INTRODUCCIÓN

La reciente proliferación de instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica sobre suelo, las denominadas plantas fotovoltaicas, o más coloquialmente huertos solares, ha dado lugar a la aparición de un problema de naturaleza paisajística inédito, especialmente en aquellos territorios donde más intensa ha sido su expansión, como ha ocurrido en España y particularmente en Andalucía. La localización de estas instalaciones en entornos rurales, la gran cantidad de superficie ocupada y la singular tipología de sus componentes, ha producido bruscos cambios paisajísticos en los lugares donde se ha implantado. La trasformación del paisaje se ha realizado, además, de forma rápida y en fechas muy recientes, dejando apenas espacio para el análisis de las profundas alteraciones del paisaje que implican y para la reflexión sobre las posibles medidas de regulación y planificación territorial que se pudieran adoptar. 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 calificar como una *paradoja medioambiental*: instalaciones potencialmente impactantes sobre el paisaje son percibidas como medioambientalmente positivas. Esta paradoja posee una doble lectura: por un lado, su 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 este proyecto de investigación, denominado "Estimación de impactos y propuestas de integración paisajística de las instalaciones generadoras de energía solar fotovoltaica en Andalucía", y subvencionado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Su propósito general es analizar las relaciones existentes entre estas nuevas 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. Se han analizado en profundidad 88 instalaciones fotovoltaicas, que representan un porcentaje muy elevado del total existente en el territorio andaluz.

Perspectivas de las energías renovables

Las energías renovables han experimentando un fuerte desarrollo en los últimos años, y cuentan 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 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 (y un 40% de la eléctrica) a través de fuentes de energía renovables. En la actualidad, estos porcentajes se sitúan aproximadamente en la mitad de los previstos, por lo que existe un amplio margen de crecimiento. En realidad, 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 (Ministerio de Industria, 2010). Además, la citada Directiva establece que el 10% de la energía consumida por el transporte debe provenir de fuentes renovables. Los coches eléctricos (algunos con techos fotovoltaicos) o híbridos cuentan con unas previsiones de importantes crecimientos, mientras que en la planificación energética la red de conexiones eléctricas (electro-gasolineras) comienza a tomar cuerpo.

La actual crisis económica no ha afectado sustancialmente a la potencialidad futura de estas fuentes de energía, pero a corto plazo ha frenado su crecimiento desaforado al recortar la Administración las importantes subvenciones que lo alentaron. Junto a esta cierta dependencia de la intervención pública, cuyo cuestionamiento está constituyendo el talón de Aquiles del sector, otras circunstancias ralentizaron al comienzo de la crisis el desarrollo de las fuentes de energía renovables, como el coyuntural descenso del precio del petróleo, y la competencia de la energía nuclear. Sin embargo, tanto la última escalada del precio de los hidrocarburos como, muy especialmente, los problemas a los que se enfrenta la energía nuclear tras el accidente de Fukushima, han supuesto un nuevo impulso a las energías renovables. El anunciado cierre de centrales atómicas en Alemania constituye una buena muestra de ello. Al margen de circunstancias más o menos coyunturales, las expectativas a largo plazo de las energías renovables se mantienen. En el plano político, diferentes gobiernos, como el estadounidense, han 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, siendo España uno de los países tomados como referente. California, por ejemplo, ha apostado fuertemente por estas energías como vía de solución de sus conocidos problemas energéticos. 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 geopolítica) y los compromisos de reducción de las emisiones de CO_2 se encuentran detrás del giro energético del gigante asiático.

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 y a la electrificación de edificaciones aisladas, desde hace algunos años los principales proyectos se centran en la producción de electricidad con conexión a red, bien mediante tecnología fotovoltaica o bien mediante tecnología termosolar. La primera, la energía fotovoltaica, se produce tanto en edificios como, especialmente en España, en centrales de producción de medianas y grandes dimensiones, las plantas o centrales fotovoltaicas. La segunda, la energía termosolar, se genera exclusivamente en grandes plantas de producción, siendo Andalucía un referente internacional en esta tecnología. En 2009, la energía solar supuso el 0,5% de la generación de energía primaria y el 2,3% de la energía eléctrica (Ministerio de Industria, 2010), correspondiendo el 2% a la energía fotovoltaica y el 0,3% a la termosolar. En particular, la energía fotovoltaica ha experimentado una expansión fulgurante en los últimos años, debido en buena parte al impulso de las subvenciones públicas, la denominada prima de producción. Las cifras establecidas en 2007, de 371 MW conectados a red en 2010, fueron claramente superadas durante ese mismo año y, sobre todo, durante 2008, en el que se alcanzaron los

Instalación fotovoltaica en Caniles, Granada

Instalación fotovoltaica en Valle del Zalabí, Granada

3.300 MW (ASIF, 2009). Andalucía se sitúa actualmente en el segundo lugar entre las Comunidades Autónomas en potencia fotovoltaica instalada, con 675 MW en 2010, tras Castilla-La Mancha. El Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER) indicaba en sus previsiones una potencia fotovoltaica instalada de 400 MW en 2013, cifra ampliamente superada actualmente. Sevilla y Córdoba son las provincias donde mayor ha sido el desarrollo, mientras que Málaga y Cádiz son las que tienen un volumen menor de potencia instalada.

España se ha convertido en una potencia mundial en materia de energía fotovoltaica, situándose en el segundo puesto, por detrás de Alemania. En 2008 se instalaron en España 2.600 MW, el 45% del total mundial. La mayor parte de este desarrollo se ha producido en las plantas fotovoltaicas, aumentando el territorio dedicado a este nuevo uso del suelo. Sin embargo, el elevado coste económico y la detección de fenómenos especulativos condujo a la elaboración de un marco regulatorio más restrictivo. Así, el Real Decreto 1578/08 estableció unos cupos de potencia anuales hasta 2011, además de reducir la retribución en torno a un 30%. Recientemente, el Real Decreto 1565/2010, elaborado en un contexto de plena crisis económica, reduce sensiblemente la prima de producción para la energía generada en plantas fotovoltaicas. Los efectos de estas últimas regulaciones han sido inmediatos: sólo 70MW instalados durante 2009, 370MW en 2010, estando España está a punto de ceder la segunda posición mundial a Italia. No obstante, las perspectivas a largo plazo del sector fotovoltaico siguen apuntando a un importante desarrollo. Se estima que la potencia instalada en 2020 alcance los 8.367 MW (Ministerio de Industria, 2010). Por otra parte, se prevé un progresivo incremento de la eficiencia productiva de esta tecnología, acercándose a la denominada Paridad de la Red, esto es, competir a precio de mercado sin depender de subvenciones.

Paisaje y energía fotovoltaica

Las fuentes de energía renovables poseen también una relevante dimensión territorial y paisajística. Las 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 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. 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, está produciendo unos sensibles cambios paisajísticos en numerosas zonas rurales de Andalucía. Su rápida expansión podría llegar a suponer, aunque ralentizara su ritmo, unos 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. Sin embargo, la superficie ocupada por las instalaciones analizadas alcanzan una extensión de sólo 1.171 hectáreas, equivalente, por ejemplo, a la ocupada en la región por los cultivos de flor cortada y plantas ornamentales. Por tanto, nos encontramos ante una actividad de carácter extensivo pero cuya repercusión territorial aún es limitada. Sin embargo, la percepción de su impacto sobre el paisaje trasciende estas dimensiones reales.

Desde el punto de vista ambiental se produce con la energía fotovoltaica una cierta contradicción, semejante a la existente con las instalaciones eólicas. 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. Evitar o reducir los impactos sobre el paisaje de una actividad cuya restricción sería difícilmente admisible por la sociedad, se convierte en un reto para la política de protección del paisaje de la Comunidad Autónoma.

Entre los factores que afectan al paisaje en estas 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 provoca fuertes contrastes paisajísticos con los usos agrarios dominantes en las parcelas limítrofes. La considerable *extensión* que alcanzan estas plantas energéticas supone también un factor de impacto sobre el paisaje. La *orientación*, que obligatoriamente debe ser en terrenos de alta insolación 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 individualizado, como construcción singular, y las acerca más a su consideración como un nuevo uso del suelo.

Sin embargo, estas instalaciones poseen una cualidad importante desde el punto de vista paisajístico: su posible reversibilidad. La vida útil media de las células fotovoltaicas a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, punto a partir del cual la eficiencia disminuye. Este plazo de tiempo, unido a que su viabilidad, por el momento, sigue dependiendo de una subvención, conforma un horizonte temporal limitado para las plantas fotovoltaicas. Por ello, la condición de reversibilidad debe ser un criterio rector que impregne la implantación de estas instalaciones, sobre todo las emplazadas en el medio rural, concediéndoles un tratamiento similar al de las plantaciones agrícolas, que pueden ser modificadas en función del mercado, e incluso al de los invernaderos, aunque estos tengan un grado de consolidación territorial mucho mayor. Por ello, el principio de prudencia debe regir en la expansión de estas instalaciones, primando aquellas 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 de forma sustancial, mediante abancalamientos o desmontes, e incluyan excesivas obras de fábrica. Por el

Instalación fotovoltaica en San Roque, Cádiz

Instalación fotovoltaica en Casabermeja, Málaga

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 como económicas.

Desde el punto de vista normativo, la temática paisajística no tiene cabida en la normativa sectorial, recogida en la Orden de 26 de marzo de 2007, más allá del compromiso genérico de que los sistemas respeten "el entorno arquitectónico y ambiental". La normativa ambiental profundiza algo más. La ley andaluza 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.

En la situación actual adquiere una particular importancia profundizar en las repercusiones sobre el paisaje de estas instalaciones y disponer de medidas que permitan un mayor grado de integración paisajística. En definitiva, intentar conseguir un razonable equilibrio entre su crecimiento y su integración en el paisaje. Esto implica que el proceso de implantación de centrales fotovoltaicas deberá estimar, desde la fase de proyecto, sus repercusiones sobre el paisaje, estableciendo criterios y medidas de integración paisajística. Esta consideración constituiría un avance, evitando la extendida percepción de que estas instalaciones puedan establecerse en cualquier lugar disponible. La contundencia de las transformaciones del paisaje ya experimentadas exige la ordenación y regulación de esta actividad, persiguiendo su adecuación al entorno.

Pero, al mismo tiempo, la creación de instalaciones de calidad, adaptadas al paisaje, e incluso enriquecedoras del mismo en determinadas ocasiones, 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. El valor añadido que podría suponer para la adopción de criterios paisajísticos compensaría, en términos de imagen y de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), el posible incremento de costes. 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 este sector se encuentra en una etapa de desarrollo primaria, dominada por la eficiencia productiva, y que las posibilidades económicas de la introducción de la variable paisajística no han sido no ya explotadas, sino ni siquiera exploradas.

En realidad, el estadio en el que se encuentra actualmente el diseño de plantas fotovoltaicas, 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. Por ejemplo, puentes, viaductos, o torres de comunicaciones, que han evolucionado desde la estricta funcionalidad hacia diseños de calidad. En el campo energético se podrían citar los nuevos diseños de aerogeneradores o, dentro de la energía fotovoltaica, la integración arquitectónica de los paneles ubicados en edificios.

IMPACTO PAISAJÍSTICO DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS Y SU PERCEPCIÓN SOCIAL

El impacto sobre el paisaje de las instalaciones fotovoltaicas responde a dos razones: la afección 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 o decenas de hectáreas. Como cualquier otro 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 impacto de las plantas fotovoltaicas sobre el paisaje preexistente es importante, debido, en primer lugar, a la singularidad tipológica de sus principales componentes, realzada especialmente en los entornos rurales. 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.

El signo del impacto es, en principio, negativo, debido a los drásticos cambios de usos del suelo que provoca, sustituyendo paisajes rurales 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 implante 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, 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 la hace visible 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 a gran distancia, 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 negativa, 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 el 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, debido a sus condicionantes técnicos, económicos y normativos. Realmente, cabría hablar más de recuperación que de reversibilidad, ya que es difícil que la reposición paisajística se lograra por medios estrictamente naturales, sin intervención humana alguna.

La percepción social del impacto paisajístico. 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 su percepción social. Normalmente, los estudios de preferencias paisajísticas 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, no ha dado lugar a la posibilidad de 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 que tiene la población de las energías renovables, en general, y de la fotovoltaica en particular. El Eurobarómetro sobre la energía (U. E., 2007), refleja la valoración positiva que posee la energía solar, tanto entre los ciudadanos europeos como en España. Sin embargo, la percepción social de las energías renovables no implica automáticamente la aceptación paisajística de sus instalaciones. Por ello, resulta de interés explorar la percepción y la valoración paisajística de las plantas fotovoltaicas por parte de la población. 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 proclive a positiva. Parecía importante confirmar esta apreciación y precisar el peso de cada componente (elementos formales/contenidos semánticos o significante/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 estimar el grado de atracción o rechazo de estas instalaciones por la población.

La encuesta se realizó durante el mes de febrero de 2009. Se seleccionaron cuatro núcleos de población cercanos a instalaciones fotovoltaicas, cuyas instalaciones fueran fácilmente reconocibles por los encuestados y que estuvieran situados en entornos paisajísticos diferentes: montañas medias (Casabermeja, Málaga), campiña (Espejo, Córdoba), altiplanos (Darro, Granada), y vegas (Cantillana, Sevilla). En total, 82 encuestas, distribuidas de forma estratificada en cada uno de los núcleos, siguiendo la técnica del muestreo por cuotas. Las cuotas reproducen la división por edad y sexo de la población mayor de 16 años, que constituía el universo de la encuesta.

La práctica totalidad de los encuestados (94%) afirmaron haber contemplado la huerta solar existente en las inmediaciones de su pueblo, mientras el 6% respondieron negativamente. Igualmente, una amplia mayoría de ellos consideraban positiva su aparición: 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 señalaban los beneficios económicos, energéticos, medioambientales o laborales de las plantas fotovoltaicas. Además, algunos de ellos recalcaban el hecho de que ocuparan terrenos improductivos. Algunas opiniones partían de presupuestos erróneos, como el convencimiento de que gracias a estas instalaciones bajaría el precio de la electricidad en el pueblo. Entre las respuestas negativas, las razones esgrimidas 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, el grado de acuerdo baja sensiblemente, hasta el 35,3%, siendo dominantes las opiniones que expresan desacuerdo (45,1%); entre estas últimas, el impacto sobre el paisaje emerge como razón principal.

La percepción de los supuestos beneficios que tiene para el municipio la implantación de plantas fotovoltaicas es claramente mayoritaria, reuniendo el 58,5% de las respuestas; las opiniones contrarias se quedan en el 18,3. 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 la mayoría de los entrevistados (68,3%), las huertas solares tienen futuro, y no se trata de una moda pasajera; sólo el 15,8% piensan que se trate 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; 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 el juicio estético de la población, domina sin embargo entre los encuestados el rechazo estético a estas instalaciones, por lo que se puede inferir 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. Reincidiendo en este aspecto, en otro punto de la encuesta se volvía a formular la cuestión, interrogando sobre el atractivo estético del entorno 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 valorar 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, 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%. Algunas opiniones ponen de manifiesto cuestiones que habitualmente no se ponen sobre la mesa al apostar por las instalaciones sobre edificios, como el deterioro paisajístico que se produciría

en los núcleos si se instalaran estos artefactos en las cubiertas. Además, entre los detractores de la instalación en tejados algunos hacen una especial referencia a los posibles problemas de salud que se pudieran producir.

En otra pregunta del cuestionario se pedía a los encuestados que señalaran a qué le recordaban fisonómicamente 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 señalan 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*. El emplazamiento de la huerta solar determina las semejanzas: por ejemplo, en Casabermeja, cuya huerta solar está en la ladera de una colina, se resalta más el símil con industria-chapa-fibrocemento.

Como pregunta de ponderación se interrogó en términos absolutos sobre el atractivo del paisaje del entorno de los respectivos núcleos. A la inmensa mayoría de los encuestados le gusta el paisaje de su entorno, concretamente al 95,1%. También se pedía al encuestado que valorara su paisaje comparándolo con el paisaje más valioso de España, contando este último con un valor 10. De nuevo, las respuestas fueron claramente favorables: el valor medio se situó en 7,62. En la siguiente pregunta, la puntuación debía hacerse incluyendo algunas huertas solares en el paisaje, con lo que podríamos cuantificar el posible deterioro paisajístico. En este caso, la puntuación baja sensiblemente, hasta situarse en 5,46 puntos. 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 relación a su visibilidad desde el pueblo. 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. 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.

Se puede concluir que 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. 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. No obstante, estéticamente las plantas fotovoltaicas son rechazadas, aunque una minoría significativa las considera atractivas o no perciben un especial impacto paisajístico. En general, el impacto paisajístico se percibe tanto sobre los contenidos del paisaje como sobre las vistas, centrándose el rechazo estético en los rasgos formales, y no en sus contenidos semánticos. Ciertamente, el significado positivo de las instalaciones

fotovoltaicas constituye un punto de partida favorable para la mejora de su atractivo estético, mediante la introducción de la calidad en el diseño de las instalaciones. La fisonomía de las huertas solares desde lejos remite, 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.

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 más habituales se encuentra el mimetismo o camuflaje del objeto, su ocultación, la reducción de su volumen, su fraccionamiento (o su continuidad), así como la incorporación a su diseño de determinadas cualidades del paisaje en el que se ubica. 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 las siguientes líneas estratégicas, conducentes a conseguir el objetivo final de la integración paisajística. Para su correcta aplicación, se precisa un conocimiento profundo de la unidad de paisaje y de su carácter.

1. *Adaptación de la planta fotovoltaica al paisaje existente.* La estrategia consiste en conseguir la adaptación de la instalación a las características fisonómicas 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. Esta estrategia puede aplicarse de forma más factible en tipos de paisaje fisonómica y funcionalmente idénticos (paisajes de renovables) o semejantes (paisaje de invernaderos, paisajes de agua). Igualmente, la estrategia resulta apropiada para la intervención en paisajes de gran calidad, a través de la mimesis de sus componentes con el paisaje existente.

2. *Adaptación de la planta fotovoltaica a algún o algunos componentes del paisaje existente.* A través de esta línea estratégica, se persigue la adaptación fisonómica 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; la planta fotovoltaica puede ser perceptible y reconocible, aunque al mismo tiempo debe establecer un dialogo con el paisaje en el que se inserta. Por ejemplo, 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 actual o sus principales componentes, sino paisajes o componentes paisajísticos procedentes de otras épocas históricas, pero que de alguna forma mantengan una cierta conexión con el paisaje contemporáneo o con su representación social, aunque no tengan presencia más que como huellas o vestigios. Una segunda condición que deben cumplir es que por su naturaleza (contenidos, morfología, etc.) se pueda contemplar su reutilización. Otra vía interesante se fundamenta en tomar como referencia componentes o elementos singulares del paisaje de carácter patrimonial.

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, su potencial de integración ofrece más posibilidades en espacios 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, y a su diseño. Por estas razones, si las exigencias de integración paisajística son muy rigurosas, no debe descartarse por completo su posible localización en paisajes de calidad, con excepción, por supuesto, de los espacios que gocen de algún tipo de protección.

El mismo razonamiento se puede emplear en sentido inverso. 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, sugerencia recogida en el Convenio Europeo del Paisaje. Aquí se podrían incluir los espacios mineros o industriales, los entornos de grandes infraestructuras de transportes, eriales sociales periurbanos, vertederos de residuos sólidos en desuso, canteras abandonadas, etc. Las estrategias de adaptación o referenciación 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 la puerta a su inclusión al paisaje como elemento de calidad de naturaleza artística, es decir, a la creación de nuevos paisajes. Determinadas orientaciones del Land Art, que tienen como postulado básico la adaptación al entorno, podrían ser tomadas como referentes. 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 lo que debe contemplar medidas de integración complementarias.

FACTORES DE REPERCUSIÓN PAISAJÍSTICA. CARACTERIZACIÓN, IMPACTOS Y PROPUESTAS DE INTEGRACIÓN

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.

Localización

La localización de las plantas fotovoltaicas responde, además de a factores económicos y técnicos, a factores de naturaleza geográfica. Entre ellos destaca la insolación anual que reciba el territorio. Andalucía recibe un alto número de horas de sol. Las ligeras variaciones existentes se deben 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 y la Sierra Morena onubense. 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, así como en la comarca de Los Pedroches. Por el levante almeriense, las áreas más soleadas profundizan hacia el interior abarcando las zonas más áridas.

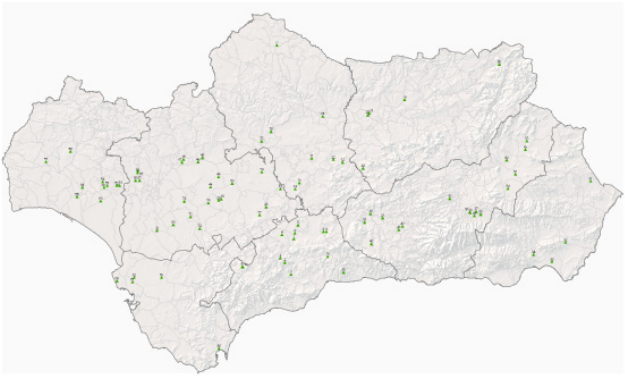
El segundo factor territorial de implantación de instalaciones fotovoltaicas lo supone la cercanía a las grandes redes de distribución eléctrica cercanas de media y alta tensión. En Andalucía, el sistema de transporte eléctrico posee una densidad importante, cubriendo las grandes redes una parte importante del territorio, lo que redunda en una aptitud favorable para el desarrollo de esta fuente de energía. No obstante, numerosas áreas montañosas, tanto en Sierra Morena como en las Béticas, así como las zonas limítrofes con Portugal y el Levante, se encuentran alejadas de estos ejes, lo que explica, junto a otras causas, la menor implantación de plantas fotovoltaicas sobre ellas. 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 mayor detalle, la ubicación de una planta fotovoltaica depende también de factores topográficos y productivos. En principio, las planicies constituyen los terrenos más idóneos, ya que no exigen movimientos de tierras. No obstante, la facilidad de adaptación de los distintos tipos de captadores a distintas condiciones topográficas, convierten a las laderas montañosas, sobre todo las orientadas al sur, en emplazamientos aptos para este tipo de plantas, siempre que la pendiente o la litología no lo impidan. Además, 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

Instalación fotovoltaica en Espejo, Córdoba

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 sobre todo el del Guadalquivir. Las laderas de pendiente suave o mediana son frecuentes, a grandes rasgos, en las campiñas o en las montañas medias silíceas, 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, cuenta con amplios espacios rurales de rentabilidad económica limitada. Por el lado contrario, el desarrollo de las plantas fotovoltaicas se dificulta en entornos dominados por actividades económicas más productivas, como, entre otras, los cultivos intensivos, las zonas industriales, o los espacios próximos a áreas urbanas. Igualmente, 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.



Localización de las instalaciones fotovoltaicas analizadas en Andalucía (2008-2009)

Por tanto, son criterios 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. 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. Y sin embargo, la localización y el emplazamiento de las instalaciones supone 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.

Las plantas fotovoltaicas analizadas muestran un reparto desigual por provincias. La provincia de Sevilla reúne algo más de la cuarta parte (24), seguida de la de Granada (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, Granada y Córdoba 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; Córdoba presenta la mayor superficie media por instalación, 25,4 has. El siguiente peldaño 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.

Por ámbitos geográficos, las instalaciones muestran una clara preferencia por el valle del Guadalquivir en sentido amplio y por las depresiones y altiplanos del Surco Intrabético. Por el contrario, las Cordilleras Béticas y Sierra Morena se encuentran en gran medida al margen de esta expansión. En Sierra Morena apenas 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. La mayor parte de los terrenos dedicados a este nuevo uso del suelo son terrenos de vocación agraria, tanto en las campiñas como en los regadíos, 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%, de ellas, y a olivar, un 14,36%.

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 de sus características paisajísticas específicas, 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 colocarse de manera perpendicular al plano de visión. Además, otros componentes de la instalación adquieren una mayor relevancia paisajística en terrenos inclinados, como los viales de acceso, de trazados diagonales sobre el plano de visión y marcadas incisiones sobre el terreno (taludes, terraplenes). 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, así como 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.

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 medidas más importantes para alcanzar la integración paisajística de estas instalaciones. En este sentido, las medidas de índole paisajística, hasta el momento inexistentes, deben conjugarse con los criterios técnicos y económicos para garantizar la localización más adecuada. 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, siendo los márgenes de actuación pública relativamente estrechos.

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

Instalación fotovoltaica en Benahadux, Almería

Instalación fotovoltaica en Rota, Cádiz

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 el territorio andaluz, pudiendo tener ambos, tipos de paisaje y componentes, la consideración de preferentes para la implantación de esta actividad.

Invernaderos. Tanto formando tipos de paisaje como siendo componentes de otros tipos de paisaje, los invernaderos ofrecen semejanzas fisonómicas con las estructuras fotovoltaicas, tanto en color como en texturas. Igualmente, su significado posee un claro paralelismo, tratándose en ambos casos de paisajes modificados por el hombre en épocas recientes, conteniendo una naturaleza productiva que además incorpora tecnologías novedosas. Comparten también su carácter reversible, algo especialmente importante en usos del suelo dinámicos. Desde un punto de vista técnico, la incorporación a los invernaderos de los nuevos materiales de producción fotovoltaica permitiría diseñar instalaciones integradas, habiéndose desarrollado ya alguna experiencia. Los invernaderos como componentes del paisaje son muy frecuentes en el litoral andaluz, pero adquieren entidad como tipo de paisaje especialmente en los campos de Dalias y Nijar (Almería).

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. Más allá de las zonas industriales masivas, de precios del suelo más elevados, una localización más viable tendría por destino los alrededores de 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 fotovoltaica se sitúe de forma contigua o adyacente a la propia instalación industrial.

Paisajes mineros. Con carácter general, constituyen paisajes propicios para la implantación de estas instalaciones solares, que actuarían como herramientas de recuperación paisajística. Por un lado se trata de paisajes intensamente transformados, cuyo significado permite encajar nuevas actividades productivas, 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 algunos casos 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 como, particularmente, los montículos de residuos. Se puede aplicar a los paisajes mineros actuales (por ejemplo, la zona minera de Huelva-Sevilla), pero especialmente a explotaciones abandonadas, como los que aparecen en Sierra Morena y las cordilleras Béticas. 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. Estas consideraciones son aplicables también a movimientos del terreno de similar fisonomía, como los grandes vertederos de residuos sólidos urbanos, especialmente los característicos montículos artificiales 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 mescolanza 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 inclusión 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 ésta que asoma con frecuencia en los bordes urbanos. Conceptualmente, la creación de coronas energéticas en los espacios intersticiales de las 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, 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 técnicamente no existe franja periurbana en sentido estricto.

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, cuando ocurre, la presencia de geometrías semejantes, como por ejemplo en los arrozales o en las salinas. Como 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 lacustres. 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 ayuda la tendencia a la horizontalidad de estos terrenos, similar a la de las estructuras

Instalación fotovoltaica en Dólar, Granada

Instalación fotovoltaica en Calañas, Huelva

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 emplazamientos de antiguas lagunas, actualmente desecadas (por ejemplo, laguna de Herrera, en Antequera, o de La Janda, en Cádiz). 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, 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.

El agua en los paisajes de regadío. El agua aparece como principal componente del paisaje en un tipo de paisaje ampliamente representado en Andalucía, el paisaje de regadío. Más allá de los terrenos circundantes a 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. Las balsas de riego aportan a la localización de plantas fotovoltaicas, además de la semejanza fisonómica del agua y de la horizontalidad de sus terrenos contiguos, un carácter de artificiosidad del paisaje, especialmente si resulta visible parte del material impermeabilizante. 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, cuyas posibilidades fotovoltaicas se encuentra en experimentación.

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, 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. Como planteamiento genérico, una posible nueva ubicación podría constituirla la parte superior de las presas, e incluso el frontal en aquellos casos que por su morfología, orientación e insolación reúnan posibilidades técnicas, aunque esta posibilidad debe tener en cuenta el probable incremento del impacto visual, así como la afección al valor patrimonial de estas construcciones.

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. Igualmente, la combinación con las centrales termosolares es habitual, y produce buenos resultados paisajísticos, ya que los captadores termosolares guardan muchas semejanzas con los fotovoltaicos. 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.

Paisajes energéticos convencionales. El significado común de equipamientos energéticos puede servir de vía para la asociación de las centrales 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. Los contrastes morfológicos y cromáticos, por el contrario, son más acusados, limitándose las semejanzas fisonómicas a la utilización de materiales metálicos en las estructuras, y en la presencia de determinados elementos auxiliares, como transformadores, torretas o cableados. No obstante, el contraste con componentes paisajísticos duros supone en cierta medida una amortiguación del impacto generado, 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 naturaleza. Por un lado, existen semejanzas generadas por el cromatismo y las texturas que producen, particularmente con las 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 de paisajes de calidad. Además, en algunos casos su asociación implicaría unir perceptivamente la producción con el consumo de energía eléctrica, como ocurre con el ferrocarril. Previsiblemente, ocurrirá algo parecido en el transporte por carretera con el desarrollo del coche eléctrico, que proporcionarán conexiones eléctricas de recarga rápida, y por lo tanto tendrían una utilidad directa como puntos de captación solar.

La complementariedad entre ambas infraestructuras puede lograrse debido a la existencia en las infraestructuras de transportes de amplias 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 puede producirse en el interior de estas infraestructuras o en sus cercanías, aprovechando su impronta paisajística (por ejemplo, el aeropuerto de Alice Springs, en Australia). 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.

Dentro de las instalaciones portuarias las áreas libres suponen el espacio más idóneo para la localización de instalaciones fotovoltaicas, al margen, por supuesto, de las cubiertas de las edificaciones. Otros escenarios posibles pueden ser los flancos soleados de los grandes diques de protección. 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.

Instalaciones fotovoltaicas en Puente de Genave, Jaén y en Fuensanta, Granada

Los aeropuertos poseen igualmente una gran extensión de terrenos libres, susceptibles de aprovechar mediante instalaciones de esta índole. Sin embargo, el principal obstáculo para la implantación de plantas fotovoltaicas sería la posible incidencia, a causa de su reflectancia, sobre la navegación aérea. En este 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. Existen algunos referentes internacionales conocidos, como por ejemplo la planta fotovoltaica instalada junto al aeropuerto internacional de Denver (EE.UU), o la conversión en planta fotovoltaica de un antiguo aeródromo militar en Alemania.

Igualmente, las estaciones ferroviarias generan una importante cantidad de terrenos libres potencialmente utilizables para la instalación de plantas fotovoltaicas, al margen de los paneles que pudieran instalarse sobre las cubiertas de los edificios. Un especial interés puede revestir la localización de plantas fotovoltaicas en sus inmediaciones, en el caso de las estaciones situadas en el medio rural. De esta forma, la planta fotovoltaica formaría parte, perceptivamente, del nodo de infraestructuras, como ocurre en la estación del tren de Alta Velocidad en Antequera, en cuyas cercanías existe, aunque no contigua, una planta fotovoltaica.

Los espacios interiores de autopistas y autovías constituyen una localización 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 optara por paneles con un cierto grado de transparencia, de las acústicas. La principal desventaja reside en la morfología predominantemente lineal que debería adquirir la instalación (salvo si se sitúan en los enlaces), circunstancia ésta que reduce su eficiencia e incrementa los gastos de conservación; no obstante, en el balance económico debe tenerse en cuenta que se estarían poniendo en valor terrenos improductivos. Otra desventaja sería la altísima incidencia visual que tendría el complejo fotovoltaico, aunque esta circunstancia quedaría mitigada por su inclusión en el paisaje viario existente, especialmente si se siguen criterios de integración paisajística en su diseño.

Los espacios más utilizados para la posible ubicación de paneles fotovoltaicos, al margen por supuesto de los módulos que en ocasiones presentan elementos de mobiliario vial (farolas, etc.), se sitúan en los bordes de la calzada, sirviendo al mismo tiempo de pantallas visuales (autopista Berna-Zúrich). Pero, en nuestra opinión, las posibilidades son mucho más amplias. Por ejemplo, en los enlaces, especialmente en las isletas intermedias, donde se evitaría la linealidad de la instalación y al mismo tiempo podría solventar el tratamiento estético de estos espacios. Otros terrenos potencialmente útiles son los 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 previsible impulso a las electrogasolineras abre grandes posibilidades argumentales a la implantación de instalaciones fotovoltaicas junto a las principales infraestructuras viarias. Medianas, terraplenes o desmontes pueden completar la oferta de espacios potencialmente aprovechables para esta finalidad. En el caso de los taludes, la instalación de paneles fotovoltaicos podría contemplarse también, como una medida de tratamiento paisajístico de estas alteraciones del relieve. Más futurista parece la creación de firmes fotovoltaicos, aunque ya se están experimentando en carriles-bici.

Los espacios contiguos a las infraestructuras viarias constituyen también una interesante posibilidad de localización. Mantendría la cercanía conceptual y fisonómica, pero 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 son de grandes dimensiones; quedaría desvirtuado el paisaje visible desde la carretera, siendo necesario, por tanto, establecer distancias mínimas de separación y tamaños máximos. Un segundo problema tendría que ver con la alteración de las vistas lejanas existentes desde la carretera, especialmente cuando se trate de enclaves singulares y referenciales; sería necesario, en este caso, vigilar la altura de los paneles, 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, acrecentado por su morfología, ajena a las características paisajísticas de la vía, y a la probable existencia de franjas de separación, que romperían la continuidad en su percepción.

Los tendidos ferroviarios, al igual que las autovías y autopistas, 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 se ve aquí reforzado por la utilización de la energía eléctrica, reconocible en la presencia de catenarias y cableados. Su principal desventaja, ya aducida en el caso de las autovías y autopistas, es el carácter lineal adoptaría, que reduciría su eficiencia y complicaría su conservación. Dentro del espacio ocupado por la infraestructura, las áreas predilectas serían los terraplenes de la plataforma ferroviaria, o el exterior de falsos túneles (como ocurre en las cercanías 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, con las ventajas y limitaciones ya expuestas en el caso de las carreteras: conexiones fisonómicas y semánticas, mantenimiento de la eficiencia productiva, alteraciones de las vistas, y elevada incidencia visual.

Otros componentes del paisaje. Entre los diversos 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 que, o bien por su tipología o bien por su significado de transformación del paisaje, pudieran suponer una posible herramienta de integración. Como ejemplo podemos citar el huerto solar existente en Bobadilla (Málaga), limítrofe con una instalación militar, con la que comparte semejanzas tipológicas en sus estructuras.

El emplazamiento de las plantas fotovoltaicas

Los emplazamientos habituales de las instalaciones 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, genera una repercusión visual sobre su entorno muy significativa. La medición de las cuencas visuales de las plantas analizadas muestra cómo la mayor parte de ellas (46.6%) poseen amplias cuencas visuales, 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 (inferiores a 10.000 has.), agrupa al 23.8% de los casos. Finalmente, las plantas con cuencas visuales más reducidas, inferiores a las 1.000 has., solamente alcanzan el 2.3% del total. Por tanto, nos encontramos ante instalaciones cuyos emplazamientos producen vastas cuencas visuales, realzando así su protagonismo paisajístico.

El análisis de la incidencia visual revela la existencia de un alto grado, esto es, de una gran cantidad de observadores potenciales. Debido posiblemente a la coincidencia espacial de las redes energéticas con las de transportes, muchas de estas centrales fotovoltaicas se sitúan en el entorno de las infraestructuras viarias. Una cuarta parte 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, un 18% de las huertas solares son visibles desde los núcleos de población circundantes.

El impacto paisajístico 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. El impacto de estas instalaciones no es sólo teórico, sino que se produce de forma efectiva 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 alterados el signo y la intensidad.

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 de la instalación, tendente a la perpendicularidad con el plano de visión. Incluso con pendientes menores, las laderas constituyen emplazamientos desaconsejados, aunque la intensidad del impacto disminuye claramente con porcentajes de inclinación más bajos. En algunas ocasiones, el impacto paisajístico del

emplazamiento se deriva de su cercanía topológica con elementos singulares del paisaje, especialmente con los de naturaleza cultural, como los cortijos y otras construcciones tradicionales, o elementos de interés histórico, monumental o religioso, como por ejemplo ermitas o cementerios. 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.

El emplazamiento y su integración paisajística. La elección del emplazamiento definitivo de una planta fotovoltaica debe contemplar un estudio detallado de las posibles unidades de paisaje afectadas por la actuación. Su determinación exige una interpretación adecuada del carácter del paisaje en cada una de las zonas previstas, atendiendo, entre otras cuestiones, a la existencia de huellas históricas, elementos simbólicos y lugares referenciales. 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 la parte visible de la instalación. Si el terreno y su entorno son completamente llanos, el área visible se reduce a las primeras hileras de paneles. Son por tanto claramente preferibles los espacios llanos y, en los espacios suavemente ondulados, las zonas subsidentes. Si el espacio llano lo conforma una cumbre plana o de escasa inclinación, la instalación deberá alejarse de los bordes para reducir su visibilidad desde el exterior. Si la cumbre 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 escénico. En general, el emplazamiento sobre ladera dificulta la integración paisajística: son preferibles los rellanos intermedios u hombreras, alejándose en cualquier caso de los cambios de pendiente, o las terrazas, siempre y cuando los bancales existan con anterioridad y se evite el borde del terraplén. Si la instalación se emplaza finalmente en una ladera, deberá escogerse la de menor pendiente. La orientación preferida en estos casos sería la sur, ya que otras orientaciones obligan a disponer el panel de forma perpendicular a la pendiente, agravando el impacto por el contraste morfológico.

2. El emplazamiento idóneo debe generar una *cuenca visual reducida*. Según este criterio, la ubicación apropiada estaría en el interior de pequeñas cuencas cerradas o semicerradas, como áreas subsidentes o estrechos valles fluviales. 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 fuera 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 fisonómica que posee con otros componentes paisajísticos, como el agua.

3. La ubicación idónea debe contar con una *reducida incidencia visual***,** alejándose de puntos de concentración o tránsito de la población, como las grandes infraestructuras viarias. Es necesario ponderar la incidencia visual por su intensidad y por la adaptación que consiga con otros componentes del paisaje. El impacto paisajístico de una planta fotovoltaica desde distancias cercanas se diluye a media y gran distancia, debido a los posibles paralelismos con otros componentes del paisaje (por ejemplo agua, invernaderos, etc.) y con los usos del suelo adyacentes. En todo 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, entre otros, cementerios o construcciones tradicionales, como los cortijos. En el caso de éstos últimos, su mayor densidad en algunas zonas rurales puede complicar la búsqueda de un emplazamiento alejado de ellos; si éste 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).

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 los vistas como las producidas por intrusión en sus contenidos de estos elementos ajenos. Se deberán cuidar especialmente las dirigidas a las vistas de conjunto de los núcleos de población 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 Aljarafe sevillano y su prolongación por el Condado onubense. A nivel municipal, en muchos municipios coinciden varios complejos fotovoltaicos, a veces cercanos entre sí, como por ejemplo 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 de estas instalaciones, aunque ralentizada, produzca un incremento de su densidad.

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 la aparición de nuevos y especializados paisajes, particularmente si coinciden espacialmente con otras fuentes de energía renovables y si la calidad formal impregnara sus diseños. 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), es relativamente elevada, aunque carentes, 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, en mayor medida si la distancia de separación entre los distintos sectores es reducida.

Evitar o estimular la concentración o dispersión de plantas fotovoltaicas constituye una decisión de política territorial, con una 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. Por intervalos, se han establecido 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.

NÚMERO DE INSTALACIONES Y SUPERFICIE OCUPADA SEGÚN SU TAMAÑO

Tamaño de la instalación	Superficie (has.)	Superficie (%)	Instalaciones	Instalaciones (%)
> 8HA	955,13	81,54	38	43,18
8HA < 5HA	127,46	10,88	21	23,86
< 5HA	88,76	7,58	29	32,95
TOTAL MUESTRA	1.171,35	100,00	88	100,00

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, por ello conocidas como huertos solares. Un análisis más pormenorizado de las grandes plantas revelan 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, un 23,5 %. Finalmente, las instalaciones entre 8 y 20 has. son las más numerosas de este grupo, sumando 21 plantas, y ocupando el 22,8% de la superficie total.

Sin duda, la extensión constituye uno de los principales factores generadores de impacto paisajístico de una planta fotovoltaica. Se trata habitualmente de instalaciones amplias, extensivas superficialmente, sobre todo si las comparamos con las centrales energéticas convencionales, y cuyo impacto

Instalación fotovoltaica en Marchena, Sevilla

Instalación fotovoltaica en Moclinejo, Málaga

en la imagen resulta difícil obviar. Pero en ciertas ocasiones las plantas alcanzan unas dimensiones especialmente elevadas, superando en algún caso el centenar de hectáreas, e incrementan 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. Por el contrario, el contraste será menor si las dimensiones de la planta se ajustaran a las dominantes en el parcelario, que tendrá que ser necesariamente al menos de mediano tamaño.

La integración paisajística de la planta fotovoltaica debe ser contemplada, atendiendo a su extensión, desde ambas perspectivas: la absoluta y la relativa, en relación con el parcelario. En general, 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. Las únicas referencias existentes oscilan entre las 6 has. propuestas en un borrador normativo en Cataluña, a las 2 has. que recoge la ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía. En cualquier caso, superficies superiores complican la posibilidad de su integración paisajística, aunque 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 (por ejemplo, regadíos tradicionales).

Morfología de las plantas fotovoltaicas. La concentración de los paneles fotovoltaicos en el interior de las plantas generadoras viene determinada por condicionantes técnicos, primando las morfologías cuadrangulares. Por el contrario, los límites para la concentración de paneles vienen determinados por el alcance de sus correspondientes sombras proyectadas. Esta morfología es la habitual en las instalaciones continuas, que se caracterizan por la disposición de los paneles en hileras separadas por el alcance de la sombra. Cuando los paneles se disponen en estructuras aisladas a doble eje, la sombra proyectada 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. Esta particularidad le confiere mayor libertad de diseño a este tipo de planta fotovoltaica, que adopta morfologías conjuntas más irregulares, aunque otras consideraciones, particularmente su vallado, 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.

El impacto de la morfología conjunta de la planta fotovoltaica procede de la posible discordancia que introduzca respecto a las morfologías dominantes en el parcelario. En primer lugar, por la ausencia de geometrías 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.

Para garantizar su integración paisajística, la morfología exterior de la instalación debe ajustarse a la dominante en el parcelario preexistente o a las formas características de los componentes principales del paisaje. La forma de la planta fotovoltaica deberá ser, atendiendo a las características del parcelario preexistente, irregular o regular, y dependiendo de la dominancia de un determinado tipo de componente paisajístico, lineal o masiva. 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.

Composición interior de la instalación fotovoltaica. En principio, las plantas fotovoltaicas, particularmente las más pequeñas, adoptan una composición interna unitaria, ocupando el espacio disponible sin más limitaciones que las puramente técnicas, que se plasman 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. Este proceso, no obstante ha quedado abolido con la última normativa, que obliga a las propiedades contiguas a constituirse en una instalación única. En estos casos, el resultado, desde el punto de vista paisajístico, se traduce en instalaciones compartimentadas en sectores. Esta sectorización genera un considerable impacto, por la introducción de ejes o franjas ortogonales correspondientes a los espacios de separación, y por el contraste cromático entre estas discontinuidades y los espacios 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. Cuando se trata de instalaciones continuas en hileras, el objetivo principal será el mantenimiento de esta continuidad de la manera más homogénea posible. En general deben evitarse las subdivisiones y, al menos, limitar las dimensiones de las franjas de separación. La composición debe tender a ser unitaria, ya que así es más viable su integración, evitando su compartimentación en sectores, 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 y si se resuelve de forma homogénea. Si finalmente se

Instalación fotovoltaica en Puente Genil, Córdoba

Instalación fotovoltaica en Las Gabias, Granada

lleva a cabo, debe adoptarse una única pauta de organización interna, adaptada a la existente, en su caso, en otros componentes del paisaje. Cuando se trata de instalaciones fotovoltaicas discontinuas, con estructuras de seguimiento aisladas, la principal orientación de las medidas de integración consistirá en referenciar la discontinuidad a los elementos existentes en el paisaje, como los cultivos arbóreos con su patrón de implantación de tipo regular (olivares, frutales), o las especies arbóreas en las zonas adehesadas, 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 las realizadas por otras infraestructuras. Los emplazamientos y las estructuras utilizadas determinan las posibles alteraciones del terreno. Por lo general, las ubicaciones en ladera, especialmente con pendientes importantes, y estructuras de seguidores aislados suele ser la combinación que suele implicar mayores modificaciones del relieve en los casos analizados. Los desmontes, los aterrazamientos y la construcción de plataformas son las principales alteraciones del terreno, siendo prácticamente inexistentes los tratamientos paisajísticos. En cambio, aparecen, 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. 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. Por lo general, las hileras se adaptan mejor al relieve, disponiéndose sus alineaciones de forma paralela a las curvas de nivel en los terrenos accidentados, como tapizando las ondulaciones del terreno; ocasionalmente, no obstante, estas estructuras aparecen dispuestas de forma paralela a la pendiente, multiplicando la presencia de líneas verticales en el paisaje. 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.

La inadaptación 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, sobre todo en los entornos montañosos. Por otra parte, a menudo estas transformaciones de la topografía introducen también cambios cromáticos, por los colores más intensos que ofrecen, en distinta medida según su naturaleza, el roquedo. En este sentido, los

movimientos de tierras en su conjunto, los aterrazamientos, las plataformas, los taludes de desmonte o los terraplenes, afectan al paisaje especialmente cuando el terreno modificado posee un elevado albedo o cuando el contraste respecto a su entorno es muy elevado. 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 podían 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 cromáticas, 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, 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, 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 del roquedo existente en el entorno de la instalación, evitando desajustes litológicos, tanto por la naturaleza de la roca como por las dimensiones de los bloques utilizados. Finalmente, el impacto se reduciría si existen previamente alteraciones del terreno que puedan servir de referente, y sobre todo si se aprovechan para el emplazamiento de estas instalaciones,

Elementos preexistentes. En ocasiones, las plantas fotovoltaicas incluyen elementos del paisaje preexistentes, como ejemplares arbóreos de gran porte o fragmentos de 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 encuentran en el interior de la instalación, sino adyacentes a ellas. Al margen del impacto que pueda suponer la eliminación de elementos preexistentes para la construcción de una planta fotovoltaica, la presencia de elementos preexistente abandonados representa también una afección, más sutilmente expresada; 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. La desestructuración del paisaje 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 fusiona con 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) y las construcciones e instalaciones agrarias, además de otros elementos 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

Instalación fotovoltaica en El Coronil, Sevilla

Instalación fotovoltaica en Carmona, Sevilla

auxiliares. Igualmente, se deben tomar medidas tendentes a suavizar la transición entre las estructuras fotovoltaicas y las edificaciones situadas en el perímetro de la planta.

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 translucidos de los masivos. Los primeros están generalmente constituidos por una malla metálica de acero galvanizado o plastificado, sobre pies del mismo material; 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, o pueden ser (más infrecuentemente) de mampostería; 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 translucidas u opacas en función del vallado utilizado.

Los cerramientos o vallados perimetrales pueden ser fuentes 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 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. Algo parecido ocurre con la utilización de mallas verdes semi-opacas sobre el alambrado perimetral: se generan franjas donde no las había y se introducen tonalidades en muchos casos ausentes del paisaje preexistente. Incluso la utilización de alambradas metálicas con plastificado verde puede llegar a suponer más un impacto que una solución de integración, tanto por su intensidad cromática 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 dimen-

siones resulta una tarea 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, semitransparentes, como la malla metálica, cuyo cromatismo es muy semejante al de las estructuras de la instalación, habitualmente realizadas también en acero galvanizado. La valla metálica plastificada en verde sólo ofrece buenos resultados en entornos con abundante vegetación. 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 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 translucidos con malla semi-opacas resulta una medida errónea. 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 y en general si se adapta a las líneas 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 detallado, 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 los espacios libres.

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. Los módulos de silicio monocristalino y multicristalino están compuestos de células fotovoltaicas, separadas entre sí por líneas o pequeños espacios. 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. Por su parte, el silicio multicristalino se dispone en células cuadradas, más heterogéneas internamente, que permiten una mayor continuidad en el módulo. Finalmente, el silicio amorfo genera un módulo más homogéneo, ya que no se organiza en células.

Las discontinuidades existentes entre las células suponen uno de los factores de impacto paisajístico de los módulos, acrecentado por la tonalidad metálica de las tiras de conexión. En el silicio

monocristalino la morfología hexagonal de las células genera numerosas y rítmicas discontinuidades en el modulo, en forma de rombo, que acentúan su impacto y dificultan su integración. Por su parte, el uso del silicio multicristalino reduce este problema, al ser sus células cuadradas, aunque siguen siendo visibles las líneas de separación entre ellas. Finalmente, el silicio amorfo genera una superficie continua, de menor impacto. En cualquier caso, la mezcla de módulos de distintos materiales en el mismo panel o en la misma planta fotovoltaica supone en sí mismo un factor de impacto superior al producido por la utilización individual de los distintos materiales. La integración paisajística de los módulos de silicio monocristalino pasa por avanzar en el tratamiento cromático de sus discontinuidades internas, asemejando su color gris metálico con el de las células. Igualmente, sería aconsejable también para el silicio multicristalino un tratamiento cromático semejante de las líneas de división de células. Por su parte, los módulos homogéneos de silicio amorfo poseen un potencial de integración muy elevado. De cualquier modo, 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 El diseño de los módulos actuales 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, 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. En el diseño de los módulos, una línea a explorar para alcanzar un mayor grado de integración paisajística podría suponerla la incorporación de nuevas morfologías, ya que hasta el momento la única variación formal consiste en la colocación vertical o apaisada de los mismos. En el campo de la energía fotovoltaica, únicamente se pueden encontrar diseños innovadores en actuaciones singulares y de carácter simbólico, como los árboles o las farolas fotovoltaicas. Sin embargo, se trata de un aspecto que puede tener una gran proyección futura en plantas fotovoltaicas, de cara a su integración paisajística y también con el objetivo de dotar de calidad y prestigio a las empresas fotovoltaicas, como ocurre en otros sectores productivos. Los modelos en los que inspirarse comienzan a asomar en el mobiliario urbano; por supuesto, 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 suponiendo 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 rectangular, en unos márgenes razonables, debe entenderse como contraprestaciones 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.

Color de módulos. El color característico del módulo fotovoltaico es el de la parte expuesta a la luz solar, y se deriva fundamentalmente del material fotoeléctrico utilizado y de su recubrimiento. El envés del módulo está dominado por la estructura soporte y prevalecen los colores grises claros metálicos. Entre los materiales más utilizados, el silicio monocristalino proporciona unas tonalidades entre azules y grisáceas, mientras en el silicio multicristalino domina, con más irregularidades por la propia heterogeneidad del material, el color azul brillante o iridiscente. 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 poseen tonalidades grises metálicas, derivadas de los materiales que lo componen, normalmente aluminio.

El impacto paisajístico del color de los módulos fotovoltaicos depende del material utilizado. El silicio monocristalino 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. Finalmente, los cromatismos generados por el silicio amorfo, especialmente los más oscuros, son también complicados de asimilar perceptivamente a otros componentes del paisaje; si acaso, una vía asfaltada recientemente o los materiales impermeabilizantes de las balsas de riego. Por su parte, los perfiles o marcos de los módulos fotovoltaicos producen un impacto visual mucho más importante que su relevancia física en la instalación. Sus tonalidades grises metálicas aparecen a media distancia como tonos blancos que contrastan de forma neta con la coloración del interior de los módulos. El impacto se incrementa por su densidad: cuanto más masiva sea la planta fotovoltaica, más incidencia paisajística producirán los marcos de los módulos.

Avanzar en la integración paisajística de los módulos exige trabajar con su cromatismo. El material que posiblemente produce un mejor resultado paisajístico desde el punto de vista cromático es el silicio monocristalino, debido a sus tonos grisáceos, frente a los azulados más intensos del multicristalino y los más 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 usualmente utilizados constituye una interesante vía a explorar en la creación de diseños de calidad en las plantas fotovoltaicas, y pueden ofrecer grandes resultados en lo relativo a su integración en el paisaje: verdes en entornos cultivados, ocres o amarillos en zonas áridas, marrones en laderas montañosas, etc. La gama cromática existente en la actualidad es amplia, y probablemente 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 color escogido. 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

Recreación de una adaptación cromática de paneles. Casabermeja, Málaga

de color, mediante la utilización de colorantes, no implica una sensible pérdida de productividad, aunque sí probablemente un aumento de precio.

De cualquier modo, el empleo de módulos de colores distintos a los habituales, tanto por precio como por reducción de la eficiencia, supone un encarecimiento del coste de la inversión. Independientemente de que la rentabilidad de estos módulos pueda ser mayor en el futuro, y de que su coste sería menor si aumentara su demanda, su utilización para integración paisajística debe recibir algún tipo de estímulo o incentivo, ya que los resultados son muy interesantes. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que 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, de cara a su integración paisajística, tener en cuenta la variación cromática que tienen los paneles solares a lo largo del día, así como la variabilidad estacional de los colores dominantes en su correspondiente unidad de paisaje. La elección probablemente nunca sea perfecta, espacial y temporalmente, pero paliará de una forma muy importante los contrastes cromáticos generados por las plantas fotovoltaicas. Respecto a los perfiles de los módulos, su integración paisajística pasa por adoptar soluciones que contengan marcos de módulos de escasa incidencia visual, y preferentemente de tonalidades oscuras.

Estructuras y paneles. Las plantas fotovoltaicas presentan dos grandes tipos de estructuras: las continuas en hileras y las de captadores exentos. 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, o desde su parte posterior, donde resaltan las estructuras portantes. Esta continuidad aparente deja de percibirse desde los laterales 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 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 el propio movimiento de seguimiento, por lo 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 siga

presente en el paisaje. No existen pasillos técnicos, 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: las de carácter fijo y las articuladas. Las primeras cuentan con una estructura soporte que proporciona la inclinación más efectiva, siendo la orientación de las hileras, indefectiblemente, la meridional. Las segundas pueden realizar un movimiento de seguimiento, habitualmente mediante un eje horizontal común a la hilera que permite el giro de acomodación a la ascensión solar. En algunas instalaciones 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 para permitir el giro lateral de los módulos. El movimiento puede producirse sobre uno o dos ejes.

INSTALACIONES ANALIZADAS SEGÚN SU TIPOLOGÍA

Tipo de panel	Instalaciones	Instalaciones (%)	Superficie (Has.)	Superficie (%)
HILERA CONTINUA	50	56,82	437,11	37,32
SEGUIDORES AISLADOS	31	35,23	424,02	36,20
MIXTA	7	7,95	310,21	26,48
TOTAL MUESTRA	88	100,00%	1.171,35	100,00%

Las estructuras exentas se pueden agrupar también en dos principales clases, los seguidores aislados de mástil y los de plataforma. Los primeros contienen un eje central fijo (mástil) sobre el que gira la estructura portante de los paneles en el plano horizontal para el seguimiento horario. Los mástiles tienen una altura variable, que oscila entre los 4 y los 20 metros. Los segundos, los de plataforma, se sitúan sobre una base plana circular sobre la que gira la 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. 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. Otros captadores exentos, más infrecuentes, son los denominados seguidores de baja concentración. Permiten aumentar la radiación solar sobre el módulo, incorporando a su alrededor espejos que incrementen la concentración de luz y por tanto su eficiencia La percepción del conjunto está dominada por los espejos, que se disponen sobre planos en ángulo con el propio modulo. Disponen de mecanismos de seguimiento a dos ejes.

Entre las plantas fotovoltaicas analizadas, predominan claramente las compuestas por estructuras de hileras continuas (57%) respecto a las formadas por seguidores aislados (35%) y a las mixtas (8%), aunque atendiendo a la superficie ocupada por estas instalaciones, existe un mayor equilibrio entre las integradas por hileras continuas (37%), seguidores aislados (36%) y las mixtas (26%). Por tanto, las plantas compuestas por seguidores aislados poseen una mayor extensión media que las ocupadas por hileras fijas, respondiendo al mayor coste de instalación y mantenimiento de los seguidores.

En líneas generales, los seguidores aislados producen un mayor impacto en el paisaje que las estructuras fijas en hileras, tanto por su propio carácter exento, que genera rítmicas discontinuidades fi-

Instalación fotovoltaica en Vejer, Cádiz

Instalación fotovoltaica en Lucainena de las Torres, Almería

sonómicas 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, 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. Igualmente, 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 su parte, la composición de los paneles en estos captadores, normalmente unitaria, a veces se fragmenta al separar las filas de módulos dejando espacios libres. Esta disposición, cuyo objetivo es disminuir la resistencia al viento, crea discontinuidades que multiplican el número de líneas perceptibles, aumentando su repercusión paisajística. 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 una importante incidencia visual. También los seguidores de concentración ofrecen un peor resultado paisajístico: sus mayores dimensiones, su disposición vertical, su estructura parcialmente tridimensional y la inclusión de espejos, altamente reflectantes, generan una mayor incidencia visual.

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 mayor medida en el paisaje, por la introducción de líneas perpendiculares a la base de la estructura y diagonales a la rasante. Independientemente de la tipología adoptada, la combinación de distintas estructuras y variantes tipológicas en la misma instalación fotovoltaica producen 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. 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.

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, etc. Por el contrario, los seguidores aislados son más complicados de integrar paisajísticamente. Pueden alcanzar un mayor grado de integración en entornos industriales o asimilables, como los grandes equipamientos comerciales, y también en zonas rurales donde dominen componentes paisajísticos exentos de magnitudes parecidas (por ejemplo, árboles). Otras tipologías menos frecuentes, como las denominadas "persianas venecianas" se integran de manera más deficiente en el paisaje. También los seguidores aislados de baja concentración ofrecen un peor resultado paisajístico, 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.

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 haya constatado consideraciones de otra índole en los casos analizados. La concepción de las estructuras portantes 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, 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 paneles las morfologías cuadrangulares, tanto en las hileras continuas como en los seguidores. Además, existe un nivel de estandarización mínimo, por lo que es difícil encontrar instalaciones que usen el mismo diseño en las estructuras portantes, excepto quizá en los seguidores exentos de mástil. Este es un síntoma claro de la fase de desarrollo inicial de esta actividad productiva.

De forma general, en los paneles de los seguidores exentos la morfología cuadrangular es la dominante, con una ligera disposición apaisada de los paneles. Excepcionalmente pueden adquirir una disposición vertical, como ocurre en los de baja concentración. Por su parte, los paneles se organizan interiormente 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 dejando un módulo central sin colocar, y otra de tipo discontinuo, en la que los módulos se organizan en bandas horizontales, con una estrecha franja libre entre ellas, generando un mayor grado de discontinuidad en el panel. En la mayoría de los casos los módulos se disponen de forma vertical, aunque en ocasiones aparecen disposiciones apaisadas e incluso mixtas, dentro del mismo panel. 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 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 en ocasiones alcanzan un considerable protagonismo paisajístico en las estructuras de seguidores aislados, donde aparece una plataforma de giro o de cimentación del mástil, dependiendo del tipo de seguidor, que en ocasiones resulta relevante por el contraste que ocasiona 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. Las líneas rectas y, especialmente, los ángulos rectos de las esquinas, son los elementos de mayor repercusión visual. La disposición ver-

tical 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; igualmente, las líneas vacías 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, donde son más visibles, más 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.

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 creativas, adaptadas al paisaje (Land Art), aportaría a la instalación una imagen de calidad, de preocupación por el diseño y por el entorno, que redundaría en beneficio para la empresa. Un ejemplo, prácticamente testimonial, lo constituyen los seguidores inspirados en la forma del olivo en el aparcamiento del GEOLIT de Mengibar (Jaén), con un evidente simbolismo. La referencia puede encontrarse también en elementos singulares del paisaje de carácter histórico y patrimonial, como podría ser el caso, para las estructuras en hileras, de los paseros de la comarca de la Axarquía.

Sin embargo, hasta el momento las estructuras carecen de intenciones estéticas en su diseño, dominando las morfologías cuadrangulares en los paneles. Un primer avance podría representarlo el biselado de los ángulos rectos de los paneles, suavizando las formas. Otra medida efectiva consistiría en evitar las discontinuidades internas del panel, siempre que no existan impedimentos técnicos. Las bases de los seguidores exentos deben ser también objeto de tratamiento paisajístico. Si son pequeñas, basta un tratamiento herbáceo del terreno para que desaparezca prácticamente su incidencia visual, pero cuando son de mayor tamaño, constituye un elemento relevante y deben de recibir una especial atención, resultando más aconsejable un tratamiento cromático o textural, e incluso su ocultación mediante micropantallas visuales alejadas de ellas.

Tamaño de estructuras y paneles En las instalaciones de hileras continuas, la longitud de las filas viene determinada por el número de filas que pueda contener 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, aunque este problema se puede resolver uniendo distintas estructuras, creando perceptivamente una única fila. 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 vertical, 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, más estilizados, la longitud es menor, en torno a los 5 metros. La altura de los seguidores es netamente superior a la de las hileras, ya que es necesario acumular un número de

paneles que rentabilicen el coste de la instalación. 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, si se utilizan módulos estandarizados, cuantos más módulos contengan. 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 palian debido a su mayor desarrollo horizontal. La utilización combinada de estructuras de diferente tamaño constituye otra fuente de afección al paisaje, ya que rompen 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. 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.

Color de las estructuras El color característico de los soportes de las estructuras es el metálico de tonos grises, tanto sean el acero galvanizado como el aluminio los materiales empleados. 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 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 los seguidores, más visibles. Una atención especial merecería el tratamiento cromático de sus bases, a veces excesivamente realzadas. 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. Además de los captadores, que son los componentes más característicos, la planta fotovoltaica presenta otras instalaciones técnicas de carácter auxiliar, destacando entre ellas los inversores y los transformadores. Los primeros, de dimensiones relativamente reducidas, suelen aparecer agrupados con otros elementos eléctricos en casetas técnicas; los segundos, los transformadores, generan sus propias garitas. Ambos tipos de contenedores alcanzan en ocasiones un considerable protagonismo paisajístico en el marco de la instalación fotovoltaica. No obstante, este protagonismo es diferente dependiendo de la tipología de estructuras que se utilice, 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. Más significativos son los revestimientos y cromatismos de estas casetas. El color blanco aparece con cierta frecuencia, aunque en el caso de los transformadores

Instalación fotovoltaica en Almonte, Huelva

Instalación fotovoltaica en Alhama de Granada, Granada

son muy habituales las estandarizadas combinaciones de tonalidades verdes y amarillas. Más escasos son los colores terrizos, o los revestimientos con aplacados o texturas pétreas o de madera. 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 este impacto se deriva frecuentemente de su tipología. En primer lugar por sus formas cúbicas, 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 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 impactantes resultan las tonalidades que combinan verdes y amarillos, ya que además de su repercusión visual, semánticamente remiten a espacios urbanizados. También acrecienta su impacto la combinación de distintas tonalidades en la misma planta fotovoltaica.

Para alcanzar un grado aceptable de integración paisajística, en este tipo de construcciones son aconsejables diseños donde dominen las líneas horizontales sobre las verticales, y que cuenten con un adecuado tratamiento cromático (cumpliendo las exigencias técnicas) y textural, utilizando tonalidades terrizas, revestimientos de texturas pétreas, madera u otras. Una opción interesante podría ser en las zonas cerealistas emular la morfología y el cromatismo de las balas de paja. En cualquier caso, es necesario evitar las mezclas de tonalidades en la misma planta fotovoltaica. Igualmente, siempre que sea posible es recomendable aprovechar las construcciones abandonadas preexistentes como instalaciones técnicas auxiliares: 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, incluso en la publicidad de algunos fabricantes (*armonización estética, integración y mimetización.....minimizando el impacto visual"*. Sin embargo, en los casos analizados resultan todavía muy escasos los tratamientos paisajísticos de estas instalaciones.

Torretas eléctricas y cableados Las torretas y cableados forman parte del paisaje generado por la instalación fotovoltaica y, en general, de cualquier instalación productora de energía eléctrica. Sin embargo, no dejan de ser potencialmente impactantes por los contrastes morfológicos (torretas) y cromáticos (cableados) que producen, particularmente si la torreta están mal emplazadas o si el cableado

utilizado es de color llamativo, generalmente rojo. 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 de las torretas situadas dentro de la propia instalación. En este sentido, resulta aconsejable seleccionar para la ubicación de estas torretas un emplazamiento 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, 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, hasta las más excepcionales construcciones con torre-mirador, de claras reminiscencias carcelarias. Su impacto se deriva de sus características volumétricas, del número de alturas que alcance así como del tratamiento de sus fachadas (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 la tipología resulta impactante, debe buscarse un emplazamiento discreto visualmente, o emplear revestimientos (materiales, colores) de fácil integración con el entorno.

Carteles. La exposición de las principales características técnicas de las instalaciones mediante un cartel de dimensiones reguladas constituye una exigencia normativa. Sin embargo, en numerosas ocasiones los carteles informativos aparecen acompañados de letreros estrictamente publicitarios de las propias empresas constructoras, promotoras o financiadoras. Se trata de objetos de grandes dimensiones, de composición heterogénea, tanto en textos como tipografía y color de fondo. Poseen una gran impronta en el paisaje, destacando particularmente en las instalaciones de hileras continuas, resultando en zonas de topografía plana el elemento más visible de la instalación. Por el contrario, en las instalaciones de seguidores aislados su presencia es menos relevante. Su repercusión visual se deriva de sus grandes dimensiones, de su emplazamiento, de su morfología (paño vertical compacto) o de los colores utilizados. Además, la agrupación de diferentes carteles sobre una misma instalación, y sobre el mismo lateral (que suele ser el de mayor incidencia visual), contribuye a incrementar su impacto. Su significado, por otro lado, remite al espacio urbano o urbanizado, por lo que en entornos poco transformados resultan especialmente inadecuados.

La integración paisajística de carteles y armazones resulta bastante complicada. 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 tamaños más reducidos 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

Instalación fotovoltaica en Andújar, Jaén

Instalación fotovoltaica en Alcaudete, Jaén

o colores. En particular, resulta especialmente interesante que el color del fondo del cartel se aproxime al del fondo escénico situado tras él.

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 inadaptado cromáticamente a su entorno, de su trazado, especialmente en zonas de montaña, y de las alteraciones topográficas producidas por su construcción. Su incidencia aumenta cuando el vial es de nueva construcción. Igualmente, el peso en el paisaje de los viales internos, en su totalidad de nueva creación, obedece también al contraste producido por el firme respecto a las estructuras fotovoltaicas, creando discontinuidades en el interior de la instalación. Particularmente más intenso resulta este contraste en terrenos arcillosos con escasa cobertura vegetal, en los que se suelen emplear materiales de machaqueo, que poseen un albedo muy elevado. Por el contrario, la utilización de asfalto en los viales interiores es prácticamente inexistente, a pesar de que ofrece 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 reducir 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 podría ser una buena 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 viarias.

Espacios libres intermedios y perimetrales. Entre los captadores, 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. El impacto, en todo caso, se deriva principalmente del contraste cromático y morfológico generado entre estos terrenos y los restantes componentes de la instalación o, en el caso de los espacios perimetrales, con los usos del suelo adyacentes.

Desde el punto de vista paisajístico, la amplitud, en ocasiones desproporcionada, de estos espacios libres dificulta su integración. El tratamiento más inmediato es el recubrimiento vegetal, con especies herbáceas o arbustivas, siendo preferibles las existentes en los terrenos aledaños. La conservación de ejemplares arbóreos constituye una medida que facilita la integración de estos terrenos, especialmente en áreas con entornos arbolados. Además, las conexiones fisonómicas 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, en áreas con linderos vegetales, o, más ampliamente, en los espacios con cultivos arbóreos, como el olivar, cuya asociación con seguidores exentos podría ofrecer un buen resultado paisajístico, en una especie de explotación mixta, agrícola y energética renovable. Otro tratamiento podría ser el pétreo, empleando materiales dominantes en su entorno (por ejemplo, pedregales calcáreos) o reproduciendo, en su caso, 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. Su relevancia 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 asoma en las perspectivas laterales. Su impacto es mayor el impacto cuanto mayor sea su albedo, así como el contraste con los usos del suelo de las parcelas limítrofes. Por ello, debe recibir algún tipo de tratamiento paisajístico. Las dos alternativas ofrecidas para el tratamiento de los espacios libres, la vegetal y la pétrea, podrían aplicarse también en estos casos. Es relativamente habitual la utilización de la cobertura vegetal con especies herbáceas autóctonas, que no precisan de mantenimiento.

Otras Infraestructuras. En los casos en los que la planta fotovoltaica se emplaza en laderas o sobre plataformas, las cunetas de desagües constituyen infraestructuras potencialmente impactantes, sobre todo cuando adoptan trazados inclinados y están compuestas de hormigón sin revestir. 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, constituyendo la forma de agrupación un factor de protagonismo paisajístico muy destacado, en especial a media y gran distancia, donde el diseño de los 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. 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, 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, y se acrecienta si se disponen 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 perceptivamente (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 a la que utilizan las explotaciones arbóreas frutícolas. 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, de menor altura. Son habituales las distribuciones regulares, rítmicas, aunque en el caso de 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 densidad 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, 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 del recorrido solar, paralelas a las curvas de nivel en los terrenos inclinados, y con la separación mínima que técnicamente se requiera. 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 sólo 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. 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. En algunos casos puntuales la orientación de las hileras establece una relación armónica con el terreno, creando nuevas morfologías que pueden añadir una dosis de calidad al paisaje, incorporando valores estéticos. Representaría 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 crear una masa homogénea de paneles. Su patrón de ordenación debe guardar semejanzas con el existente 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; por el contrario, si la planta fotovoltaica se localiza en una zona adehesada, 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 distribución irregular de estas edificaciones, e incluso agrupada en determinados puntos, preferiblemente en los menos visibles: los laterales de la instalación o los espacios existentes entre hileras, si éstas alcanzan una altura considerable. 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. 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.

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 las consecuencias sobre el paisaje de las propias medidas. Por tanto, la necesidad de su aplicación, más allá de actuaciones puntuales, transmite, en cierta medida, el fracaso del emplazamiento o del diseño del objeto. En otros términos: la utilización de criterios paisajísticos en la ubicación y diseño de cualquier intervención haría innecesaria la adopción masiva de medidas correctoras del impacto paisajístico.

En el caso de las plantas fotovoltaicas, por sus magnitudes 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 consiguen un grado 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 taludes de los terraplenes, en el caso de emplazamientos en cumbres o terrazas, o en los taludes producidos por los desmontes. También resultan aconsejables en

el tratamiento de los vallados perimetrales o de los viales interiores (márgenes, taludes) y espacios libres intermedios. En el caso de las estructuras fotovoltaicas, 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 sus flancos (por ejemplo, evitando los contrastes morfológicos de las terminaciones de las hileras) o de las perspectivas 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 pueden resultar 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 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; sin embargo, su aplicación es limitada, ya que no pueden dar sombra a la instalación; tiene más sentido en el caso de instalaciones con seguidores, que alcanzan una mayor altura, o de instalaciones situadas a cotas más elevadas que los puntos de visión 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 se pueda producir. En ciertas zonas, carentes de vegetación arbórea, como los altiplanos orientales o las zonas subdesérticas, carece de sentido su empleo; 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 (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.

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 paisaje, 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, la presencia de muros en la unidad de paisaje donde se sitúe la instalación, como componentes tradicionales de su tipo de paisaje, puede hacer aconsejable la utilización de este tipo 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 su caso, 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 este cometido. Además de la altura, debe contemplarse también la longitud y el trazado del muro. 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, optando, si no existieran muros tradicionales, por trazados irregulares y no geométricos. Por otra parte, el muro debe adaptarse tipológicamente a los existentes su unidad de paisaje, o en caso contrario adecuarse 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 adyacentes, como ocurre con cierta frecuencia con las carreteras, caminos e incluso con las infraestructuras de regadío, como canales y acequias elevadas. 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 tienen como finalidad alterar la textura y el cromatismo de determinados componentes de la instalación. Para ello se pueden emplear especies vegetales, herbáceas o arbustivas, 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, de otro lado, 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 o las franjas alternantes, y por tanto menos posibilidades de integración.

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, Mesures.* 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*, Munid-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 Villoz, 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 Chivilet, 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 Lobon 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. Aceptado para su publicación.

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, 2009, pp. 1193-1210.

Mérida Rodríguez, M. (Dir.), Lobon Martín, R. *et al.* (2004): *Integración paisajística de la arquitectura en los Parques Naturales Andaluces y sus Áreas de Influencia Socioeconómica*. Informe técnico, 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): *Repercusiones territoriales y paisajísticas de las instalaciones fotovoltaicas en Andalucía*, Proyecto Fin de Máster, Universidades de Málaga-Granada. Inédito.

VV.AA.: *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.