre ellos.

La determinación del impacto visual implica evaluar distintos parámetros visuales. El más inmediato, las cuencas visuales, o áreas visibles desde la instalación: a mayor cuenca visual, mayor impacto. Igualmente importante es el cálculo de la incidencia visual, es decir, la estimación del número de potenciales observadores que genera o puede generar su ubicación; desde este punto de vista una planta fotovoltaica es más impactante si es contemplada por más personas. En este sentido, la proximidad de las instalaciones a las carreteras aumenta su incidencia visual en función de la importancia de la vía, aunque su impacto puede atenuarse por la confluencia de ciertas coincidencias cromáticas y semánticas del binomio producción-consumo energético.

En tercer lugar, el impacto puede surgir por la posible alteración de vistas o perspectivas de calidad existentes a causa de la intrusión en la imagen de estas instalaciones. El impacto será mayor si se produce en las vistas emitidas desde determinados focos (por ejemplo, miradores) o en las dirigidas hacia elementos singulares del paisaje (núcleos, referentes paisajísticos, espacios simbólicos, etc.).

El impacto paisajístico de las plantas fotovoltaicas reúne otras características, además de la intensidad, signo y extensión, como su efecto directo e inmediato, o su condición continua y permanente en el tiempo. Ente ellos, destaca por sus repercusiones territoriales y paisajísticas su carácter sinérgico: la proliferación de instalaciones sobre una misma zona ocasiona una afección sobre el paisaje mayor que la suma de las producidas individualmente por cada instalación, debido a la inclusión en la zona afectada de los espacios intermedios.

Otra cualidad del impacto paisajístico de las plantas fotovoltaicas es su posible reversibilidad. Los terrenos ocupados por instalaciones fotovoltaicas podrían volver a su situación anterior si fueran desmanteladas, al menos en la mayor parte de los casos; por lo general, una planta fotovoltaica no produce grandes transformaciones del terreno, ni cambios irreversibles de los usos del suelo. Realmente, cabría hablar, con mayor propiedad, más de recuperabilidad que de reversibilidad, ya que es difícil que la reposición paisajística se lograra por medios estrictamente naturales, sin intervención humana alguna.

La posibilidad de desmantelamiento de una planta fotovoltaica es una hipótesis factible, ya que, como se indicó en la introducción, la vida media de los módulos se estima en unos 25 años; aunque eso no implica la eliminación de la instalación, es posible que el coste de la renovación condicione o cuestione la viabilidad de la planta. Por otra parte, las perspectivas de esta fuente de energía, y de estas instalaciones en particular, están sujetas a distintos avatares que alientan su provisionalidad, como la competencia en eficiencia de otras fuentes de energía o los efectos de las regulaciones administrativas, aunque el futuro de las fuentes de energía, encaminado a superar el dominio del carbono, hace predecible la extensión de las energías renovables, y entre ellas difícilmente se podrá prescindir del aprovechamiento solar.

La percepción social de la incidencia paisajística. Las plantas fotovoltaicas en la representación social del paisaje

La valoración de los impactos paisajísticos de las plantas fotovoltaicas adolece de la ausencia de estudios específicos sobre la percepción social de las repercusiones paisajísticas de estas instalaciones. Normalmente, los estudios de preferencias paisajísticas, entre los que se pueden extraer los

paisajes percibidos como más impactantes, se centran en los tipos de paisaje más extendidos sobre el territorio, evitando el tratamiento de instalaciones de aparición más esporádica. Ciertamente, el carácter naciente y emergente de estas construcciones, desarrolladas prácticamente en su totalidad en el último lustro, no ha hecho posible su inclusión en trabajos de esta naturaleza hasta fechas muy cercanas. Por estas razones se desconoce la intensidad y el sentido, positivo o negativo, de la valoración que la población hace de su indudable impronta paisajística.

Una idea más clara existe sobre la imagen entre la población de las energías renovables, en general, y de la fotovoltaica en particular. Por ejemplo, en un reciente estudio sobre esta temática, el Eurobarómetro sobre la energía (E.U., 2007) se muestran resultados que reflejan la valoración positiva que posee la energía solar, ya que cuenta con una aceptación de un 80% de los encuestados europeos, el porcentaje más elevado entre las distintas fuentes de energía. Recibe igualmente el grado de aceptación más elevado, 6,3 en una escala de 1 a 7. Este dato se eleva ligeramente en el caso de España (6,4), lo que corrobora la existencia de una clara corriente de apoyo social a las energías renovables en nuestro país, ratificada, por otra parte, en distintos capítulos de este mismo estudio.

Sin embargo, la percepción social de las energías renovables no implica automáticamente la aceptación paisajística de sus instalaciones. En el caso de la energía fotovoltaica, no contamos con trabajos específicos sobre esta materia (como sí existen en la más polémica paisajísticamente energía eólica: Frolova y Pérez, 2009), aunque es conocida la preocupación existente ante el impacto visual de las instalaciones sobre cubierta, que ha supuesto el desarrollo de técnicas tendentes a su integración arquitectónica. Ante estas carencias, y aunque no constituya el objetivo central de este

estudio, resulta de interés explorar la percepción y la evaluación paisajística de estas instalaciones entre la población, particularmente entre la población más habituada a su presencia, esto es, la residente en núcleos de población cercanos a ellas, como herramienta auxiliar para la evaluación estética.

De forma preliminar, es razonable intuir la posible existencia de desajustes entre la valoración de los elementos formales y la valoración del significado de la instalación, entendiendo en nuestra hipótesis de partida la primera como tendente a negativa y la segunda (carga semántica) como tendente a positiva. Parecía importante confirmar esta apreciación y precisar el peso de cada componente (elementos formales/contenidos semánticos o signifiicante/significado) en la valoración estética final de la población.

Para alcanzar estos objetivos se ha realizado un ensayo sobre evaluación paisajística de las plantas fotovoltaicas entre la población residente en sus cercanías, que pretende aportar al menos unos primeros resultados al conocimiento de esta materia y aproximarse a la estimación del grado de atracción o rechazo de estas instalaciones por la población.

Características técnicas de la encuesta

La encuesta se realizó durante el mes de febrero de 2009. Se seleccionaron con esta finalidad cuatro núcleos de población cercanos a plantas fotovoltaicas cuyas instalaciones fueran fácilmente reconocibles por los encuestados, y que estuvieran situados en entornos paisajísticos diferentes: Casabermeja (Málaga), emplazado en un entorno de montañas medias (Montes de Málaga); Espejo (Córdoba), localizado en la campiña del Guadalquivir; Darro (Granada), situado en el



Fotografía 15. Casabermeja (Málaga). Montes de Málaga

Fotografía 16. Espejo (Córdoba). Campiña del Guadalquivir



contacto entre los altiplanos orientales (Marquesado) y las altas sierras penibéticas, y Cantillana (Sevilla), ubicado en la vega del Guadalquivir.

En cada una de ellas se estimaron realizar 20 encuestas, si bien en Cantillana la cifra definitiva alcanzó las 22, decidiéndose no desestimar las sobrantes, tratándose, además, del núcleo más poblado de los cuatro. En total, 82 encuestas, distribuidas de forma estratificada en cada uno de los núcleos siguiendo la técnica del muestreo por cuotas, procedimiento que genera unos resultados similares a los más complejos muestreos probabilísticos (Pulido San Román, 1987). Las cuotas reproducen la división por edad (grandes grupos) y sexo de la población mayor de 16 años, que constituía el universo de la encuesta. La edad media de los encuestados se situó en 46 años, siendo superior en Casabermeja (52,7) y menor en Cantillana (37,8). La encuesta se realizó a partir de entrevistas personales realizadas en el propio núcleo de población.

Fotografía 17. Darro (Granada). Altiplano oriental
Fotografía 18. Cantillana (Sevilla). Vega del Guadalquivir

La distribución exacta de las cuotas en cada núcleo es la siguiente:

FIGURA 1

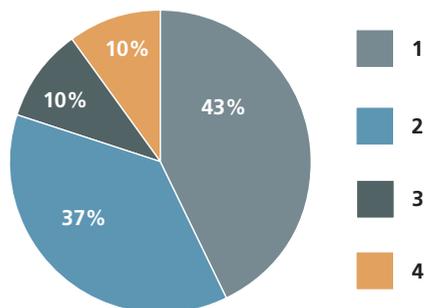


FIGURA 2

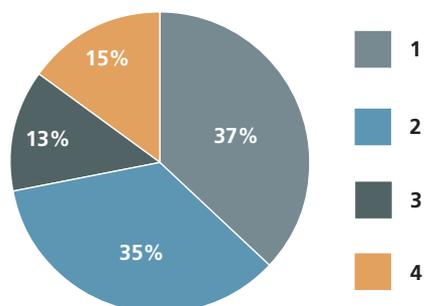


FIGURA 3

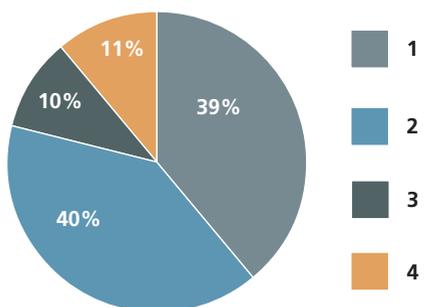


TABLA 6. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO. CASABERMEJA

LOCALIDAD	CASABERMEJA				
	POBLACIÓN	ENCUESTAS	POBLACIÓN (%)	ENCUESTAS (%)	DESVIACIÓN (%)
Población mayor 16 años	3.007	20	100,00%	100,00%	
1 Población masculina 16-65	1.299	9	43,20%	45,00%	-1,80%
2 Población femenina 16-65	1.123	7	37,35%	35,00%	2,35%
3 Población masculina >65 años	292	2	9,71%	10,00%	-0,29%
4 Población femenina >65 años	293	2	9,74%	10,00%	-0,26%

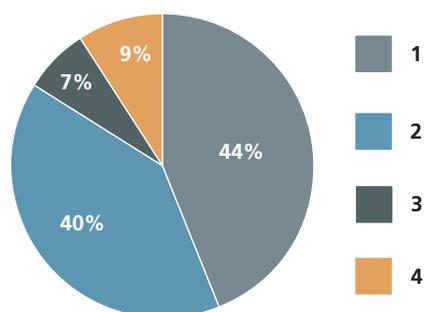
TABLA 7. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO. ESPEJO

LOCALIDAD	ESPEJO				
	POBLACIÓN	ENCUESTAS	POBLACIÓN (%)	ENCUESTAS (%)	DESVIACIÓN (%)
Población mayor 16 años	3.242	20	100,00%	100,00%	
1 Población masculina 16-65	1.196	7	36,89%	35,00%	1,89%
2 Población femenina 16-65	1.130	7	34,86%	35,00%	-0,14%
3 Población masculina >65 años	414	3	12,77%	15,00%	-2,23%
4 Población femenina >65 años	502	3	15,48%	15,00%	0,48%

TABLA 8. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO. DARRO

LOCALIDAD	DARRO				
	POBLACIÓN	ENCUESTAS	POBLACIÓN (%)	ENCUESTAS (%)	DESVIACIÓN (%)
Población mayor 16 años	1.221	20	100,00%	100,00%	
1 Población masculina 16-65	483	8	39,56%	40,00%	-0,44%
2 Población femenina 16-65	487	8	39,89%	40,00%	-0,11%
3 Población masculina >65 años	121	2	9,91%	10,00%	-0,09%
4 Población femenina >65 años	130	2	10,65%	10,00%	0,65%

FIGURA 4



Estructura del cuestionario

El cuestionario de la entrevista (ver anexo) incluye 21 campos, de los cuales los 6 primeros conformaban el encabezamiento de la encuesta, con datos técnicos (número encuesta, municipio) e ítems tendentes a la caracterización del encuestado (edad, sexo, profesión y nivel cultural), mientras los 15 restantes constituían el cuerpo del cuestionario.

El cuerpo del cuestionario comienza con la pregunta nº 7, tendente a evaluar la incidencia visual efectiva de la planta fotovoltaica entre los encuestados. Los 5 siguientes campos tienen como objetivo conocer la opinión genérica que los encuestados tienen sobre las huertas solares: su propia existencia (pregunta 8), su proliferación (pregunta 9), el beneficio para la localidad (pregunta 10) y su futuro, tanto el específico de las plantas fotovoltaicas (pregunta 11) como el más general de la electricidad de origen fotovoltaico (pregunta 12).

A partir de la pregunta 13 se explora el grado de atracción estética de las plantas fotovoltaicas, de forma directa (pregunta 13) o indirecta, comparando el paisaje preexistente con el generado tras la instalación (pregunta 14). En la pregunta 15 se interroga sobre las dos modalidades de instalaciones fotovoltaicas, las emplazadas en cubiertas y las plantas de producción intensiva. La pregunta

TABLA 9. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y DE LA MUESTRA POR EDAD Y SEXO. CANTILLANA

LOCALIDAD	CANTILLANA				
	POBLACIÓN	ENCUESTAS	POBLACIÓN (%)	ENCUESTAS (%)	DESVIACIÓN (%)
Población mayor 16 años	8.690	22	100,00%	100,00%	
1 Población masculina 16-65	3.799	10	43,72%	45,45%	-1,74%
2 Población femenina 16-65	3.474	9	39,98%	40,91%	-0,93%
3 Población masculina >65 años	629	1	7,24%	4,55%	2,69%
4 Población femenina >65 años	788	2	9,07%	9,09%	-0,02%

16 persigue conocer con qué otros componentes del paisaje encuentra semejanzas con las plantas fotovoltaicas el encuestado.

Los siguientes ítems buscan ponderar la valoración de las plantas fotovoltaicas con la estimación que los entrevistados tienen del paisaje de su entorno. Se plantea esta cuestión de forma directa (pregunta 17) y también de manera indirecta, a través de la asignación de puntos respecto al paisaje preferido a nivel nacional por el encuestado, que tendría un valor 10 (pregunta 18). Una vez establecida la puntuación ponderada, el encuestado debe volver a asignarle un valor al paisaje de su entorno con la inclusión en este de las huertas solares (pregunta 19).

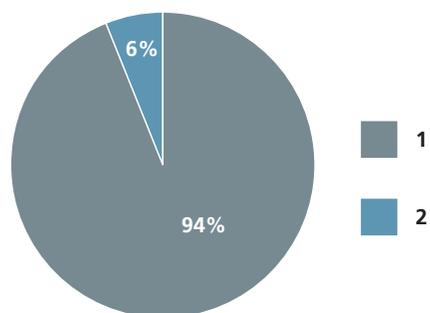
Finalmente, los dos últimos campos persiguen segregarse la carga semántica positiva que en la hipótesis de partida tienen las instalaciones fotovoltaicas, de su valoración paisajística. Así, en la pregunta 20 se interroga sobre la ubicación preferida de las plantas fotovoltaicas desde el punto de vista de su incidencia visual. La última pregunta, la número 21, profundiza en esta cuestión interrogando al encuestado si le importaría que su hipotética vivienda en el campo estuviera cerca de una huerta solar. De esta forma, se depura el atractivo estético formal del significado que contienen estas instalaciones y en general las relacionadas con las energías renovables.

Resultados

La mayor parte de los encuestados (94%) afirmaron haber contemplado la huerta solar (pregunta 7), mientras el 6% contestaron negativamente. La unanimidad fue absoluta en el caso de Casabermeja, mientras que en Espejo las respuestas negativas alcanzaron la cifra de 4. Por tanto, la mayoría de los encuestados conocían directamente la instalación que iban a evaluar. Aunque los que no habían advertido la planta fotovoltaica de su municipio podían haber divisado otras, este conocimiento directo permitía seguir explorando con mayor seguridad la percepción de estas instalaciones entre los encuestados.

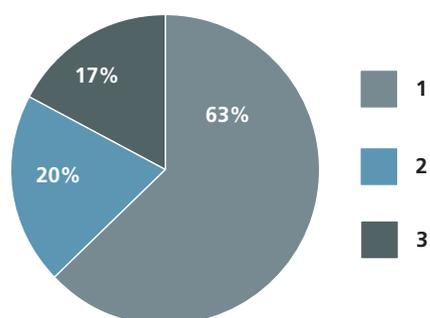
En la pregunta 8 se le pedía al encuestado su opinión sobre la conversión de terrenos rurales en huertas solares. Las respuestas fueron mayoritariamente positivas, apuntando a una valoración social igualmente favorable de estas instalaciones: a un 63,4% le parecía bien; al 19,5% le parecía mal, mientras al 17% le resultaba indiferente. Entre las respuestas afirmativas, los encuestados que detallaban su opinión señalaban los beneficios económicos, energéticos, medioambientales o laborales de las plantas fotovoltaicas. Además, algunos de ellos recalcan el hecho de que ocuparan terrenos improductivos. Algunas opiniones partían de presupuestos erróneos, como el convencimiento de que gracias a

FIGURA 5. TABLA 10 . CONOCIMIENTO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA



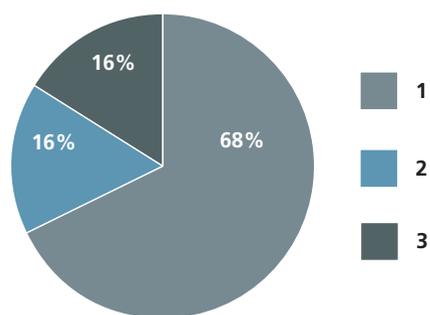
Pregunta 7	Conocimiento de la Instalación Fotovoltaica	
	Porcentaje	Respuesta
1	94,00%	Sí
2	6,00%	No

FIGURA 6. TABLA 11. OPINIÓN SOBRE EXPANSIÓN DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS



Pregunta 8	Conversión de Terrenos a Instalaciones Solares	
	Porcentaje	Respuesta
1	63,40%	Bien
2	19,50%	Mal
3	17,10%	Indiferente

FIGURA 7. TABLA 12. OPINIÓN SOBRE FUTURO DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS



Pregunta 11	Prospectiva sobre las Instalaciones Solares	
	Porcentaje	Respuesta
1	68,30%	Tienen futuro
2	15,80%	Coyuntural
3	15,90%	No sabe

estas instalaciones bajaría el precio de la electricidad en el pueblo.

Entre las respuestas negativas, las razones esgrimidas por los encuestados hacían referencia principalmente al cambio paisajístico producido

y a las posibles consecuencias negativas sobre la salud; en este sentido, algún encuestado resaltaba incluso el riesgo de radioactividad. Más puntualmente, alguna respuesta justificaba su rechazo por la introducción de vallados en el campo.

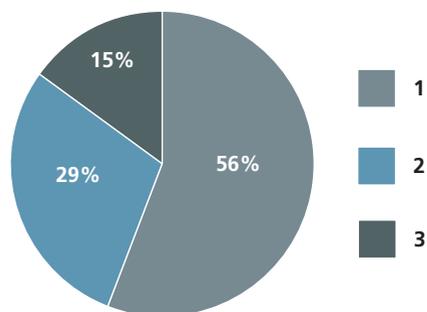
Cuando se interroga a los entrevistados su opinión sobre las huertas solares en el caso de que éstas fueran muchas o muy grandes (pregunta 9), el grado de acuerdo baja sensiblemente, hasta el 35,3%, siendo dominantes las que expresan desacuerdo (45,1%); entre estas últimas, el impacto sobre el paisaje emerge como razón principal. La opinión no formada, dudosa o indiferente también se eleva en esta pregunta, alcanzando el 19,5% de los casos.

La percepción de los supuestos beneficios que tiene para el municipio la implantación de plantas fotovoltaicas (pregunta 10) es claramente mayoritaria, reuniendo el 58,5% de las respuestas; las opiniones contrarias se quedan en el 18,3%, mientras que el resto no tiene una opinión formada. Los encuestados que detallan sus respuestas apuntan a los beneficios producidos durante su construcción o a la aportación de electricidad al pueblo, en el caso de las opiniones favorables, o a los riesgos para la salud, entre las desfavorables.

Para los entrevistados, las huertas solares tienen futuro y no se trata de una moda pasajera (pregunta 11). El 68,3% de ellos opinan de esta forma, mientras sólo el 15,8% piensan que se trata de algo coyuntural. Más contundente es la respuesta si se plantean el futuro de la energía solar para electricidad, tanto en plantas como en cubiertas, cuestión a la que dedica la pregunta 12. En este caso, el grado de acuerdo alcanza el 84,1% de las contestaciones.

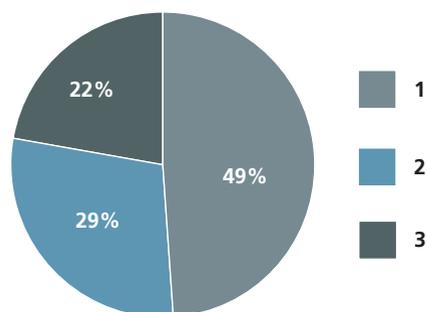
Como se puede deducir de las respuestas, entre los encuestados la energía solar fotovoltaica en general, y los huertos solares en particular, gozan de una consideración alta. Aunque el significado de la energía fotovoltaica, identificada como progreso, innovación, futuro, beneficio, etc., sin duda interviene favorablemente en la valoración estética de la población, domina sin embargo entre los encuestados el rechazo estético a estas instalaciones (pregunta 13), por lo que se puede in-

FIGURA 8. TABLA 13. VALORACIÓN ESTÉTICA DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS



Pregunta 13	Valoración estética	
	Porcentaje	Respuesta
1	56,20%	No le gusta
2	29,20%	Las considera atractivas
3	14,60%	Indiferente

FIGURA 9. TABLA 14. PREFERENCIAS SOBRE TIPOLOGÍA DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS



Pregunta 15	Ubicación preferida instalaciones fotovoltaicas	
	Porcentaje	Respuesta
1	48,70%	Sobre edificios
2	29,20%	Plantas
3	22,10%	No sabe

ferir un mayor rechazo formal que de contenidos. Al 56% de los encuestados no le gusta la vista de las huertas solares, mientras que el 29,2% las considera atractivas; al 14,6% restante le resulta indiferente. Entre los municipios seleccionados existen apreciables diferencias, siendo el rechazo mayor en Cantillana (63,6%) y menor en Espejo (40%).

Reincidiendo en este aspecto, la pregunta 14 formulaba la cuestión de otro modo, interrogando sobre el atractivo estético del entorno del encuestado antes y después de la instalación de plantas fotovoltaicas. Las opiniones desvelan, indirectamente, un mayor rechazo a estas instalaciones, ya que el 68,3% de los encuestados afirman que el paisaje era más atractivo antes de las huertas solares. No obstante, hay que tener en cuenta al

interpretar estos datos que posiblemente aflore una cierta tendencia a valorar en mayor medida los paisajes de épocas pasadas.

Ante el dilema existente sobre la mejor ubicación de instalaciones fotovoltaicas, esto es, en centrales o en las cubiertas de los edificios (pregunta 15), los encuestados se decantan claramente a favor de los edificios, concretamente un 48,7%, frente a los partidarios de plantas fotovoltaicas en terrenos rurales, un 29,2% de las respuestas. Las opiniones favorables a los edificios son mayoritarias en todos los municipios excepto en Darro, donde suponen una minoría (25%), haciendo hincapié en el deterioro paisajístico que se produciría en el propio núcleo si se instalaran estos artefactos en las cubiertas. Además, entre los detractores de la instalación en tejados algu-

nos hacen una especial referencia a los posibles problemas de salud que pudieran producir.

En la pregunta 16 se pedía a los encuestados que señalaran a qué le recordaban físicamente las huertas solares. La mayor parte no encontraron un paralelismo definido, aunque resaltaban el brillo como elemento identificador de las posibles afinidades. Los que sí señalaban alguna similitud destacan el agua o el mar (10 respuestas), los invernaderos (6) y la chapa o fibrocemento (6 respuestas). Son varias las respuestas que aluden a una instalación industrial. Incluso hay una respuesta que apunta en una cierta dirección artística, al entender que se asemejaba a un *adorno*. Por municipios, es destacable como los encuestados de Cantillana y Espejo señalan en mayor medida el paralelismo con el agua, mientras que en Casabermeja, cuya huerta solar está en la ladera de una colina, se resalta más el símil con industria-chapa fibrocemento.

En los ensayos de preferencias paisajísticas se suelen incluir preguntas de ponderación, para conocer de forma más precisa la valoración de un paisaje. Por ello, en el campo 17 se interrogaba en términos absolutos sobre el atractivo del paisaje del entorno de los respectivos pueblos. A la inmensa mayoría de los encuestados le gusta el paisaje de su entorno, concretamente al 95,1%. En Espejo, por ejemplo, la unanimidad fue absoluta. En el siguiente ítem (pregunta 18) se pedía al encuestado que valorara su paisaje comparándolo con el paisaje más valioso de España, teniendo este último un valor 10. De nuevo, las respuestas fueron claramente favorables: el valor medio se situó en 7,62, destacando en este sentido el 8,15% que asignaron los encuestados de Espejo.

En la pregunta 19 la puntuación debía hacerse incluyendo algunas huertas solares en el paisaje. Además de pretender cuantificar el posible deterioro paisajístico, este ítem actuaría en cierto sentido como pregunta de repetición, para confir-

mar los resultados obtenidos en la pregunta 14. En este caso, la puntuación baja sensiblemente, hasta situarse ligeramente por encima del 5, concretamente 5,46 puntos, siendo algo mayor en Casabermeja y de nuevo en Espejo. Mediante este procedimiento, se puede cifrar en algo más de dos puntos (2,16 exactamente), es decir, en algo más de un 20%, el deterioro paisajístico producido por la instalación de huertas solares, al menos en la percepción de la población de su entorno.

Indirectamente, el atractivo estético de las huertas solares se puede colegir de las preferencias que tienen los encuestados sobre su ubicación, en términos de visibilidad o invisibilidad desde el pueblo (pregunta 20). Mayoritariamente, los encuestados apuestan por su ubicación en puntos donde no exista incidencia visual desde el núcleo, concretamente el 64,6%. Más directamente, se cuestionó sobre la preferencia de residir (potencialmente) en el entorno de una huerta solar (pregunta 21). Aunque las respuestas negativas siguen dominando (61%), existe un importante número de encuestados a los que no le importaría residir en las cercanías de una huerta solar (39%). Entre las razones aducidas por los que rechazarían residir en las inmediaciones de una instalación de este tipo domina la paisajística (62% de los que opinan negativamente), junto a otros motivos como la posible incidencia en la salud. Por el contrario, a los que no les importaría les mueven razones diversas, como la ausencia de peligro alguno (se supone que sobre la salud), la posible disponibilidad de energía e incluso el respeto a que cada propietario rural elija el uso que quiera para su tierra.

Conclusiones

1 La energía fotovoltaica es percibida de forma positiva, como signo de progreso, generador de beneficio para los municipios que la concentren y como sector de gran futuro.

2 El desarrollo de la energía fotovoltaica en general, y de los huertos solares en particular, es apoyado por la población, aunque estableciendo algunos límites a su número y su extensión.

3 Desde el punto de vista estético, las plantas fotovoltaicas son rechazadas por la mayoría de la población, aunque una parte significativa las considera atractivas o al menos son relativamente indiferentes a su posible impacto paisajístico.

4 El impacto paisajístico se percibe tanto sobre los contenidos del paisaje como sobre las vistas.

5 El rechazo estético se centra fundamentalmente en los rasgos formales, y no en sus contenidos semánticos.

6 El significado positivo de las instalaciones fotovoltaicas constituye un punto de partida favorable para la mejora de atractivo estético, mediante la introducción de la calidad en el diseño de las instalaciones, incluyendo la preocupación por la integración paisajística de las mismas.

7 Predominan ligeramente los que prefieren que los sistemas fotovoltaicos se ubiquen en las cubiertas de los edificios.

8 La fisonomía de las huertas solares desde lejos remite, entre los que les encuentran algún parecido, fundamentalmente a agua, invernaderos y chapas industriales. Esto puede suponer una base para el establecimiento de emplazamientos preferentes o para la modificación de los rasgos fisonómicos de las plantas fotovoltaicas.

ANEXO. CUESTIONARIO ENCUESTA EVALUACIÓN PAISAJÍSTICA DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

- 1 Número encuesta: _____
- 2 Municipio: _____
- 3 Edad: _____
- 4 Sexo: _____
- 5 Profesión: _____
- 6 Nivel cultural (estudios): _____
- 7 ¿Ha visto usted, aunque sea de lejos, la huerta solar (*utilizar sinónimos si procede*) que hay cerca del pueblo?
- 8 ¿Le parece bien que algunos terrenos del campo se conviertan en huertas solares?
- 9 ¿Y si fueran muchas huertas solares o muy grandes?
- 10 ¿Cree usted que las huertas solares benefician al pueblo?
- 11 ¿Cree usted que tienen futuro o pasarán de moda?
- 12 ¿Cree usted que la energía solar para electricidad tiene futuro?
- 13 ¿Le gusta a usted la vista de las huertas solares?
- 14 El paisaje del entorno de su pueblo ¿es más bonito con las huertas solares o era más bonito antes?
- 15 ¿Prefiere usted que las placas solares para electricidad se pongan en esos terrenos o en los tejados de los edificios?
- 16 Cuando ve una huerta solar desde una cierta distancia ¿a qué cree usted que se le parece?
- 17 ¿Le gusta el paisaje del entorno de su pueblo?
- 18 Si el paisaje de España que más le gusta fuera 10 y el que menos 0, ¿cuánto puntos le pondría al paisaje tradicional de los campos de alrededor de su pueblo?
- 19 ¿Y cuánto le pondría si le ponemos unas cuantas huertas solares?
- 20 Si tiene que haber huertas solares, ¿le gusta verlas desde su pueblo o preferiría que estuvieran en otro sitio?
- 21 Si tuviera una casa en el campo, ¿le importaría que estuviera cerca de una huerta solar? ¿Por qué?



Capítulo 4

Líneas estratégicas, criterios
y medidas de
integración paisajística



La integración en el paisaje de una determinada instalación, o al menos la consecución de un grado aceptable de adaptación, se alcanza mediante la aplicación de una serie de medidas concretas que respondan al cumplimiento de unos determinados criterios de integración. Entre los criterios más habituales se encuentra el mimetismo o camuflaje del objeto, en este caso la planta fotovoltaica, su ocultación, la reducción de su

de forma genérica a cualquier otro componente del paisaje, como por ejemplo las construcciones rurales o las infraestructuras de transportes. Para la correcta aplicación de estas orientaciones estratégicas, se precisa un conocimiento profundo de la unidad de paisaje y en particular una adecuada lectura de su carácter. Apriorísticamente, resultaría ideal poder elegir el paisaje adecuado para cada tipo de instalación, atendiendo a dife-

fisionómica y funcionalmente idénticos (paisajes de renovables: Mérida *et al.* 2009) o semejantes (por ejemplo, paisajes 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. Aunque no constituyan el objetivo de esta investigación, dentro de esta estrategia se encontrarían determinadas instalaciones sobre



Fotografía 19. Planta fotovoltaica (Huéscar, Granada)

volumen, su fraccionamiento (o por el contrario su continuidad), así como la incorporación a su diseño de determinadas cualidades del paisaje en el que se ubica, aunque esto implique mantener su presencia perceptiva en dicho paisaje. Resultaría de gran utilidad y eficacia que estos criterios paisajísticos se introdujeran en la fase de proyecto de la planta fotovoltaica, ya que las posibilidades de éxito de las medidas correctoras son más limitadas en instalaciones de estas magnitudes. Tanto estos criterios generales como las medidas específicas que lo desarrollan se estructuran en torno a diferentes líneas estratégicas, conducentes a conseguir el objetivo final de la integración paisajística.

Líneas estratégicas de integración paisajística

La finalidad de lograr un grado aceptable de inserción en el paisaje de las plantas fotovoltaicas se puede alcanzar a través de diversas líneas estratégicas (Mérida y Lobón, 2011), extensibles

rentes características, como por ejemplo su escala (absoluta o relativa) o la tipología de estructuras fotovoltaicas, o, inversamente, proyectar en función del paisaje elegido. Sin embargo, como estas circunstancias son en la práctica poco factibles, ya que se trata mayoritariamente de actuaciones privadas sujetas a las leyes del mercado, debe buscarse la mayor interacción posible entre paisaje y central fotovoltaica para que el diálogo se produzca de forma exitosa.

Se han definido cinco líneas estratégicas de integración paisajística:

1. Adaptación de la planta fotovoltaica al paisaje existente. La estrategia consiste en conseguir la adaptación de la instalación a las características fisionómicas y/o semánticas de la unidad de paisaje donde se inserte, reduciendo su protagonismo paisajístico y diluyendo sus contenidos formales entre los existentes en su entorno. Debido a las dimensiones y la homogeneidad interna de las plantas fotovoltaicas, esta estrategia puede aplicarse de forma más factible en tipos de paisaje

cubiertas (integración arquitectónica), ya sean urbanas o industriales, que encarnarían la adaptación a un paisaje transformado y supondrían la conexión entre producción eléctrica y consumo.

2. Adaptación de la planta fotovoltaica a algún o algunos componentes del paisaje existente. A través de esta línea estratégica se persigue la adaptación fisionómica y semántica a alguno de los componentes del paisaje, de forma especial a aquellos 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.

3. Referenciación al paisaje existente. La referenciación se puede entender 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; el objeto, la planta foto-

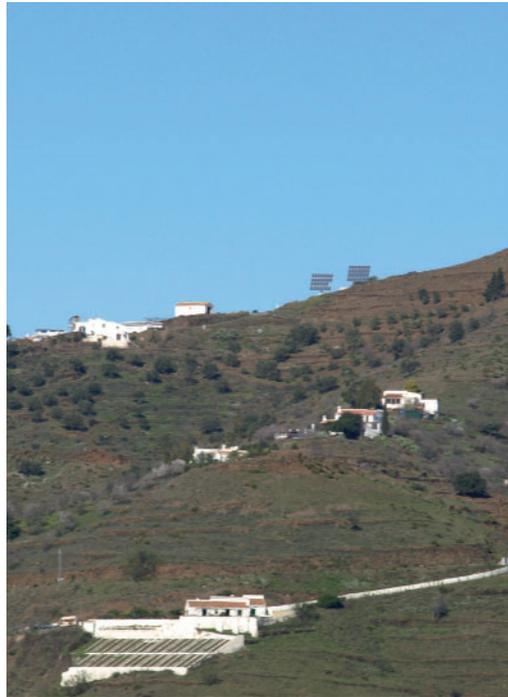


voltaica, puede ser perceptible y reconocible, aunque al mismo tiempo debe ser legible su diálogo con el paisaje en el que se inserta. Un ejemplo de las medidas que desarrollan esta línea estratégica puede suponer trasladar el patrón de distribución existente en el paisaje al diseño de la instalación, o incorporar determinados rasgos del carácter de un paisaje (por ejemplo, la productividad y capacidad transformadora en un paisaje minero o industrial) en los criterios de localización de una instalación.

4. Referenciación a alguno o algunos de los componentes del paisaje. En esta línea estratégica, similar en su esencia a la anterior, no se toma como referencia el conjunto del paisaje, sino alguno o algunos de sus componentes, siempre que tengan una impronta relevante en su unidad o tipo de paisaje. Por ejemplo, las infraestructuras de transporte (carreteras, autovías, etc.), el hábitat, las alineaciones arbóreas, etc.

5. Referenciación a paisajes o componentes del paisaje de valor histórico o patrimonial. Esta orientación estratégica no toma como modelo el paisaje existente o sus principales componentes, sino paisajes o componentes paisajísticos preexistentes, procedentes de otras épocas históricas, pero que de alguna forma mantengan una cierta conexión con el paisaje actual o con su representación social, aunque no tengan presencia en el paisaje contemporáneo más que como huellas o vestigios. Una segunda condición que deben cumplir es que por su naturaleza (contenidos, morfología, etc.) sean susceptibles de ser tomados como referentes, es decir, se pueda contemplar su reutilización. Un ejemplo de esta argumentación lo puedan representar las antiguas lagunas, actualmente desecadas, que perviven indirectamente en su paisaje y en su representación social, como sería el caso de la laguna de la Janda (Cádiz) o la de Herrera (Antequera).

Otra vía interesante se fundamenta en tomar como referencia componentes o elementos sin-



Fotografía 20. Paseros junto a estructuras fotovoltaicas. Axarquía (Málaga)

gulares del paisaje de raíz cultural, habitualmente de carácter patrimonial. Un ejemplo lo pueden constituir los característicos paseros de la comarca de la Axarquía, escasos en número pero con importantes contenidos simbólicos e identitarios, aunque su pequeña escala limita su utilización como referencia a las instalaciones domésticas o a reducidos sectores de una instalación más amplia.

Estrategias de integración paisajística y gestión del paisaje

La aplicación de las líneas estratégicas de integración paisajística en las instalaciones fotovoltaicas puede constituir un instrumento de utilidad en determinadas modalidades de gestión del paisaje. En principio, dadas las dimensiones de la intervención y sus particularidades tipológicas, su potencial de integración ofrece más posibilidades en es-

pacios de baja calidad paisajística que en espacios valiosos; no obstante, esta equivalencia queda supeditada a las condiciones del emplazamiento previsto (por ejemplo, un terreno concreto alterado o deteriorado en un entorno paisajístico de calidad), a las características de la planta fotovoltaica (atendiendo en primer lugar a su extensión) y a su diseño, en particular a la introducción en él de la variable paisajística. Por estas razones, si las exigencias de integración paisajística son muy rigurosas, no debe descartarse por completo su posible localización en paisajes de calidad, al margen, por supuesto, de los espacios que gozan de algún tipo de protección paisajística.

El mismo razonamiento se puede emplear en sentido inverso. Como planteamiento inicial, la integración paisajística de las plantas fotovoltaicas constituye una herramienta útil para la recuperación de paisajes o componentes del paisaje sujetos a un alto grado de deterioro. La recuperación de paisajes degradados mediante nuevos componentes paisajísticos es una sugerencia recogida en el Convenio Europeo del Paisaje (art. 2º: ámbito de aplicación) y que en el caso de estas instalaciones resulta plenamente pertinente. Aquí se podría incluir la recuperación de terrenos mineros o industriales, terrenos deteriorados en el entorno de grandes infraestructuras de transportes, eriales sociales periurbanos, vertederos de residuos sólidos en desuso, canteras abandonadas, etc.

Como es evidente, las estrategias de adaptación o referenciación no tomarán a estos paisajes degradados como referentes, sino que deberán limitarse al mantenimiento de sus componentes estructurales (líneas de relieve, ejes estructurantes) y, si resulta aconsejable, de su significado. Se puede contemplar, por tanto, una mayor libertad en el diseño de las instalaciones fotovoltaicas.

Por último, la consideración de la planta fotovoltaica como un objeto de potencialidad formal, desligada de su propia funcionalidad, puede abrir



Fotografía 21. Land Art en el paisaje: Museo Liaunigen, Querkrastudio en Neuhaus Suha, Carinthia, Austria

la puerta a su inclusión al paisaje como elemento de calidad de naturaleza artística, es decir, a la creación de nuevos paisajes o componentes paisajísticos. Determinadas orientaciones en la genérica corriente artística del Land Art, que tiene como postulado básico la adaptación al entorno, podrían ser tomadas como referencia en este sentido (foto 21). No obstante, la inclusión en el paisaje de estas obras puede no garantizar plenamente su integración, por la propia fuerza de sus contenidos formales. Por esta razón, es necesario evitar que los contenidos plásticos alteren sustancialmente las características formales o los contenidos semánticos del paisaje en el que se inserta, incorporando las medidas de integración necesarias.

La aplicación de las técnicas de integración paisajística en las plantas fotovoltaicas

Las líneas estratégicas, criterios y medidas de integración se pueden aplicar a diferentes características y aspectos de la instalación fotovoltaica: la localización y emplazamiento de la actuación, la caracterización tipológica del objeto y la introducción o utilización de elementos externos de refuerzo.

El lugar de implantación de la planta fotovoltaica constituye uno de los ámbitos de aplicación



Fotografía 22: Viaducto Millau, 2004, diseño de Foster and Partners y Michel Virlogeux (Aveyron, Francia)

de las técnicas de integración paisajística. Incluye tanto su localización, en tipos y unidades de paisaje, como las relaciones tipológicas existentes entre ellas (densidad) y su emplazamiento concreto en el terreno. Una ubicación acertada garantiza en un porcentaje muy relevante la integración paisajística de la instalación.

El segundo eje, la caracterización tipológica de la planta, esto es, su diseño, reviste igualmente una importancia crucial. Se compone de tres apartados temáticos: el diseño conjunto de la instalación, los rasgos formales de los componentes y la ordenación interior de estos componentes. En general, el diseño, como variable independiente (o al menos autónoma) de la función, se encuentra ausente, en esta etapa embrionaria, del desarrollo de instalaciones fotovoltaicas en la práctica totalidad de los proyectos. Y sin embargo reúne una gran potencialidad, tanto para conseguir su inserción paisajística como incluso para el propio enriquecimiento del paisaje. Además, la incorporación de diseños de calidad podría aportar imagen y prestigio a la empresa promotora, al mismo tiempo que facilitaría la aceptación social de la instalación y en general de la energía fotovoltaica. El valor añadido que puede suponer para la empresa la adopción de criterios paisajísticos compensa, en términos de imagen y de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), el posible incremento de costes.

Ciertamente, estas posibilidades económicas no han sido aún no ya explotadas, sino ni tan siquiera exploradas. En realidad, el estadio en el que se encuentra actualmente el diseño de plantas fotovoltaicas, sometido a la eficiencia de la función, es comparable al existente en otros momentos en otras infraestructuras, que ya han dado el salto a la emancipación del diseño y a su aprovechamiento económico. Un proceso de este tipo se ha producido en las infraestructuras de transportes, de forma muy visible en estructuras emblemáticas, como puentes o viaductos, cuyos diseños superan la simple función (foto 22), o más recientemente incluso en las de telecomunicaciones, cuyas instalaciones más destacadas, las torres de comunicaciones, han evolucionado desde la estricta funcionalidad hacia diseños de calidad (foto 23). En el ámbito energético se podrían citar como ejemplos en la transición hacia la incorporación del diseño como elemento autónomo del proyecto los diseños de aerogeneradores o, dentro de la energía fotovoltaica, la integración arquitectónica de los paneles ubicados en edificios.

El referente obligado para el diseño de estructuras fotovoltaicas autónomas lo constituye la Pérgola Fotovoltaica del Fórum, en el parque del mismo nombre de Barcelona, construido en 2004 por los arquitectos Elías Torres y José Antonio Lapeña. La pérgola tiene una superficie de



Fotografía 23. Torre de Collserola, 1992 diseño de Foster con Martínez y Juliá (Sierra de Collserola, Barcelona)

112 x 50 metros con 3.780 m² de paneles solares. El punto más elevado de la estructura llega a los 50 metros, sosteniéndose con 4 pies de hormigón de diferentes alturas e inclinaciones. La pérgola fotovoltaica forma parte de una gran central fotovoltaica, en la que una vez finalizado el Fórum Barcelona 2004 se procedió a la instalación adicional de una superficie de placas de 6.920 m² sobre la plaza Fórum. En total, la central fotovoltaica tiene 10.700 m² y 1.3 MW de potencia. Por su gran visibilidad en el acceso marítimo y aéreo a la ciudad se ha convertido en un referente urbano para la misma (foto 24).

Por último, el empleo de elementos externos de refuerzo, las genéricamente denominadas como medidas correctoras, supone, en cierta medida, el fracaso de la integración paisajística del proyecto, bien en su ubicación o bien en su diseño, o en ambos. Su análisis detallado será el objetivo del capítulo 6.



Fotografía 24. Pérgola Fotovoltaica del Fórum, 2004, diseño de Torres y Lapeña (Parque del Fórum, Barcelona)

Capítulo 5

Factores de repercusión
paisajística.

Caracterización, efectos
sobre el paisaje y propuestas
de integración paisajística



Los factores que, individualmente o de forma combinada, inciden en la repercusión paisajística de las plantas fotovoltaicas se pueden agrupar en 5 bloques: la localización y emplazamiento de las instalaciones, la densidad que alcancen en la unidad territorial donde se ubiquen, el diseño conjunto de la planta, el diseño de los componentes y la ordenación interior de estos componentes. En cada uno de ellos se analizará de forma pormenorizada su caracterización paisajística, su incidencia en el impacto producido sobre el paisaje y se establecerán las propuestas de integración paisajística que pueden aplicarse para garantizar un grado aceptable de inserción en el paisaje. Para el análisis de estas materias se utilizarán los datos aportados por la muestra de las 88 instalaciones fotovoltaicas analizadas.

Localización y emplazamiento

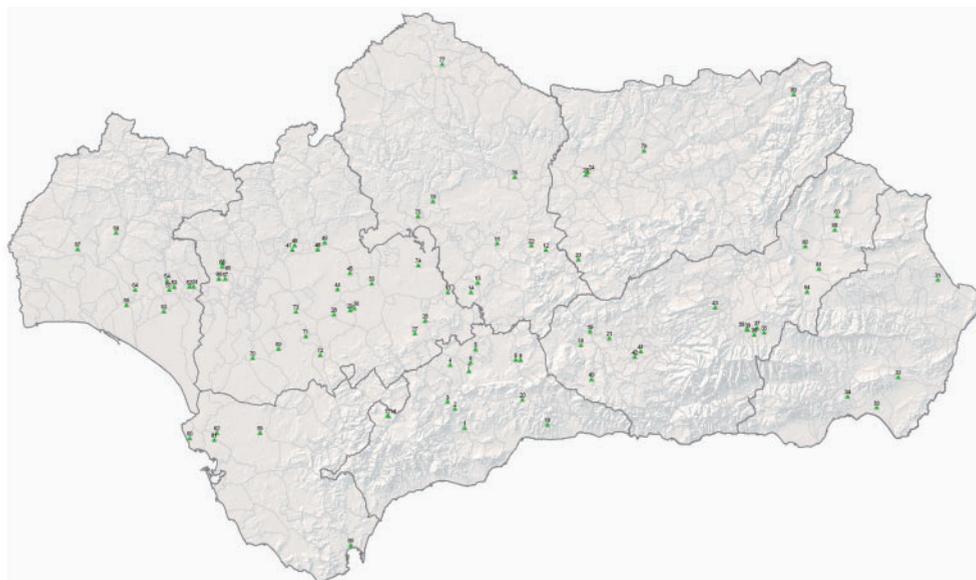
Como se indicó en el apartado introductorio, los factores de localización de las plantas fotovoltaicas atienden, en primer lugar, al grado de insolación existente (elevado en prácticamente toda la región), y, en segundo lugar, a la cercanía a las grandes redes de distribución eléctrica. Finalmente, motivaciones económicas, como el precio del suelo, derivado de su mayor o menor potencialidad para otros aprovechamientos, decantan la ubicación de la planta. Criterios, por tanto, técnicos y empresariales son los que rigen la localización de estas instalaciones. No existen, hasta el momento, criterios paisajísticos algunos que orienten, ni siquiera parcialmente, su proceso de implantación. Por otra parte, al tratarse de una actividad eminentemente privada, la ordenación territorial tampoco dispone de herramientas para ordenar y regular la distribución de las plantas fotovoltaicas por el territorio andaluz, siempre que la actuación prevista cumpla los requisitos técnicos y

medioambientales. En este sentido, por el carácter naciente de esta actividad, la determinación de su posible impacto paisajístico adolece de la ausencia de planteamientos teóricos (por ejemplo, para estimar el signo del impacto) y de desarrollos metodológicos. Además, un estudio ambiental individualizado, aunque incluya un apartado relativo al paisaje, carece de una visión territorial amplia que pudiera zonificar el paisaje atendiendo a la capacidad de acogida de plantas fotovoltaicas.

Y sin embargo la localización y el emplazamiento de las instalaciones suponen un factor de incidencia paisajística extraordinariamente importante, de tal forma que una deficiente elección genera unas consecuencias paisajísticas negativas que difícilmente se pueden solventar mediante la aplicación de otras medidas; por el contrario, una adecuada localización y un emplazamiento idóneo constituyen uno de los principales pilares de la integración paisajística de la instalación, facilitando en gran medida la adopción de criterios de integración complementarios.

Localización de las plantas fotovoltaicas analizadas en Andalucía

Las plantas fotovoltaicas recogidas en la muestra presentan un reparto desigual por provincias. Como se puede observar en el mapa 6, tabla 15 y figuras 10 y 11, de las 88 instalaciones, la provincia de Sevilla reúne algo más de la cuarta parte (24), seguida de la de Granada, con 17, situándose en un tercer nivel las de Málaga, Córdoba y Huelva, con entre 10 y 12 plantas. Cádiz, Jaén y Almería tienen una menor representación, con 6, 5 y 4 respectivamente. Por superficie, las plantas situadas en las provincias de Sevilla, Córdoba y Granada reúnen prácticamente 2/3 partes de la superficie total (64.5%), reuniendo cada una de ellas una superficie en torno a las 250 has. de media. La mayor disparidad entre la superficie ocupada y el número de instalaciones se produce en la provincia de Córdoba, con un 21.7% de la superficie y sólo un 11.3% de las instalaciones; por tanto, en esta provincia se registra la mayor superficie media por instalación, 25,4 has. El siguiente peldaño



Mapa 5. Localización de las instalaciones fotovoltaicas analizadas en Andalucía (2008-2009). Elaboración propia

en superficie ocupada lo forman las provincias de Málaga y Cádiz, aproximadamente un 10% del total en cada una de ellas. Finalmente, las provincias de Jaén, Huelva y Almería se sitúan en torno al 5% de la superficie total. En este sentido resulta especialmente llamativo el bajo porcentaje

de Almería, dada su alta insolación y consiguiente potencialidad para la producción de energía solar.

La evolución de la potencia instalada por provincias ha sido muy importante, ya que los porcentajes se han invertido en los últimos años (figuras 12 y 13; tabla 16). Baste tomar como re-

ferencia la provincia de Sevilla, con una importante evolución entre las estadísticas del año 2005 y los datos aportados por la muestra realizada: en aquella fecha representaba el 11.1% del total andaluz mientras que en la muestra ocupa algo más del 20%. Por otra parte, se han incorporado provincias que en 2005 carecían de instalaciones, concretamente Almería, Cádiz y Granada. Esta última ha alcanzado en poco tiempo el 15 % del total andaluz, mientras la provincia de Málaga ha visto disminuir su peso relativo en este periodo.

Por ámbitos geográficos, las instalaciones muestran una clara preferencia por el valle del Guadalquivir en sentido amplio, tanto en el valle en sí como en las campiñas, donde se concentran prácticamente la mitad de ellas (Reyes Corredera, 2010), y por las depresiones y altiplanos del Surco Intrabético, desde Antequera hasta la comarca de los Vélez. Por el contrario, las Cordilleras Béticas y Sierra Morena se encuentran en gran medida al margen de esta expansión. En Sierra Morena ape-

TABLA 15. DISTRIBUCIÓN PROVINCIAL DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS

PROVINCIA	HECTÁREAS	PORCENTAJE	Nº INSTALACIONES	PORCENTAJE
1 Almería	63,66	5,44%	4	4,55%
2 Cádiz	108,20	9,24%	6	6,82%
3 Córdoba	254,64	21,74%	10	11,36%
4 Granada	225,61	19,26%	17	19,32%
5 Huelva	64,50	5,51%	10	11,36%
6 Jaén	64,56	5,51%	5	5,68%
7 Málaga	115,54	9,86%	12	13,64%
8 Sevilla	274,64	23,45%	24	27,27%
TOTAL MUESTRA	1.171,35	100,00%	88	100,00%

FIGURA 10. NÚMERO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS POR PROVINCIAS (%)

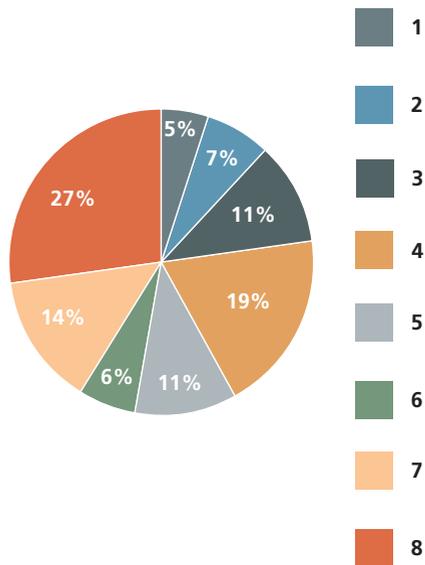


FIGURA 11. SUPERFICIE DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS POR PROVINCIAS (%)

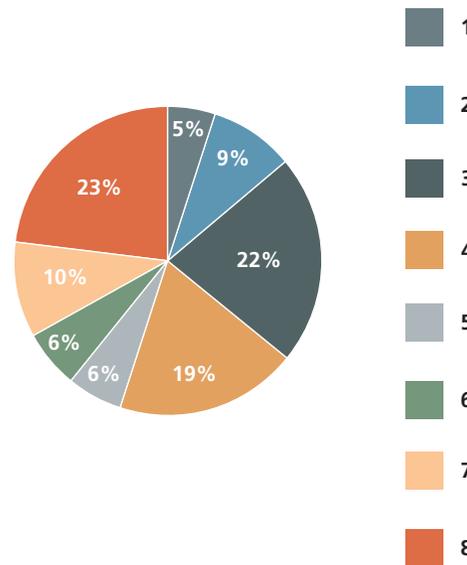
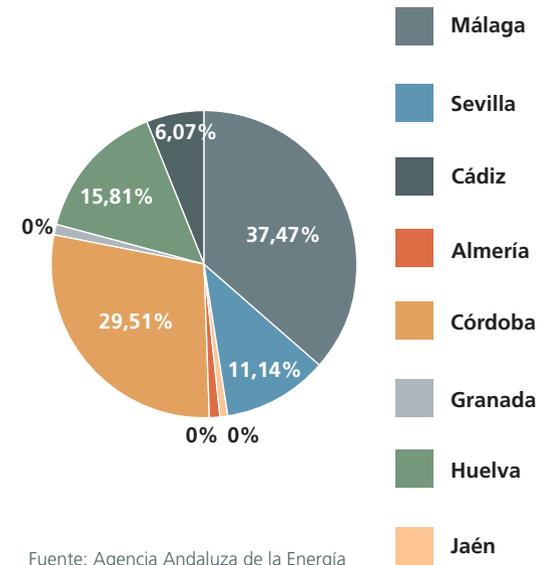
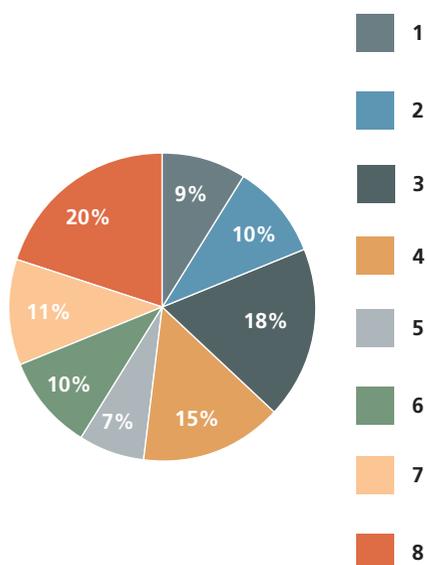


FIGURA 12. POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA. AÑO 2005



Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

FIGURA 13. POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA. AÑO 2008



Fte: Agencia Andaluza de la Energía y elaboración propia (datos 2008 sobre muestra)

nas se localizan dos de las plantas fotovoltaicas analizadas, mientras que en las Cordilleras Béticas las plantas existentes se ubican en el entorno de los principales valles fluviales y en las depresiones intramontanas. Si descendemos en la escala de aproximación, observamos cómo la mayor parte de los terrenos dedicados a este nuevo uso del suelo son terrenos de vocación agraria, tanto en las campiñas como en las vegas, siendo más infrecuentes los espacios degradados funcional y paisajísticamente. En concreto, el 48,9% de las instalaciones se ubican en antiguas parcelas dedicadas a cultivos herbáceos de secano (un 34,57%) y a olivar (un 14,36%). (Reyes Corredera, 2010).

El impacto de la localización

Sin descender a la escala de detalle que representarían las unidades de paisaje, en las que la estimación del impacto surge de un análisis pormenorizado que tenga en cuenta sus características paisajísticas específicas (fisonómicas, re-

TABLA 16. POTENCIA INSTALADA POR PROVINCIAS. EVOLUCIÓN 2005-2008

		2005%	2005 kwp	2008%	2008 MW
1	Almería	0,00%	0,00	9,11%	28,32
2	Cádiz	0,00%	0,00	9,93%	30,85
3	Córdoba	29,51%	56,00	17,69%	54,98
4	Granada	0,00%	0,00	15,16%	47,10
5	Huelva	15,81%	30,00	7,01%	21,78
6	Jaén	6,07%	11,52	10,49%	32,60
7	Málaga	37,47%	71,10	10,50%	32,63
8	Sevilla	11,14%	21,14	20,10%	62,47
	Muestra	100,00%	189,75	100,00%	310,73

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía datos 2005 y elaboración propia (datos 2008 sobre muestra)



Fotografía 25. Localización en paisaje de montaña. Moclinejo (Málaga). Instalación FV 10.



ferenciales, carácter del paisaje, etc.), a nivel 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 disponerse de manera perpendicular al plano de visión. Además, otros componentes de la instalación adquieren una mayor relevancia paisajística en terrenos inclinados, como por ejemplo los viales de acceso, de trazados diagonales sobre el plano de visión y marcadas incisiones sobre el terreno (taludes, terraplenes). Precisamente por la mayor complejidad de la instalación, además de por su lejanía de las líneas de transporte eléctrico, no es habitual, hasta el momento, la localización de plantas fotovoltaicas en paisajes de montaña, aunque existe alguna excepción puntual (foto 25). En los casos en que se pretenda localizar plantas fotovoltaicas sobre estos paisajes montañosos, 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 ocupados por formaciones vegetales naturales, montañosos o de otra índole fisiográfica, 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 domina la vegetación natural en los usos del suelo. Por esta razón, en aquellos espacios que conserven un importante componente natural pero donde exista una presencia de la acción humana, como las zonas adehesadas o los montes sujetos a una estricta ordenación, estas instalaciones generarían un menor impacto, siempre y cuando cumplan los pertinentes criterios de integración paisajística. En cualquiera de los casos, en estas zonas arboladas

también multiplica su importancia la elección de un emplazamiento apropiado.

En general, siguiendo en la escala de grandes tipos de paisaje, los paisajes transformados reciben un menor impacto por la localización de plantas fotovoltaicas, en mayor medida cuanto mayor sea la transformación, como ocurre por ejemplo en los paisajes industriales, y cuanto más notoria sea la innovación o modernidad que introduzcan, como puede ocurrir con las zonas de invernaderos. Sin embargo, en otros casos, el carácter tradicional de algunos de estos espacios transformados, sus particulares rasgos fisonómicos y su fragilidad desaconsejan la ubicación en ellos de estas instalaciones energéticas. Un ejemplo, entre otros posibles, lo pueden representar los paisajes de regadíos tradicionales. Localizados en el entorno de determinados núcleos rurales andaluces, su significado histórico, sus características morfológicas (pequeñas parcelas, heterogeneidad de cultivos, presencia de elementos singulares, etc.) y su fragilidad, derivada de su debilidad productiva y de la competencia de otros usos del suelo, hacen claramente contraproducente la implantación en ellos de plantas fotovoltaicas.

La localización como instrumento de integración paisajística

La selección de los espacios paisajísticamente más idóneos para la implantación de plantas fotovoltaicas constituye sin duda una de las pautas más importantes para alcanzar la integración paisajística de estas instalaciones. En este sentido, las medidas de naturaleza paisajística deben conjugarse con las de índole técnica y económica para garantizar la localización más adecuada. Pero, como ya se ha señalado, hasta el momento los criterios paisajísticos se encuentran francamente ausentes en los protocolos de localización de plantas fotovoltaicas. Conseguir encajarlos, aunque sea de forma progresiva, se convierte en

un objetivo para una política territorial sostenible. No obstante, trasladar este objetivo a la realidad se torna complicado, ya que el procedimiento parte de la iniciativa empresarial, que ha seleccionado previamente una localización e incluso un emplazamiento para su instalación, siendo los márgenes de actuación pública relativamente estrechos. Teniendo en cuenta estas consideraciones, en las siguientes líneas se establecen orientaciones generales para la localización de estas instalaciones.

Sugerir la localización idónea de una planta fotovoltaica supone considerar diferentes escalas de aproximación: una escala de carácter regional y subregional, en la que se valoran los tipos de paisaje y las grandes unidades de paisaje más apropiadas para la situación de esta clase de instalaciones, y otra escala más detallada, de dimensión a grandes rasgos municipal, en la que se decide la ubicación de la instalación con mayor exactitud, escala inmediatamente previa a la elección definitiva del terreno concreto donde se va a emplazar. En este estudio se ofrecen criterios para la localización más pertinente de estas instalaciones en la primera escala de aproximación, de carácter subregional o comarcal, centrada en los principales tipos de paisaje y las grandes unidades de paisaje existentes en Andalucía. No obstante, la selección definitiva implica descender a una escala más detallada y trabajar con unidades de paisaje más perfiladas. En este acercamiento final debe recibir una especial atención la identidad de cada unidad de paisaje, es decir, el carácter del paisaje en cada parte del territorio, deteniéndose en sus contenidos semánticos y en aspectos como la presencia de huellas de otras épocas, la existencia de elementos simbólicos y referenciales, los posibles valores naturales o la pervivencia de componentes culturales del paisaje. La localización definitiva debe evitar, entre otras cuestiones de naturaleza paisajística (conservación de paisajes de calidad,



Fotografías 26 y 27. Instalación fotovoltaica próxima a invernaderos. Rota, Cádiz, Instalación FV 60 e Invernaderos en El Ejido (Fuente: Alpujarras Sostenible).

mantenimiento de perspectivas, etc.), la alteración drástica o sustancial del carácter del paisaje en el territorio seleccionado.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y como orientación general ante la posible expansión de estas instalaciones, la localización de plantas fotovoltaicas se adecua en mayor medida a determinados tipos de paisaje y a ciertos componentes paisajísticos presentes en otros tipos de paisaje seleccionados en el territorio andaluz, pudiendo tener ambos, tipos de paisaje y componentes, 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), el paisaje de invernaderos ofrece semejanzas fisonómicas con las estructuras fotovoltaicas tanto en color como en texturas (foto 26). Igualmente, su significado posee un claro paralelismo, tratándose en ambos casos de paisajes modificados por el hombre en épocas recientes, conteniendo una naturaleza productiva que ade-

más incorpora tecnologías novedosas. 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 factible, al margen de su probabilidad real. Los invernaderos como componentes del paisaje son muy frecuentes en el litoral andaluz, tanto en el mediterráneo como en la parte occidental del atlántico, alcanzando un gran protagonismo, pero adquieren entidad como tipo de paisaje especialmente en la provincia de Almería: campo de Dalías (foto 27) o campo de Níjar.

Desde un punto de vista técnico, la incorporación a los invernaderos de los nuevos materiales de producción fotovoltaica de tipo lámina continua semi-traslúcida permitiría diseñar instalaciones integradas, con aprovechamiento agrícola bajo techo y de producción eléctrica solar en la estructura, en una confluencia tanto morfológica como funcional, habiéndose desarrollado ya alguna experiencia. En este sentido, existe una regulación de la Consejería de Agricultura y Pesca de mayo de 2010, dirigida a la modernización de

explotaciones agrarias, donde se establece como acción subvencionable “la producción de energía renovable para su venta o con conexión a la red eléctrica de forma directa o indirecta o de uso no exclusivo en los procesos productivos agrarios de su explotación”.

Instalaciones industriales y paisajes industriales. Las plantas fotovoltaicas también poseen apreciables similitudes con las instalaciones industriales, tanto formales (materiales, tonalidades, texturas) como semánticas (transformación intensiva). Al mismo tiempo, su inserción en estos escenarios permite la posibilidad de introducir puntos de descanso visual en las zonas industriales, de alzados más contundentes. La localización en el interior de paisajes industriales masivos, como los polígonos industriales, no parece factible, dado el elevado precio del suelo respecto a los terrenos rústicos, aunque existe algún caso de inclusión de una planta fotovoltaica en una zona industrial, como ocurre en el polo industrial del Campo de Gibraltar (foto 28). No obstante, en estas zonas industriales de uso intensivo la prioridad debe ser



Fotografía 28. Planta fotovoltaica en zona industrial (San Roque, Cádiz). Instalación FV 86 / Fotografía 29. Planta fotovoltaica junto a instalación industrial aislada. Benahadux, Almería, Instalación FV 34

la utilización de las cubiertas para la instalación de los fotocaptadores, como forma de lograr la integración productiva y espacial.

Más allá de las zonas industriales, una localización alternativa más factible tendría por destino

las instalaciones industriales aisladas emplazadas en el medio rural (azucareras, aceiteras, cementeras, etc.), como componentes singulares de otros tipos de paisajes (naturales, agrarios, etc.). En este supuesto, resulta aconsejable que la planta foto-

voltaica se sitúe de forma contigua o adyacente a la propia instalación industrial (foto 28).

Paisajes mineros y explotaciones mineras aisladas. Con carácter general, constituyen paisajes propicios para la implantación de estas ins-



Fotografía 30. Localización en paisaje minero. Aznalcóllar, Sevilla. Instalación FV 65



Fotografía 31. Antiguas escombreras mineras. Alquife, Granada

talaciones solares. Por un lado se trata de paisajes intensamente transformados, cuyo significado permite encajar nuevas actividades productivas, como las energías renovables, sin que se produzcan sustanciales alteraciones en su personalidad. Además, en algunos casos las actividades extractivas pueden tener como destino la generación de energía convencional, como ocurre en ocasiones con la minería del carbón, reforzando las conexiones semánticas con las plantas fotovoltaicas, pero mejorando la percepción social del conjunto al reducir los ratios de emisión carbónica y polución. Por otra parte, estos terrenos son percibidos paisajísticamente como deteriorados, desordenados y, al menos respecto al relieve, desestructurados (montículos, terraplenes, etc.). Los posibles emplazamientos podrían ser tanto las canteras o huecos (por ejemplo, como tratamiento de taludes, aunque atendiendo a las disposiciones sobre emplazamientos que se comentan más adelante) como, particularmente, los montículos de residuos (foto 30). Se puede aplicar a los paisajes mineros actuales (por ejemplo la zona minera de Huelva-Sevilla), pero especialmente a antiguas explotaciones extractivas, como las que aparecen en numerosos puntos de Sierra Morena y de las Cordilleras Béticas (foto 31). Sobre estos últimos las posibles intervenciones deben considerar el carácter patrimonial que estos espacios han ido adquiriendo, respetando las morfologías más características y las construcciones asociadas a la explotación minera.

Los paneles solares se revelan en estas zonas mineras como herramientas de recuperación paisajística, asignando usos innovadores a paisajes degradados, total o parcialmente. En este sentido, conectaría con uno de los objetivos establecidos en la Convención Europea del Paisaje. Por otra parte, aunque estrictamente no sean espacios mineros, estas consideraciones son aplicables también a movimientos del terreno de similar fiso-



Fotografía 32. Corona de invernaderos en Randstaad. (Países Bajos)

nomía, como los grandes vertederos de residuos sólidos urbanos, especialmente las características colinas artificiales, (foto 32), o a antiguos huecos de cantera rellenados.

Paisajes periurbanos. Las áreas periurbanas se caracterizan, entre otros aspectos, por la confluencia desorganizada de diversos usos del suelo. Esta heterogénea mezcla desemboca a menudo en un apreciable grado de confusión en el paisaje. Además, con frecuencia incluyen espacios degradados paisajísticamente, como eriales sociales en espera de su próxima urbanización, escombreras, bordes de infraestructuras, etc. La inclu-



Fotografía 34. Planta fotovoltaica en zona periurbana. Rota, Cádiz. Instalación FV 60



Fotografía 33. Planta fotovoltaica y vertedero al fondo. Osuna, Sevilla. Instalación FV 27

sión de plantas fotovoltaicas morfológicamente adaptadas a estos espacios tendría el efecto beneficioso de la introducción de orden en paisajes por naturaleza confusos. Por otro lado, fisonómicamente poseen conexiones con otros usos del suelo periurbanos, como nudos de comunicaciones viarias, centros de transportes, naves industriales o grandes equipamientos urbanos. Igualmente, compartiría con ellos el carácter productivo y su condición de elemento innovador, calidad esta que asoma con frecuencia en los bordes urbanos.

Conceptualmente, la creación de coronas energéticas en los espacios intersticiales de las



Fotografía 35. Planta fotovoltaica en zona de expansión urbana. Marchena, Sevilla. Instalación FV 30



Fotografía 36. Salinas de Cabo de Gata, Almería



Fotografía 38. Núcleo de Vejer de la Frontera (Cádiz), con las zonas inundables cercanas

grandes áreas metropolitanas (al modo de las clásicas coronas hortofrutícolas) supondría también conectar la producción con el consumo, al menos desde un punto de vista simbólico y semántico (fotos 32 y 33), ya que técnicamente toda la producción se dirige a la red eléctrica general. En general, este criterio de localización es ampliable a las áreas de expansión residencial-industrial de las ciudades medias, donde no existe franja periurbana en sentido estricto (foto 34).

Paisajes de marismas y zonas inundables. En general los paisajes del agua, o los paisajes donde el agua aparezca como un componente destacado, suponen una localización adecuada para este tipo de instalaciones debido a las notables semejanzas fisonómicas de la lámina de agua con los paneles fotovoltaicos, especialmente con los dispuestos en estructuras fijas. 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 también la existencia de geometrías semejantes, como ocurre en los arrozales o en las salinas

(foto 36). Estas últimas, tanto por sus dimensiones como por su estructura interior, podrían suponer una adecuada ubicación en el caso de abandono de su actividad industrial, siendo extensible este criterio a las salinas continentales (foto 37).

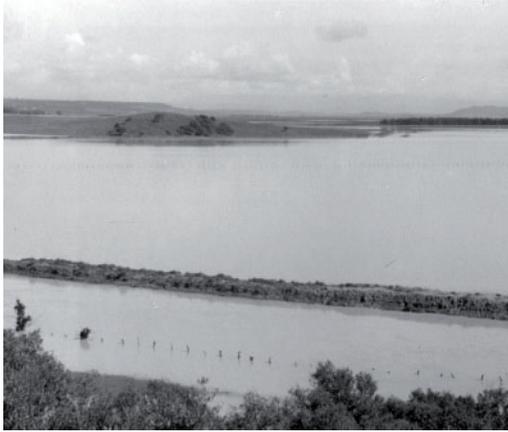
Este tipo de paisajes se extiende, entre otras zonas, por el bajo Guadalquivir y la Bahía de Cádiz y, más esporádicamente, por otros puntos del litoral atlántico (foto 38) y mediterráneo. Como



Fotografía 37. Salinas en Cazorla, Jaén

ocurre con los restantes tipos de paisaje y componentes paisajísticos propuestos, en estos espacios de agua la elección de la ubicación definitiva deberá tener en cuenta de forma muy especial los valores naturales o culturales frecuentemente asociados a estos paisajes y, en su caso, el grado de protección existente, al margen de la necesaria y detallada evaluación de posibles impactos sobre el terreno escogido.

Paisajes lacustres y componentes del paisaje lacustre. El entorno de las actuales lagunas interiores andaluzas puede suponer, potencialmente, una adecuada localización para plantas fotovoltaicas. La semejanza fisonómica con el agua de los paneles fotovoltaicos constituye el principal argumento, pero también apoyan esta localización factores como la tendencia a la horizontalidad de estos terrenos, similar a la de las estructuras fijas. Sin embargo la mayor parte de estos paisajes, en atención a sus valores naturales, gozan de diferentes niveles de protección. Por ello, la localización más apropiada, en este nivel de aproximación, la constituirían los emplaza-



Fotografía 39. Antigua laguna de La Janda, Cádiz



Fotografía 40. Laguna de La Janda, Cádiz. Ortofoto actual



Fotografía 41. Planta fotovoltaica en antigua zona endorreica. Campillos, Málaga. Instalación FV 4

mientos de antiguas lagunas, actualmente desecadas. Como ejemplos podemos citar los casos de las lagunas de Herrera, en Antequera (Málaga) o la de La Janda, en la provincia de Cádiz (fotos 39 y 40), además de otras zonas endorreicas de menor entidad, cuyos emplazamientos son reconocibles fisiográficamente en los terrenos de campiña (foto 41). Esta localización supondría revertir, de forma figurada, los procesos de desecación llevados a cabo en otros tiempos, recuperando así espacios dotados de un cierto valor simbólico e incluso identitario, que conservan numerosas referencias en la toponimia.

De igual modo, los terrenos adyacentes a los embalses, lagos artificiales que en Andalucía representan las principales acumulaciones de agua, poseen también una aptitud elevada, desde el punto de vista paisajístico, para la localización de plantas fotovoltaicas. Las semejanzas cromáticas se unen a una relativa abundancia de espacios libres, algunos intercalados en la propia masa de agua y, en el caso de los situados en topografías más suaves, en terrenos llanos.

El agua como componente de paisajes de regadío. El agua aparece como principal componente del paisaje en un tipo ampliamente representado en Andalucía, el paisaje de regadío. Más allá de los terrenos circundantes de los embalses, los espacios adyacentes a las reservas de agua de mediano y pequeño tamaño pueden suponer potencialmente una adecuada localización para las instalaciones fotovoltaicas, al menos en una primera aproximación, a expensas de un estudio más pormenorizado. Las presas de derivación y particularmente las balsas de riego constituyen buenos ejemplos de esta argumentación. Las balsas de riego, que últimamente también se pueden encontrar en zonas regadas fuera de los paisajes de regadío habituales (por ejemplo, junto a explotaciones olivereras) (foto 42), aportan a la localización de plantas fotovoltaicas, además de la seme-



Fotografía 42. Localización junto a balsa de agua. Alcaudete, Jaén. Instalación FV 23



Fotografía 43. Material impermeabilizante de balsa de riego

janza fisonómica del agua y de la horizontalidad de sus terrenos contiguos, un carácter de artificialidad del paisaje, especialmente si resulta visible parte del material impermeabilizante, rebajando el contraste de la ubicación de estas estructuras. En este sentido, determinados tipos de módulos fotovoltaicos (los fabricados con silicio amorfo) poseen intensas similitudes cromáticas con los materiales oscuros habitualmente utilizados como impermeabilizantes (foto 43).

Asimismo, el desarrollo de los nuevos materiales fotoeléctricos en lámina continua permite albergar esperanzas de aprovechamientos mixtos, producción eléctrica y acumulación de agua, con los materiales plásticos de impermeabilización; de hecho, supone una de las líneas actuales de investigación aplicada en la tecnología fotovoltaica.

Paisajes de energías renovables. Una orientación genérica para la localización de centrales fotovoltaicas la constituye su agrupación con otras instalaciones de energías renovables, especialmente con las más extensivas espacialmente: plantas termosolares (foto 44), eólicas o hidroeléctricas. Además de la afinidad semántica que comparten todas ellas (energías limpias, inagotables, innovadoras, contemporáneas), en el caso de la hidroeléctrica se unen las semejanzas fisonómicas de los paneles fotovoltaicos con el agua, si las instalaciones se ubican en terrenos cercanos al embalse (foto 45). Como planteamiento genérico, una posible nueva ubicación podría constituir la parte superior de las presas, e incluso el frontal en aquellos casos que por su orientación e insolación reúnan posibilidades técnicas, aunque esta posibilidad debe tener en cuenta el probable incremento del impacto visual por la disposición vertical o muy inclinada de estas obras, así como la afección al valor patrimonial que han adquirido algunas de estas construcciones, especialmente las más antiguas. También existen evidentes problemas



Fotografía 44. Localización junto a planta termosolar. Aznalcóllar, Sevilla. Instalación FV 65



Fotografía 45. Combinación de instalación fotovoltaica e hidroeléctrica en la provincia de Toledo



Fotografía 46. Combinación de planta eólica y fotovoltaica. Dólar, Granada. Instalación FV 35

técnicos a resolver y uno fundamental como es el control de seguridad estructural de estas obras públicas, lo que sigue poniendo de relieve la necesidad de una investigación aplicada en la energía fotovoltaica.

La asociación con las centrales eólicas es más frecuente, conjugando el componente vertical y más extensivo de éstas con el desarrollo horizontal e intensivo de las plantas fotovoltaicas de tipo fijo continuo, bajo distintas modalidades: envolviendo perimetralmente las plantas fotovoltaicas, ocupando terrenos adyacentes o mezclándose en la misma ubicación (Mérida *et al.*, 2009). Cuando se trata de seguidores fotovoltaicos, aunque se producen las mismas variantes, su morfología discontinua se encuentra mucho más próxima a los aerogeneradores (foto 46).

Igualmente, la combinación con las centrales termosolares es bastante habitual y produce buenos resultados paisajísticos, ya que los captadores termosolares de media temperatura guardan muchas semejanzas con los fotovoltaicos de tipo continuo. En los sistemas termosolares de alta temperatura, los helióstatos se confunden fácilmente con las estructuras fotovoltaicas. El mayor impacto visual, no obstante, lo produce la tecnología de torre (foto 44), tanto por su elevada altura como por el efecto de la concentración solar reflejada en su parte más elevada. Esta circunstancia le confiere una calidad de paisaje futurista visible a escala comarcal y los helióstatos o los captadores fotovoltaicos le otorgan una dimensión superficial proporcional a la altura de la torre. La novedad y, por el momento, originalidad de estas instalaciones las hacen merecedoras de un acercamiento paisajístico singular por el interés social que despiertan. En Andalucía las principales concentraciones de instalaciones de energías renovables, incluyendo la fotovoltaica, han tenido como escenario dos comarcas: el Marquesado granadino y el Aljarafe sevillano.



Fotografía 47. Localización junto a subestación eléctrica. Los Palacios, Sevilla. Instalación FV 69



Fotografía 48. Localización junto a central de ciclo combinado. San Roque, Cádiz. Instalación FV 86

Paisajes energéticos convencionales o componentes paisajísticos 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), cuya localización se aleja de los núcleos urbanos (fotos 47 y 48). Los contrastes morfológicos y cromáticos, por el contrario, son más acusados, limitándose las semejanzas fisonómicas a la utilización de materiales comunes en las estructuras, destacando los metálicos, y a la coincidencia de determinados componentes auxiliares, comunes a las instalaciones energéticas, como transformadores, torretas eléctricas, cableados, etc. No obstante, como ocurría con las plantas ubicadas junto a industrias, el contraste con componentes paisajísticos duros supone en cierta medida una amortiguación del impacto generado por aquellos, además de proporcionar un modelo territorial más coherente.

Infraestructuras de transportes. Las conexiones existentes entre instalaciones fotovoltaicas e infraestructuras de transportes son numerosas y de diversa índole. Por un lado, existen semejanzas generadas por el cromatismo y las texturas que producen, particularmente con las infraestructuras viarias. Por otro, comparten significados comunes, como el carácter de paisajes transformados, su condición específica de infraestructuras (de transportes o energéticas), su modernidad como nuevos paisajes y su potencialidad paisajística, más allá de su funcionalidad, como componentes, principales o complementarios, de paisajes de calidad. Además, en cierto modo su asociación implicaría unir la producción con el consumo de energía, y en particular de energía eléctrica, como ocurre con el ferrocarril especialmente con las nuevas líneas de Alta Velocidad. Previsiblemente, ocurrirá algo parecido en el transporte por carretera con el desarrollo del coche eléctrico, que va a producir una reconversión de las estaciones de servicio, que pasarán de meros depósitos de distribución de carburantes líquidos a proporci-

onar conexiones eléctricas de recarga rápida, y por lo tanto tendrían una utilidad directa como puntos de captación solar, y en general de producción de energías renovables.

La complementariedad entre ambas puede lograrse debido a la existencia en las infraestructuras de transportes de grandes extensiones de espacios libres, tanto en las lineales como en los grandes centros de transportes, terrenos, por otra parte, de propiedad pública, circunstancia que facilita su viabilidad. La agrupación de las instalaciones fotovoltaicas con las infraestructuras de transportes puede producirse en el interior de éstas o en sus cercanías, aprovechando su impronta paisajística. Se generarían de este modo nodos y corredores técnicos en el territorio, combinando infraestructuras de diferente tipología en un determinado punto o franja de terreno.

En concreto, las siguientes instalaciones de transportes pueden suponer una localización apropiada para las plantas fotovoltaicas:

Puertos. En una primera aproximación, dentro de las instalaciones portuarias las áreas libres



Fotografía 49 a, b y c: Dique de Levante del Puerto de Málaga: imagen real, simulación con placas alternas y simulación con toda la superficie aprovechada

suponen el espacio más idóneo para la localización de instalaciones fotovoltaicas, al margen por supuesto de las cubiertas de las edificaciones. Además pueden tener usos complementarios, por ejemplo utilizando los captadores como parasoles de aparcamientos. Otros escenarios posibles pueden ser los flancos soleados de los grandes diques de protección, como podría ser el caso, por ejemplo, del nuevo dique de Levante del Puerto de Málaga (foto 49). Incluso se podría plantear la posibilidad de instalaciones móviles, con desplazamientos puntuales por las necesidades operativas del puerto. Los puertos de mercancías más importantes constituyen, en principio, las opciones más viables por la mayor abundancia de espacios libres disponibles.

Espacios libres en aeropuertos. Los aeropuertos poseen igualmente una gran extensión de terrenos libres, susceptibles de aprovechar mediante instalaciones de esta índole. Al igual que ocurre con los puertos, los grandes aeropuertos suponen la opción más consistente, aunque incluso los aeropuertos más pequeños generan amplios espacios vacíos. Sin embargo, el principal obstáculo para la implantación de plantas fotovoltaicas sería la posible incidencia sobre la navegación aérea a causa de su reflectancia. En este



Fotografía 50. Planta fotovoltaica junto al aeropuerto internacional de Denver (EEUU)

sentido, determinados materiales (células, recubrimientos) utilizados en los módulos fotovoltaicos poseen una menor reflexión solar. Disminuiría la eficiencia de la instalación pero se estarían aprovechando espacios inertes. En cualquier caso, existen algunos referentes internacionales conocidos, como por ejemplo la planta fotovoltaica instalada junto al aeropuerto internacional de Denver (EE. UU) (foto 50).

Grandes complejos y estaciones ferroviarias. Igualmente, las estaciones ferroviarias generan una importante cantidad de áreas libres potencialmente utilizables para la instalación de plantas fotovoltaicas, al margen de los paneles



Fotografía 51. Estación AVE. Ponte Genil, Córdoba

que pudieran instalarse sobre las cubiertas de los edificios, modalidad ésta en la que se ha avanzado en los últimos años. Fuera de las estaciones y del complejo ferroviario, un especial interés puede revestir la localización de plantas fotovoltaicas en sus inmediaciones, en el caso de las estaciones aisladas situadas en el medio rural. De esta forma la planta fotovoltaica formaría parte, perceptivamente, del nodo de infraestructuras. Como ejemplo se puede citar el caso de la nueva estación del tren de Alta Velocidad en Antequera, en cuyas cercanías existe, aunque no de forma contigua, una planta fotovoltaica (foto 52); la misma circunstancia puede producirse en otros



Fotografía 52 Planta fotovoltaica junto a estación AVE. Antequera, Málaga. Instalación FV 6

nuevos complejos ferroviarios aislados, como sería el caso de la estación de AVE de Puente Genil (foto 51).

Autovías y autopistas. El espacio interior de autopistas y autovías constituye una localización que se propone como apropiada para instalaciones fotovoltaicas. 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: especialmente el asfalto, cromáticamente cercano a los paneles fotovoltaicos monocristalinos, pero también el mobiliario (señales, farolas, quitamiedos, etc.), con los que puede compartir morfologías, color o texturas. Además, carreteras y paneles fotovoltaicos poseen un significado común de paisaje transformado y productivo y comparten su condición de infraestructuras. Otra ventaja es la posibilidad de adaptación a elementos funcionales existentes en la autovía, duplicando de esta forma su utilidad, como sería el caso de las pantallas visuales y, si se opta por paneles con un cierto grado de transparencia (utilizados en integración arquitectónica), de las acústicas. La principal desventaja reside en la morfología predominantemente lineal que debería adquirir



Fotografía 53. Pantalla visual en autopista. Alemania



Fotografía 54. Paneles fotovoltaicos en autopista de Brennero (Italia)

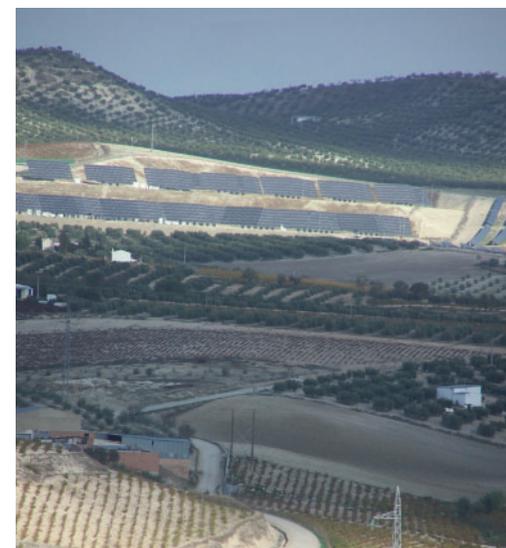


Fotografía 55. Espacios libres junto a Área de Servicios

la instalación (excepto si se sitúan en los enlaces), circunstancia esta que reduce su eficiencia e incrementa los gastos de conservación; no obstante, en el balance económico debe tenerse en cuenta que se estaría poniendo en valor (o dupli-

cando, en el caso de las pantallas) terrenos improductivos. Otra desventaja, esta de naturaleza paisajística, sería la altísima incidencia visual que tendría el complejo fotovoltaico, aunque quedaría mitigada por su inclusión en el paisaje ya existente de la autovía o autopista, especialmente si se siguen criterios de integración paisajística en su diseño.

Respecto a los espacios más propicios para la posible ubicación de paneles fotovoltaicos, hasta el momento los únicos ejemplos que hemos detectado, al margen por supuesto de los módulos individuales que en ocasiones se colocan en diferentes elementos del mobiliario vial (farolas, etc.), se sitúan en los bordes de la calzada, sirviendo al mismo tiempo de pantallas acústicas o visuales (fotos 53 y 54). Pero en nuestra opinión las posibilidades son mucho más amplias. Por ejemplo, los enlaces, especialmente en las isletas intermedias, donde se evitaría la linealidad de la instalación y al mismo tiempo podría solventar, con la suficiente calidad, el tratamiento estético de estos espacios. Otros terrenos potencialmente útiles son los



Fotografía 56. Paneles fotovoltaicos en taludes viarios. Baena, Córdoba. Instalación FV 12.

entornos de las áreas de servicio, donde se producen importantes ensanchamientos del espacio ocupado por la infraestructura. La cercanía con el abastecimiento de combustible produce también importantes semejanzas conceptuales con la producción de energía. En este sentido, el más que previsible crecimiento del número de vehículos eléctricos, con la consiguiente demanda de las ya denominadas electrogasolineras, abre grandes posibilidades argumentales a la implantación de instalaciones fotovoltaicas junto a las principales infraestructuras viarias (foto 55).

Medianas, taludes de terraplenes, taludes de desmontes, pueden completar la oferta de espacios potencialmente aprovechables para esta finalidad. En el caso de los taludes de desmonte, la instalación de paneles fotovoltaicos adecuadamente diseñados puede estimarse también como una medida de tratamiento paisajístico de estos relieves alterados (foto 56). Debido a la disposición más inclinada del terreno, sería necesaria en estos casos la adopción de medidas adicionales de integración paisajística en el diseño de los paneles, principalmente en relación al color de los módulos.

Cercanías de carreteras y autovías. Esta propuesta de localización se refiere a los espacios contiguos a las infraestructuras viarias en parcelas adyacentes al espacio de la carretera. Mantendría la cercanía conceptual y fisonómica antes comentada, aunque ganaría en viabilidad por la posibilidad de que la planta adquiriera mayores dimensiones y una disposición más masiva y menos lineal. No obstante, esta localización plantea nuevos problemas, aunque solventables. El principal, la alteración del paisaje existente alrededor de la vía, particularmente si la concentración de plantas es elevada o si la instalación es de grandes dimensiones; esta circunstancia desvirtuaría el paisaje visible desde la carretera, siendo necesario por tanto establecer distancias mínimas



Fotografía 57. Planta fotovoltaica junto a carretera. Calañas, Huelva. Instalación FV 58



Fotografía 58. Planta fotovoltaica cercana a Autovía. Humilladero, Málaga. Instalación FV 5

de separación y tamaños máximos. Un segundo problema tendría que ver con la posible alteración de las vistas lejanas existentes desde la carretera, especialmente cuando se trate de enclaves singulares y referenciales; aquí sería necesario vigilar la altura de los paneles, especialmente en el caso de seguidores exentos, así como el nivel topográfico de base. Finalmente, se trataría de espacios con una alta incidencia visual, por lo que la presencia de plantas fotovoltaicas tendría un mayor impacto paisajístico, estando acrecentada por su morfología, diferente a la de la vía y a la probable exis-

tencia de franjas de separación que romperían la continuidad en su percepción (fotos 57 y 58).

Tendidos ferroviarios. De igual forma que en las 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. Su principal desventaja, ya aducida en el caso de las autovías y autopis-



Fotografía 59. Instalación fotovoltaica junto a trazado ferroviario. Escacena del Campo, Huelva. Instalación FV 51

tas, es el carácter lineal que tendría que adoptar la instalación, que reduce su eficiencia y complica su conservación. Dentro del espacio ocupado por la infraestructura, las áreas propuestas predilectas serían los terraplenes de la plataforma ferroviaria, o el exterior de falsos túneles (como ocurre, por ejemplo, cerca de Amberes). Igualmente podrían utilizarse como técnica de tratamiento paisajístico de taludes.

Los espacios contiguos a los tendidos ferroviarios son igualmente apropiados para la instalación de plantas fotovoltaicas (foto 59), con las

ventajas y limitaciones ya expuestas en el caso de las carreteras: conexiones fisonómicas y semánticas, mantenimiento de la eficiencia productiva, alteraciones del paisaje y de las vistas y elevada incidencia visual.

Otros componentes del paisaje. Entre los variados componentes del paisaje que se pueden encontrar de forma más o menos puntual en Andalucía, algunos pueden potencialmente convertirse en instrumentos de integración paisajística de plantas fotovoltaicas, utilizándolos como referentes. Se trataría de instalaciones de diversa índole pero que o bien por su tipología o bien por su significado de transformación del paisaje puedan suponer una posible herramienta de integración. Como ejemplo podemos citar el huerto solar existente en Bobadilla (Antequera, Málaga), limítrofe con una instalación militar con la que comparte semejanzas tipológicas (foto 60).



Fotografía 60. Planta fotovoltaica en cercanías de instalaciones militares. Antequera, Málaga. Instalación FV 7

Caracterización de los emplazamientos

Los emplazamientos habituales de las instalaciones fotovoltaicas analizadas se concentran en dos grandes clases de unidades fisiográficas: las lomas y colinas, con un 42% de los casos, y las llanuras (fluviales, altiplanos, cuencas intramontanas, etc.), que reúnen el 41% de ellos. Más ocasionales son los emplazamientos en laderas de pendientes pronunciadas (4.5%), cumbres (2.3%), piedemontes (6.8%) y fondos de valle (3.4%).

Los emplazamientos elegidos, junto a las características intrínsecas de la instalación fotovoltaica, generan una repercusión visual sobre su entorno muy significativa. La medición de las cuencas visuales de las 88 plantas analizadas muestra cómo la mayor parte de ellas (46.6%) poseen amplias cuencas, entre 10.000 y 30.000 has.; el 27.2% generan cuencas muy amplias, superiores a las 30.000 has. Las cuencas visuales que se podrían considerar, comparativamente, como pequeñas, es decir inferiores a 10.000 has., agrupan al 23.8% de los casos. Finalmente, las plantas con cuencas visuales muy pequeñas, inferiores a las 1.000 has., solamente alcanzan el 2.3% de los casos analizados. Por tanto, nos encontramos ante instalaciones cuyos emplazamientos producen vastas cuencas visuales, realzando así su protagonismo paisajístico.

La evaluación conjunta de la incidencia visual existente sobre las plantas incluidas en el muestreo revela la existencia de un alto grado de incidencia visual, esto es, reúne una gran cantidad de observadores potenciales. Debido posiblemente a la coincidencia espacial de las redes energéticas con las redes de transporte, muchas de estas centrales fotovoltaicas se sitúan en el entorno de las infraestructuras viarias. Nada menos que una cuarta parte de ellas se ubica en las inmediaciones de una autovía o autopista; un 40.9% junto a una carretera autonómica y un 18% tiene en sus

cercanías al menos una carretera local. Además de las infraestructuras de transporte, otros puntos desde los que se estima habitualmente la incidencia visual son los núcleos de población. En este sentido, un 18% de las huertas solares son visibles desde los núcleos de población circundantes.

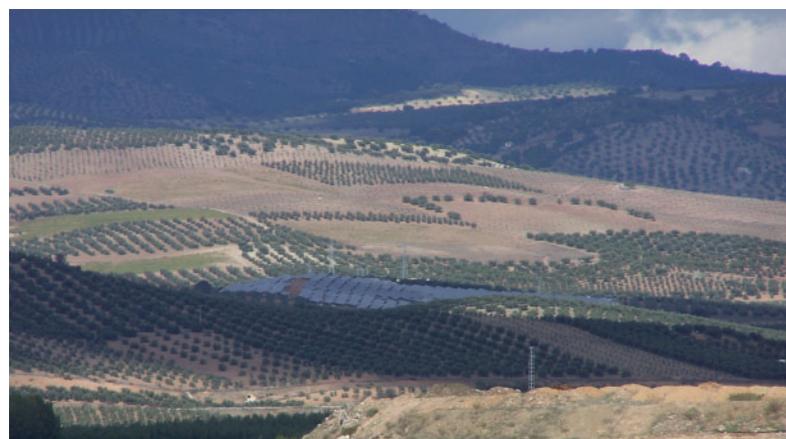
La incidencia paisajística del emplazamiento

En gran medida, los impactos sobre el paisaje derivados de la ubicación de una planta fotovoltaica se deben más al emplazamiento seleccionado que a su localización en un determinado tipo de paisaje. Expresado en otros términos, un buen emplazamiento puede mitigar los efectos de una mala localización. El impacto paisajístico del emplazamiento se deriva en gran parte de la amplitud de la cuenca visual que genere (a mayor espacio visible, mayor impacto) y de la incidencia visual que produzca, es decir, del número de potenciales observadores afectados, variable dependiente sobre todo de la cercanía a vías de comunicación y núcleos de población. El impacto no es sólo potencial (un objeto es visible), sino que se produce de forma efectiva (el objeto es visto) por su destacada reflectividad, derivada de los materiales utilizados y de su orientación al sol: en torno a un 80% de la luz solar es reflejada por los paneles fotovoltaicos. En todo caso, los dos parámetros, cuenca visual e incidencia visual, pueden ver alterado el signo del impacto en función de la distancia a la que se encuentre la instalación fotovoltaica y de su tipología (a cierta distancia determinados diseños pueden asimilarse a otros componentes del paisaje, como las masas de agua o los invernaderos para las instalaciones continuas o las dehesas de *quercus* para los seguidores aislados).

Desde el punto de vista topográfico, los emplazamientos en ladera son los más impactantes, en mayor medida cuanto mayor sea la pendiente. El impacto obedece a la disposición inclinada



Fotografías 61 y 62. Estructuras perpendiculares al plano de visión. Moclinejo, Málaga, y Puente de Génave, Jaén, Instalaciones FV 10/80



Fotografías 63 y 64. Emplazamiento en laderas con pendientes moderadas. Salar y Villanueva Mesía, Granada, Instalaciones FV 18/19



Fotografías 65 y 66. Emplazamiento en cumbre y rellanos de ladera. Ronda, Málaga. Instalaciones FV 17/16



Fotografías 67 y 68. Emplazamiento cercano a elementos culturales. Aguilar de la Frontera, Córdoba, y Utrera, Sevilla. Instalaciones FV 15/71



Fotografías 69 y 70. Emplazamiento cercano a cementerios y en perspectivas de núcleos de población. Casabermeja y Archidona, Málaga. Instalaciones FV 20/09

de la instalación, tendente a la perpendicularidad con el plano de visión (fotos 61 y 62). Incluso con pendientes menores, las laderas constituyen emplazamientos desaconsejados (foto 63), aunque la intensidad del impacto disminuye claramente con porcentajes de inclinación más bajos (foto 64). Por el contrario, otros emplazamientos, como las cumbres (foto 65) o, dentro de las laderas, los rellanos intermedios u hombreras (foto 66), ofrecen un mejor resultado desde el punto de vista del impacto paisajístico.

En algunas ocasiones, la repercusión paisajística del emplazamiento se deriva de la cercanía

topológica con elementos singulares del paisaje, especialmente de naturaleza cultural, como los cortijos (fotos 67 y 68) y otras construcciones tradicionales, o edificaciones de interés histórico, monumental o religioso, como por ejemplo ermitas o cementerios (foto 69). En otros casos surge de la alteración de perspectivas valiosas, bien por ocultación o bien por intrusión, particularmente sobre determinados puntos referenciales, como pueden ser, por ejemplo, las vistas de conjunto de los núcleos de población (foto 70).

El emplazamiento y su integración paisajística

En este apartado se realizarán propuestas de emplazamiento genéricas, atendiendo a diferentes variables (topográficas, topológicas, visuales, etc.), siendo necesario antes de fijar el emplazamiento definitivo de la instalación un estudio detallado de las posibles unidades de paisaje afectadas por la actuación. Al margen de la evaluación del posible impacto ambiental, la fijación definitiva del emplazamiento debe partir de una interpretación adecuada del carácter del paisaje en cada una de las zonas previstas, atendiendo, entre otras



Fotografía 71. Emplazamiento en terrenos horizontales. Fuentes de Andalucía, Sevilla. Instalación FV 50

cuestiones, a la existencia de huellas históricas, elementos simbólicos y lugares referenciales.

Partiendo de esta premisa, en una primera escala de aproximación, el emplazamiento adecuado para las instalaciones fotovoltaicas deberá contemplar los siguientes requerimientos:

1. Se deben escoger **terrenos de disposición horizontal**. En general, las líneas horizontales se integran mejor en el paisaje, evitando rupturas del plano de visión y reduciendo el espacio visible exteriormente de la instalación. Si el terreno y su entorno son completamente llanos, el área visible se

reduce a las primeras hileras de paneles (foto 71). Son por tanto claramente preferibles los espacios planos y, en los suavemente ondulados, las zonas subsidentes. Si el espacio llano lo conforma una cumbre plana o de escasa pendiente, la instalación deberá alejarse de los bordes, de los puntos en los que se producen los cambios de pendiente, para reducir de esta forma su visibilidad desde el exterior (fotos 72 y 73). Si cima se encuentra relativamente aislada, el emplazamiento en cumbre añadiría la ventaja de la cercanía cromática entre los paneles y el cielo, que aparecería como fondo



Fotografías 72 y 73. Emplazamiento en cumbres. Aznalcóllar, Sevilla, y Almería. Instalaciones FV 65/33



Fotografías 74 y 75. Emplazamiento en relanos de ladera y estructuras perpendiculares a la pendiente. Archidona, Málaga, y La Mala, Granada. Instalaciones FV 16/42



Fotografía 76. Cuenca visual reducida. Lucainena de las Torres, Almería. Instalación FV 32



Fotografía 77. Semejanzas fisionómicas con el agua. Campillos, Málaga. Instalación FV 04



Fotografía 78. Alta incidencia visual. Planta fotovoltaica visible desde autovía A-92. Benahadux, Almería. Instalación FV 34

escénico (foto 73). En general, el emplazamiento sobre ladera dificulta la integración paisajística, en mayor medida cuanto mayor sea la pendiente; en estos casos son más aconsejables los rellanos intermedios u hombreras (foto 74), alejándose en cualquier caso de los cambios de pendiente. Son preferibles las laderas aterrazadas, siempre y cuando los bancales existan con anterioridad a la instalación; en estos casos, los componentes de la instalación deberían evitar ocupar el borde del terraplén de la terraza. Si la instalación se emplaza finalmente en una ladera, deberá escogerse la de

menor pendiente, siendo emplazamientos claramente desaconsejables las laderas de mayor inclinación. La orientación preferida en el caso de emplazamientos en laderas es la meridional, ya que otras orientaciones obligan a disponer el panel de forma perpendicular a la pendiente, agravando el impacto por el contraste morfológico (foto 75).

2. El emplazamiento idóneo debe generar una **cuenca visual reducida**. Según este criterio, el emplazamiento apropiado estaría en el interior de pequeñas cuencas cerradas o semicerradas, como áreas subsidentes o estrechos valles fluviales (foto 76). No obstante el cumplimiento de esta condición es difícil, ya que implicaría la presencia de obstáculos orográficos que podrían afectar a su eficiencia. Si la cuenca visual es de considerable amplitud, el resto de criterios de emplazamiento deberá cuidarse especialmente, así como otras medidas de integración paisajística. Por ejemplo, un emplazamiento topográficamente adecuado, como un área subsidente, reduce los problemas de una cuenca visual amplia debido a la semejanza fisionómica que posee con otros componentes paisajísticos, como el agua (foto 77).

3. Igualmente, la localización ideal debe de contar con una **reducida incidencia visual**, alejándose de puntos de concentración o tránsito

de la población, como los núcleos o las grandes infraestructuras viarias (foto 78). En este tipo de instalaciones es necesario ponderar la incidencia visual por su intensidad y por la adaptación que consiga con otros componentes del paisaje. Una planta fotovoltaica desde distancias cercanas genera un impacto paisajístico que se diluye a media y gran distancia debido a los posibles paralelismos con otros componentes del paisaje (por ejemplo agua, invernaderos, etc.) y a los usos del suelo adyacentes. En cualquier caso, la reducción efectiva de la incidencia visual depende del acierto en el emplazamiento y del diseño de la instalación.

4. El emplazamiento de una instalación fotovoltaica **debe alejarse de elementos singulares del paisaje de interés cultural**, como cementerios (foto 79) o construcciones tradicionales como los cortijos, entre otros (foto 80). En el caso de estos últimos, su mayor densidad en algunas zonas rurales puede complicar la búsqueda de un emplazamiento alejado de ellos; si este fuera el caso, se recomienda optar por asegurar su integración en el paisaje generado por la instalación, por ejemplo mediante su acomodación a los espacios libres perimetrales, o asignándoles una nueva funcionalidad (instalaciones técnicas u otras dependencias).



Fotografía 79. Emplazamiento junto a cementerio. Galera, Granada. Instalación FV 85 / Fotografía 80. Emplazamiento junto a construcciones tradicionales. El Coronil, Sevilla. Instalación FV 72



Fotografía 81. Emplazamiento en perspectivas de núcleos tradicionales. Espejo, Córdoba. Instalación FV 11

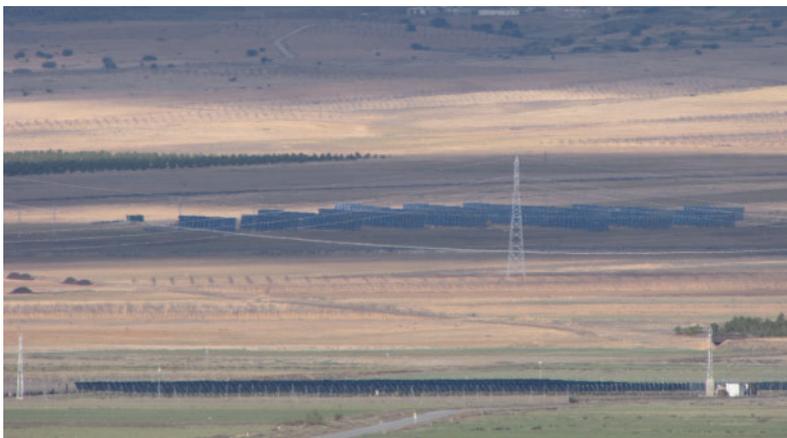
5. Finalmente, el emplazamiento **no debe modificar las perspectivas de calidad** existentes en su entorno, en especial las emitidas desde vías de comunicación, espacios frecuentados por la población y, por supuesto, miradores. Debe evitarse tanto la alteración por ocultación o interrupción de las vistas como las producidas por intrusión en sus contenidos de estos elementos ajenos. Se tienen que cuidar especialmente las dirigidas a las vistas de conjunto de los núcleos de población (foto 81) y al resto de elementos referenciales del paisaje, particularmente los dotados de valor simbólico por sus valores culturales, como los castillos.

Densidad de plantas fotovoltaicas

En términos generales, la densidad de plantas fotovoltaicas sobre el territorio andaluz no es muy elevada, ni siquiera sobre sus áreas de localización preferente, como las campiñas o los altiplanos. El número de complejos fotovoltaicos (al margen de su fragmentación jurídica) es aún relativamente modesto, y la superficie que ocupan cabe considerarla como irrelevante en el contexto territorial andaluz. Sin embargo, en determinadas zonas han alcanzado una mayor densidad, como en la comarca del Marquesado (Granada) o en el Alja-

rafe sevillano y su prolongación por el Condado onubense. A escala municipal, en muchos municipios coinciden varios complejos fotovoltaicos, a veces cercanos entre sí, como ocurre en Archidona (Málaga) o Cantillana (Sevilla). Dada la naturaleza de estas instalaciones, dotadas de un evidente protagonismo visual que contrasta con los entornos rurales donde se ubican, la densidad percibida es mayor de la existente en términos de superficie ocupada o de número. Por otra parte, es previsible que la expansión futura, aunque ralentizada, de estas instalaciones produzca un incremento de su densidad, especialmente en las zonas donde ya se encuentran implantadas.

El impacto paisajístico, como cualquier otra clase de impacto, posee un carácter sinérgico: una única intervención puede generar un efecto limitado, pero el impacto conjunto de la acumulación de pequeñas actuaciones es mayor que la suma de los impactos individuales. Al mismo tiempo, la concentración de plantas fotovoltaicas en determinadas zonas, además de evitar impactos en otras áreas, puede suponer, como se ha apuntado en otros apartados, la aparición de nuevos y especializados paisajes, particularmente si coinciden espacialmente con otras fuentes de energía renovables y si la calidad formal impregna sus diseños.



Fotografías 82 y 83. Densidad de plantas fotovoltaicas e instalaciones discontinuas. La Calahorra y Alhama de Granada, Granada. Instalaciones FV 37/41

Un ejemplo representativo de esta casuística se está configurando en la comarca granadina del Marquesado, donde la densidad de instalaciones fotovoltaicas (además de otras renovables, como eólicas y termosolares) es relativamente elevada (foto 82), aunque carente, hasta el momento, de un tratamiento territorial conjunto.

El impacto de la densidad asoma en mayor medida cuando su incremento coincide con la distribución dispersa de las plantas fotovoltaicas, generando discontinuidades y espacios intersticiales que quedan desprovistos de significado. En otras ocasiones, el impacto se genera no por el número de plantas sino por el carácter discontinuo de grandes y extensivas instalaciones, que altera también la identidad paisajística de los terrenos intermedios (foto 83), en mayor medida si la distancia de separación entre los distintos sectores es reducida.

La densidad y su integración paisajística

Evitar o estimular la concentración o dispersión de plantas fotovoltaicas constituye una decisión de política territorial, con su particular carga de dificultad. En general, una densidad baja de instalaciones y de superficie ocupada, 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. En este sentido, deberá cuidarse la separación o distancia existente entre plantas, evitando que plantas alejadas se unan en su percepción a media distancia. Por su parte, la concentración en unos determinados espacios y franjas territoriales estará justificada paisajísticamente si la zona elegida cuenta con componentes paisajísticos de similar índole, especialmente instalaciones energéticas renovables, y si se incluyen criterios paisajísticos en su diseño.

Diseño conjunto de las instalaciones

Extensión de las plantas fotovoltaicas

La superficie media de las plantas fotovoltaicas analizadas es de 13,31 hectáreas. Sin embargo esta media oculta la existencia de grandes disparidades. Más clarificadora resulta su estructuración en intervalos de superficie. Para ello se han establecido dos umbrales, de 5 y 8 has., que separan tres grupos de plantas: las instalaciones pequeñas, por debajo de 5 has.; las medianas, entre 5 y 8 has., y las grandes plantas fotovoltaicas, por encima de las 8 has. En la siguiente tabla (tabla 17)

y en los gráficos 14 y 15 las plantas se clasifican atendiendo a la superficie ocupada y al número de instalaciones contenidas en cada intervalo.

Como se puede observar, el número de instalaciones se encuentra relativamente repartido entre los tres grupos, aunque son más numerosas las de mayor tamaño. Sin embargo, por superficie los desequilibrios son mayores, ocupando las grandes plantas el 81.5% de la extensión total. Por tanto las instalaciones de gran tamaño han adquirido un notable protagonismo paisajístico, en contraste con la situación existente en los inicios del desarrollo de plantas fotovoltaicas, en los que abundaban las pequeñas instalaciones, desde entonces denominadas coloquialmente como huertos solares.

Un análisis más pormenorizado de las plantas de mayor extensión revela que existen 6 instalaciones entre 45 y 100 has. que ocupan ellas solas más de la tercera parte del total de la superficie dedicada en Andalucía a plantas fotovoltaicas, concretamente el 34,81%. De ellas, dos se encuentran en la provincia de Sevilla, otras dos en la de Córdoba y una en las de Cádiz y Granada. Existen otras 10 instalaciones con una superficie entre 20 y 45 has. que representan casi una cuarta parte de la extensión total, el 23,5 %. Finalmente, las

TABLA 17. NÚMERO DE INSTALACIONES Y SUPERFICIE OCUPADA SEGÚN SU TAMAÑO

TAMAÑO DE LA INSTALACIÓN	SUPERFICIE (HAS.)	SUPERFICIE (%)	INSTALACIONES	INSTALACIONES (%)
1 > 8HA	955,13	81,54%	38	43,18%
2 8HA < 5HA	127,46	10,88%	21	23,86%
3 < 5HA	88,76	7,58%	29	32,95%
TOTAL MUESTRA	1.171,35	100,00%	88	100,00%

FIGURA 14. SUPERFICIE DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS SEGÚN SU TAMAÑO (%)

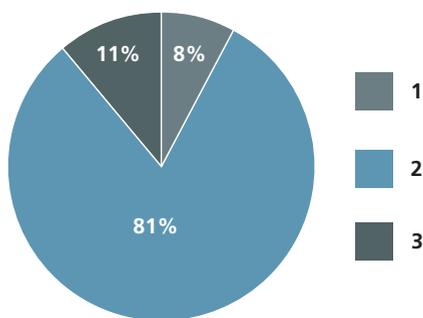
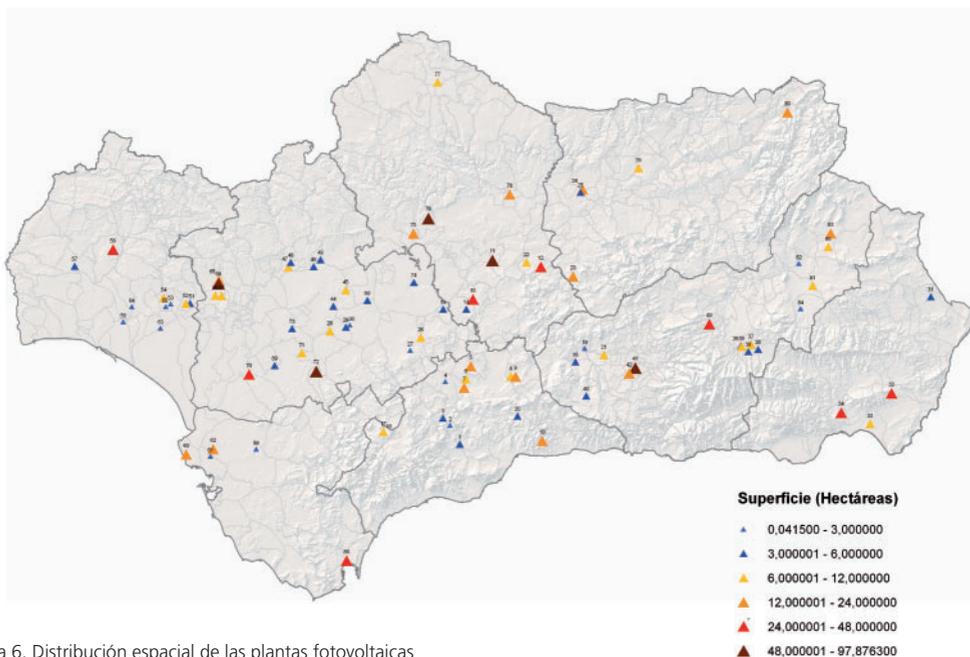
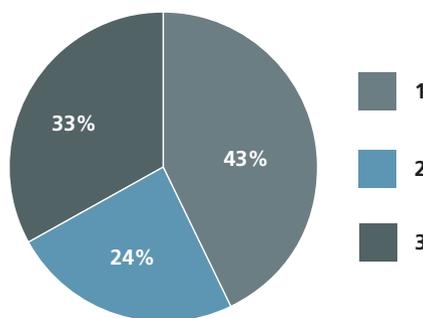


FIGURA 15. NÚMERO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ANALIZADAS SEGÚN SU TAMAÑO (%)



Mapa 6. Distribución espacial de las plantas fotovoltaicas analizadas por tamaños (2008-2009). Elaboración propia

instalaciones entre 8 y 20 has. son las más numerosas de este grupo, sumando 21 plantas, y ocupan el 22,8% de la superficie total. Si agrupamos los dos últimos subgrupos, aquellas entre 8 y 45 has., se alcanzan las 31 instalaciones (35.2% del total), con un 46,37 % de la superficie, por lo que se puede considerar el tamaño más representativo de las instalaciones analizadas en Andalucía.

El impacto de la extensión

Sin duda, la extensión constituye uno de los principales factores generadores de impacto paisajístico de una planta fotovoltaica. Por su naturaleza se trata habitualmente de instalaciones amplias, extensivas superficialmente, sobre todo si las comparamos con las centrales energéticas convencionales, y cuya repercusión en la imagen resulta difícil obviar. Pero en ciertas ocasiones las plantas alcanzan unas dimensiones especialmente elevadas, de decenas de hectáreas, superando en algún caso el centenar, incrementando sensiblemente su incidencia paisajística. Además de las dimensiones absolutas, el impacto sobre el paisaje se puede derivar también del contraste generado entre las magnitudes de la instalación fotovoltaica y las dimensiones del parcelario preexistente, especialmente cuando el parcelario es homogéneo y tiene una reducida superficie. Si la heterogeneidad es la nota dominante en la extensión de las parcelas, el impacto de una instalación fotovoltaica puede mitigarse. Por el contrario, el contraste será menor si las dimensiones de la planta se ajustan a las existentes (o dominantes) en el parcelario, que tendrían que ser necesariamente al menos de mediano tamaño.

La integración de la extensión

La integración paisajística de la superficie de la planta fotovoltaica debe ser contemplada desde las dos perspectivas antes citadas: la extensión absoluta de la instalación y la extensión relativa en



Fotografía 84. Adaptación a las dimensiones del parcelario. Ardales, Málaga. Instalación FV 03

relación con otros componentes del paisaje, como el parcelario. Desde el punto de vista de la extensión absoluta, la integración en el paisaje es más factible con superficies pequeñas o moderadas. Una extensión en torno a seis hectáreas puede suponer un umbral aceptable. Como únicas referencias se puede señalar tanto la cifra de 6 hectáreas propuesta en el borrador de Decreto regulador de la implantación de parques solares fotovoltaicos y eólicos en Cataluña, extensión a partir de la cual sería necesario contar con un plan urbanístico específico, como el límite de 2 hectáreas que recoge la ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía, a partir de la cual las instalaciones fotovoltaicas deberán contar con Autorización Ambiental Unificada. En cualquier caso,

superficies superiores complican la posibilidad de su integración paisajística, aunque, si se cumplen otras medidas de integración, no la imposibilitan necesariamente.

Desde el punto de vista de la extensión relativa, constituiría una medida aconsejable que la superficie ocupada por la instalación se ajustara a la extensión media del parcelario en la zona donde se vaya a ubicar. Debido a las magnitudes de una planta fotovoltaica, resulta más fácil su integración en un entorno de parcelas medianas y grandes (por ejemplo, olivares y cereales en las campiñas) que en una zona con predominio de pequeñas explotaciones, como puede ser el caso de los regadíos tradicionales, caracterizados por un acusado minifundismo (foto 84).

Morfología de las plantas fotovoltaicas

La necesidad de concentración de los paneles fotovoltaicos en el interior de las plantas generadoras viene determinada por las limitaciones técnicas de la producción eléctrica de tipo continuo y por las grandes pérdidas de energía que se producen con la distancia en este tipo de corriente. Por el contrario, los límites para la concentración de paneles vienen determinados por el alcance de sus correspondientes sombras proyectadas, que han de evitar el resto de paneles a lo largo del recorrido solar diario y anual, y que se deben calcular para el solsticio de invierno, cuando el sol está más bajo y la sombra es máxima.

Por lo tanto, para una concentración adecuada, priman los diseños en planta de tipo rectangular próximos al cuadrado, consiguiendo así disminuir la distancia de transporte hacia los convertidores de corriente alterna y hacia los transformadores, disminuyendo las pérdidas (fotos 85 y 86).

Esta morfología es la habitual en las instalaciones continuas, ya sean fijas o con seguimiento limitado, y que se caracterizan por la disposición de los paneles en hileras separadas siguiendo el cálculo de la sombra (fotos 87 y 88). Cuando los paneles se disponen en estructuras aisladas, lo que ocurre cuando se mecaniza la instalación para seguir al sol en sus dos movimientos principales, de este a oeste y de ascensión recta, la sombra proyectada, que varía con la hora y la estación, obliga a una separación de fondo y en lateral, similar al cuadro utilizado en arboricultura. La mayor distancia entre los captadores se compensa generalmente con estructuras más grandes que permitan la conversión por cada captador y su transporte con pérdidas reducidas. Esta particularidad le confiere mayor libertad de diseño a este tipo de planta fotovoltaica, adoptando morfologías conjuntas más irregulares (fotos 89 y 90), aunque otras consideraciones, particularmente la seguridad, que obliga generalmente a su vallado,



Fotografías 85 y 86. Instalaciones en hileras continuas de planta rectangular en La Palma del Condado 1 y 2, Huelva. Instalaciones FV 54/55



Fotografías 87 y 88. Instalaciones en hileras continuas de patrón rectangular en Huércal Overa, Almería y Darro, Granada. Instalaciones FV 31/43. En la primera la orientación sur coincide con el parcelario, en la segunda con la diagonal



Fotografías 89 y 90. Instalaciones de seguidores aislados sobre parcelas de perímetro irregular. Carmona, Sevilla y Puente de Génave, Jaén. Instalaciones FV 02/80



siguen haciendo más adecuada una morfología próxima a la rectangular.

Por lo general, las instalaciones se atienen en su morfología a la estructura parcelaria preexistente, normalmente de origen agrícola. Cuando existe discordancia, suele deberse en numerosas ocasiones a la existencia de un cierto proceso de concentración parcelaria, habituales cuando regía la anterior normativa, que permitía la creación de plantas fotovoltaicas de mediano tamaño mediante la agregación de pequeñas instalaciones. De esta forma se sorteaban los requerimientos normativos para la media potencia, aunque la agregación se lleva a cabo sólo a efectos formales, ya que la propiedad original se mantiene.

El impacto de la morfología

El impacto de la morfología conjunta de la planta fotovoltaica procede de la posible discordancia que suponga respecto a las formas dominantes en el parcelario. En primer lugar, por la ausencia de formas reconocibles en el territorio donde se emplaza la planta fotovoltaica, como puede ocurrir, por ejemplo, en determinados entornos naturales. En segundo lugar, cuando existan morfologías perceptibles, por el posible contraste con el carácter lineal o masivo de las mismas y, dentro de los segundos, con su disposición regular o irregular. En tercer lugar, en los casos de parcelarios regulares, por la posible disparidad que pueda generarse entre las formas geométricas existentes (cuadrangulares, rectangulares) y la adoptada por la instalación fotovoltaica.

La morfología exterior y su integración

Para garantizar su integración paisajística, la morfología exterior de la instalación debe ajustarse a la dominante en el parcelario preexistente (foto 91) o a las formas características de los componentes principales del paisaje. La forma de la planta fotovoltaica podría ser, atendiendo



Fotografía 91. Tamaño del huerto proporcional al del resto del parcelario. Villanueva de Mesía, Granada. Instalación FV 19



Fotografía 92. Adaptación a morfología del parcelario. Cantillana, Sevilla. Instalación FV 48

a las características del parcelario preexistente, irregular o regular (foto 92), y dependiendo del predominio de un determinado tipo de componente paisajístico, lineal (por ejemplo, si la unidad de paisaje presenta valles estrechos, frecuentes vías de comunicación, ríos como ejes estructurantes, etc.) o masiva (dominio en el paisaje de parcelas de cultivo, núcleos población, manchas de vegetación natural, etc.). Esta adaptación se produce de forma automática cuando se trata de promociones privadas establecidas sobre una única explotación preexistente. Sin embargo, en actuaciones que impliquen cambios parcelarios es conveniente garantizar una correcta adecuación de los cambios morfológicos. Igualmente puede suceder en posibles promociones públicas (hasta la fecha irrelevantes), ya que los mecanismos de expropiación pueden modificar sustancialmente el parcelario en función de criterios técnicos, como ocurre en las grandes infraestructuras.

Composición interior de la instalación fotovoltaica

En principio las plantas fotovoltaicas, particularmente las más pequeñas, adoptan una composición interna unitaria, ocupando el espacio dispo-

nible sin más limitaciones que las puramente técnicas, que se traducen en la existencia de pasillos, bien para el transporte de la electricidad generada o bien para el mantenimiento (limpieza, reparaciones) de la instalación. Pero en numerosas ocasiones el complejo fotovoltaico se dispone de forma fragmentada, con amplios espacios libres entre los diferentes sectores. Esta morfología se genera por la agrupación de pequeñas instalaciones de distintos propietarios, a modo de proceso de concentración parcelaria. La normativa permitía estos procesos, al menos en las plantas realizadas hasta la entrada en vigor del Decreto de septiembre de 2008, mediante la posibilidad de fraccionar las instalaciones en pequeñas unidades, en torno a la media hectárea, para poder acogerse al entonces más favorable reglamento de Baja Tensión. De este modo, se han configurado unas instalaciones formadas por agrupaciones de unidades básicas de distinto propietario y con sistemas eléctricos propios, divididas espacialmente. Este procedimiento no obstante, ha quedado abolido con la última normativa, que obliga a las propiedades contiguas a constituirse en una instalación única.

El resultado, desde el punto de vista paisajístico, se materializa en instalaciones compartimen-

tadas en sectores. La fragmentación de la instalación, o su sectorización, además de suponer una mayor extensión de la planta fotovoltaica, produce en sí misma un considerable impacto por la introducción de ejes o franjas ortogonales correspondientes a los espacios de separación, geometrías poco habituales en los espacios rurales, y por el contraste cromático que se produce entre estas discontinuidades y los sectores ocupados por paneles fotovoltaicos.

Atendiendo a su composición interna, las medidas de integración paisajística deben diferenciar entre los dos grandes tipos de instalaciones, las continuas y las de seguidores aislados, ya que se producen resultados distintos en función de su continuidad o discontinuidad. Cuando se trata de instalaciones continuas en hileras, ya sean fijas o de seguimiento, el objetivo principal será el mantenimiento de esta continuidad de la manera más homogénea posible. Aunque en muchas ocasiones la composición de la planta fotovoltaica viene determinada por la inicial compartimentación de la instalación en diferentes unidades, por razones normativas, en general deben evitarse las subdivisiones y, al menos, limitar las dimensiones de las franjas de separación. La composición debe tender



Fotografía 93. Compartimentación en sectores. Almodóvar del Río, Córdoba. Instalación FV 76

a ser unitaria, ya que así es más viable su integración, evitando su compartimentación en sectores (foto 93), más allá de los pasillos originados por motivos técnicos. La fragmentación únicamente será factible paisajísticamente si aparece también en otros componentes de la unidad de paisaje.

Si finalmente la instalación se estructura de forma compartimentada, debe adoptar una única pauta de organización interna, adaptada a la existente, en otros componentes del paisaje. En cualquier caso, las mezclas de diversos patrones de organización interna producen un mayor impacto, ya que se genera una mayor heterogeneidad de líneas y franjas de separación. Los distintos sectores de la planta fotovoltaica, deben disponerse de forma simétrica, evitando la aparición de líneas quebradas entre ellos.

Cuando se trata de instalaciones fotovoltaicas discontinuas, con estructuras de seguimiento aisladas, la principal orientación de las medidas de integración consistirá en mantener la discontinuidad con referencias a los elementos existentes en el paisaje de referencia, que en entornos de aprovechamiento agrícola suelen ser los cultivos arbóreos y su patrón de implantación de tipo regular (olivares, frutales), o las especies arbóreas en las zonas adeshadas, en este caso con ordenación irregular.

Adaptación al relieve

Algunas actuaciones afectan de forma importante a los perfiles naturales y pueden resultar tan impactantes como cualquier intervención produ-

cida por otras infraestructuras. Los movimientos de tierras, con sus procesos asociados de erosión y escorrentías, son elementos comunes a otras infraestructuras energéticas o de transportes, tanto en el impacto producido como en su valoración o corrección. En el caso de las plantas fotovoltaicas, los emplazamientos seleccionados y las estructuras utilizadas determinan las posibles alteraciones del terreno. Por lo general, las ubicaciones en ladera, especialmente si la pendiente es importante, y estructuras de seguidores aislados suele ser la combinación que en ocasiones implica mayores modificaciones del relieve en los casos analizados (foto 94), lo que no deja de ser contradictorio ya que las instalaciones aisladas, sobre todo cuando son de mástil y de tamaño medio, tienen mayores



Fotografías 94 y 95. La transformación de los perfiles naturales puede llegar a constituir el principal impacto paisajístico. Aterrazamientos con huellas de erosión en instalación de seguidores aislados en Puente de Génave, Jaén, y desmonte con contenciones en instalación continua en hileras en Moclinejo, Málaga. Instalaciones FV 80/10



Fotografía 96. Instalación de hileras continuas siguiendo la topografía del terreno. Lucainena de las Torres, Almería. Instalación FV 32



Fotografías 97 y 98. Instalaciones de hileras continuas con disposición en líneas de mínima y máxima pendiente. Lucainena de las Torres, Almería y Moclinejo, Málaga. Instalaciones FV 32/10



Fotografías 99 y 100. Movimientos de tierras y aterrazamientos. Alhama de Granada (Granada) y Moguer (Huelva). Instalaciones FV 40/56

posibilidades de situarse en pendientes sin necesidad de modificaciones topográficas.

Los desmontes, con sus correspondientes taludes, los aterrazamientos y la construcción de plataformas son las principales alteraciones del terreno, siendo muy escasos los tratamientos paisajísticos de estas actuaciones. En cambio sí existen, aunque no muy frecuentemente, estructuras de contención de taludes para garantizar la estabilidad del terreno. Muros de hormigón o de piedras ciclópeas son por lo general los más habituales, siendo muy relevante su protagonismo paisajístico, a veces incluso por encima del

de los componentes de la planta fotovoltaica (foto 95).

Más allá de los movimientos de terreno que se puedan generar, la adaptación al relieve de estas instalaciones se produce por la disposición de los paneles, estando más ajustada si reproduce la estructura topográfica del terreno. Por lo general, en los casos analizados, las hileras se ajustan mejor a la topografía, disponiéndose sus alineaciones de forma paralela a las curvas de nivel en los terrenos accidentados, tapizando las ondulaciones del terreno (fotos 96 y 97); ocasionalmente, no obstante, estas estructuras aparecen dispuestas

de forma paralela a la pendiente, incrementando la presencia de líneas verticales en el paisaje y el impacto (foto 98). No existen razones técnicas claras que justifiquen esta disparidad de resultados y parecen responder casi exclusivamente al diseño y al coste del proyecto.

Los seguidores exentos, por su parte, tienen una dificultad intrínseca para fusionarse con el relieve, tanto por su propia disposición aislada, complicada de asimilar a la topografía, como por su naturaleza vertical, sobre todo cuando son de plataforma y de un gran tamaño, mientras que si se dimensionan a una escala arbórea que esté presente en el entorno podrían producir resultados muy adecuados.

El impacto de la inadaptación al relieve y su integración paisajística

La falta de adaptación de la instalación al relieve preexistente supone un factor de impacto determinante. Las alteraciones del terreno implican bruscos cambios morfológicos, en mayor medida cuanto más numerosas y de mayores dimensiones sean. Provocan la aparición de líneas, formas y volúmenes de carácter geométrico habitualmente ajenos al espacio rural, particularmente en los entornos montañosos. En los casos en los que existan previamente alteraciones del terreno que puedan servir de referente, y sobre todo si se aprovechan para el emplazamiento de estas instalaciones, el impacto sobre el paisaje sería menor. Por otra parte, a menudo estas transformaciones de la topografía introducen también cambios cromáticos por los colores más intensos que ofrece, en distinta medida según su naturaleza, el roquedo.

En este sentido, los movimientos de tierras en su conjunto (foto 99), los aterrazamientos (foto 100), las plataformas, los taludes de desmonte o los terraplenes inciden especialmente en el paisaje cuando el terreno modificado posee un elevado albedo o cuando el contraste respecto a su entor-



Fotografías 101 y 102. Terraplenes. Huéscar (Granada) y Carmona (Sevilla). Instalaciones FV 83/44



Fotografías 103 y 104. Disposición de las hileras paralelas a las curvas de nivel y tratamiento de taludes con bloques ciclópeos. Lucainena de las Torres, Almería y Casabermeja, Málaga. Instalaciones FV 32/20

no es muy elevado (fotos 101 y 102). Igualmente, una disposición de las estructuras perpendicular a las curvas de nivel, y por tanto paralela a la pendiente, acentúa su impacto por la verticalidad que introduce. Por su parte, las contenciones, cuando aparecen, no sólo no responden a criterios paisajísticos (que podrían ser complementarios a los de estabilidad del terreno) sino que a menudo provocan un impacto paisajístico aún mayor del causado por el propio desmonte. Los muros de hormigón o los sillares ciclópeos generan también importantes alteraciones morfológicas y cromáti-

cas, además de modificar profundamente las texturas dominantes.

Para conseguir un grado aceptable de integración paisajística, como principio básico 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 (foto 103), y no siguiendo la pendiente. En particular se evitarán grandes movimientos de tierra, como desmontes y terraplenes, con sus

consiguientes taludes, desmochados de cumbres, aterrazamientos de laderas y construcción de plataformas. En caso de llevarse a cabo, deberán establecerse medidas preventivas o correctoras que palien el posible impacto paisajístico, como el tratamiento de taludes (foto 104), mediante su fraccionamiento, revestimiento con materiales pétreos o tratamiento vegetal. Igualmente deben introducirse criterios paisajísticos en el diseño de las contenciones, apostando por materiales pétreos, preferentemente de las clases existentes en el entorno de la instalación, evitando desajustes litológicos, tanto por la naturaleza de la roca como por las dimensiones de los bloques utilizados.

Elementos preexistentes

En ocasiones las plantas fotovoltaicas incluyen elementos del paisaje preexistentes, como ejemplares arbóreos de gran porte o fragmentos del roquedo. Las construcciones humanas son más escasas, casi siempre de pequeñas dimensiones y habitualmente en estado de ruina, no registrándose hasta el momento ningún caso de incorporación de éstas a la estructura de la planta fotovoltaica, ni funcional ni paisajísticamente. En otras ocasiones se trata de cortijos, en uso o abandonados, aunque normalmente no se incluyen dentro de la instalación, sino adyacentes a ellas (fotos 105 y 106).

Al margen del impacto que pueda suponer la eliminación de elementos preexistentes para la construcción de una planta fotovoltaica, aspecto que debe ser tenido en cuenta en el momento de conceder su autorización, la existencia de edificaciones abandonadas constituye también un factor impactante, más sutilmente expresado; normalmente relacionados con el hábitat rural, las construcciones en ruinas asoman como símbolos de la degradación del paisaje preexistente y de la ausencia de diálogo entre los nuevos usos del suelo y el paisaje tradicional (foto 107 y 108). La



Fotografías 105 y 106. Construcciones preexistentes en entorno de instalaciones fotovoltaicas. Humilladero, Málaga. Instalación FV 5



Fotografías 107 y 108. Ausencia de integración de construcciones preexistentes. Moclinejo, Málaga. Instalación FV 10



Fotografías 109 y 110. Encinas insertadas en la planta fotovoltaica y construcciones en ruina junto a planta fotovoltaica. El Viso, Córdoba, y Benahadux, Almería. Instalaciones FV 77/34

desestructuración del paisaje que denota se produce tanto si las ruinas se sitúan en el interior de la instalación como si se localizan en su perímetro, ya que perceptivamente se asocia a la planta fotovoltaica.

Desde el punto de vista de su integración paisajística, el diseño de una instalación fotovoltaica debe contemplar la incorporación de componentes naturales y humanos del paisaje, en especial la vegetación arbórea (ejemplares aislados de gran porte, fundamentalmente) (foto 109) y las construcciones (aisladas o en pequeñas agrupaciones) e instalaciones agrarias, además de otros elementos secundarios, como eras, compases y muros de mampostería. En el caso de las edificaciones ruinosas, el proyecto debe contemplar su reutilización, por ejemplo como instalaciones técnicas auxiliares (foto 110). Igualmente, se deben tomar medidas tendentes a suavizar la transición entre las estructuras fotovoltaicas y las edificaciones situadas en el perímetro de la planta, donde la vegetación de pequeño formato puede ser de ayuda.

Vallados perimetrales

La necesidad de seguridad ha convertido el vallado perimetral de las instalaciones fotovoltaicas en una práctica habitual y generalizada. Dependiendo de las características del emplazamiento, se pueden diferenciar los cierres sobre topografía no modificada, donde la incidencia paisajística procede exclusivamente del material utilizado, y los emplazados sobre modificaciones topográficas, en los que terraplén y vallado conforman el cerramiento. La altura, ligeramente mayor que la escala humana, varía entre los 2 y 3 metros, mientras su longitud depende del perímetro de la instalación.

En función del tipo de material utilizado y de la morfología generada, se pueden distinguir los vallados translúcidos de los masivos. Los primeros están generalmente constituidos por una malla metálica de acero galvanizado o plastificado sobre



Fotografías 111 y 112. Contraste entre el empleo del material del lugar (mampostería) y la utilización de materiales nuevos con colores específicos en obra nueva. Instalación de seguidores aislados en Humilladero, Málaga, y continua en hilera en El Puerto de Santa María, Cádiz. Instalaciones FV 05/61

pies del mismo material, un sistema muy usado en el vallado moderno de parcelas; con relativa frecuencia se encuentran plastificadas, cambiando su tonalidad grisácea por tonos verdes. Los segundos poseen un carácter masivo y forman un muro de cierre. Pueden utilizar materiales modernos de tipo industrial, como las placas de hormigón sobre pies hincados del mismo material, y pueden usar, más infrecuentemente, elementos naturales del entorno, como la piedra, creando mamposterías de piedra seca o con aglomerante pero con referencia a elementos presentes en el paisaje; en ocasiones incluso se reutilizan o respetan partes de los muros preexistentes. Una parte específica de los vallados son las puertas de acceso. Por lo general se trata de estructuras ligeras, de composición metálica, y translúcidas u opacas en función del vallado utilizado.

Impacto e integración paisajística de los vallados

Los cerramientos o vallados perimetrales constituyen en ocasiones elementos generadores de impactos sobre el paisaje. Paradójicamente el impacto es mayor cuando, intentando impedir la contemplación de la planta fotovoltaica, se

utilizan morfologías contundentes y materiales opacos. Por ejemplo, la utilización de muros de hormigón para los cerramientos puede afectar al paisaje en mayor medida que la propia planta, por los bruscos cambios morfológicos (largos ejes rectilíneos), cromáticos (tonalidades claras, de mayor albedo) y de texturas que introducen, como se puede percibir en la fotografía 113. Algo parecido ocurre con la utilización de mallas verdes semi-opacas sobre el alambrado perimetral (foto 114): se generan franjas donde no las había y se introducen tonalidades en muchos casos ausentes del paisaje preexistente. Dependiendo de los colores existentes en el terreno circundante, incluso la utilización de alambradas metálicas con plastificado verde puede llegar a suponer más un impacto que una solución de integración, tanto por su mayor intensidad cromática, al menos respecto a los tonos grises metálicos (que además conectan con los utilizados en las estructuras fotovoltaicas), como por la posible discordancia de tonalidades con el paisaje de su entorno, como por ejemplo ocurre con nitidez en las zonas subdesérticas.

Respecto a la integración paisajística de estos componentes, no constituye una medida acertada utilizarlos para ocultar la planta fotovoltaica. En

primer lugar, porque en instalaciones de estas dimensiones resulta una tarea muy difícil y por tanto estéril; en segundo lugar, porque se puede alcanzar un aceptable grado de integración paisajística trabajando con la propia instalación, sin necesidad de taparla o esconderla. Y en tercer lugar, y más importante, porque el cerramiento puede contribuir a producir un mayor impacto paisajístico que la propia planta fotovoltaica. Por ello, como mejor opción, es preferible que el vallado se realice con materiales de escaso protagonismo visual, semi-transparentes, como la malla metálica, cuyo cromatismo es muy semejante al de las estructuras de la instalación, habitualmente realizadas también en acero galvanizado (foto 115). La valla metálica plastificada en verde, utilizada con frecuencia, ofrece buenos resultados en entornos con abundante vegetación; en caso contrario, genera una mayor incidencia visual por el contraste cromático que produce. En cualquiera de los casos, la malla utilizada debe tener una baja densidad, buscando su inadvertencia, permitiendo, por tanto, el mayor grado posible de visión de la planta. La utilización de muros compactos, total o parcialmente, no proporciona buenos resultados ya que, por un lado, difícilmente logran evitar la incidencia visual de la instalación, y por otro, introducen líneas en el paisaje que pueden llegar a ser muy impactantes, especialmente si los muros son de hormigón o están pintados de tonalidades de alta reflexión solar. Únicamente se debe contemplar su utilización si el cromatismo o textura de los muros (o de sus revestimientos) se adapta bien al terreno preexistente. Igualmente, la cubrición de los vallados translúcidos con mallas semi-opacas para impedir la visión ofrece también un mal resultado.

Otro criterio a considerar para la integración de los vallados es su trazado. Se consigue un mayor grado de integración paisajística si los vallados siguen antiguas lindes, por ejemplo de piedra (foto 116), y en general si se adaptan a las líneas



Fotografías 113 y 114. Vallado de hormigón y mallas verdes opacas sobre cerramientos. Puente Genil, Córdoba, y Ardales, Málaga. Instalaciones FV 14/03



Fotografías 115 y 116. Vallados transparentes en acero galvanizado y aprovechamiento de antiguas lindes. La Calahorra, Granada y Alosno, Huelva. Instalaciones FV 36/57



Fotografía 117. Colores de células en investigación sobre la captación solar. Fuente: Silicon Genesis Corporation, San José, California

del paisaje preexistente, siguiendo el patrón de organización de los linderos o discurriendo por vaguadas, bordes de caminos, senderos o trazados fluviales.

Diseño de los componentes

En un análisis paisajístico pormenorizado, una planta fotovoltaica se puede desglosar en los siguientes componentes: los módulos fotovoltaicos, las estructuras donde se disponen y los paneles que conforman, las instalaciones técnicas auxiliares (alternadores, transformadores, torretas y cableados, cartelería, etc.), y los viales y espacios

libres. Un componente perimetral, los vallados, ya han sido descritos en el apartado relativo al diseño conjunto de la instalación.

Módulos fotovoltaicos

El módulo es el componente básico de una planta fotovoltaica, y de sus características, sobre todo del material del que esté compuesto, se derivará una parte importante de la repercusión paisajística del conjunto de la instalación. Los materiales más utilizados son, de mayor a menor uso, el silicio monocristalino, el silicio multicristalino y el silicio amorfo. El criterio de selección combina el coste de fabricación con la eficiencia técnica. Por ejemplo, el silicio monocristalino posee una eficiencia máxima de aproximadamente un 17%, mientras que el multicristalino, algo más económico en su producción, alcanza una eficacia que oscila entre el 12 y el 14%; por su parte el silicio amorfo compensa su menor eficiencia (8-11%) con un menor coste de fabricación y un funcionamiento más simplificado por la disminución de conexiones eléctricas.

Los módulos de silicio monocristalino y multicristalino están compuestos de células fotovoltaicas, separadas entre sí por líneas o pequeños espacios divisorios, ocupados por cintas de conexión eléctrica que también recorren el interior de las propias células. Las células de silicio monocristalino, homogéneas internamente, adoptan una disposición hexagonal por el aprovechamiento del cilindro original, provocando una discontinuidad en forma de rombo entre ellas. En cambio el silicio multicristalino se dispone en células cuadradas, más heterogéneas internamente, que permiten una mayor continuidad en el módulo, aunque sigan siendo visibles las cuadrículas que forman la disposición de las células. Finalmente, el silicio amorfo genera un módulo más homogéneo, ya que no se organiza en células y el material se dispone de forma regular sobre su estructura portante.



Fotografías 118 a, b y c. Módulos monocristalinos, multicristalinos y amorfos. Alcaudete, Jaén; Antequera, Málaga; Carmona, Sevilla. Instalaciones FV 23/6/44



Fotografías 119 y 120. Módulos monocristalinos y multicristalinos. San Roque, Cádiz, y Alcolea del Río, Sevilla. Instalaciones FV 86/46



Fotografías 121 y 122. Módulos de silicio amorfo y combinación de módulos mono y multicristalino en el mismo panel. Huéscar y Dólar, Granada. Instalaciones FV 83/35

Las discontinuidades creadas entre las células suponen uno de los factores de impacto paisajístico de los módulos, aumentado por la tonalidad metálica de las tiras de conexión; aunque éstas están presentes también en el interior de las células, a media distancia no son visibles, ya que predomina el color del material fotovoltaico. En el silicio monocristalino la morfología hexagonal de las células genera numerosas y rítmicas discontinuidades, en forma de rombo, que acentúan su impacto y dificultan su integración (fotos 118a y 119). El uso del silicio multicristalino (fotos 118b y 120) no genera este problema al ser sus células cuadradas, aunque siguen siendo visibles las líneas de separación entre ellas. Finalmente, el silicio amorfo (fotos 118c y 121) tiene la ventaja de disponerse de forma homogénea a lo largo del módulo al no estar organizado en células, generando una superficie continua de menor incidencia.

En cualquier caso, la mezcla de módulos de distintos materiales en el mismo panel o en la misma planta fotovoltaica proporciona un impacto mayor que el de su utilización individual (foto 122).

Desde el punto de vista de su integración paisajística, en los módulos de silicio monocristalino sus discontinuidades internas, fundamentalmente los espacios en forma de rombo dispuestos entre



Fotografía 123. Módulos de silicio monocristalino original y con tratamiento del fondo del módulo para disminuir el contraste. Alcaudete, Jaén. Instalación FV 23



Fotografía 124. Módulos de silicio policristalino original y con tratamiento de las líneas del módulo para disminuir el contraste. Pinos-Puente, Granada. Instalación FV 21



Fotografías 125 y 126. Disposición apaisada de módulos y alternancia de módulos horizontales y verticales. Cúllar y La Calahorra, Granada. Instalaciones FV 81/37

las células, condicionan su adaptación al paisaje. Avanzar en el tratamiento cromático de estas discontinuidades, asemejando su color gris metálico con el de las células, puede constituir una adecuada vía de integración paisajística (foto 123). Igualmente, sería aconsejable también para el silicio multicristalino un tratamiento cromático semejante de las líneas de división de células (foto 124). Por su parte, el silicio amorfo cuenta con la gran ventaja de generar una superficie continua, sin células ni tiras de conexión, por lo que posee un potencial de integración muy elevado. Por último, para conseguir un grado aceptable de integración paisajística, la utilización combinada de distintos materiales en el mismo panel o en la misma instalación resulta claramente desaconsejable desde el punto de vista paisajístico.

Morfología de los módulos

Hasta el momento, el diseño de los módulos responde exclusivamente a criterios funcionales, careciendo de cualquier búsqueda formal. Técnicamente, las células deben disponerse de forma contigua, con una mínima distancia de separación. Para aprovechar el espacio disponible al máximo, dominan las morfologías rectangulares, tanto en disposición vertical (más frecuente) como apaisada (foto 125), siendo normalmente algo más alargadas en las hileras continuas y más proporcionadas en los seguidores aislados. Estas formas rectangulares se reproducen después en el panel, por lo que no generan un impacto diferente. No obstante, sí puede repercutir visualmente la disposición del módulo, particularmente si se combinan disposiciones diferentes, verticales y apaisadas, en el mismo panel (foto 126).

Para alcanzar un mayor grado de integración paisajística de los módulos, una línea a explorar en su diseño puede ser la de crear e incorporar nuevas morfologías, ya que hasta el momento la única variación formal consiste en la colocación



Fotografía 127. Árbol fotovoltaico

vertical o apaisada de los mismos. En realidad, en el campo de la energía fotovoltaica únicamente se pueden encontrar diseños innovadores en actuaciones singulares y de carácter simbólico, como los denominados árboles fotovoltaicos (fotos 127 y 128) o farolas fotovoltaicas (foto 129). Sin embargo se trata de un aspecto que puede tener una gran proyección en el futuro también en las plantas fotovoltaicas, de cara a su integración paisajística y también con el objetivo de dotar de calidad y prestigio a las empresas que las promueven, como ocurre en otros sectores productivos. Los modelos en los que inspirarse comienzan a asomar en el plano escultórico, como elementos del mobiliario urbano; por supuesto, en materia de integración paisajística, la creatividad debe ir enfocada hacia la adaptación de la instalación al paisaje, siguiendo alguna de las estrategias de integración anteriormente descritas: la referencia al árbol, aunque elemental, sigue siendo una opción válida.

El reto consiste, en definitiva, en transitar desde el actual elemento singular hasta la instalación fotovoltaica, introduciendo la variable paisajística en su diseño. La posible pérdida de eficiencia de módulos con morfologías diferentes a la rectangu-



Fotografía 128. Diseño aplicado a estructuras. Árbol FV Corea
Fuente: IEA PVPS Annual Report 2007

lar, en unos márgenes razonables, debe entenderse como contraprestación ante otros beneficios, como los paisajísticos o los generados en materia de imagen (y valor añadido) para la empresa. Además, puede compensarse con el empleo de materiales más eficientes y, en todo caso, suponer un estímulo para el desarrollo de la industria fotovoltaica.

Tamaño de los módulos

El tamaño de los módulos utilizados en las plantas fotovoltaicas es variable, estando determinado por su eficiencia técnica y su manejabilidad. Desde el punto de vista constructivo, el módulo debe ser autoportante, de tal manera que permita una vez asociado a los contiguos formar el panel. En principio, los módulos de mayores dimensiones, siempre que no repercutan en el aumento del tamaño del panel, resultan menos impactantes por la creación de una superficie continua y la eliminación de perfiles y espacios huecos intermedios, por lo que son más aconsejables en materia de integración paisajística. A través de la continuidad de los paneles, la asimilación de la instalación con otros componentes paisajísticos es más factible.



Fotografía 129. Propuesta de farola solar. Fuente: Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA)

Color de módulos

El color característico del módulo fotovoltaico es el de su haz, es decir, la parte expuesta a la luz solar, y se deriva fundamentalmente del material fotoeléctrico utilizado y de su recubrimiento, estando ambos orientados a conseguir la mayor eficiencia posible (foto 130). El envés del módulo está dominado por la estructura soporte y prevalecen los colores grises claros metálicos (foto 131).

Entre los materiales fotosensibles más utilizados, el silicio monocristalino proporciona unas tonalidades entre azules y grisáceas, dispuestas homogéneamente, mientras en el silicio multicristalino domina, con más irregularidades por la propia heterogeneidad del material, el color azul brillante o iridiscente. El tercer material más empleado, el silicio amorfo, presenta unas coloraciones oscuras y apagadas, entre rojizas y prácticamente negras, dispuestas de forma homogénea sobre el módulo. Por su parte, los perfiles que rodean los módulos ofrecen tonalidades grises metálicas, derivadas de los materiales que los componen, normalmente aluminio.

El impacto paisajístico del color de los módulos fotovoltaicos está directamente relacionado con el material utilizado. El silicio monocristalino



Fotografías 130 y 131. Cromatismo del anverso y reverso de los módulos de una instalación fotovoltaica. Cúllar, Granada. Instalación FV 81



Fotografías 132 y 133. Utilización de estructura blanca con módulos de silicio multicristalino y oculta con silicio amorfo. Plantas fotovoltaicas de Paradas y Carmona, Sevilla. Instalaciones FV 29/44



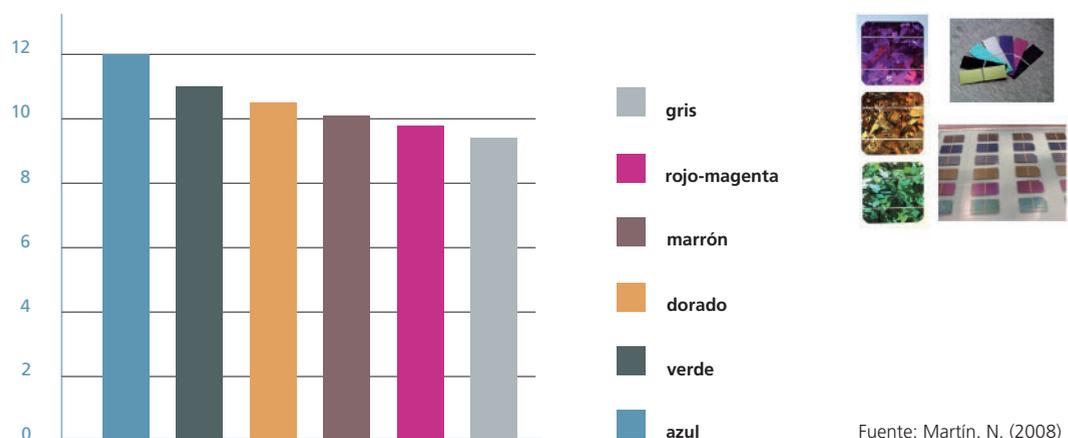
Fotografía 134. Impacto de marcos de módulos. El Carpio, Córdoba. Instalación FV 78

posee un cromatismo básico de menor impacto por sus tonalidades más apagadas y su disposición regular y por su parecido al color del agua, al de las estructuras metálicas (industrias, infraestructuras), al color del cielo cuando la atmósfera se encuentra relativamente cargada de humedad, o al de los plásticos de los invernaderos. Por su parte, el silicio multicristalino ofrece tonalidades más brillantes e irregulares, siendo sus posibilidades de adaptación a otros componentes del paisaje más limitadas (láminas de agua) que las del silicio monocristalino, por lo que su repercusión paisajística es algo mayor. Finalmente, los cromatismos generados por el silicio amorfo, especialmente los más oscuros, son también difíciles de asimilar perceptivamente a otros componentes del paisaje, como por ejemplo una vía asfaltada recientemente o los materiales impermeabilizantes de las balsas de riego; tiene además un gran poder reflectante de tipo espejo negro, que reproduce las variaciones celestes.

Los perfiles o marcos de los módulos fotovoltaicos producen un impacto visual mucho más importante que su relevancia física en la instalación. Sus habituales tonalidades grises metálicas aparecen a media distancia como tonos blancos que contrastan de forma neta con la coloración del interior de los módulos (fotos 132 y 133). El impacto se incrementa por su densidad: cuanto más masiva sea la planta fotovoltaica, más incidencia paisajística producirán los marcos de los módulos (foto 134).

Avanzar en la integración paisajística de los módulos exige trabajar con su cromatismo. Entre los materiales actualmente utilizados, con sus tonalidades específicas, el material que posiblemente produce un mejor resultado paisajístico desde el punto de vista cromático es el silicio monocristalino debido a sus tonos grisáceos, equiparables a otros componentes del paisaje, frente a los azulados más intensos del multicristalino y los más

FIGURA 16. GAMA CROMÁTICA EN CÉLULAS DE SILICIO MONOCRISTALINO



Fotografía 135. Módulos monocristalinos con su cromatismo original. Casabermeja, Málaga. Instalación FV 20



Fotografía 136. Simulación fotográfica introduciendo tonalidades marrones en los módulos fotovoltaicos. Casabermeja, Málaga. Instalación FV 20

oscuros y variables del amorfo. Pero los módulos fotovoltaicos pueden adoptar otros colores, existiendo en el mercado diversas posibilidades cromáticas que no se están empleando en plantas fotovoltaicas, aunque sí tímidamente en integración arquitectónica.

En este sentido, la utilización de colores distintos a los habitualmente utilizados constituye

una interesante vía a explorar en la creación de diseños de calidad en las plantas fotovoltaicas y puede ofrecer grandes resultados en lo relativo a su integración en el paisaje: verdes en entornos cultivados, ocre o amarillos en zonas áridas, marrones en laderas montañosas de determinada constitución geológica, etc. La gama cromática existente en la actualidad es amplia y probable-

mente podría ser mayor si existiera una mayor demanda. El problema es que la eficiencia de las células, tanto en silicio monocristalino como en multicristalino, disminuye en mayor o menor medida dependiendo del tono escogido (figura 16). Como se puede observar, no existen grandes diferencias de eficiencia en las tonalidades verdes, amarillas o marrones, aunque en los ratios en los que se mueve la industria fotovoltaica cualquier reducción de la eficiencia es importante. En el caso del silicio amorfo, el cambio de color, mediante la utilización de colorantes, no implica una sensible pérdida de productividad, aunque sí probablemente un aumento de precio; no obstante, su menor coste de fabricación puede compensar en parte este posible incremento.

De cualquier modo, el empleo de módulos de colores distintos a los habituales supone un encarecimiento del coste de la inversión, tanto por precio como por reducción de la eficiencia. Independientemente de que la eficiencia de estos módulos pueda ser mayor en el futuro (ligada al incremento de productividad de los módulos fotovoltaicos en general) y de que su coste sería menor si aumentara la demanda para plantas fotovoltaicas (ya existe una cierta demanda en integración arquitectónica), su utilización para integración paisajística debe recibir algún tipo de estímulo o incentivo, ya que los resultados son muy interesantes, como se puede observar en la simulación realizada en las fotografías 135 y 136. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que, al igual que ocurre con otros contenidos de la planta fotovoltaica, la aplicación de estas técnicas repercutiría en la calidad del diseño, y a su vez esto revertiría positivamente en la imagen y prestigio de la instalación, y por extensión de la empresa propietaria.

En el caso de emplear colores distintos a los habituales sería necesario para su integración paisajística tener en cuenta la variación cromática



Fotografías 137 y 138. Marcos de alta y baja (últimas hileras) incidencia visual y perfiles de módulos oscuros. Villanueva Mesía, Granada y Carmona, Sevilla. Instalaciones FV 19/44



Fotografías 139 y 140. Simulación del efecto visual con distintos perfiles. Alhama de Granada, Granada. Instalaciones FV 40

que tienen los paneles solares a lo largo del día, en función de la intensidad de la radiación y de las condiciones atmosféricas, así como la variabilidad estacional de los colores dominantes en su correspondiente unidad de paisaje. La elección probablemente nunca sería perfecta, espacial y temporalmente, pero paliará de una forma muy importante los contrastes cromáticos generados por las plantas fotovoltaicas. Por ejemplo, en la fotografía 135 se observa la repercusión paisajística real de unos módulos de silicio monocristalino con su cromatismo habitual. En la simulación de la imagen 136 se puede apreciar el efecto paisajís-

tico que se podría producir si se hubieran utilizado módulos fotovoltaicos de color marrón del mismo material.

Respecto a los perfiles de los módulos, su integración paisajística pasa por adoptar soluciones que contengan marcos de módulos de escasa incidencia visual, como puede observarse en las últimas hileras de la fotografía 137, y preferentemente de tonalidades oscuras (foto 138). Como muestra del efecto visual que se puede conseguir evitando los perfiles de aluminio, se ha manipulado una fotografía real (foto 139), asimilando el color de los perfiles al de los módulos (foto 140).

Estructuras y paneles

El diseño y la técnica empleada en las estructuras metálicas sobre las que se disponen los módulos formando los paneles es muy variada en todos sus aspectos: morfología, tamaño, cromatismo, mecanismo, etc. Casi cada promotor-proyectista aporta una solución específica, encontrándose muy pocos ejemplos de sistemas reutilizados en distintas instalaciones. Esto constituye un síntoma claro del estado incipiente de desarrollo del sector, donde prima la experimentación, hasta que se alcance un grado suficiente de industrialización. Entre los factores que influyen en la amplia diversidad de soluciones se encuentra la variable topográfica.

Básicamente las plantas fotovoltaicas presentan dos tipos de estructuras: las continuas en hileras y las de captadores exentos (fotos 141 y 142).

Paisajísticamente se caracterizan, respectivamente, por la continuidad o discontinuidad de los paneles (y del conjunto de la instalación). En realidad, la continuidad de las estructuras en hileras no es completa, aunque así se perciba si se contemplan desde su parte frontal, hacia donde se orientan los paneles (foto 143) que configuran la imagen, o desde su parte posterior, donde resaltan las estructuras portantes (foto 144). Esta continuidad aparente deja de percibirse desde los flancos de la instalación, desde donde se observan, en franjas alternantes, las hileras de captadores y las calles intermedias. A pesar de ello, la continuidad de los paneles, reforzada por la reducida altura de las estructuras por lo general de escala inferior a la humana, es el rasgo dominante de esta tipología.

Por su parte las estructuras exentas aisladas o discontinuas tienen un carácter articulado, ya que siguen el desplazamiento del sol, por lo que sus captadores reciben habitualmente el nombre de seguidores. Su percepción varía a lo largo del día por su propio movimiento de seguimiento, por lo



Fotografías 141 y 142. Ejemplos de instalaciones discontinuas (Andújar, Jaén) y continua (Antequera, Málaga). Instalaciones FV 24/6



Fotografías 143 y 144. Cromatismo del anverso y reverso de los paneles en instalación fotovoltaica. Alcaudete, Jaén. Instalación FV 23



Fotografía 145. Instalación en hileras con seguimiento a un eje. San Roque, Cádiz. Instalación FV 86

que el contraste desde un mismo punto de observación no es tan acusado y permanente. Su distribución discontinua permite que el terreno que los aloja no desaparezca con la instalación y por ello su tratamiento y cromatismo resulta relevante. No existen en general pasillos de sectorización, ya que la distancia entre ellos permite un acceso adecuado a cada uno de los captadores.

Las estructuras en hileras se pueden clasificar a su vez en dos tipos:

1. Las de carácter fijo, que cuentan con una estructura soporte que proporciona la inclinación más efectiva para el soleamiento medio, tanto considerando el movimiento solar diario como el anual. En cualquier caso, la orientación de las hileras es indefectiblemente la meridional, por lo que visualmente dominará desde el sur la visión de los paneles y desde el norte el reverso de las estructuras. Desde el este y el oeste se observarán las franjas de hileras con sus discontinuidades.

2. Las articuladas, que pueden realizar un movimiento de seguimiento solar. Entre estas últimas



Fotografías 146 y 147. Instalaciones en hilera con seguimiento a dos ejes y a uno respectivamente. Darro, Granada, y Los Barrios, Cádiz. Instalaciones FV 43/86



Fotografías 148 y 149. Instalaciones con seguidores de mástil. Benamaurel, Granada, y Linares, Jaén. Instalaciones FV 82/79



Fotografías 150 y 151. Instalaciones con seguidores de plataforma. Cúllar y Pinos Puente, Granada. Instalaciones FV 81/21



lo más habitual es que el seguimiento se realice mediante un eje horizontal común a la hilera y orientado al sur, que permite el giro de acomodación a la ascensión solar (foto 145). En algunas instalaciones en hilera se han diseñado estructuras con movimientos de los paneles de tipo acimutal, perpendiculares al recorrido del sol, estando más elevadas las hileras por un extremo (el septentrional) para permitir el giro lateral de los módulos. El movimiento puede producirse sobre uno o dos ejes (fotos 146 y 147).

Las estructuras exentas, por su parte, se pueden agrupar en los siguientes tipos:

1. Seguidores Aislados de Mástil. Consisten en un eje central fijo (mástil) sobre el que gira la estructura portante de los paneles en el plano horizontal para el seguimiento horario. Dispone así mismo de un sistema de giro para seguir la elevación solar, de tipo hidráulico o eléctrico (fotos 148 y 149). Atendiendo a su envergadura, estos mástiles tienen una altura variable, que oscila entre los 4 y los 20 metros, dependiendo de las dimensiones del panel y de las características del terreno. Reproducen la técnica de los telescopios, ya que mantienen la orientación fija hacia la estrella solar, compensando con su movimiento la rotación de la tierra y la declinación estacional.

2. Seguidores Aislados de Plataforma. Consisten en una base plana circular sobre la que gira una estructura portante metálica reticulada que conforma el soporte de los paneles. Cuenta con un mecanismo de giro horizontal y puede también disponer de giro vertical (fotos 150 y 151).

En general, ambos tipos de seguidores pueden adoptar una posición de reposo horizontal, con el panel dispuesto de forma paralela a la superficie, en horario nocturno o con condiciones climáticas adversas, como por ejemplo vientos intensos, salvo las grandes estructuras de plataforma cuya rígida construcción las hace resistentes a estos.



Fotografía 152. Seguidores de concentración con espejos. Sanlúcar la Mayor, Sevilla. Instalación FV 66

Otros captadores exentos, más infrecuentes, son los denominados seguidores de baja concentración. Se trata de un tipo de estructura poco extendida hasta el momento, encontrándose en fase experimental. Permiten aumentar la radiación solar sobre el módulo, incorporando a su alrededor espejos que incrementen la concentración de luz y por tanto su eficiencia (foto 152). Se denominan de baja concentración para distinguirlos de los de alta que utilizan lentes *fresnel*. La percepción del conjunto está dominada por los espejos, que se disponen sobre planos en ángulo con el propio módulo y por ello son una instalación a medio camino entre los campos de heliostatos que se usan en la tecnología de alta temperatura y las instalaciones fotovoltaicas comunes. Disponen de mecanismos de seguimiento a dos ejes, el de elevación y el de acimut. La experimentación se lleva a cabo principalmente en el complejo solar de Sanlúcar la Mayor, ensayándose con distintas configuraciones que difieren principalmente en la utilización de uno o de dos espejos; en una domina la disposición vertical de alternancia de módulos y espejos, mientras que en otra se utiliza la ordenación horizontal. La escala de los seguidores es importante con una superficie de 80 m² cada uno.

Estructuras en las plantas analizadas

Entre las plantas fotovoltaicas analizadas predominan claramente en número (ver tabla 17 y figura 17) las compuestas por estructuras de hileras continuas (57%) respecto a las formadas por seguidores aislados (35%) y a las mixtas, que combinan ambos tipos de estructuras (8%), aunque atendiendo a la superficie ocupada por estas instalaciones (tabla 17 y gráfico 18), existe un mayor equilibrio entre las integradas por hileras continuas (37%), seguidores aislados (36%) y las mixtas (26%). Estos datos confirman el hecho de que las plantas compuestas por seguidores aislados poseen una mayor extensión que las ocu-

padadas por hileras fijas respondiendo a una lógica económica, ya que el coste de instalación y mantenimiento de los seguidores es mayor y sólo son rentables en instalaciones de gran tamaño.

Del análisis del mapa de distribución de tipologías de estructuras se puede concluir que no existe un patrón geográfico definido a la hora de escoger una determinada tipología. Únicamente señalar que en Granada el número de instalaciones de seguidores son mayoritarias y que en Huelva y Jaén se encuentran en equilibrio las de hileras y las de seguidores. En el resto de provincias son más abundantes las fijas, mientras que en Almería no se han documentado instalaciones de seguimiento.

TABLA 18. INSTALACIONES ANALIZADAS SEGÚN SU TIPOLOGÍA

Tipo de panel	NÚMERO DE INSTALACIONES	NÚMERO DE INSTALACIONES (%)	SUPERFICIE (HAS.)	SUPERFICIE (%)
1 Hilera continua	50	56,82%	437,11	37,32%
2 Seguidores aislados	31	35,23%	424,02	36,20%
3 Mixta	7	7,95%	310,21	26,48%
TOTAL PLANTAS ANALIZADAS	88	100,00%	1.171,35	100,00%

FIGURA 17. NÚMERO DE INSTALACIONES ANALIZADAS SEGÚN TIPO DE ESTRUCTURA UTILIZADA (%)

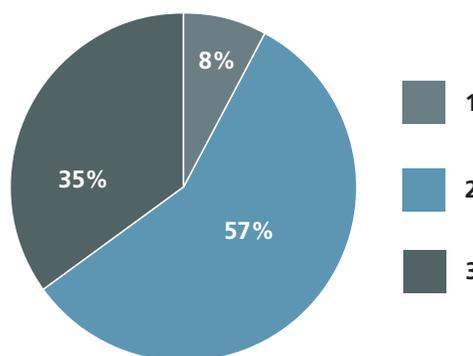
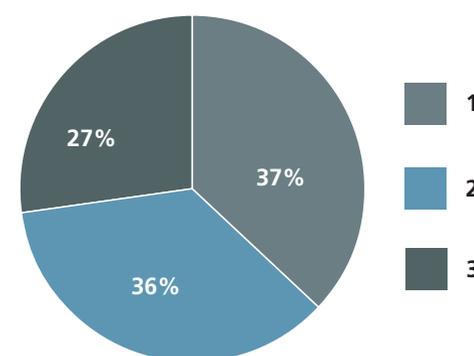
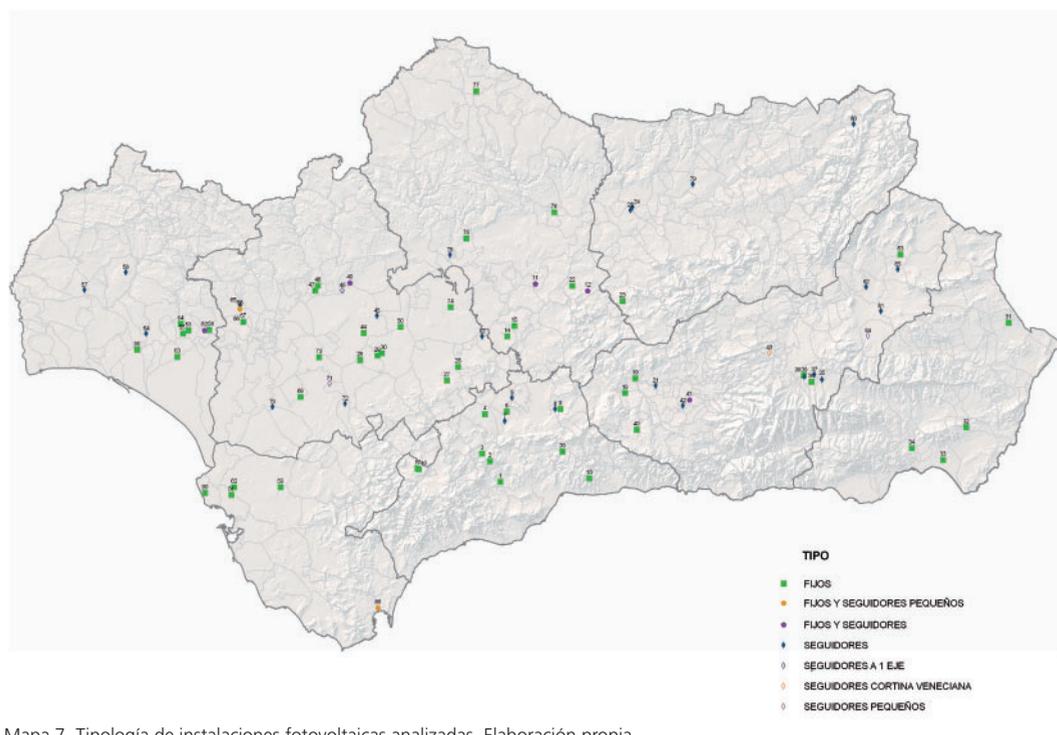


FIGURA 18. SUPERFICIE DE INSTALACIONES ANALIZADAS SEGÚN TIPO DE ESTRUCTURA UTILIZADA (%)





Mapa 7. Tipología de instalaciones fotovoltaicas analizadas. Elaboración propia

La incidencia paisajística de las estructuras y medidas de integración

En líneas generales, los seguidores aislados producen un mayor impacto en el paisaje que las estructuras fijas en hileras, tanto por su propio ca-

rácter exento, que genera rítmicas discontinuidades fisonómicas en la planta fotovoltaica a modo de punteado con amplios espacios intermedios, como por su disposición vertical, perpendicular al plano de visión. El movimiento de los paneles,



Fotografías 153 y 154. Distintos niveles de funcionamiento de las estructuras y paneles oblicuos a la rasante. Archidona, Málaga, y Calañas, Huelva. Instalaciones FV 8/58

aunque puede producirse también en las hileras continuas, es más perceptible en los captadores aislados, especialmente en los de doble eje, introduciendo así un nuevo factor de impacto. Si los seguidores se encuentran en diferente estado de funcionamiento (activo, reposo), el impacto se acrecienta enormemente por las confusas mezclas morfológicas que aparecen y la consiguiente desestructuración que se genera (foto 153). En otros casos, si la estructura portante y los paneles se disponen de forma oblicua a la rasante, el impacto generado sobre el paisaje es también considerable, por la introducción de líneas rectas diagonales extrañas a los entornos rurales (foto 154).

Por su parte, la composición de los paneles, normalmente unitaria, en ocasiones puede influir también en el incremento de la incidencia paisajística de la estructura al separar las hileras de módulos dejando espacios libres (foto 155). Esta disposición, cuyo objetivo es disminuir la resistencia al viento, crea discontinuidades que multiplican el número de líneas perceptibles, aumentando su repercusión paisajística. Esta variante es relevante en las instalaciones de mástil elevado, que quedan muy expuestas. En algunos casos, cuando el panel posee grandes dimensiones, la reducción de la resistencia al viento implica dejar hueco el espacio de un módulo, produciendo igualmente un significativo efecto visual (foto 156). También los seguidores de concentración ofrecen un peor resultado paisajístico: sus mayores dimensiones, la disposición vertical y la inclusión de espejos, altamente reflectantes, generan una mayor incidencia visual (foto 152).

Los paneles sobre hileras continuas, por el contrario, producen un menor impacto debido a su mayor continuidad y a su desarrollo horizontal. Sin embargo, determinadas variantes tipológicas, como las denominadas “persianas venecianas” (estructuras articuladas a un eje de disposición perpendicular al recorrido solar), repercuten en



Fotografías 155 y 156. Separación de los paneles en seguidores de mástil y paneles con hueco central Vejér, Cádiz, y Puente de Génave, Jaén. Instalaciones FV 88/80



Fotografías 157 y 158. Paneles en estructura de persiana veneciana. Caniles, Granada. Instalación FV 84



Fotografía 159. Mezcla de tipología de estructuras. Manzanilla, Huelva. Instalación FV 52



Fotografía 160. Seguidores exentos en entorno olivarero. Andújar, Jaén. FV 24

mayor medida en el paisaje por la introducción de líneas perpendiculares a la base de la estructura y diagonales a la rasante debido a la diferencia de altura entre un extremo y otro de cada hilera; de esta forma se genera un mayor volumen en el conjunto de la estructura, a medias entre el seguidor y la instalación fija tradicional. (fotos 157 y 158).

Independientemente de la tipología adoptada, la combinación de distintas tipologías y variantes tipológicas en la misma instalación fotovoltaica produce un impacto muy significativo, 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 (foto 159).

Atendiendo a su potencialidad de integración en el paisaje, en general se insertan con mayor facilidad las instalaciones en hileras que las compuestas por seguidores exentos, ya que pueden asimilarse con facilidad a otros componentes paisajísticos, en particular a una lámina de agua, a cubiertas industriales o a invernaderos. Por el contrario, los seguidores aislados son más complicados de integrar paisajísticamente. Generan líneas verticales y su discontinuidad limita la horizontalidad de la textura de los paneles; además introducen en mayor medida el movimiento, especialmente los de doble eje, siendo perceptible a lo largo del día. Los seguidores aislados pueden alcanzar un mayor grado de integración en entornos industriales o asimilables, como los grandes equipamientos comerciales, y también en zonas rurales donde dominan componentes paisajísticos exentos de magnitudes parecidas (por ejemplo, cultivos arbóreos como el olivar y formaciones sin ordenaciones geométricas como los espacios adeshados extensivos) o significado semejante (como los aerogeneradores de energía eólica).

Otras tipologías menos frecuentes, como las denominadas "persianas venecianas" (hileras de

disposición perpendicular al plano solar), se integran de manera más deficiente en el paisaje por el contraste morfológico que generan con el terreno los ejes diagonales que introducen. También los seguidores aislados de baja concentración ofrecen un peor resultado paisajístico por su verticalidad, su mayor reflexión solar y por el carácter parcialmente tridimensional de los paneles, por lo que no resultan estructuras aconsejables, al menos con las dimensiones y las morfologías utilizadas actualmente.

En cualquier caso, deben evitarse las mezclas de tipologías en la misma instalación fotovoltaica, ya que producen un mayor impacto y hacen más difícil su adaptación a otros componentes paisajísticos. Únicamente pueden contemplarse en instalaciones de gran tamaño, donde la variedad de captadores en distintos sectores puede potencialmente añadir un componente de diversidad paisajística que encaje mejor con el paisaje preexistente.

Morfología de estructuras y paneles

El diseño de las estructuras, tanto en los seguidores como en las hileras, se sitúa exclusivamente dentro de su funcionalidad, sin que se hayan constatado consideraciones de otra índole en los 88 casos analizados. Comparativamente, la concepción de las estructuras portantes de las instalaciones fotovoltaicas recuerda al primer estadio de la energía eólica, cuando se utilizaban las estructuras metálicas existentes en la tecnología de transporte de alta tensión como soporte de los aerogeneradores. Sin embargo éstos han evolucionado posteriormente hacia el uso de tecnología propia, creando mástiles más esbeltos y con un claro interés estético. Es posible (y deseable) que se produzca en las estructuras fotovoltaicas una evolución similar. Hasta el momento, no obstante, las instalaciones adolecen de la ausencia de cualquier búsqueda formal en su diseño, dominando en los



Fotografías 161 y 162. Instalaciones de seguidores aislados con paneles discontinuos y continuos. Vejer, Cádiz, y Archidona, Málaga. Instalaciones FV 88/8



Fotografía 163. Paneles con alineación de módulos irregular. Beas, Huelva. Instalación FV 64

paneles las morfologías cuadrangulares, tanto en las hileras continuas como en los seguidores. Por lo que respecta a las estructuras en sí, existe sorprendentemente un nivel de estandarización mínimo y prácticamente cada ingeniero y contratista determinan las estructuras soportes, por lo que es difícil encontrar instalaciones que usen el mismo diseño. Este es un síntoma claro del estadio inicial de desarrollo de esta actividad productiva.

Quizás sea en las estructuras de seguidores aislados de mástil con seguimiento a dos ejes donde se aprecia en mayor medida el componente de estandarización de las estructuras, más avanza-

do que en las hileras continuas. Posiblemente las causas hay que buscarlas en su mayor complejidad técnica y en sus dimensiones. De forma general, en los paneles de los seguidores exentos la morfología cuadrangular es la dominante, o más exactamente la cuasi cuadrangular, con una ligera disposición apaisada de los paneles. Excepcionalmente pueden adquirir una disposición vertical, como ocurre con los seguidores de baja concentración. Por su parte, los paneles se organizan de dos formas: una de carácter continuo, como una única placa formada por la unión de módulos, en la que a veces se puede crear un espacio de alivio de la presión del viento simplemente dejando un módulo central sin colocar, y otra de tipo discontinuo, en la que los módulos se organizan en franjas horizontales, dejando un espacio libre, más reducido entre ellas, generando un mayor grado de discontinuidad en el panel (fotos 161 y 162). En la mayoría de los casos los módulos se disponen de forma vertical, aunque en ocasiones aparecen disposiciones apaisadas (seguidores de concentración) e incluso mixtas dentro del mismo panel. Normalmente los módulos se disponen en el panel de forma regular, encontrándose alineados, aunque en algunos casos la alineación se puede ver alterada en algún punto (foto 163).



Fotografías 164 y 165. Base de hormigón en seguidores aislados. Archidona, Málaga, y Andújar, Jaén. Instalación FV 8/24



Fotografía 166. Aparcamiento GEOLIT. Mengibar (Jaén)



Fotografía 167. Aparcamiento solar. Aeropuerto de Munich



Fotografía 168. Paseros en la Axarquía (Málaga)

de giro o de cimentación del mástil, dependiendo del tipo de seguidor, fisonómicamente contrastada con el terreno natural.

Las morfologías cuadrangulares de los paneles influyen en el impacto paisajístico de la planta fotovoltaica por la introducción de formas geométricas en entornos rurales, generalmente carentes de ellas. Las líneas rectas y especialmente los ángulos rectos de las esquinas son los elementos de mayor repercusión visual. La disposición vertical de los paneles, cuando ocurre, aumenta considerablemente su incidencia paisajística. La geometría rectilínea exterior a veces se reproduce en el interior del panel, concretamente en el hueco central que presentan algunos de ellos, rompiendo su continuidad; igualmente, las líneas huecas que en numerosos paneles aparecen entre las franjas de módulos implican una mayor multiplicidad de líneas y una ruptura de la continuidad. Por idéntico motivo también supone una afección importante la combinación de distintas disposiciones de módulos (vertical y apaisada) dentro de cada panel, así como las alteraciones en la alineación de los módulos.

Por lo que se refiere a las estructuras en sí, su impacto es menor en el caso de las hileras y algo más acentuado en los seguidores aislados, más visibles, en mayor medida el mástil que el brazo soporte. 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 (foto 164).

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, adaptadas al paisaje, aportaría a la instalación una imagen de calidad, de preocupación por el diseño y por el entorno, que redundaría

Por su parte, en las estructuras en hileras dominan las morfologías rectangulares, tanto en soportes como en paneles. Se conforman a modo de atril, que permite la inclinación de los paneles o la conformación del eje horizontal, en caso de sistemas de seguimiento. Los módulos se disponen unánimemente de forma vertical, estando en ocasiones superpuestos de dos en dos dentro de la misma fila.

Un aspecto a destacar dentro de las estructuras son las bases, que a veces alcanzan un considerable protagonismo paisajístico. En las estructuras de seguidores aislados se crea una plataforma

ría en beneficio para la empresa. Diversas creaciones asociadas al Land Art, respetuosas con el paisaje, podrían tomarse como referencia en esta búsqueda de la calidad formal. En el terreno de las instalaciones fotovoltaicas, un ejemplo, prácticamente testimonial, lo constituyen los seguidores inspirados en la forma del olivo en el aparcamiento del GEOLIT de Mengíbar (Jaén) (fotos 166 y 167). Además de la referencia a componentes representativos del paisaje, una vía para garantizar la integración en el paisaje de los nuevos diseños le puede suponer la inspiración en elementos singulares del paisaje de carácter histórico y patrimonial; un ejemplo de esta posibilidad podrían representarlo, para las estructuras en hileras, los paseros, muy relevantes paisajísticamente en la comarca de la Axarquía (foto 168).

Sin embargo hasta el momento las instalaciones carecen de intenciones estéticas en su diseño, dominando las morfologías cuadrangulares en los paneles, tanto en los fijos (rectangulares) como en los situados sobre seguidores (cuadrados). Un primer avance podría representarlo el biselado de los ángulos rectos de los paneles, suavizando las formas. Por otra parte, deben evitarse las discontinuidades interiores del panel, bien por la presencia de módulos huecos, bien por la existencia de franjas de separación perceptibles, bien por la combinación de distintas disposiciones de módulos o bien por posibles alteraciones de la alineación. Siempre que no existan impedimentos técnicos, el diseño de la estructura debe evitar que aparezcan este tipo de discontinuidades, de alta repercusión visual.

Las bases de las estructuras de seguidores exentos deben ser también objeto de integración paisajística. Cuando la base es pequeña, basta un tratamiento herbáceo del terreno para que desaparezca prácticamente su incidencia visual, pero cuando es de mayor tamaño, constituye un elemento relevante y debe de recibir un tratamien-

to paisajístico adecuado. Como en determinadas ocasiones tienen un carácter mecánico, y por tanto deben permanecer despejadas de cualquier interferencia, resulta más aconsejable un tratamiento de las bases cromático o textural, e incluso su ocultación mediante micropantallas visuales separadas de ellas.

Tamaño de estructuras y paneles

En las instalaciones de hileras continuas, la longitud de las filas viene determinada por el número de éstas que contenga la planta o el sector, y por tanto por la cantidad de módulos necesarios para alcanzar los voltajes de trabajo previstos. Cuando las hileras disponen de movimiento de seguimiento a un eje interviene también una limitación mecánica, es decir, el número de módulos que puede soportar la estructura sin que se resienta la horizontalidad; no obstante, a menudo este problema se resuelve funcionalmente uniendo distintas estructuras, creando perceptivamente una única fila. Organizadas en una o en varias estructuras unidas, las filas tienen con carácter general una longitud de varias decenas de metros, entre 15 y 30 metros en la mayor parte de los casos. La altura de las hileras por lo general es de escala inferior a la humana, siendo algo superior cuando las estructuras acogen dos módulos superpuestos. Por la disposición inclinada de los módulos, la altura es siempre mayor en la parte posterior de la estructura que en la anterior.

En el caso de los seguidores aislados, por su propio carácter exento y por su morfología algo más cuadrangular, los paneles tienen una longitud inferior a la de las hileras, oscilando entre los 7 y los 10 metros aproximadamente; en el caso de los seguidores de concentración, de forma algo más estilizada, la longitud es menor, en torno a los 5 metros. La altura de los seguidores, por el contrario, es netamente superior a la de las hileras, ya que es necesario acumular un número mínimo de



Fotografía 169. Paneles de gran tamaño. El Coronil, Sevilla. Instalación FV 72

paneles que rentabilicen el costo mecánico de la instalación así como el consumo de espacio producido. Si mantenemos la escala humana como referencia, ésta varía entre el factor 2, de 3 a 4 metros como mínimo, y el factor 10, de 15 a 18 metros de alzada.

Como norma general, las estructuras y paneles generan un impacto mayor en función de sus dimensiones, o, en otros términos, cuantos más módulos contengan, si se utilizan módulos de medidas estándar. Por tipologías de estructuras, los paneles sobre seguidores exentos aumentan su impacto si son de grandes dimensiones, ya que unen a la repercusión paisajística de sus propias estructuras la de su tamaño. Por el contrario, las hileras, aunque también aumentan su incidencia paisajística en función de sus dimensiones, la padecían debido a su mayor desarrollo horizontal. Independientemente de su tipología, la utilización combinada de estructuras de diferente tamaño constituye otra fuente de afección al paisaje, ya que rompe la continuidad interna de la instalación introduciendo elementos de distorsión.

Las estructuras, y particularmente los paneles, se integran con mayor facilidad cuanto menor sea su tamaño, tanto en hileras continuas como en



seguidores exentos. Aunque estas consideraciones se encuentren supeditadas a los contenidos y características de cada instalación o proyecto de instalación, sería aconsejable establecer unos tamaños máximos de estructuras y paneles, incluso aunque implicara un mayor número de estructuras: paisajísticamente son preferibles los desarrollos horizontales a los verticales. Por otra parte, debe evitarse la utilización de estructuras de diferente tamaño, ya que las discontinuidades perceptivas que producen incrementan su impacto paisajístico.

Color de las estructuras

El color característico de las estructuras es el metálico de tonos grises, tanto sea el acero galvanizado como el aluminio el material empleado. No se han observado en los casos analizados modificaciones cromáticas algunas, ni hacia gamas presentes en su entorno ni en otra dirección. Por lo general no se trata de una variable especialmente impactante. En el caso de los seguidores aislados, las tonalidades de las estructuras resultan visibles en la vista frontal cuando los paneles se encuentran elevados del suelo (por su propia configuración o en determinadas fases de su movimiento de seguimiento) y dejan al descubierto el mástil, con claras semejanzas con los aerogeneradores; en la vista trasera, el dominio del cromatismo de las estructuras es mayor, adquiriendo la imagen un característico tono grisáceo. En ocasiones, son las bases de los seguidores los elementos que alcanzan un mayor protagonismo paisajístico debido a la ausencia de tratamiento cromático del hormigón. Por su parte, en las estructuras de hileras continuas el color de éstas apenas tiene incidencia paisajística en la vista frontal, siendo algo mayor en las perspectivas posteriores y laterales.

Desde el punto de vista de su integración paisajística, como principio general una modificación

del color hacia tonalidades presentes en su entorno puede ser una buena estrategia de integración para estas estructuras, especialmente para los seguidores, muy visibles. Una atención especial merece el tratamiento cromático de las bases de los seguidores, a veces excesivamente realizados. En las estructuras de las instalaciones fijas a suelo, menos visibles, es menos relevante su tratamiento cromático, excepto si el reverso de la instalación estuviera orientado hacia puntos de alta incidencia visual, como vías de comunicación o núcleos de población.

Diseño de otras instalaciones

Instalaciones técnicas auxiliares

Además de los captadores, que son los componentes más característicos, la planta fotovoltaica presenta otras instalaciones técnicas de carácter auxiliar, imprescindibles para la conversión y transporte de la electricidad generada, destacando entre ellas los inversores y los transformadores (fotos 170 y 171). Los primeros, de dimensiones relativamente reducidas, suelen aparecer agrupados con otros elementos técnicos (cuadros de control, monitorización, etc.) en casetas técnicas;



los segundos, los transformadores, generan sus propias garitas. Ambos tipos de contenedores, que pueden seguir tipologías semejantes o dispares entre sí (fotos 172 y 173), resaltan por su estructura cúbica entre las morfologías de los captadores y alcanzan en ocasiones un considerable protagonismo paisajístico en el marco de la instalación fotovoltaica (foto 174).

No obstante, este protagonismo es diferente dependiendo de la tipología de estructuras que utilice la planta fotovoltaica, en razón de la mayor o menor altura de los captadores. Su repercusión es mayor en las instalaciones con estructuras continuas en hileras, donde las casetas quedan expuestas visualmente, y menor en las de seguidores exentos, donde con frecuencia quedan por debajo de los captadores, pasando más desapercibidas.

Sus dimensiones suelen ser reducidas, aunque existe una relativa disparidad en sus tamaños. Más significativos son los revestimientos y cromatismos de estas casetas. El color blanco aparece con cierta frecuencia, aunque en el caso de los transformadores son muy habituales las estandarizadas combinaciones de tonalidades verdes y amarillas, que remiten a espacios urbanos y suburbanos (foto 175). Más escasos son los colores terrizos (foto



Fotografías 170 y 171. Instalaciones técnicas auxiliares: transformadores y convertidores con alojamiento auxiliar de madera. Alcaudete, Jaén, y Osuna, Sevilla. Instalaciones FV 23/27



Fotografías 172 y 173. Uso de colores y materiales distintos en los transformadores e instalaciones técnicas. Instalaciones continuas en hileras en Espejo, Córdoba, y El Salar, Granada. Instalaciones FV 11/18



Fotografía 174. Contraste entre el oscuro de los paneles y el color blanco de las instalaciones técnicas. Instalación continua en hileras en Aguilar, Córdoba. Instalación FV 15



Fotografía 175. Transformadores de tipología estandarizada. Paradas, Sevilla. Instalación FV 28

176), o los revestimientos con aplacados o texturas pétreas (foto 177) o de madera (foto 178). En algunas ocasiones se utilizan diferentes colores y revestimientos dentro de la misma instalación.

El peso de estas pequeñas construcciones en el impacto paisajístico de la planta fotovoltaica es relevante, pudiendo en algún caso ser mayor que el de los propios paneles fotovoltaicos, y, entre otras variables, este impacto se deriva frecuentemente de su tipología. En primer lugar por su morfología cúbica, fuertemente contrastada con las formas más singulares e industriales de los captadores, y en segundo lugar por sus recubrimientos, tanto cromáticos como de texturas. El abundante uso del color blanco incide especialmente en la imagen por su mayor albedo, pero es necesario ponderar este hecho por la positiva asociación que transmite con las construcciones rurales andaluzas más habituales. Más impactantes resultan las tonalidades que combinan verdes y amarillos, ya que además de su repercusión visual, semánticamente remiten a espacios urbanizados (foto 175). Finalmente, también acrecienta su impacto la combinación de distintas tonalidades en las instalaciones técnicas auxiliares en la misma planta fotovoltaica.

Para alcanzar un grado óptimo de integración paisajística en este tipo de construcciones son aconsejables diseños donde dominen las líneas horizontales sobre las verticales y, sobre todo, cuenten con un adecuado tratamiento cromático y textural, como por ejemplo utilizando tonalidades terrizas, revestimientos de texturas pétreas, madera u otras (ver fotos 175 a 177). Una opción interesante podría ser en las zonas cerealistas emular la morfología y el cromatismo de las balas de paja (foto 179). El tratamiento cromático puede plantear problemas con las indicaciones recogidas en la normativa técnica; en esos casos se escogerá entre las tonalidades admitidas la que permita una mayor integración. En cualquier caso,



Fotografías 176 y 177. Transformadores con tonalidades terrazas y revestimientos terrazas en transformadores. La Palma del Condado, Huelva, y Ronda, Málaga. Instalaciones FV 55/17



Fotografías 179 y 180. Balas de paja como posible elemento de referencia para instalaciones auxiliares y ruinas en interior de planta fotovoltaica. El Arahál, Sevilla, y Casabermeja, Málaga. Instalaciones FV 28/20



Fotografías 181 y 182. Impacto de torretas eléctricas y cableados. Écija, Sevilla, y Baena, Córdoba. Instalaciones FV 74/22



Fotografía 178. Revestimientos en madera en construcciones auxiliares. Casabermeja, Málaga. Instalación FV 20

es necesario evitar las mezclas de tonalidades en las instalaciones técnicas auxiliares de la misma planta fotovoltaica. Igualmente, como ya se indicó con anterioridad, siempre que sea posible es recomendable aprovechar las construcciones abandonadas preexistentes como instalaciones técnicas auxiliares (foto 179): se evitaría la inevitable repercusión de una nueva construcción y se eliminaría la degradación y el abandono como factor de impacto.

En este sentido, se empieza a constatar una incipiente y lenta evolución en el diseño exterior de las instalaciones prefabricadas de transformación hacia nuevas tonalidades, mejor adaptadas al paisaje que las estandarizadas. Por ejemplo, algunos fabricantes ofertan *“acabados superficiales exteriores con capacidad de armonización estética al entorno, integración y mimetización.....minimizando el impacto visual”* (frase extraída de un texto publicitario de un fabricante de transformadores). Sin embargo, en los casos analizados resultan muy escasos todavía los tratamientos paisajísticos de este tipo de instalaciones.

Torretas eléctricas y cableados

Las torretas y cableados forman parte del paisaje generado por la instalación fotovoltaica y de cualquier instalación productora de energía eléctrica, en general. Sin embargo, no dejan de ser potencialmente impactantes por los contrastes morfológicos (torretas) y cromáticos (cableados) que producen, particularmente si la torreta está mal emplazada (foto 181) o si el cableado utilizado es de color llamativo, generalmente rojo (foto 182). Las medidas correctoras propuestas deben tener en cuenta las exigencias técnicas que justifican estas características tipológicas.

Una primera propuesta de integración paisajística implicaría sustituir el cableado rojo por otras tonalidades o recubrimientos, si la normativa lo permite, y, en caso contrario, situarlos en puntos poco visibles. Especial atención ha de prestarse al cableado rojo en las torretas situadas dentro de la propia instalación. En este sentido, resulta aconsejable seleccionar para la ubicación de estas torretas el emplazamiento menos impactante visualmente, donde el contraste morfológico que introducen quede suavizado.

Casetas y torres de vigilancia

La seguridad constituye un componente muy importante del funcionamiento de una planta fotovoltaica. Además de los vallados perimetrales, ya comentados en otro apartado, la seguridad se traduce en la presencia de casetas auxiliares para el personal de seguridad e incluso en torres de vigilancia. Las características tipológicas ofrecen un amplio abanico, desde las más habituales construcciones provisionales, como las cabañas de madera (foto 183), hasta las más excepcionales construcciones con torre-mirador, de claras reminiscencias carcelarias (foto 184). Su impacto se deriva de sus características volumétricas, del número de alturas que alcance (total o parcialmente) así como del tratamiento de sus fachadas



Fotografías 183 y 184. Caseta y torre de vigilancia. Osuna, Sevilla, y Darro, Granada. Instalaciones FV 27/43

(color, texturas). Sus posibilidades de integración son diversas: por un lado, se puede apostar por la visibilidad de la construcción, a través de la reutilización de construcciones preexistentes o la adopción de tipologías tradicionales; por otro lado, si las características tipológicas incluyen elementos impactantes, debe buscarse un emplazamiento discreto visualmente, o emplear revestimientos (materiales, colores) de fácil integración con el entorno.

Carteles

La exposición de las características técnicas principales de las instalaciones mediante un cartel de dimensiones reguladas es un elemento obligatorio para acogerse al régimen especial. Sin embargo, en numerosas ocasiones los carteles informativos aparecen acompañados de letreros estrictamente publicitarios de las propias empresas constructoras, promotoras o financiadoras (fotos 185 y 186). Se trata de objetos de grandes dimensiones, en torno a 4 x 2 metros, sobre pies verticales de 2 metros, de composición heterogénea, tanto en textos como tipografía y color de fondo. Poseen, en todo caso, una gran impronta en el paisaje, destacando particularmente en las instalaciones de hileras continuas, donde asoman

por encima del vallado y de los transformadores, constituyendo en zonas de topografía plana el elemento más visible de la instalación (foto 187). Por el contrario, en instalaciones de seguidores aislados, sobre todo en aquellas compuestas de grandes captadores (por encima de los 4 metros), resulta menos relevante su presencia (foto 188).

Tanto los carteles como sus armazones producen con frecuencia una importante repercusión visual, derivada de sus propias magnitudes, de su emplazamiento, de su morfología (pañó vertical compacto) o de los colores utilizados. Además, la agrupación de diferentes carteles sobre una misma instalación, más exactamente sobre el mismo lateral (que suele ser el de mayor incidencia visual), contribuye a incrementar el impacto visual. Su significado, por otro lado, remite al espacio urbano o urbanizado, por lo que en entornos muy poco modificados resultan especialmente inadecuados.

Por sus propias características morfológicas, y por su naturaleza funcional, la integración paisajística de carteles y armazones reviste una especial dificultad. La primera medida consiste en evitar su proliferación, ciñéndose a lo que estrictamente imponga la normativa, sobre todo cuando la densidad va unida a la heterogeneidad. Deben restringirse sus dimensiones, apostando por ta-



Fotografías 185 y 186. Cartel de color impactante y alta densidad de carteles. Archidona, Málaga. Instalación FV 9



Fotografías 187 y 188. La diferente escala de las instalaciones crea distinta percepción para la misma escala de la cartelería. Instalación continua en hileras en Utrera, Sevilla, y de seguidores exentos en Arjona, Jaén. Instalaciones FV 71/25

maños más reducidos (siempre en función de las exigencias normativas) y ponderados por las características tipológicas de la planta fotovoltaica: mientras las estructuras de seguidores exentos pueden acoger carteles de ciertas dimensiones, las estructuras en hileras, notablemente más bajas, deben acoger tamaños más pequeños. Igualmente, conviene limitar su elevación sobre la rasante mediante armazones, así como impedir su colocación en puntos muy sensibles visualmente, como las vistas o perspectivas de calidad. Respecto a sus

contenidos, es necesario que estos grandes letreros reciban un tratamiento de calidad que permita un mayor grado de integración paisajística, tanto en el material utilizado como en su morfología general (no necesariamente cuadrada: por ejemplo, formas rectangulares apaisadas, líneas curvas, etc.), marcos, tipografía o colores. En particular, resulta especialmente interesante que el color del fondo del cartel se aproxime al del fondo escénico situado tras él (por ejemplo, el del cielo en la fotografía 187 o el del olivar en la fotografía 188).

Viales

La relevancia paisajística de los viales de acceso a la instalación se deriva de sus dimensiones (longitud, anchura), de las características del firme, según esté adaptado o inadecuado cromáticamente a su entorno, de su trazado, especialmente en zonas de montaña, y de las alteraciones del terreno generadas por su construcción. La incidencia de estos factores se incrementa cuando el vial es de nueva construcción. Igualmente, el peso en el paisaje de los viales internos a la instalación, que son prácticamente en su totalidad de nueva creación, obedece también a sus propias dimensiones y al contraste producido por el firme respecto a las estructuras fotovoltaicas, creando discontinuidades en el interior de la instalación. Particularmente resulta muy común este contraste en terrenos arcillosos con escasa cobertura vegetal, en los que la necesidad de mantener su operatividad en la estación húmeda lleva a la utilización de materiales de machaqueo provenientes de canteras, que poseen un albedo muy elevado (fotos 189 y 190). Por el contrario, la utilización de asfalto en los viales interiores es prácticamente inexistente, a pesar de que posee interesantes similitudes cromáticas con las estructuras fotovoltaicas.

El tratamiento paisajístico de los viales de acceso e interiores debe prestar una especial atención, además de a la reducción de sus dimensiones (sobre todo la anchura), al tratamiento del firme, adaptándolo cromáticamente a su entorno. Por ejemplo, el uso del asfalto no debe ser contemplado negativamente en el interior de las instalaciones, donde produce un buen resultado paisajístico; incluso la utilización en él de determinados colorantes puede permitir la transición entre estructuras fotovoltaicas y entorno en los viales perimetrales. La selección de los materiales debe tener en cuenta la textura dominante en el terreno circundante. Así, por ejemplo, la grava (al margen de su cromatismo) puede ser una buena



Fotografía 189. Contraste entre el material utilizado en los viales internos y externos de alto albedo en comparación con el material fotoeléctrico y el terreno original. Instalación continua en hileras en Baena, Córdoba. Instalación FV 22

solución en zonas pedregosas, pero una elección errónea en terrenos arcillosos. Respecto al trazado, en los viales situados en zonas inclinadas es conveniente adaptar su diseño a la topografía, evitando perfiles inclinados, desmontes y terraplenes, así como limitando el uso de estructuras. En general, resulta conveniente la utilización de medidas correctoras para reducir el impacto del vial, tanto en el firme como en los márgenes del vial o en los taludes.

Espacios libres intermedios y perimetrales

Entre las estructuras, entre los distintos sectores de la instalación, en su perímetro, o como primer estadio de posibles ampliaciones, los espacios libres existentes en el interior de la planta fotovoltaica pueden ser abundantes y poseen una relevancia paisajística significativa, sobre todo cuando los terrenos se muestran desnudos y su constitución litológica genera un importante albedo (fotos 191 y 192). El impacto, en todo caso, se deriva principalmente del contraste cromático y morfológico generado entre estos terrenos y los restantes elementos de la instalación o, en el caso de los espacios perimetrales, con los usos del suelo adyacentes.



Fotografía 190. Elevado albedo en carril perimetral. Herrera, Sevilla. Instalación FV 13



Fotografía 191. Amplitud de espacios perimetrales. Alcaudete, Jaén. Instalaciones FV 23/15



Fotografía 192. Amplitud de espacios perimetrales. Aguilar de la Frontera, Córdoba. Instalaciones FV 23/15



Fotografía 193. Conservación de espacios arbolados. Alosno, Huelva. Instalación FV 57



Fotografía 194. Mantenimiento de las especies arbóreas existentes en las lindes a modo de pantalla, en armonía con los seguidores. Instalación de seguidores aislados en Fuentes de Andalucía, Sevilla. Instalación FV 45

Desde el punto de vista paisajístico, la amplitud, en ocasiones desproporcionada, de estos espacios libres dificulta su integración. Como los requerimientos técnicos limitan las posibilidades de reducción o eliminación de estos espacios (excepto en los acondicionamientos para ampliaciones), resulta necesario que reciban un tratamiento paisajístico específico. El más inmediato es el recubrimiento vegetal, con especies herbáceas o arbustivas, siendo preferibles las especies existentes en los terrenos aledaños.

En la medida de lo posible, la conservación de ejemplares arbóreos constituye una medida que facilita la integración de estos terrenos, especialmente en áreas con entornos arbolados, como acertadamente se llevó a cabo en la instalación

de la fotografía 193. Además, las conexiones fisiológicas entre los árboles y los seguidores ofrecen muchas posibilidades para su combinación. Los espacios arbolados de referencia pueden ser tanto naturales como semi-naturales (dehesas) e incluso agrícolas, como en zonas con frecuentes lindes arbóreas (foto 194) o, más ampliamente, en los espacios con cultivos arbóreos. No obstante, más allá del árbol más o menos aislado, no existen muestras de lo que podríamos denominar como situaciones mixtas que compatibilicen una arboleda productiva, como por ejemplo el olivar, con los seguidores discontinuos, que sería la estructura más compatible en esta combinación. En todo caso, esta podría ser una línea de investigación que abocara a un proyecto experimental

de creación de una explotación mixta, agrícola y energética renovable.

Otra posibilidad de tratamiento de los espacios libres podría ser, en determinadas zonas y atendiendo tanto a su constitución litológica como a las modalidades de usos del suelo tradicionales, el pétreo, empleando materiales dominantes en su entorno (por ejemplo, pedregales calcáreos) o reproduciendo el empedrado de eras o de los ruedos de los cortijos.

Suelos

Aunque normalmente aparezcan tapados, recubiertos o rodeados por las estructuras y los paneles, el suelo existente entre ellas posee también repercusiones paisajísticas (foto 195). Su re-



Fotografía 195. Suelo desprovisto de vegetación. Ardales, Málaga. Instalación FV 3



Fotografías 196 y 197. Contraste entre el suelo desnudo y la cubierta vegetal y empleo de materiales exógenos creando fuertes contrastes. Instalación de seguidores aislados en Andújar, Jaén, y continua en hileras en Marchena, Sevilla. Instalaciones FV 24/30





Fotografía 198. Cubierta vegetal para suelo de estructuras. Los Palacios, Sevilla. Instalación FV 69

levancia es mayor en las estructuras de seguidores exentos, que ofrecen una mayor cantidad de suelo visible entre los captadores; en las estructuras continuas, su efecto es notablemente menor, aunque persiste particularmente en las perspectivas laterales. Su impacto es más elevado cuanto mayor sea su albedo (sobre todo en suelos desnudos), así como el contraste con los usos del suelo de las parcelas limítrofes (fotos 196 y 197).

Por estas razones, el suelo existente bajo las estructuras, especialmente bajo los seguidores, debe ser objeto también de algún tipo de tratamiento paisajístico con la finalidad de reducir la incidencia visual del suelo desnudo en aquellas zonas donde produzca un gran contraste. Las dos alternativas ofrecidas para el tratamiento de los espacios libres, la vegetal y la pétreo, podrían aplicarse también en estos casos. Es relativamente habitual la utilización de la cobertura vegetal con especies herbáceas autóctonas, que no precisan de mantenimiento (foto 198).

Como ejemplo, en la fotografía 199 se puede observar un adecuado tratamiento del suelo en una planta fotovoltaica, combinando el tapiz herbáceo y el terreno arado en función del dominio de uno u otro en su entorno más inmediato.



Fotografía 199. Tratamiento diferenciado del suelo. Andújar, Jaén. Instalación FV 24

Otras infraestructuras (cunetas, desagües,...)

En los casos en los que la planta fotovoltaica se emplaza en terrenos inclinados o sobre plataformas, las cunetas de desagües constituyen infraestructuras potencialmente impactantes, particularmente cuando adoptan trazados inclinados y están compuestas de hormigón, sin ningún tipo de revestimiento (foto 200). Su repercusión paisajística se acrecienta por su densidad, ya que en cada instalación en la que aparecen y son relevantes visualmente existen varias. Se puede alcanzar un mayor grado de integración paisajística buscando su adaptación morfológica (evitando las alteraciones del terreno), de texturas (revestimientos pétreos) y cromática (por ejemplo, utilizando tintes en el hormigón) a los terrenos entre los que se intercalan estas infraestructuras.

Ordenación interior de los componentes

Los componentes de las plantas fotovoltaicas se disponen en el interior de la instalación siguiendo un determinado patrón de ordenación. La forma de agrupación constituye un factor de protagonismo paisajístico muy destacado, en especial a media y gran distancia, donde el diseño de los



Fotografía 200. Desagües. Huéscar, Granada. Instalación FV 83



Fotografía 201 Estructura en hileras continuas. Las Cañas, Cádiz. Instalación FV 62

componentes resulta menos perceptible; en ciertas ocasiones, incluso a distancias más cercanas la distribución de los componentes adquiere una mayor repercusión sobre el paisaje que su propia morfología. Entre los componentes que destacan por el efecto paisajístico de su distribución se encuentran las estructuras (soportes y paneles) y las instalaciones técnicas auxiliares (inversores y transformadores). En las primeras la forma de organización interior la determina ante todo la tipología utilizada, bien sea la de hileras continuas o bien la de seguidores aislados.



Fotografías 202 y 203. Disposición geométrica de los transformadores y transformadores agrupados en un eje central. Aguilar de la Frontera, Córdoba, y Osuna, Sevilla. Instalaciones FV 15/28

Las instalaciones de hileras continuas se disponen de forma simétrica, generando una imagen de franjas alternantes y rítmicas. Habitualmente, la orientación de las hileras es paralela al recorrido solar, es decir, meridional, aunque en algunos casos pueden alinearse de forma perpendicular al mismo, como puede ocurrir en terrenos inclinados o con las estructuras denominadas persianas venecianas, de soportes de altura asimétrica. El impacto de la ordenación de las hileras se produce por la visión de las franjas alternantes de paneles y terrenos libres (foto 201), y se acrecienta si se disponen, en los terrenos inclinados, de forma perpendicular a las curvas de nivel, si se mezclan diferentes orientaciones en la misma instalación o si no existen en su entorno alineaciones semejantes a las que se puedan remitir (por ejemplo, parcelas agrícolas con olivares o cítricos).

En las instalaciones de seguidores aislados el patrón de ordenación unánimemente seguido es el geométrico, de cuadro regular, similar al que utilizan las explotaciones arbóreas de tipo frutícola. Del otro tipo de ordenación posible, el irregular, no existen ejemplos entre las explotaciones analizadas. El impacto paisajístico del patrón de ordenación está en función del contraste

que produzca con el existente en su entorno. De este modo, la 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 en la unidad de paisaje circundante dominan las ordenaciones regulares, y si las alineaciones se adecúan a las existentes a su alrededor.

Además de las estructuras, las instalaciones técnicas auxiliares poseen también pautas de organización interior que pueden tener importantes efectos paisajísticos, sobre todo en las instalaciones con estructuras de hileras fijas, ya que en las estructuras de seguidores exentos el protagonismo de estas casetas queda relegado a un segundo término por las mayores dimensiones de los captadores. Son habituales las distribuciones regulares, rítmicas, aunque en estas instalaciones auxiliares no son extrañas las ordenaciones irregulares, mediante agrupaciones en una parte, normalmente lateral, de la planta fotovoltaica. En principio, el impacto de las ordenaciones regulares es mayor, al margen de la tipología empleada, ya que pueden suponer, en el caso de las estructuras en hileras, la interrupción de la aparente continuidad laminar de estas estructuras, sobre todo si su den-

sidad es elevada (foto 202). No obstante, tratándose de construcciones, aunque sean de pequeño tamaño, en ocasiones pueden emular posibles ordenaciones regulares del hábitat disperso existente en su entorno, por lo que el impacto, en ese caso, quedaría mitigado. Siguiendo el mismo criterio, las agrupaciones de estas instalaciones resultan en principio menos impactantes, excepto si se ubican en las zonas más visibles (como por ejemplo los ejes centrales) de la instalación (foto 203), o si contrastan con el patrón de distribución del hábitat disperso existente a su alrededor.

La ordenación interior de los componentes y su integración

Para garantizar un mayor grado de integración, las hileras deben estar dispuestas de forma regular, alineadas con el plano formado por el recorrido solar, 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. El objetivo es que la fisonomía de la planta resulte lo más continua posible. Resulta importante combinar este criterio con otros, como el emplazamiento, persiguiendo que las franjas se perciban desde los puntos de menor incidencia visual. También es aconsejable que las hileras, en su caso, continúen las alineaciones existentes en su entorno, en tamaño y en longitud (foto 204). Este sería el caso, por ejemplo, de una instalación cercana a una explotación de olivar o a parcelas con cítricos. Es aconsejable, finalmente, evitar las mezclas de orientaciones en las hileras (foto 205).

En algunos casos puntuales la disposición de las hileras establece una relación armónica con el terreno, creando nuevas morfologías que pueden añadir una dosis de calidad al paisaje. Los ejemplos que se muestran en las fotografías 206 (a, b y c) suponen, probablemente, las aportaciones estéticas más interesantes entre las plantas analizadas



Fotografías 204 y 205. Disposición de las hileras coincidente con la ordenación de los cultivos arbóreos y diversas ordenaciones de las hileras. Pizarra, Málaga, y Huércal Overa, Almería. Instalaciones FV 1/31

Fotografía 207. Disposición de los seguidores aislados en relación al patrón de ordenación de los cultivos. Las Gabias, Granada. Instalación FV 41



Fotografías 206 a, b y c. Introducción de nuevas formas como instrumento potencial de integración paisajística. Lucainena de las Torres, Almería; Baena, Córdoba; Alhama de Granada, Granada. Instalaciones FV 32/12/40



Fotografía 208. Agrupación de instalaciones técnicas auxiliares. Antequera, Málaga. Instalación FV 6



Fotografías 209 y 210. Instalaciones técnicas auxiliares entre hileras y agrupación de construcciones preexistentes. Ronda, Málaga, y Lucainena de las Torres, Almería. Instalaciones FV 16/32

y apuntan a la posibilidad de entender estas instalaciones como muestras de calidad en las transformaciones humanas del paisaje. Sin duda, constituye una vía, aún incipiente, de exploración para alcanzar un mayor grado de integración paisajística.

Los seguidores aislados, por su parte, deben tender también a su concentración, intentando generar una masa homogénea de paneles, al menos desde una posición ligeramente elevada. Su patrón de ordenación debe guardar semejanzas con el existente, en su caso, en su entorno. Por ejemplo, si se ubica en una zona olivarera o de cultivo de frutales, es recomendable que los seguidores tengan una disposición regular siguiendo las alineaciones ya existentes (foto 207); por el contrario, si la planta fotovoltaica se localiza en una zona adhesionada, resulta más apropiada una disposición irregular de los captadores, formando pequeñas agrupaciones.

Entre las instalaciones técnicas auxiliares, siempre que los requerimientos técnicos lo permitan, es preferible una disposición irregular, e incluso concentrada en determinados puntos (foto 208), preferiblemente poco visibles. La mejor ubicación para ello la representan los laterales de la instalación o los espacios existentes entre hileras, si éstas alcanzan una altura considerable (foto 209). En determinados casos, la agrupación puede tomar como referencia las agrupaciones de las construcciones preexistentes próximas (aldeas, caseríos), produciendo un menor impacto que la repetición rítmica de este tipo de instalaciones (foto 210). Si no están agrupadas, resulta aconsejable que las instalaciones técnicas tiendan a organizarse en el espacio siguiendo el patrón de distribución, en su caso, del hábitat disperso existente en su entorno, tanto casas como case-tas de aperos.

Capítulo 6

Medidas correctoras
del impacto paisajístico



Las medidas correctoras constituyen instrumentos orientados a paliar los impactos paisajísticos, no a evitar que aparezcan, por lo que su aplicación denota la existencia de algún tipo de discordancia en el paisaje. Además, suelen tener una efectividad incompleta, tanto por la envergadura del problema como por los efectos sobre la imagen de la propia naturaleza material de las medidas. Por tanto, la necesidad de su aplicación, más allá de actuaciones puntuales, transmite, en cierta medida, el fracaso del emplazamiento o diseño del objeto en cuestión. Dicho de otra forma: la utilización de criterios paisajísticos en la ubicación y diseño de una determinada intervención en el territorio haría innecesaria la adopción masiva de medidas correctoras del impacto paisajístico.

En el caso de las plantas fotovoltaicas, de magnitudes moderadas y grandes, la posible utilidad de las medidas correctoras sobre el conjunto de la instalación es limitada, siendo prácticamente imposible ocultar o diluir su impacto en el paisaje. Por otra parte, si las medidas de integración correspondientes a cada uno de los factores de incidencia paisajística se aplican en un alto grado y consiguen un nivel aceptable de integración, incorporando al mismo tiempo un diseño de calidad, carecería de sentido la ocultación de la instalación.

En cambio, las medidas correctoras sí pueden ser muy pertinentes para la adecuación paisajística de algunas partes de la planta fotovoltaica. Por ejemplo, para solventar problemas derivados del emplazamiento, aplicándolas en los bordes de las cumbres o en los taludes de los terraplenes, en el caso de emplazamientos en cumbres o terrazas, o en los taludes producidos por los desmontes, en el caso de ubicaciones en laderas. También resultan aconsejables en el tratamiento de los vallados perimetrales o de los viales interiores y espacios libres intermedios. En el caso de las estructuras, su efectividad es más limitada, condicionada por

los imperativos técnicos, que obligan a contar con espacios despejados en torno a los captadores; no obstante, sí pueden utilizarse para mitigar la incidencia paisajística de las partes laterales (por ejemplo, evitando los contrastes morfológicos de las terminaciones de las hileras) o de las traseras, reduciendo la visibilidad de las estructuras de soporte de los paneles.

Habitualmente los mecanismos de corrección paisajística se aplican en la propia instalación; sin embargo, en algunos casos podrían llegar a ser muy útiles si se adoptaran también en los terrenos circundantes. Por ejemplo, la densidad perceptiva de las instalaciones se podría reducir aplicando medidas correctoras en los espacios intersticiales. Igualmente, sería más factible conseguir la disminución del impacto visual de determinados componentes de la planta fotovoltaica interviniendo a media distancia, entre el punto de observación y el objeto, o en mayor medida si se aplican estas medidas junto al punto de incidencia visual (por ejemplo, una carretera). Por supuesto, la intervención fuera de la instalación fotovoltaica plantea problemas jurídicos y escapa a las posibilidades del propietario; sin embargo, debe contemplarse la posibilidad de colaboración con la Administración como fórmula de corrección de determinados impactos.

Entre las medidas correctoras, las pantallas vegetales arbóreas suelen ser las más conocidas pero, por motivos obvios 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 existentes (núcleos, carreteras, etc.). Se pueden emplear con mayor facilidad en el tratamiento de los vallados perimetrales, normalmente situados a una cierta distancia de los captadores, y de hecho se emplean, aunque

más con la intención de ocultar la instalación desde distancias cortas, por cuestiones de seguridad o privacidad, que por criterios paisajísticos.

En el diseño de pantallas vegetales arbóreas es muy importante elegir correctamente las especies vegetales empleadas, adecuándose a las existentes en su unidad de paisaje, así como evaluar el efecto de la introducción de geometrías que puede producir. En ciertas zonas carentes de vegetación arbórea, como los altiplanos orientales o las zonas subdesérticas, carece de sentido el empleo de pantallas arbóreas; al contrario, puede provocar un aumento de la intensidad de la incidencia visual.

Otra posibilidad es la creación de pantallas arbóreas alejadas de la instalación y situadas en las perspectivas existentes desde los puntos de mayor incidencia visual. Más sencillo y viable es aprovechar (o en su caso mantener) la existencia de alineaciones o agrupaciones arbóreas existentes a media distancia en el momento de elegir el emplazamiento definitivo o la orientación de las estructuras (fotos 211 y 212).

Las pantallas visuales, además de arbóreas, pueden ser de otra índole. Por ejemplo, de naturaleza topográfica. Se basan en la realización de ligeros movimientos de tierras, como pequeños terraplenes o mínimas ondulaciones artificiales. Obviamente la magnitud de la intervención debe ser reducida, ya que en caso contrario implicaría la aparición de un nuevo impacto paisajístico. Además, estos movimientos de tierras no podrían generar incisiones en la topografía, como taludes, y su diseño debe estar en consonancia con la morfología dominante en el terreno, siendo más aptos para esta finalidad los espacios ondulados que los llanos o los fuertemente accidentados.

Aunque su potencialidad como parapeto es más reducida, existe también la posibilidad de utilizar pantallas construidas. En ciertos lugares,



Fotografías 211 y 212. Mantenimiento de pantallas arbóreas preexistentes. Los Palacios y Villafranca, Sevilla, y Almonte, Huelva. Instalaciones FV 69/63

la presencia de muros en la unidad de paisaje donde se sitúa la instalación, como componentes tradicionales de su tipo de paisaje, puede hacer aconsejable la utilización de esta clase de pantallas. Para evitar que su impacto sea mayor que el que intenta paliar, la primera variable que debe contemplar el diseño de un muro como pantalla visual es su magnitud, particularmente la altura. Esta debe ser necesariamente reducida, aunque su tamaño máximo estará en función de la tipología de planta fotovoltaica y de las características topográficas del terreno, así como de la altura dominante, en los muros preexistentes. Por ejemplo, para el tratamiento de los laterales de las hileras, la construcción de muretes de escasa altura puede resultar suficiente para cumplir su cometido.

Además de la altura debe contemplarse también su longitud y su trazado. Como principio básico, la longitud debe ser la mínima necesaria para garantizar su función. Respecto al trazado, debe reproducir la morfología dominante en los trazados de los muros existentes en su unidad de paisaje, optando, si no existieran muros tradicionales, por trazados irregulares y no geométricos.

Por otra parte, el muro que se construya debe adaptarse tipológicamente a los existentes en su unidad de paisaje, o en caso contrario adecuarse plenamente a la fisonomía dominante. La piedra, siempre que sea la característica de su unidad de paisaje, en mampostería o en bloques irregulares, representa la mejor opción. Los posibles revestimientos estarían supeditados a la existencia de muros tradicionales con el mismo tratamiento.

En ocasiones las pantallas visuales no tienen por qué ser de nueva creación, sino que se pueden aprovechar las plataformas construidas para otras infraestructuras limítrofes, como ocurre con cierta frecuencia con las carreteras, caminos e incluso con las infraestructuras de regadío, como canales y acequias elevadas (fotos 213, 214 y 215). En estos casos la elección del emplazamiento debe tener en cuenta la existencia de estas potenciales pantallas.

Al margen de las pantallas visuales, otro tipo de medidas correctoras tiene como finalidad alterar la textura y el cromatismo de determinados componentes de la instalación. Para ello se pueden emplear especies vegetales, herbáceas o

arbusivas, por ejemplo en el tratamiento de los suelos de las estructuras, de los espacios libres intermedios e incluso de los viales (firme, márgenes, plataformas). En otros casos pueden ser útiles revestimientos pétreos o cerámicos, por ejemplo para el posible tratamiento de muros de hormigón o de instalaciones técnicas auxiliares, o cambios de coloración de determinados componentes.

Las medidas correctoras pueden aplicarse al conjunto de la instalación o de su perímetro, aunque usualmente se centran en alguno de sus componentes y en alguno o algunos de sus lados, dependiendo de la mayor o menor incidencia visual que tengan sus respectivas fachadas. En cualquier caso, dado que la identidad paisajística de estas instalaciones la proporcionan los módulos y paneles fotovoltaicos, componentes con mayores posibilidades de adaptación al entorno y, también con más dificultades de ocultación, tiene más sentido aplicar las medidas correctoras en los laterales de la instalación y en su parte trasera, flancos estos donde asoman en mayor medida los desajustes. En los laterales, por ejemplo, son más frecuentes las líneas diagonales, producto de la inclinación de



Fotografía 213. Infraestructura hidráulica como pantalla visual. Las Cabezas de San Juan, Sevilla. Instalación FV 70

los paneles; en el caso de las hileras, los contrastes generados por las franjas alternantes generan también un relevante impacto visual. La parte trasera de la planta fotovoltaica ofrece una imagen desprovista de contenidos asociados, puramente industrial, donde únicamente resultan visibles los más anodinos soportes de las estructuras.



Fotografía 214. Infraestructura hidráulica como pantalla visual. Los Palacios y Villafranca, Sevilla. Instalación FV 69



Fotografía 215. Plataforma de carretera como pantalla visual. Huércal Overa, Almería. Instalación FV 31



Capítulo 7

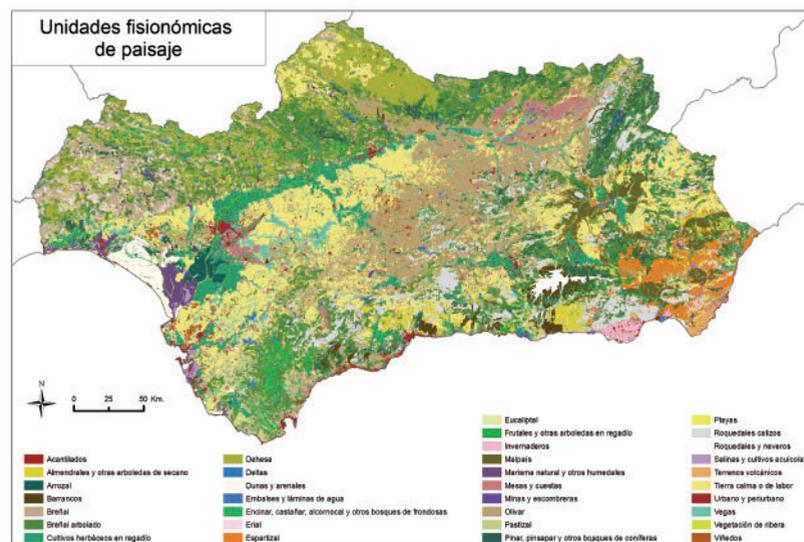
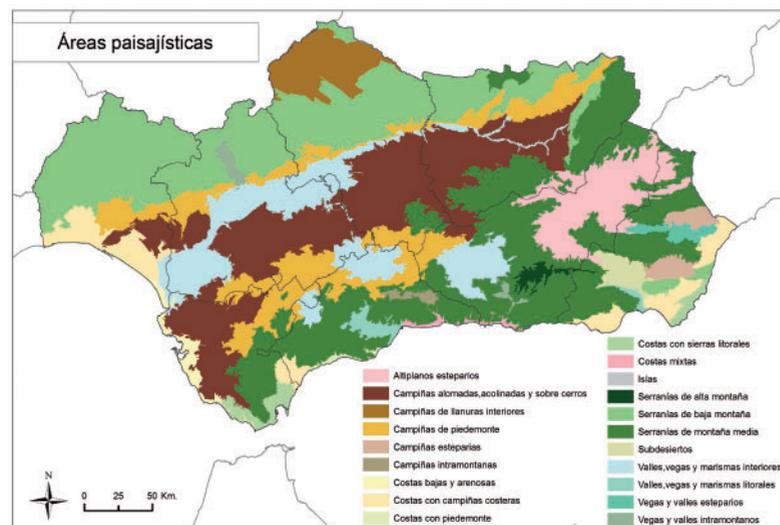
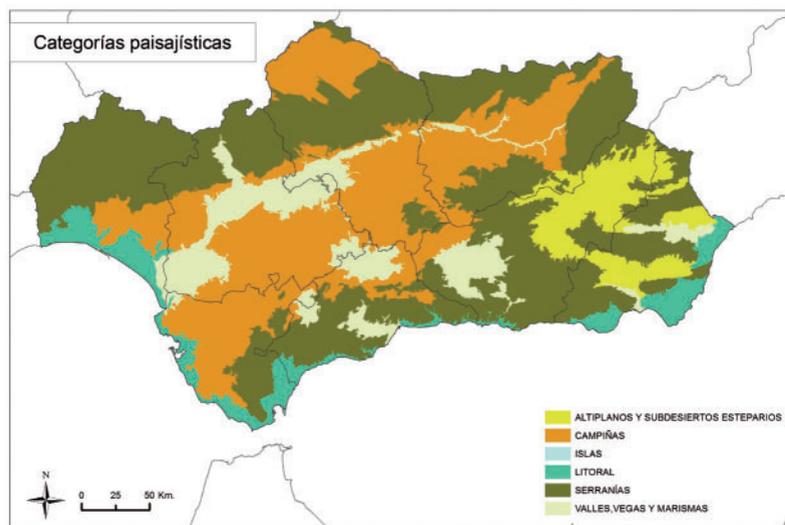
Orientaciones específicas de
integración paisajística
para los grandes paisajes
de Andalucía



Independientemente de la aplicación de las medidas de integración genéricas, en determinados tipos de paisaje, por sus características particulares, es necesario incidir especialmente en algunas de ellas. Por ello, en este apartado se establecerán criterios de integración específicos que deben recibir los principales tipos de paisaje andaluces.

Como ya se ha indicado anteriormente, el empleo de las medidas de integración en un espacio concreto, en una unidad de paisaje determinada, debe abordarse tras un estudio detallado de los rasgos definitorios de su paisaje. En este sentido, como paso previo, los lugares de interés paisajístico o con importantes valores naturales y culturales, especialmente los que cuenten con algún tipo de protección, son ubicaciones des-

aconsejadas para la localización de plantas fotovoltaicas. Para la selección de los grandes tipos de paisaje existentes en Andalucía se ha seguido la clasificación de paisajes establecida por el *Atlas de Andalucía* (VV.AA., 2005), adaptando la tipología empleada en sus diversos niveles jerárquicos (categorías de paisajes, áreas paisajísticas, unidades fisonómicas) a las características específicas de este estudio.





Marismas, zonas inundables y humedales litorales

En estos paisajes (foto 216), debido a las semejanzas fisonómicas existentes entre los paneles solares y la lámina de agua, son preferibles las instalaciones fijas, en las que dominen las líneas horizontales sobre las verticales y diagonales, y con una estructura interna que garantice la continuidad y el efecto visual de la lámina. Entre los módulos habitualmente utilizados, serán específicamente más aconsejables los de silicio monocristalino, cuyo cromatismo remite al agua. Igualmente, se debe aprovechar el efecto pantalla de las frecuentes infraestructuras ligeramente elevadas existentes en estos paisajes: caminos, acequias, canalizaciones, etc.

Valles regados y vegas

En estos tipos de paisaje debe prestarse una especial atención a las dimensiones de la instalación y a su morfología externa, buscando en ambos parámetros la mayor adaptación posible al parcelario preexistente. Donde predomine paisajísticamente el mosaico, es aconsejable garantizar su permanencia adaptando la morfología de la planta fotovoltaica. En general son preferibles las instalaciones de hileras continuas, excepto si se trata de cultivos arbóreos (cítricos, por ejemplo), en cuyo entorno encajarían en mayor medida los seguidores aislados, siempre que mantengan una cierta proporción con los árboles. La mejor localización desde el punto de vista paisajístico se produce cerca de componentes del paisaje relacionados con el agua: lagunas, balsas de agua, embalses, etc. Igualmente, una localización favorable sería la próxima a centrales termosolares, ya que éstas suelen emplazarse en estos extensos terrenos llanos. Debe buscarse, por último, la adecuación de las instalaciones auxiliares a las características del hábitat disperso.



Fotografía 216. Paisaje de marismas, zonas inundables y humedales litorales. Vejer, Cádiz



Fotografía 217. Paisaje de valles regados y vegas. Ardales, Málaga. Instalación FV 3

Campiñas olivereras

En este tipo de paisaje pueden ser utilizados tanto los seguidores aislados como las hileras continuas. Los seguidores aislados toman como referencia al árbol, aunque deben vigilarse sus dimensiones para no superar excesivamente la escala arbórea. En zonas subsidentes encajan mejor las estructuras continuas, especialmente en antiguas zonas lacustres. En las hileras debe cuidarse su morfología y ordenación interior, persiguiendo la emulación de la lámina de agua. En los seguidores aislados hay que prestar una especial atención a su ordenación interior, que debe ser regular (como el olivar) y seguir los patrones de distribución (alineaciones, espaciados) imperantes en su entorno. Como en todas las zonas onduladas, se deben evitar grandes movimientos de tierras.



Fotografía 218. Paisaje de campiña oliverera. Arjona, Jaén. Instalación FV 25

Campiñas cerealistas

En la campiña cerealista son preferibles las instalaciones continuas en hileras, evitando la ruptura de las líneas horizontales dominantes. Especial atención deben merecer las instalaciones auxiliares y los cerramientos, más visibles desde medias distancias en estos espacios desarbolados. Como en todas las campiñas, se adaptan mejor en zonas lacustres y en especial en antiguas zonas lacustres. Si se emplazan en colinas, ha de cuidarse particularmente su adaptación al relieve, evitando movimientos de tierras y creando líneas ondulantes que tapicen el terreno, siguiendo las curvas de nivel. Se debe respetar el entorno de los grandes cortijos y haciendas.



Fotografía 219. Paisaje de campiña cerealista. Fuensanta, Pinos Puente, Granada. Instalación FV 21

Campiñas mixtas (olivereras-cerealistas)

Dependiendo del predominio de cada uno de estos usos del suelo en el lugar seleccionado, serán aplicables las recomendaciones expuestas



Fotografía 220. Paisaje de campiña mixta. Antequera, Málaga. Instalación FV 6



Fotografía 221. Paisaje de campiña de viñedos. Jerez, Cádiz. Instalación FV 62

en los dos últimos apartados. En estos paisajes mixtos, donde el parcelario es muy visible, debe prestarse una especial atención a las dimensiones relativas de la instalación y a su adecuación morfológica al parcelario. Como en el conjunto de las campiñas, se debe respetar el entorno de los grandes cortijos y haciendas, particularmente en espacios de predominio cerealista.

Campiña de viñedos

Debido al carácter arbustivo del uso del suelo principal, en los espacios vitícolas son preferibles las instalaciones continuas en hileras a las de seguidores aislados. Como norma aplicable a todas las campiñas, las zonas subsidentes deben considerarse como emplazamientos prioritarios. Si se implantan en colinas, ha de cuidarse particularmente la adaptación a la fisiografía, evitando movimientos de tierras y creando líneas ondulantes que tapicen el terreno. Un aspecto relevante es la ordenación interna de los componentes de la instalación, que debe reproducir las alineaciones de los viñedos. El hábitat (grandes cortijos y bodegas) ha de recibir un tratamiento cuidadoso, estableciendo perímetros de protección.

Montañas bajas

En principio, en estos espacios montañosos los emplazamientos prioritarios deben ser los espacios subsidentes llanos; como segunda opción, las cumbres redondeadas y de escasa pendiente. En laderas, se deben buscar emplazamientos de menor pendiente, como los rellanos, persiguiendo la adaptación de las estructuras al relieve ondulado; en todo caso es necesario evitar las

laderas de pendientes pronunciadas. Para el cumplimiento de estos criterios son preferibles las instalaciones continuas a las de seguidores aislados. Estos se integrarían mejor en zonas boscosas de topografía muy suave. En cualquier caso, se recomienda prestar especial atención a los posibles movimientos de tierra que implique la instalación. Un tratamiento específico debe merecer la planta fotovoltaica si se ubica en las cercanías de zonas mineras, actuales o heredadas.



Fotografía 222. Paisaje de montañas bajas. Alosno, Huelva. Instalación FV 57

Montañas medias silíceas

Como en todas las zonas montañosas, el emplazamiento prioritario deben constituirlo los espacios subsidentes. Como segunda opción, las cumbres redondeadas de escasa pendiente; puntualmente, la combinación con las instalaciones eólicas existentes previamente puede considerarse como una opción válida.

Si el relieve es ondulado, debe buscarse la adaptación de la planta fotovoltaica al relieve. Para cumplir este objetivo son preferibles las instalaciones continuas, disponiendo las hileras de forma paralela a las curvas de nivel. Se deben cuidar especialmente los movimientos de tierras y las posibles incisiones en el terreno derivadas de la eliminación de la cubierta vegetal, como los surcos de erosión. En localizaciones cercanas a zonas mineras puntuales, actuales o heredadas, han de aplicarse tratamientos específicos atendiendo a la tipología concreta de la instalación minera. Es aconsejable respetar, igualmente, el perímetro del caserío disperso y utilizar su tipología y distribución como modelo para las instalaciones auxiliares. Por otra parte, al tratarse de espacios montañosos, debe prestarse una especial atención al trazado y posible impacto de los viales de acceso e internos, muy especialmente al material utilizado en el firme cuando tenga un albedo muy contrastado con su entorno.

Dependiendo del predominio de usos del suelo, naturales o agrarios, se puede distinguir entre las zonas con cobertura del suelo natural y las áreas de tradicional dedicación agraria.

a) Zonas boscosas y repoblaciones forestales.

En ellas deben evitarse las grandes instalaciones, o en su caso fragmentarlas, para poder mantener, en cierta medida, el efecto pantalla de la vegetación. Si no superan la escala arbórea de forma notoria, son admisibles los seguidores aislados.

b) Zonas agrarias y agrícolas abandonadas.



Fotografía 223. Paisaje de montaña media silíceas. Moclinejo, Málaga. Instalación FV 10

Son preferibles las instalaciones continuas, incluso en cultivos arbóreos (por ejemplo, los almendros), por la escasa densidad y cobertura que presentan estos árboles en laderas montañosas de fuerte pendiente. Resulta aconsejable la adecuación y reutilización de bancales, con sus correspondientes balates tradicionales, aunando así la búsqueda de la horizontalidad con la conservación de elementos culturales. En este sentido, alguno, de estos componentes culturales de índole agraria podrían ser utilizados como referentes tipológicos para las estructuras fotovoltaicas.

Sierras calcáreas

Por el carácter abrupto de estas sierras, es recomendable utilizar como emplazamiento las zonas subsidentes, como los pasillos margosos, y en general las zonas llanas interiores, como navas o poljes, e incluso las cumbres, con frecuencia de estructura horizontal. Dentro de estos emplazamientos se pueden aprovechar las semejanzas cromáticas entre el acero galvanizado y la roca calcárea, así como la presencia puntual de agua en las depresiones calcáreas. En las proximidades de zonas forestales, adhesionadas y olivareras, fre-

cuentes en las zonas margosas, son admisibles los seguidores aislados, adecuando su organización interna a su entorno. Una pauta de localización recomendable es la cercanía a embalses, por el parecido fisonómico de los paneles con el agua, y las inmediaciones de las canteras de áridos, especialmente las abandonadas; en este último caso, las instalaciones fotovoltaicas pueden contribuir a la recuperación paisajística de estos espacios. Igualmente, las áreas ocupadas por aerogeneradores son susceptibles de implantación de captadores solares. Como en el resto de zonas montañosas, hay que vigilar los posibles movimientos de tierras, así como el trazado de los viales de acceso; igualmente, otro criterio lo constituye el respeto al hábitat (cortijos, etc.), habitualmente ubicados en los emplazamientos propuestos.

Alta montaña

Generalmente se trata de emplazamientos poco demandados debido a su aislamiento respecto a las redes de transporte eléctrico y a las dificultades de acceso. En cualquier caso, en los paisajes de alta montaña existentes en Andalucía (alineación Sierra Nevada-Los Filabres, fun-

damentalmente) el emplazamiento más aconsejable (o menos perjudicial) para estas instalaciones lo constituiría la zona de cumbres, siempre concibiéndolas con un carácter puntual, como elemento singular del paisaje. Al margen de la consideración de impactos de otra naturaleza, este emplazamiento plantea dos ventajas: una, la adecuación a una topografía suave, morfología que se vuelve abrupta en las laderas; dos, la posible utilización como referente de instalaciones puntuales de diversa naturaleza asentadas en estas zonas: refugios, instalaciones militares, instalaciones de telecomunicaciones, centros astronómicos, etc. En principio, en estas áreas son admisibles tanto los seguidores aislados como las instalaciones continuas. Otra ubicación apropiada serían las inmediaciones de antiguas zonas mineras, abundantes en estas montañas, así como otras instalaciones de energías renovables, como la eólica. Como en el resto de zonas montañosas, es necesario prestar atención a los posibles movimientos de tierras, así como al trazado de los viales de acceso e internos.

Altiplanos y depresiones subdesérticas

En estos paisajes amplios y llanos son preferibles desarrollos horizontales, que encajen con el dominio de las líneas horizontales en el paisaje del altiplano. Dada las magnitudes que alcanzan, son aceptables los emplazamientos en mesas, siempre que los distintos componentes se alejen de los extremos, y en grandes terrazas y plataformas preexistentes. Debido al predominio cerealista, característico de estos espacios, son más recomendables las instalaciones fijas a suelo; no obstante, las enormes dimensiones existentes en estos paisajes permiten también la utilización de seguidores aislados, sin alterar la horizontalidad general, en particular si se disponen junto a cultivos arbóreos, como olivares o los muy extendidos almendros.



Fotografía 224. Paisaje de altiplano. Valle del Zalabí, Granada. Instalación FV 38



Fotografía 225. Paisaje subdesértico. Alhama de Almería, Almería. Instalación FV

Una localización aconsejable es el entorno de otras centrales renovables, como las termosolares y, especialmente, las eólicas, ya que su carácter altamente extensivo permite su combinación con paneles fotovoltaicos, y completar de este modo un tipo de paisaje singular.

Dehesas

En este singular tipo de paisaje consiguen una mejor adaptación paisajística los seguidores, si mantienen la escala arbórea, excepto en las zonas subsidentes, donde son preferibles las instalaciones continuas. Una localización apropiada son las cercanías de embalses. Sería muy recomendable buscar efectos cromáticos semejantes a su entorno, tanto en las estructuras como en los paneles (módulos, marcos.). Desde el punto de vista de su organización interna, es aconsejable que los seguidores tengan un patrón de ordenación irregular y que las instalaciones sean de dimensiones moderadas. Como componente característico del paisaje de dehesa, los muros de división del parcelario deben recibir un tratamiento cuidadoso, adaptando los vallados perimetrales de la instalación a su trazado y tipología.

Regadíos litorales

En mayor medida que en otros paisajes regados, en los regadíos litorales es conveniente adecuar la dimensión y la morfología de la planta fotovoltaica al parcelario preexistente, habitualmente irregular y de modestas extensiones. A la



Fotografía 226. Paisaje de dehesa. Alosno, Huelva. Instalación FV 57

heterogeneidad de usos del suelo hay que añadir la compartimentación topográfica, con valles relativamente estrechos y vertientes aterrazadas. En general, el emplazamiento preferible se sitúa en los fondos de valle, en terrenos llanos, aunque también pueden aprovecharse las terrazas pre-existentes, particularmente las de mayores dimensiones, dejando libre las partes más exteriores. La presencia de cultivos arbóreos (cítricos, subtropicales, etc.) permite la utilización de seguidores

aislados, siempre que sus magnitudes no excedan excesivamente la escala arbórea; en el caso de hileras fijas, su organización interna debe adecuarse a la existente en las alineaciones arbóreas. Su ubicación permitiría una mayor integración si se sitúa junto a componentes paisajísticos como el agua (balsas de riego) o grupos aislados de invernaderos. Las instalaciones técnicas auxiliares deben adaptarse al patrón de distribución del hábitat disperso (viviendas, casas de aperos, etc.).

Pinares litorales y sub-litorales

El principal criterio específico que afecta a los pinares situados en entornos litorales es el de evitar grandes instalaciones, a fin de mantener el efecto pantalla de la vegetación. En este sentido, deben aprovecharse los claros existentes en la masa forestal. Desde el punto de vista topográfico, el emplazamiento predilecto lo supondrían las zonas subsidentes, siendo más aconsejable en éstas el uso



Fotografía 227. Paisaje de invernaderos. Rota, Cádiz. Instalación FV 60



de hileras fijas. Los seguidores aislados, utilizando una escala adecuada, pueden insertarse también en este tipo de paisaje. Como en todos los paisajes caracterizados por su componente arbórea, la utilización de tonalidades adaptadas a su entorno en estructuras y paneles constituiría una herramienta muy útil para garantizar la integración.

Paisaje de invernaderos

Como se indicó en el apartado dedicado a la localización, el paisaje de invernaderos representa uno de los tipos de paisaje más apropiados para la ubicación de estas instalaciones. Las semejanzas fisonómicas (cromatismo, texturas, etc.) y de significado (instalaciones productivas, reversibilidad, innovación) avalan esta preferencia. Para garantizar la continuidad, son preferibles las instalaciones fijas, aunque también encajan adecuadamente los seguidores, sin utilizar magnitudes excesivas. Por otra parte, la inclusión de estas instalaciones entre el continuo creado por los invernaderos permitiría su uso como áreas de descanso visual en el interior de estos paisajes, que padecen un considerable rechazo estético por parte de la población.

Grandes zonas mineras

Igualmente, el paisaje minero constituye un tipo de paisaje apropiado para esta clase de instalaciones. Como se explicó en el apartado anterior, su significado como espacio transformado permite la inclusión de nuevos usos del suelo, en mayor medida si se le añade la consideración de espacio degradado y se apuesta por su recuperación paisajística. Por estas razones, permitiría la utilización tanto de seguidores aislados como de instalaciones continuas. El emplazamiento idóneo serían los montículos de residuos existentes junto a las grandes explotaciones mineras, aunque en estas zonas los intensos movimientos de tierra produ-



Fotografía 228. Paisaje minero. Aznalcóllar, Sevilla. Instalación FV 65

cidos permitirían modificaciones de la topografía para crear emplazamientos más adecuados. En general, en estos paisajes mineros ha de cuidarse la protección de elementos singulares del paisaje de contenidos culturales, como los propios huecos de explotación o los antiguos poblados mineros.

Paisajes industriales

Constituye también un tipo de paisaje con capacidad para acoger instalaciones fotovoltaicas. Además de sus semejanzas fisonómicas (tonalidades, texturas, etc.), ambas clases de instalaciones

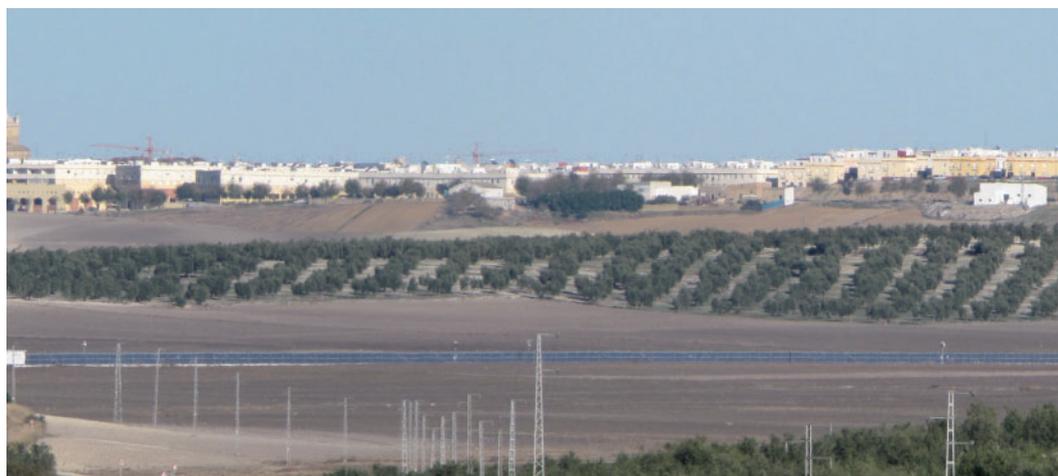


Fotografía 229. Paisaje industrial. San Roque, Cádiz. Instalación FV 86

comparten el significado de transformación del territorio y, en el caso de los paisajes industriales de mayor calidad, como por ejemplo el generado en los parques tecnológicos, el de innovación. Permite estructuras tanto fijas como de seguidores, en este último caso por adaptarse a la verticalidad de las estructuras industriales, y en el primero por su utilización como áreas de descanso visual entre el continuo industrial. En cualquier caso, en estas zonas sería recomendable también la utilización de las grandes cubiertas industriales como espacios apropiados para la energía de captación fotovoltaica.

Entornos de núcleos urbanos (áreas periurbanas)

Aunque por su propia dinámica funcional, plasmada en importantes tensiones y cambios en los usos del suelo, no constituya, bajo el prisma económico, un espacio especialmente viable para estas instalaciones, desde el punto de vista paisajístico reúne una clara potencialidad para la instalación de plantas fotovoltaicas, particularmente en las áreas más degradadas y confusas. Además,



Fotografía 230. Paisaje de entorno de núcleos urbanos. Espejo, Córdoba. Instalación FV 11

la condición de reversibilidad que aportan las plantas fotovoltaicas debe ser también tenida en cuenta, sobre todo en áreas cuyo dinamismo se encuentre paralizado por diversos factores.

La utilización de las distintas tipologías, seguidores e instalaciones fijas, deberá estar en función del componente paisajístico dominante en este heterogéneo espacio. Mientras allá donde mantengan una cierta importancia los usos del suelo

agrarios serán preferibles las instalaciones continuas, en los espacios intersticiales ocupados por equipamientos e instalaciones semi-industriales encajan en mayor medida los seguidores aislados. Es conveniente en este tipo de paisaje vigilar las dimensiones de la instalación, adecuándola a los dominantes en su entorno, así como evitar los emplazamientos más vulnerables desde el punto de vista de su incidencia visual.

Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía (2003): Plan Energético de Andalucía 2003-2006 (PLEAN).
- Agencia Andaluza de la Energía (2007): Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER).
- Alonso Abella, M. (2005): *Sistemas fotovoltaicos*, SAPT, Madrid.
- ASIF (2009): *Hacia la consolidación de la energía solar fotovoltaica*. Informe Anual, Madrid.
- ASIF (2008): *Situación de la energía solar fotovoltaica 2008*, Madrid.
- Ayuga Téllez, F. (Dir.) (2001): *Gestión Sostenible de Paisajes Rurales. Técnicas e Ingeniería*. Fundación Alfonso Martín Escudero, Madrid.
- Escribano Bombín, M. (1991): *El paisaje*, Ministerio Obras Públicas y Transportes, Madrid.
- Español Echániz, I. M. (1998): *Las obras públicas en el paisaje*, CEDEX, Ministerio de Fomento, Madrid.
- European Union (2007): *Eurobarometer 2007. Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures*. Luxembourg.
- Fernández Salgado, J. M. (2008): *Guía completa de la energía solar fotovoltaica y termoeléctrica*, A. Madrid Vicente Ediciones, Madrid.
- 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*, Mundi-prensa, Madrid.
- Gómez Orea, D. (2004): *Recuperación de espacios degradados*, Mundi-prensa, Madrid.
- Hayes, B. (2005): *Infraestructure. A fiel guide to the industrial landscape*. WW Norton & Company, New York – London.
- Kastner, J. (ed.) (2005): *Land Art y arte medioambiental*, Phaidon, London
- Labouret, A. y Viloz, M. (2008): *Energía solar fotovoltaica. Manual práctico*, Ed. Mundiprensa, Madrid.
- Lailach, M. (2007): *Land Art*, VG-Kunst, Bonn.
- Madrid Vicente, A. (2009): *Energías Renovables (fundamentos, tecnologías y aplicaciones)*. AMV Ediciones, Madrid.
- Martín Chivelet, N. y Fernández Solla, I. (2007): *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*, Ed. Reverté, Barcelona.
- Martín Chivelet, N. (2008): La energía fotovoltaica. Tecnologías actuales y su adaptación a la integración en edificios. Ponencia en curso *Integración arquitectónica de la energía fotovoltaica*, Universidad Internacional de Andalucía, Málaga. Inédito.
- Martín Jiménez, J. (2008): *Sistemas solares fotovoltaicos. Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones*. AMV ediciones, Madrid.
- Mérida Rodríguez, M. y Lobón Martín, R. (2011): "La integración paisajística y sus fundamentos. Metodología de aplicación para construcciones dispersas en el espacio rural". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 56, pp. 263-294.

- Mérida Rodríguez, M.; Pérez Pérez, B.; Lobón Martín, R.; Frolova, M. (2009): "Hacia la caracterización del paisaje de energías renovables", en Pillet Capdepon, F.; Cañizares Ruiz, M. C.; Ruiz Pulpón (coords.): *Geografía, territorio y paisaje: el estado de la cuestión*. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, pp. 1.193-1.210.
- Mérida Rodríguez, M. (Dir.), Lobón Martín, R. et al. (2004): *Integración paisajística de la arquitectura en los Parques Naturales Andaluces y sus Áreas de Influencia Socioeconómica*. Informe técnico. Consejería de Medio Ambiente. Inédito.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2010): Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PANER).
- Pulido San Román, A. (1987): *Estadística y técnicas de investigación social*, Ed. Pirámide, Madrid.
- Raquejo Grado, T. (2003): *Land Art*, Nerea, San Sebastián
- Reyes Corredera, S. (2010): *Condiciones de localización y emplazamiento de las plantas fotovoltaicas en Andalucía: Repercusiones territoriales y paisajísticas*. Proyecto Fin de Máster, Universidades de Málaga-Granada. Inédito.
- VV.AA. (2005): *Atlas de Andalucía. Tomo II*, Consejería de Obras Públicas y Transporte, Junta de Andalucía.
- Winter, C. (1991): *Solar power plants: fundamentals, technology, system, economics*. Springer-Verlag, Berlín.
- 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.