

LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

Cayetano Espejo Marín
Universidad de Murcia

"La gran cantidad de energía solar que recibe la Península y el considerable número de horas de sol en la mayor parte de su superficie, la convierten indudablemente en una región privilegiada para su utilización directa para fines prácticos tales como generación de electricidad, calentamiento del agua y calefacción de viviendas"

Inocencio Font Tullot: Climatología de España y Portugal, 1983.

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica hasta ahora ha tenido un papel muy reducido en el abastecimiento de electricidad en España. En cambio, las condiciones climáticas de nuestro país permiten que se pueda obtener un rendimiento elevado con esta tecnología energética. Desde comienzos de los años ochenta se ha producido un enorme desarrollo de la industria dedicada a la producción del equipamiento necesario para la producción de electricidad fotovoltaica. En la actualidad, España ocupa el cuarto puesto mundial en la fabricación de células y paneles fotovoltaicos.

Con el Plan de Fomento de las Energías Renovables se fija un elevado objetivo de implantación de energía solar fotovoltaica. Su cumplimiento parece posible a partir de marzo de 2004, con la publicación del Real Decreto que incorpora dos aspectos muy beneficiosos para la solar fotovoltaica: el mantenimiento de la prima económica a lo largo de toda la vida de la central generadora, y su aplicación a instalaciones de hasta 100 kW, ya que hasta entonces llegaba sólo a los 5 kW. Hay que tener en cuenta que, de todas las energías renovables, la solar es la que menos impactos genera sobre el medio ambiente.

Palabras clave: célula fotovoltaica, efecto fotovoltaico, energía eléctrica, impacto ambiental, política energética, España.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy has played a limited role as a means of energy supply in Spain, despite the chances of obtaining a very high energetic output by using this

technology, in connection with the weather conditions of the country. From the early 1980s, Spain has seen an important increase in the number of industries that manufacture the equipment necessary for the production of photovoltaic electrical energy. In fact, the country occupies the fourth position in the world as regards the fabrication of photovoltaic cells and the assembling of photovoltaic panels.

The new Plan de Fomento de las Energías Renovables (Planning for the Promotion of Renewable Energies) includes a program for the extensive establishment of photovoltaic solar energy. The achievement of this objective seems feasible nowadays, when a law has been passed (March 2004) that includes two aspects of great benefit for the development of this type of energy: maintaining the economic bonus throughout the complete period of existence of power stations and extending it to the stations producing up to 100kW (rather than only up to 5kW, as used to be the case). It is also important to notice that photovoltaic solar is the type of renewable energy with the least environmental impact.

Key words: photovoltaic cell, photovoltaic effect, electrical energy, environmental impact, energetic policy, Spain.

1. INTRODUCCIÓN

La energía solar constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol es la que induce el movimiento del viento y del agua, y el crecimiento de las plantas, por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de la propia solar.

Aunque existen variaciones en la distancia entre el Sol y la Tierra, según la época del año, la cantidad de energía que llega a las capas exteriores de la atmósfera es del orden de 1.400 vatios (W)/m², pero queda reducida aproximadamente a 1.000 W/m² una vez que atraviesa la atmósfera y llega al suelo si el día es despejado, la media a lo largo del año es de 340 W/m². La energía que llega a la Tierra es una infinitésima parte de la enorme cantidad de energía de la radiación solar emitida por el Sol, pero la energía que recibimos ha sido suficiente para proporcionar y seguir permitiendo las condiciones físicas que reinan en nuestro planeta desde su formación, incluidas las que conocemos como vida, y sería suficiente para satisfacer todas nuestras necesidades energéticas si supiéramos aprovechar una pequeña parte de ella (Anta, 2004).

La energía solar se puede utilizar pasivamente, sin ningún dispositivo o aparato intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades de los materiales y elementos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, tipos de cubierta, protecciones, etc. Mediante la aplicación de criterios de arquitectura bioclimática se puede reducir significativamente, e incluso eliminar la necesidad de climatizar (calentar o enfriar) los edificios, así como la necesidad de iluminarlos durante el día. Estas prácticas contrastan con la tendencia que se observa en

España desde hace años a instalar aparatos de climatización (aire acondicionado) que consumen una gran cantidad de energía (Greenpeace, 2003).

También la energía solar se puede aprovechar activamente mediante dos vías: la térmica, que transforma la energía procedente del sol en energía calorífica, y la fotovoltaica, que convierte directamente la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico.

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar basados en la vía térmica pueden ser de baja, media y alta temperatura. Los de baja temperatura se emplean sobre todo para calefacción, climatización de locales, producción de agua caliente sanitaria, etc. Los de media y alta temperatura pueden ser aprovechados para la producción de energía eléctrica, mediante las llamadas centrales de torre o a través de colectores cilindro-parabólicos. En estas instalaciones se calienta el fluido que transporta el calor y genera electricidad mediante una turbina y un alternador. En España funcionan desde comienzos de los años ochenta tres centrales termosolares en la denominada Plataforma Solar Almería, y suman una potencia de 2,2 megavatios (MW).

Los sistemas fotovoltaicos consisten en un conjunto de elementos, denominados células solares o células fotovoltaicas, dispuestos en paneles, que transforman directamente la energía solar en energía eléctrica. La luz solar transporta energía en forma de un flujo de fotones, éstos cuando inciden en determinado tipo de materiales bajo ciertas condiciones, provocan una corriente eléctrica. Es lo que se denomina efecto fotovoltaico. Las células solares son pequeños elementos fabricados de un material semiconductor cristalino "dopado", es decir al que han sido adicionados determinados tipos de impurezas. Cuando inciden en ellos la radiación solar, convierten la energía lumínica de ésta en energía eléctrica por efecto fotovoltaico. Normalmente, una célula fotovoltaica está formada por dos láminas muy delgadas de materiales semiconductores que se superponen: la primera de ellas es un cristal de silicio con impurezas de fósforo, y la segunda, un cristal de silicio con impurezas de boro. Cuando el sol ilumina la célula, la energía de la radiación luminosa provoca una corriente eléctrica en el interior de la misma, generando una fuerza electromotriz entre dos electrodos adosados, respectivamente a cada capa de la célula (Unesa, 1998).

El material usado y la tecnología necesaria para la fabricación de una célula solar se asemeja a la usada para hacer los chip de los ordenadores. Por eso la fabricación de células solares se considera de alta tecnología. El gran reto es hacer barata esta alta tecnología. Hoy en día las células solares producen electricidad a un coste unas cinco veces mayor que el que paga habitualmente a la eléctrica un usuario normal en un país desarrollado (Luque, 2003).

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de variables como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento, por ello para la medida y comparación correcta de los diferentes módulos fotovoltaicos, se han definido unas condiciones de trabajo nominales o estándar. Estas condiciones se han normalizado para una temperatura de funcionamiento de 25° C y una radiación solar de 1.000 W/m², y los valores eléctricos con estas condiciones se definen como valores pico. Teniendo en cuenta que la unidad de potencia eléctrica es el vatio (W) y sus múltiplos el kilovatio (1kW=1.000 W) y el megavatio (1 MW=1.000.000 W), la potencia de un módulo fotovoltaico se expresa en vatios pico (Wp), y se refiere a la potencia suministrada en las

condiciones normalizadas de 25° C de temperatura y 1.000 W/m² de radiación solar.

Existen dos formas básicas de utilizar la energía eléctrica generada a partir de módulos fotovoltaicos:

- Instalaciones aisladas. En ellas la energía se almacena en baterías para poder disponer de ella cuando sea necesario. Este tipo de instalaciones las suelen promover particulares y cuentan con una potencia comprendida entre 3 y 5 kWp. Las que cuentan con potencias comprendidas entre 5 y 100 kWp se suelen utilizar en edificios bioclimáticos o en edificios públicos de nueva construcción que cuentan con la energía solar como valor añadido. La distribución de la energía eléctrica producida por los módulos pasa por un regulador de carga y se almacena en acumuladores (baterías). También es precisa la instalación de un convertidor, que tiene como misión la transformación de la corriente continua de las baterías en corriente alterna para el abastecimiento de electrodomésticos.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica. Cuentan con una potencia superior a los 100 kWp y casi siempre están promovidas por empresas. La energía producida por los módulos fotovoltaicos se transforma mediante un inversor en corriente alterna de la misma tensión y frecuencia que la de la compañía eléctrica que les compra la electricidad generada.

En los últimos años el sector fotovoltaico está avanzando en la construcción de los denominados parques solares, instalaciones que agrupan gran cantidad de módulos fotovoltaicos en distintas filas para la generación de energía eléctrica y su inyección a la red. La potencia de estas plantas se sitúa hoy en día entre 500 kW y 5 MW. Cada vez es más frecuente la construcción de centrales solares fotovoltaicas de este tipo que superan el megavatio de potencia instalada.

2. EL MAPA DE INSOLACIÓN ANUAL DE LA PENÍNSULA

La insolación se define como el intervalo de tiempo durante el cual el sol ha brillado en el cielo en el transcurso de un periodo determinado: año, mes, estación. La duración de la insolación se suele medir con diversos tipos de instrumentos, registradores denominados heliógrafos, que tienen como objeto cuantificar el tiempo que ha brillado el sol a lo largo del día. Los puntos de igual insolación en el territorio se unen en el mapa a través de líneas denominadas isohelias.

J.J. Capel Molina en su libro *El clima de la Península Ibérica* elabora el mapa de insolación anual en la Península, y diferencia tres grandes áreas:

- La primera, de bajos índices de heliofania, con valores iguales o inferiores a 2.000 horas anuales, coincidentes, a grandes rasgos con la Iberia húmeda de fuertes índices de nubosidad todo el año, que abarca Navarra atlántica, País Vasco, Cantabria, Asturias, rías altas gallegas y Lugo.
- La segunda área, de valores moderados anuales entre 2.000 y 2.600 horas, se extiende por las rías bajas gallegas, el flanco litoral septentrional portugués al norte del río Montego, provincia de Orense, comarca de Sanabria en Zamora, Tras os Montes, El Bierzo, Los Montes de León, flanco norte de las provincias de León y Palencia, irrumpiendo a modo de expansión lingüiforme desde las montañas de

Burgos hacia el sur, englobando la sierra de Albarracín (cuencas altas de los ríos Júcar, Turia y Tajo), alto Ebro, La Rioja, curso alto del Jalón, Pirineos aragoneses y catalanes, así como todo el territorio litoral catalán al sur del delta del río Ebro, El Sistema Central (Sierras de la Estrella, Peña de Francia, Guadarrama, Navacerrada, Ayllón) y serranía de Cuenca. Igualmente aparecen pequeños enclaves más hacia el Sur dentro del territorio peninsular; por un lado San Javier, en el Mar Menor, y por otro, Tarifa, en la embocadura del estrecho de Gibraltar.

- Finalmente, un área de gran iluminación por encima de las 2.600 horas y que se extiende por las cuencas de los ríos atlánticos: cursos medio y alto del Duero, Tajo, Guadiana, Sado, Guadalquivir, Tinto y Odiel. Depresión del Ebro, cuenca de los ríos mediterráneos: Mijares, Turia, Jucar, Segura, Almanzora, Andarax, Adra, Guadalhorce y Guadiaro. Y dentro de ellas aparecen tres núcleos que son los más soleados de la Península: el litoral sureste peninsular, entre Alicante y el golfo de Almería, con 2.938 horas en Almería; el máximo del litoral centrado en el Algarbe y Golfo de Cádiz, con 3.018 horas en el observatorio de Cádiz y 3.036 horas en el observatorio de Faro, que cuenta con el máximo peninsular.

La insolación se incrementa de norte a sur, en dirección hacia el trópico de Cáncer, mostrando una notable disminución estacional en las épocas equinocciales, períodos de máxima actividad de las perturbaciones atlánticas y de los sistemas nubosos asociados a ellas, a su paso por el solar ibérico o en sus proximidades (Capel Molina, 2000).

I. Font Tullot en su obra Climatología de España y Portugal considera que dentro de las distintas unidades de cantidad empleadas en la medida de la insolación, la caloría gramo por centímetro cuadrado es la más clásica, y el kilovatio hora por metro cuadrado la más práctica. Tras la confección del mapa de media anual de insolación total diaria expresada en kWh/m², llega a las siguientes conclusiones de carácter general:

- El notable contraste entre la zona norte de clima europeo occidental y la zona de clima mediterráneo. La menor insolación en la zona norte se debe no sólo a la nubosidad sino también al mayor contenido de la atmósfera en vapor de agua, y que constituye un obstáculo para la penetración de la radiación solar dado su poder de absorción de la misma.
- En la mayor parte de la zona de clima mediterráneo la energía recibida por el suelo en un día supera, por término medio, los 4,25 kWh/m².
- La mayor insolación, por encima de los 5 kWh/m², se registra en el sur de Portugal y en el extremo sudeste de la Península.
- Promediando en el tiempo y en el espacio la insolación total diaria, obtenemos aproximadamente 4,28 kWh/m², lo que significa que la cantidad media de energía solar que recibe por día la superficie total de la Península es del orden de 2,5 billones de kilovatios hora, lo que da una idea de su gran magnitud.

3. TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES FOTOLTAICAS

La Asociación de la Industria Fotovoltaica establece tres rangos de potencia representativos de los distintos tipos de instalaciones de generación fotovoltaica, más un cuarto correspondiente a las centrales:

- Instalaciones pequeñas, de 3 kWp como planta tipo, con rango hasta 5 kWp. Son aplicaciones rurales aisladas como una solución limpia y muchas veces económica, o aplicaciones conectadas a la red sobre tejados, azoteas de casas, hechas por particulares en zonas de su propiedad o influencia. Con la generación de 3 kWp se cubriría el consumo propio de una casa tipo medio en la que vivan 2-3 personas, sin incluir el consumo de calefacción y aire acondicionado.
- Instalaciones medianas, de 30 kWp como planta tipo, con rango entre 5 y 100 kWp. Son generadores en electrificaciones rurales centralizadas, o conectadas a red en edificios, normalmente integrados en la arquitectura de los mismos, instalaciones diseñadas por arquitectos innovadores y realizadas por comunidades de vecinos, empresas constructoras o corporaciones públicas y privadas que desean incorporar energía fotovoltaica en sus edificios o construcciones emblemáticas con valor añadido. Una instalación de 30 kWp en un edificio permite cubrir las necesidades eléctricas de diez viviendas medias.
- Instalaciones grandes de 300 kWp como planta tipo, con rango entre 100 kWp y 1 MWp. Generalmente están conectadas a la red, con extensas superficies, y en su mayoría están promovidas por empresas que, con interés por contribuir a una generación de electricidad limpia, desean reforzar la imagen de la empresa o entidad promotora. Una planta de 300 kWp cubre el consumo de un edificio de tipo medio.
- Centrales fotovoltaicas, de 3 MWp como planta tipo, con rango entre 1 y 50 MWp. Son centrales de generación promovidas por empresas o consorcios de empresas, que desean conseguir cierto rendimiento económico y una componente de generación verde. Una planta de 3 MWp permite el consumo de una población o urbanización de unos 500 vecinos.

4. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA EN ESPAÑA

La energía solar fotovoltaica en España comenzó su desarrollo de forma significativa a mediados de los años setenta y comienzos de los ochenta, aunque el mayor crecimiento lo experimenta a partir de la aprobación a finales de 1999 del Plan de Fomento de las Energías Renovables (cuadro 1).

De los 20 MW instalados al finalizar el año 2002, sólo el 40 % de la potencia está conectada a la red, el resto corresponde a instalaciones aisladas. Según E. Menéndez (2001), el uso de las alternativas solares se está extendiendo a buen ritmo en las aplicaciones a pequeña escala ligada al uso y decisión individual (solar térmica o fotovoltaica) y con un gran significado cultural y social. Sin embargo, falta el gran paso hacia la recuperación energética a escala industrial, que es donde se pueden conseguir volúmenes de participación significativos en el esquema energético global.

En Europa, Alemania ocupa la primera posición en potencia instalada, con 278 MWp a finales de 2002, lo que supone el 70,7 % del total instalado en la Unión Europea. El Programa "100.000 tejados solares", iniciado en 1999, ha financiado 200 MWp en nuevas instalaciones fotovoltaicas hasta finales de 2002. España, a pesar de su potencial se encuentra en el cuarto lugar de la Unión Europea por capacidad instalada, detrás de Alemania, Países Bajos e Italia (cuadro 2).

Cuadro 1

POTENCIA Y PRODUCCIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Año	Potencia (MW)	Producción (GWh/año)
1990	3,2	5,7
1991	3,6	6,8
1992	4,0	7,5
1993	4,7	8,7
1994	5,6	10,3
1995	6,5	11,6
1996	6,7	11,8
1997	7,3	12,9
1998	8,8	15,8
1999	9,5	14,2
2000	11,8	17,7
2001	15,6	23,4
2002	19,7	30,8

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Cuadro 2

POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA EN LA UNIÓN EUROPEA. 2002.

	MWp	% Total
ALEMANIA	278,0	70,74
PAÍSES BAJOS	28,3	7,20
ITALIA	22,8	5,80
ESPAÑA	20,5	5,22
FRANCIA	16,7	4,25
AUSTRIA	10,0	2,54
GRAN BRETAÑA	4,3	1,09
SUECIA	3,3	0,84
FINLANDIA	3,0	0,76
GRECIA	2,4	0,61
DINAMARCA	1,7	0,43
PORTUGAL	1,5	0,38
BÉLGICA	0,5	0,13
IRLANDA	0,0	0,00
LUXEMBURGO	0,0	0,00
	393,0	100

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Durante los últimos años la instalación de energía solar fotovoltaica no se ha dado de igual modo en todas las Comunidades Autónomas (cuadro 3).

Cuadro 3

POTENCIA INSTALADA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA kWp. 1999-2002

	1999	2000	2001	2002	% + 1999-2002
ANDALUCÍA	3.198	3.071	4.121	4.805	50,25
NAVARRA	158	311	1.727	3.093	1.857,59
CATALUÑA	610	1.299	1.957	3.042	398,69
CASTILLA-LA MANCHA	1.210	1.218	1.338	1.529	26,36
COMUNIDAD VALENCIANA	538	683	839	1.217	126,21
BALEARES	329	713	888	1.029	212,77
CANARIAS	852	870	914	971	13,97
CASTILLA Y LEÓN	660	756	919	963	45,91
MADRID	337	459	691	846	151,04
PAÍS VASCO	101	143	226	682	575,25
EXTREMADURA	271	277	421	439	61,99
MURCIA	72	103	158	321	345,83
ARAGÓN	154	246	269	313	103,25
ASTURIAS	49	135	180	215	338,78
GALICIA	113	116	135	152	34,51
LA RIOJA	38	52	59	88	131,58
CANTABRIA	27	27	27	27	0,00
TOTAL	8.717	10.479	14.869	19.732	126,36

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Desde 1999 a 2002 el mayor incremento de la capacidad fotovoltaica se produce en Navarra. A ello ha contribuido especialmente la Corporación Energía Hidroeléctrica de Navarra S.A. (EHN), una de las mayores empresas dedicadas a la producción de electricidad procedente de fuentes renovables en España. EHN en 1997 impulsa el nacimiento de la empresa -Alternativas Energéticas Solares S.A. (AESOL)- dedicada a la realización de proyectos e instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas. EHN es propietaria del 70 % de esta sociedad.

Durante el año 2002 un 20 % de la potencia instalada por AESOL se corresponde las denominadas huertas solares, un nuevo concepto de instalaciones fotovoltaicas en el que esta compañía ha sido pionera. Se trata de pequeñas instalaciones, dotadas de seguimiento solar, que son propiedad de distintos titulares (personas físicas, empresas o administradores) pero se hallan agrupadas en un terreno común parcelado. Esta agrupación permite reducir costes de los equipos, aumentar la producción por kWp instalado, mejorar la seguridad de este tipo de instalaciones y reducir gastos de operación y mantenimiento. Permite también a cualquier persona física o jurídica, aunque no disponga de casa o terreno en propiedad adecuado para ello, la inversión en una instalación solar de producción de electricidad para inyectar en red, y supone, con los sistemas de financiación

establecidos al efecto, la única posibilidad para muchas personas de invertir directamente en energías renovables.

AESOL ha instalado hasta diciembre de 2003 para terceros un total de 355 huertas solares en los municipios de Sesma y Arguedas (Navarra) con un total de 2.172 kWp. Durante 2003 esta empresa implantó otras 46 instalaciones conectadas a red (294 kWp), y 9 instalaciones aisladas que suman 5,2 kWp. La potencia total fotovoltaica instalada por la compañía al cierre de 2003 totaliza 4,3 MWp, con un incremento del 12 % sobre las cifras acumuladas del año anterior.

Además, antes del desarrollo de las huertas solares, EHN conectó a la red a finales de 2001 la zona de generación centralizada de su planta solar fotovoltaica de 1,18 MWp en Tudela (Navarra). El resto de la planta se conectó en la primavera de 2002. La instalación completa consta de 400 seguidores solares, de los que 280 con un total de 10.080 paneles y una potencia de 856 kWp, tienen inversores centralizados. Otros 120 seguidores, con inversores distribuidos y una potencia total de 321 kWp, se dedican a experimentar diferentes tecnologías solares, así como distintos sistemas de producción a red e inversores (Energía Hidroeléctrica de Navarra, 2004).

5. DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE LA POTENCIA INSTALADA.

A finales de 2002 España cuenta con una potencia fotovoltaica en funcionamiento próxima de los 20 MWp, distribuida en las Comunidades Autónomas tal y como se expone en el cuadro 4.

Cuadro 4

DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA. 2002.

	kWp	% Total
ANDALUCÍA	4.805	24,35
NAVARRA	3.093	15,68
CATALUÑA	3.042	15,42
CASTILLA-LA MANCHA	1.529	7,75
COMUNIDAD VALENCIANA	1.217	6,17
BALEARES	1.029	5,21
CANARIAS	971	4,92
CASTILLA Y LEÓN	963	4,88
MADRID	846	4,29
PAÍS VASCO	682	3,46
EXTREMADURA	439	2,22
MURCIA	321	1,63
ARAGÓN	313	1,59
ASTURIAS	215	1,09
GALICIA	152	0,77
LA RIOJA	88	0,45
CANTABRIA	27	0,14
TOTAL	19.732	100

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Andalucía, Navarra y Cataluña son las regiones españolas con mayor implantación de este tipo de energía solar. Les siguen en importancia Castilla-La Mancha y las dos Comunidades insulares.

En Andalucía el Programa PROSOL es un sistema de promoción y financiación de instalaciones de energías renovables, creado en 1993 por la Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía, a través de la Dirección General de Industria Energía y Minas.

La Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN), mediante un acuerdo con la Junta de Andalucía, gestiona dicho programa, que incorpora, junto a las instalaciones solares térmicas, la promoción de instalaciones solares fotovoltaicas, tanto aisladas como conectadas a la red eléctrica, instalaciones eólicas y de biomasa. SODEAN ofrece asesoramiento personalizado e información a los profesionales de la edificación sobre los distintos aspectos de las instalaciones solares. Además ofrece otros servicios dirigidos a fabricantes, distribuidores, empresas instaladoras y usuarios del Programa, como son la orientación sobre aspectos técnicos y normativos de la calidad aplicado a las instalaciones solares.

En Cataluña, desde su creación en 1991, el Institut Català d'Energia, adscrito al Departamento de Trabajo, Industria, Comercio y Turismo, tiene como funciones generales fomentar el uso racional de la energía y el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, impulsar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas, apoyar la formación en materia energética y orientar a los usuarios en la modificación de los hábitos de consumo energético. Para ejecutar estas funciones elabora estudios, informes y recomendaciones de aplicaciones de tecnologías energéticas; participa en programas de investigación aplicada de tecnologías energéticas y evalúa, en colaboración con otras organizaciones públicas o privadas, los recursos energéticos autóctonos; apoya proyectos de energía renovable y de cogeneración a escala local o comarcal; organiza programas de formación y de reciclaje profesional; y lleva a cabo campañas y actuaciones específicas dirigidas a los usuarios.

Dos instalaciones emblemáticas en la ciudad de Barcelona son:

- El edificio nou del Ayuntamiento de Barcelona, que cuenta, desde mayo de 2000, con una instalación fotovoltaica de 39,5 kWp de potencia y una superficie de captación de 300 m². Con esta instalación el Ayuntamiento pretende un doble objetivo. Por un lado, su valor pedagógico, el ejemplo de las administraciones públicas en el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables tiene un gran impacto entre la ciudadanía y una gran difusión mediática. Por otra parte, esta experiencia forma parte de las actuaciones del Programa Thermie, de la Comisión Europea.
- Una de las infraestructuras más emblemáticas e importantes del Forum Barcelona 2004 es la planta fotovoltaica de 1,3 MWp, cuya potencia eléctrica generada la sitúa como la mayor planta fotovoltaica integrada en un entorno urbano de Europa. La gigantesca estructura, con cuatro pilares de distintas alturas e inclinación, sustenta un generador fotovoltaico de 3.410 m².

En Castilla-La Mancha funciona desde 1994 la planta de 1 MW de Toledo, en la localidad de Puebla de Montalbán. Está compuesta por tres conjuntos de captación con un total de 7.936 paneles. Esta central fotovoltaica comparte algunos equipamientos eléctricos con la central hidroeléctrica del embalse de Castrejón, complementándola, ya que en

los momentos de mayor producción fotovoltaica, en los meses de verano, la producción hidroeléctrica es muy escasa. Esta planta es propiedad de Endesa, RWE-Energie AG y Unión Fenosa.

La Agencia de la Energía de Castilla-La Mancha diseña una serie de programas generales de los cuales emanan diferentes proyectos particulares que en unos casos son inversiones, en otros transferencia y/o aplicación de conocimientos o combinación de ambos. Entre los programas generales se encuentra el SOLCAMAN, Energía Solar en Castilla-La Mancha, que tiene como misión el fomento de la energía solar en los sectores de baja capacidad de inversión (particulares, comunidades, PYMES, etc) y la construcción de una planta solar termoeléctrica.

En Baleares, tal y como se recoge en la memoria del Pla Director Sectorial Energètic de les Illes Balears, la instalación de placas fotovoltaicas para el suministro eléctrico en zonas aisladas y algunas operaciones de demostración en el sector agrícola son las iniciativas más interesantes realizadas en el campo fotovoltaico.

En 1990 el Cabildo Insular de Tenerife crea el Instituto Tecnológico y de Energías renovables (ITER), con el objetivo de potenciar trabajos de investigación y desarrollos tecnológicos relacionados con el uso de las energías renovables. En abril de 2001 finaliza la instalación de la planta de 480kWp conectada a la red. Esta planta es la primera que utiliza una tecnología de espejos parabólicos y está basada en el prototipo EUCLIDES TM (European Concentrated Light Intensity Development of Energy Sources). Este proyecto, coordinado por el ITER, con la participación de el Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid y BP Solar, ha sido financiado por el programa Thermie (IV Programa Marco de la Unión Europea). Además de esta planta, el Instituto cuenta en el tejado de su sede principal, con otra instalación de 28 kWp, la mayor de Canarias en conexión a red integrada en fachada y presenta una superficie disponible de 180 m². Cubre la totalidad de las necesidades de suministro eléctrico del Instituto, incluyendo talleres y laboratorios.

El 27 de septiembre de 2004 se presentó en el Cabildo de Tenerife el proyecto de instalación de una planta fotovoltaica en Granadilla, al sur de la Isla. Se pretenden instalar 150 módulos de 100 kWp que podrán tener una potencia máxima de 15 MWp. Según el director del ITER la inversión en este tipo de instalaciones es razonablemente buena, porque el riesgo es muy bajo, ya que la rentabilidad anual es del 10 % y la garantía de las tarifas está asegurada por 25 años. Cada módulo cuesta alrededor de medio millón de euros. Para el desarrollo de este proyecto el ITER ve como potenciales clientes a empresas de tipo medio y a inversores privados que podrán, por ejemplo, formar grupos de accionistas con el capital necesario para acceder a un módulo (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, 2004).

En el resto de las regiones españolas la implantación de la energía solar fotovoltaica es muy reducida, y en siete de ellas la potencia instalada no llega a los 500 kWp.

6. LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

España es el segundo país europeo productor de células y paneles fotovoltaicos, con el 10 % de la producción mundial. La fabricación de paneles fotovoltaicos en nuestro país

dispone de las más avanzadas tecnologías y los fabricantes españoles tienen instalaciones y procesos productivos que sitúan a nuestro país en el cuarto puesto a escala mundial, después de Japón, Alemania y Estados Unidos. Además de las empresas de fabricación, se encuentran las de distribución y las instaladoras, distribuidas por todo el Estado, y cuyo caso más emblemático es el aludido de AESOL, propiedad de la corporación Energía Hidroeléctrica de Navarra.

Según la Asociación de la Industria Fotovoltaica, esta industria española concentra su actividad de I+D+I en el desarrollo de paneles fotovoltaicos con mayores niveles de eficiencia y menor coste de fabricación, y en la mejora de la eficiencia de los dispositivos de electrónica de potencia, de transformación y de protección. En España existen más de 25 centros de I+D+I dedicados a la investigación en este campo.

La industria fotovoltaica española proporciona empleo directo a más de 2.500 personas, de las cuales 1.800 tienen sus puestos de trabajo en procesos de fabricación y 700 en las fases de comercialización y desarrollo e instalaciones de proyectos. A su vez, proporciona empleo indirecto a más de 1.250 personas.

En abril de 1998 se constituye la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), con el objetivo principal de potenciar, prestigiar y desarrollar el sector fotovoltaico, aportando sus conocimientos y experiencia al mercado español y a las autoridades responsables, tanto a nivel estatal como autonómico y local. Con su actividad pretende vertebrar a las empresas de la industria solar fotovoltaica y conseguir que este tipo de energía en España alcance todo su potencial, y contribuya de forma importante a la consecución de los objetivos medioambientalmente establecidos.

Los asociados en ASIF representan el 85 % del volumen total de la facturación fotovoltaica en España. En ella se encuentran la totalidad de los fabricantes nacionales de células y módulos, así como de los fabricantes nacionales de inversores fotovoltaicos (aparatos que transforman la corriente continua en corriente alterna, funcionando aislados o conectados a la red), el 85 % de la fabricación de baterías, y un porcentaje superior de la facturación de las empresas instaladoras o de industria auxiliar tradicionalmente activas en este sector, o que tienen la actividad solar eléctrica como actividad única o estratégica. A finales de octubre de 2004 la Asociación cuenta con 92 socios, cuya actividad y facturación quedan reflejadas en el cuadro 5.

Cuadro 5

SOCIOS DE NÚMERO DE LA ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA. Octubre 2004.

	Socio	Actividad	Sede social
	Facturación de más de 6 millones de euros:		
1	AESOL	Instalador	Tafalla (Navarra)
2	ATERSA	Fab módulos	Madrid
3	BP SOLAR	Fab módulos	Tres Cantos (Madrid)
4	Isofotón	Fab módulos	Madrid
	Facturación entre 3 y 6 millones de euros:		
5	ECOTENIA	Fabric. Compon	Barcelona
6	ENERTRON	Fabric. Compon	Madrid
7	GAMESA SOLAR	Fab módulos	Madrid
8	SILIKEN	Fab módulos	Rafelbunyol (Valencia)
9	TFM	Fab módulos	Las Rozas (Madrid)
	Facturación entre 0,6 y 3 millones de euros:		
10	ABASOL	Instalador	Madrid
11	AET-ALBASOLAR	Varios	Madrid
12	CENER-CIEMAT	Varios	Sarriguren (Navarra)
13	COMP. REGIO. ENERG. SOLAR	Instalador	Murcia
14	ELECNOR	Varios	Madrid
15	IBERSOLAR	Varios	Barcelona
16	INGETEAM	Fabric. Compon	Pamplona
17	ISER	Instalador	Valencia
18	JH ROERDEN	Varios	Madrid
19	SACLIMA SOLAR FOTOVOLTAICA	Varios	Alacuás (Valencia)
20	SES	Instalador	La Bisbal d'Empordà (Girona)
21	SOLAR DEL VALLE	Instalador	Pozo Blanco (Córdoba)
22	SOLUC. ENERGETIC.(SOLENER)	Fabric. Compon	Madrid
23	SUNTECHNICS	Varios	Madrid
24	TUDOR	Fabric. Compon	Madrid
	Facturación menos de 0,6 millones de euros:		
25	AARON INGENIEROS	Instalador	Madrid
26	ABANTE	Instalador	Orense
27	AGRASOLAR	Instalador	Madrid
28	ALDEBARAN SOLAR	Instalador	La Coruña
29	ARAGON SOLAR	Instalador	Valdeaveruelo (Guadalajara)
30	AVANZALIA ENERGIAS RENOVABLES	Varios	Tres Cantos (Madrid)
31	BAYER	Varios	
32	BENDER	Varios	Madrid
33	CENSOLAR	Varios	Mairena de Aljarafe (Sevilla)
34	ECASA	Instalador	Estella (Navarra)
35	ECOFYS	Varios	Castelldefels (Barcelona)
36	ENECOSOL	Instalador	Madrid
37	ENERFUTURE	Varios	Burgos
38	ENERMAN	Varios	Madrid
39	ENERPAL ESPAÑA	Instalador	Palencia
40	ENERSUN	Instalador	Madrid

41	ESABEMA	Varios	Las Rozas (Madrid)
42	EUROPHONE SOLAR	Varios	Getafe (Madrid)
43	EVOLUSOL	Instalador	Catarroja (Valencia)
44	EXPLOTACIONES NAVALAENCINA	Instalador	Madrid
45	FAMA - ENERGÍAS RENOVABLES	Instalador	Palencia
46	GAMO ENERGÁIS	Instalador	Salamanca
47	GERMINALIA	Varios	Albacete
48	GOROSABEL-SOLARDAM	Varios	Elgoibar (Guipuzcoa)
49	GRUPO EUROCLIMA	Instalador	Moraleja de Enmedio (Madrid)
50	HELIO-CONFORT	Instalador	Canals (Valencia)
51	HIDROSER	Varios	Las Palmas de Gran Canaria
52	IBERINCO	Varios	Madrid
53	IGOAN SOLAR	Instalador	Alava
54	INDARSUN	Varios	Mondragón (Guipuzcoa)
55	INEL	Instalador	Ontinyent (Valencia)
56	INGENNIO	Varios	Madrid
57	INGTECSA	Instalador	Jaén
58	INSTALAC. Y TECNICAS SOLARES	Instalador	Villafranca del Castillo (Madrid)
59	INSTALACIONES DÁVILA	Instalador	Cenicientos (Madrid)
60	INSTITUT DE TECNOL. MICRO.MIT	Varios	Bilbao
61	JORUCA	Instalador	Lorca (Murcia)
62	LA TIENDA DE LA ENERGÍA	Varios	Murcia
63	LEIGER	Fabric. Compon	Martorell (Barcelona)
64	LONJAS TECNOLOGIA	Varios	Madrid
65	LLUM SOLAR	Instalador	Ibiza
66	MGH	Instalador	Madrid
67	MONTREAL	Instalador	Madrid
68	NOBESOL LEVANTE	Instalador	Valencia
69	PARTENÓN SERVICIOS INTEGRALES	Instalador	Sevilla
70	PROAT	Fabric. Compon	Mollet de Vallès (Barcelona)
71	PROSOLMED	Instalador	Ontinyent (Valencia)
72	ROBOTIKER	Fabric. Compon	Zamudio (Vizcaya)
73	RS SOLAR	Instalador	Alburquerque (Badajoz)
74	SAFT NIFE IBERICA	Fabric. Compon	Barcelona
75	SINAE	Varios	Madrid
76	SOL SURESTE	Instalador	Murcia
77	SOLAR INGENIERÍA 2000	Instalador	Castelldefels (Barcelona)
78	SOLAR KUANTICA	Instalador	Oviedo
79	SOLARIA ENERGIA Y M.A.	Instalador	Madrid
80	SOLARMED	Instalador	Puerto Lumbreras (Murcia)
81	SOLARTA BALEAR	Instalador	Artà (Mallorca)
82	SOLUCAR ENERGIA	Varios	Sevilla
83	SUCASA	Instalador	Viso del Marqués (Ciudad Real)
84	TAJOSOLAR-EASA	Instalador	Aranjuez (Madrid)
85	TAU ING SOLAR	Instalador	Madrid
86	TECNISOL MANCHA	Instalador	Ciudad Real
87	TRAMA TECNOAMB	Varios	Barcelona
88	U-SOLAR	Instalador	Jaravia (Almería)
89	VIESSMANN	Varios	Pinto (Madrid)
90	WAGNER SOLAR	Varios	Madrid
91	XANTREX TECHNOLOGY	Fabric. Compon.	Sant Just Desvern (Barcelona)
92	YULECTRIC	Instalador	Madrid

Fuente: Asociación Española de la Industria Fotovoltaica. (<http://www.asif.org>)

La información sobre las grandes empresas disponible en Internet permite hacer una breve reseña sobre las mismas.

Atersa se funda en 1979 para centrar sus actividades en el sector de la energía solar fotovoltaica. Desarrolla, fabrica y comercializa la gama completa de equipos necesarios para cualquier configuración de un sistema de electricidad solar, desde módulos con células de silicio monocristalino y multicristalino hasta toda la electrónica específica para este tipo de aplicaciones. En más de dos décadas de funcionamiento ha realizado abundantes obras institucionales y privadas, y proyectos "llave en mano" en los cinco continentes. Sus centros de producción se encuentran en Catarroja (Valencia), y cuenta con oficinas comerciales en Madrid, Valencia y Córdoba.

BP Solar pertenece al grupo BP, una de las mayores empresas energéticas del mundo, habiéndose convertido también en una compañía líder en energía solar fotovoltaica, con más de 30 años de experiencia en el sector.

En 1982 se constituye BP Solar España y comienza su actividad comercial y de construcción de módulos. Su primera fábrica de paneles solares se inaugura en 1983 en Alcobendas (Madrid). En 1995 se fabrican los primeros 100 kW de una nueva tecnología de alta eficiencia: Saturno. En 2001 pone en marcha su planta de San Sebastián de los Reyes (Madrid), encargada del ensamblaje de los módulos, siendo la más grande de España en aquel momento. En 2003, ante la creciente demanda y tras varias ampliaciones de su fábrica, inaugura nuevas instalaciones en Tres Cantos (Madrid), donde concentra más de un tercio de la producción global de la empresa. Esta nueva planta, la más grande de BP Solar en el mundo, tiene una capacidad inicial de producción de 30 MW, ampliables hasta los 200 MW. Cuenta con 35.000 m² de edificios sobre una parcela de 1,3 millones de m². En Tres Cantos se encuentran las oficinas centrales de Europa y el Centro de Tecnología.

Tras el cierre de sus actividades de investigación y desarrollo en el Reino Unido, que se han unificado en Tres Cantos, estas instalaciones en las que ya trabajan más de 600 empleados, se han convertido en el centro de excelencia de energía solar de BP. Para predicar con el ejemplo, el 10 % del consumo energético de la sede central de BP en España es de origen solar, y gran parte de sus estaciones de servicio se alimentan también de esta fuente energética. BP, que está presente en más de 100 países y cuenta con más de 100.000 empleados, no tiene la solución definitiva al problema de las energías renovables, pero, según su responsable en España "seremos parte de la solución que finalmente se implante" (Casamayor, 2004).

Isofotón se crea en 1981 en Málaga para implantar, en forma industrial, una tecnología de fabricación de células fotovoltaicas a partir de obleas de silicio. El impulsor de este proyecto fue el Profesor D. Antonio Luque, de la Universidad Politécnica de Madrid. En 1985 consolidó sus actividades en el ámbito de la energía solar, incorporando la tecnología de fabricación de colectores térmicos. Desde entonces ofrece soluciones energéticas solares fotovoltaicas y térmicas. En la actualidad es una compañía en fase de expansión internacional de sus actividades comerciales productivas, habiendo sido reconocida como líder entre los fabricantes europeos y ocupa el séptimo puesto mundial.

La fábrica actual de Isofotón ocupa una superficie de 16.000 m². En ella se lleva a cabo todo el proceso de fabricación de células y módulos fotovoltaicos, desde la

obtención de las obleas a partir de lingotes de silicio, la fabricación de células y hasta el ensamblado de los módulos. A finales de 2002 su capacidad de producción alcanza los 36 MW. En 2003 se inicia un nuevo proyecto de implantación en el Parque Tecnológico de Málaga. Esta nueva fábrica de 25.000 m² permite ampliar la capacidad productiva de Isofotón y en ella se desarrollarán conjuntamente las actividades de térmica y fotovoltaica.

El volumen de ventas refleja la evolución reciente de esta sociedad. De los 14,9 millones de euros facturados en 1998, ha pasado a unas ventas de 92 millones de euros en 2003, y una previsión 110 millones para 2004. No menos reseñable resulta el dato de que desde 1999 las ventas en el extranjero se sitúan todos los años en cifras en torno al 77 % del total de ventas de la compañía.

7. LA ENERGÍA SOLAR Y EL MEDIO AMBIENTE

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, lo que significa que es inagotable a escala humana. Una de las ventajas fundamentales de esta energía es que permite la obtención de electricidad sin recurrir a ningún tipo de combustión, y por tanto no se producen emisiones a la atmósfera de contaminantes que provocan fenómenos de lluvia ácida y el denominado efecto invernadero.

Hasta ahora, la casi totalidad del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica se ha realizado en el ámbito local, y por tanto no ha sido necesaria la creación de infraestructuras de transporte energético (tendidos eléctricos) y de este modo se evita el impacto derivado de la construcción de pistas, cables y postes. En el futuro, la construcción de nuevos parques solares precisará de grandes cantidades de suelo y de líneas para la evacuación de la electricidad producida; pero nunca comparables a las necesarias para dar salida a la producción de las centrales eléctricas convencionales, ya que la diferencia de potencia instalada oscila entre uno o varios megavatios para las centrales solares y varios centenares para las hidroeléctricas, nucleares y térmicas.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (1996), entre los potenciales efectos de la energía solar fotovoltaica que pueden resultar perjudiciales para el medio ambiente se encuentran los siguientes:

- La necesidad de industrias extractivas para la obtención de las materias primas utilizadas para la fabricación de los módulos. En este caso, los impactos son limitados, debido a que las células fotovoltaicas están constituidas preferentemente por silicio, que es, después del oxígeno, el material más abundante de la corteza terrestre, por lo que no es preciso explotar yacimientos localizados de forma intensiva.
- El proceso industrial al que se somete el silicio hasta la obtención de las células fotovoltaicas es una actividad, que como otras actividades industriales, puede generar cierto impacto en el entorno, por lo que debe ser limitado y corregido, al igual que en cualquier otra actividad productiva.

- Durante el cambio de las baterías en instalaciones aisladas de la red se debe ser especialmente cuidadoso con la retirada de las mismas, ya que contienen elementos que pueden resultar muy perjudiciales para el entorno.

De los estudios realizados por el IDAE se relacionan a continuación algunos efectos de las repercusiones sobre el medio físico y social para los dos tipos de instalaciones fotovoltaicas.

7.1. Aplicaciones aisladas de la red

La generación de electricidad directamente a partir del sol no requiere ningún tipo de combustión, y por tanto no se produce emisiones de dióxido de carbono, que favorecen el efecto invernadero. Esta ventaja de la energía fotovoltaica es especialmente favorable en espacios de alto valor ecológico, donde es importante la preservación del medio natural. Además, en muchos casos sustituye en edificaciones rurales aisladas a generadores alimentados por combustibles fósiles, de muy baja eficiencia energética.

El impacto sobre el medio social es muy positivo, ya que mejora la rentabilidad de las explotaciones y las condiciones de trabajo de las mismas. En el caso de electrificaciones de viviendas, mejora la calidad de vida de los habitantes. La posibilidad de realizar este tipo de instalaciones en el ámbito rural puede prevenir el despoblamiento y por tanto el abandono de tierras de cultivo, con el consiguiente empobrecimiento o pérdida de suelo, desaparición de rentas, etc.

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

La incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad es nula, debido a que no se producen contaminantes, ni vertidos, ni son necesarios movimientos de tierra o las grandes obras asociadas a otros aprovechamientos energéticos.

El hecho de que no haya que realizar tendidos eléctricos previene la repercusión que sobre el medio vegetal o la avifauna pudieran tener los postes y cables eléctricos.

Las distintas posibilidades de instalación de los paneles, hacen de éstos un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual.

El proceso fotovoltaico es absolutamente silencioso, hecho que supone una clara ventaja para electrificación de viviendas aisladas, frente a los generadores de motor, caracterizados por el elevado nivel de ruidos que producen.

El suelo necesario para las instalaciones fotovoltaicas con una dimensión media no representa una cantidad significativa a considerar como una repercusión negativa de su implantación. Este suelo generalmente contaría con escasas aplicaciones para un uso alternativo. Por otra parte, la posibilidad de integrar los paneles en tejados y fachadas minimiza este efecto.

La energía solar fotovoltaica reúne las mejores condiciones para cubrir las necesidades energéticas en los lugares donde se intenta preservar al máximo las condiciones del entorno, como es el caso de los espacios naturales protegidos.

Por otra parte, se están introduciendo sistemas destinados directamente a la protección del medio ambiente, que únicamente son posibles gracias a la energía solar fotovoltaica, como pueden ser sistemas de detección y alerta de incendios o sistemas de oxigenación de aguas.

7.2. Aplicaciones conectadas a la red

Los distintos impactos entre las instalaciones conectadas a la red y las aisladas afectan sobre todo al paisaje, la fauna y el medio social.

En este grupo se incluyen las centrales fotovoltaicas de media o gran dimensión, y las de mejora de suministro eléctrico, en las ramificaciones terminales de la red de distribución. Las instalaciones de pequeño tamaño, normalmente suelen ir asociadas a edificaciones y no plantean ningún problema de impacto ambiental.

Hay que tener en cuenta que la superficie ocupada por los paneles necesarios para instalar 1 kWp oscila entre 10 y 15 m², por tanto la ocupación de suelo y el impacto paisajístico se deben tener en cuenta en las instalaciones medias o grandes.

También se debe considerar el impacto visual de los postes y tendidos eléctricos. Igualmente se han de establecer las medidas oportunas para proteger la avifauna en el caso de que sea necesaria la realización de tendidos para el transporte de la electricidad. En el caso de las centrales realizadas para mejorar el suministro eléctrico en las ramificaciones terminales de líneas, al tratarse de instalaciones asociadas a una línea existente no se producen nuevos impactos relacionados con este concepto.

Para la conclusión de este apartado, se aporta la información publicada por el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (2004) referente a la planta fotovoltaica de 28 kWp instalada en el tejado de su sede. "La energía generada por esta instalación equivale a la combustión de algo más de 16 toneladas de fuel-oil anuales. El aprovechamiento directo de la energía del sol evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 70 toneladas de dióxido de carbono, 500 kilogramos de azufre y 180 kilogramos de óxidos de nitrógeno".

8. LA ENERGÍA SOLAR EN LA POLÍTICA DE FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El Plan de Fomento de las Energías Renovables, aprobado por el Gobierno en diciembre de 1999, recoge los principales elementos y orientaciones que pueden considerarse relevantes en la articulación de una estrategia para que el crecimiento de cada una de las áreas de energía renovables pueda cubrir, en su conjunto, cuando menos, el 12 % del consumo de energía primaria en el año 2010.

Este Plan se elabora como respuesta al compromiso que emana de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, y que define el objetivo de desarrollo a alcanzar por las energías renovables. Esta Ley, en su artículo 27, define el "Régimen Especial de la Producción Eléctrica". En el punto 1 se señala que la actividad de producción de energía eléctrica tendrá la consideración de producción en régimen especial en los siguientes casos, cuando se realice desde instalaciones cuya potencia no supere los 50 MW:

- a) Autoprodutores que utilicen la cogeneración u otras formas de producción de electricidad asociadas a actividades no eléctricas siempre que supongan un alto rendimiento energético.
- b) Cuando se utilice como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa o cualquier tipo de biocombustible, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario.
- c) Cuando se utilice como energía primaria residuos no renovables.

También tiene la consideración de producción en régimen especial la producción de energía eléctrica desde instalaciones de tratamiento y reducción de los residuos de los sectores agrícola, ganadero y de los servicios, con una potencia instalada igual o inferior a 25 MW, cuando suponga un alto rendimiento energético.

El Documento del Plan presenta la situación en el año 1999 y las previsiones para los próximos años de la producción mediante energías renovables, el estado de las tecnologías de aprovechamiento de este tipo de recursos y las barreras que limitan la penetración de estas fuentes en un mercado cada vez más liberalizado.

El objetivo que el Plan de Fomento fija para el sector de la energía solar fotovoltaica es de 135 MWp, de los que 20 corresponden a instalaciones aisladas y 115 a instalaciones conectadas a la red. Este objetivo tiene en cuenta la capacidad tecnológica de las empresas en España. Las líneas prioritarias de actuación son: integración en edificios, desarrollo y normalización de kits estándar para pequeñas aplicaciones, investigación y desarrollo de tecnologías de lámina delgada, mejora en el desarrollo de los inversores y desarrollo de tecnologías de concentración.

Para la consecución de dichos objetivos se proponen, entre otros, las siguientes medidas e incentivos: apoyo público a la inversión, subvención y financiación de actuaciones de investigación y desarrollo, desgravación fiscal a la inversión, desarrollo de un reglamento de instalaciones fotovoltaicas, simplificación de las condiciones administrativas y técnicas para la conexión a la red, campaña de concienciación ciudadana, acción ejemplarizante de las Administraciones Públicas, líneas específicas de financiación preferente, y promoción de proyectos piloto de aplicación.

En el cuadro 6 se expone el objetivo del Plan de Fomento desglosado por Comunidades Autónomas y la potencia instalada a finales de 2002. Como se puede ver sólo Navarra, Andalucía, Castilla-La Mancha y Cataluña superan la media nacional del 14,62 % del objetivo.

Cuadro 6

**PLAN DE FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA
OBJETIVOS DE POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA (MWp)**

	Potencia instalada 2002	Objetivo del Plan 2010	% Potencia instalada/ objetivo
ANDALUCÍA	4,81	15,50	31,00
NAVARRA	3,09	7,70	40,17
CATALUÑA	3,04	15,95	19,07
CASTILLA-LA MANCHA	1,53	5,45	28,06
COMUNIDAD VALENCIANA	1,22	10,40	11,70
BALEARES	1,03	7,30	14,10
CANARIAS	0,97	6,75	14,39
CASTILLA Y LEÓN	0,96	11,60	8,30
MADRID	0,85	13,05	6,48
PAÍS VASCO	0,68	6,15	11,09
EXTREMADURA	0,44	6,20	7,08
MURCIA	0,32	4,25	7,55
ARAGÓN	0,31	6,95	4,50
ASTURIAS	0,22	3,85	5,58
GALICIA	0,15	6,20	2,45
LA RIOJA	0,09	3,85	2,29
CANTABRIA	0,03	3,85	0,70
TOTAL	19,73	135,00	14,62

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

8. 1. La energía solar en el régimen especial de la producción de energía eléctrica

La Ley del Sector Eléctrico establece los principios de un nuevo modelo de funcionamiento, en lo referente a la producción, y que están basados en la libre competencia. La Ley hace compatible este fundamento con la consecución de otros objetivos tales como la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente, por otra parte necesarios en función de los compromisos adquiridos por España en la reducción de gases productores del efecto invernadero. Para su ejecución establece la existencia de un régimen especial de producción de energía eléctrica, como régimen diferenciado del ordinario. En este último, el esquema regulador es el mercado de producción en el que se cruzan ofertas y demandas de electricidad y donde se establecen los precios como consecuencia de su funcionamiento como mercado organizado.

En el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre Producción de Energía Eléctrica por Instalaciones Abastecidas por Recursos o Fuentes de Energía Renovables, Residuos y Cogeneración (tecnología que permite la producción y aprovechamiento combinado de calor y electricidad), se impulsa el desarrollo de las instalaciones de régimen especial mediante la creación de un marco favorable sin incurrir en situaciones discriminatorias que pudieran ser limitadoras de una libre competencia, aunque estableciendo situaciones diferenciadas para aquellos sistemas energéticos que contribuyan con mayor eficacia a los objetivos antes señalados (Espejo, 2005).

Para alcanzar este logro se establece un sistema de incentivos temporales para aquellas instalaciones que requieren de ellos para situarse en posición de competencia en un mercado libre. En las instalaciones basadas en energías renovables y de residuos, el incentivo establecido no tiene límite temporal debido a que se hace necesario internalizar sus beneficios medioambientales ya que, por sus especiales características y nivel tecnológico, sus mayores costes no les permite la competencia en un mercado libre.

En el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Este Real Decreto tiene por objetivo unificar la normativa de desarrollo de la Ley del Sector Eléctrico, en lo que se refiere a la producción de energía eléctrica en régimen especial, en particular en lo referente al régimen económico de estas instalaciones. Se pretende con él seguir el camino iniciado con el Real Decreto 2818/1998, con una ventaja añadida, como es el hecho de poder aprovechar al propio tiempo la estabilidad que ha venido a proporcionar, para el conjunto del sistema, el Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, de metodología para la aprobación de la tarifa eléctrica media o de referencia, para dotar a quienes han decidido o decidan en el futuro próximo apostar por el régimen especial de un marco regulatorio duradero, objetivo y transparente.

Para conseguirlo se define un sistema basado en la libre voluntad del titular de la instalación, que puede optar por vender su producción o excedentes de energía eléctrica a la empresa distribuidora, percibiendo por ello una retribución en forma de tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, que se define como un porcentaje de la tarifa eléctrica media o de referencia regulada en el R.D. 1432/2002, y que, por tanto, indirectamente, está basada en el precio del mercado de producción, o bien por vender dicha producción o excedentes directamente en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral, percibiendo en éste caso el precio negociado en el mercado, más un incentivo por participar en él y una prima, si la instalación concreta tiene derecho a percibirla.

Cualquiera que sea el mecanismo retributivo por el que se opte, el Real Decreto garantiza a los titulares de las instalaciones en régimen especial una retribución razonable para sus inversiones, y a los consumidores eléctricos una asignación también razonable de los costes imputables al sistema eléctrico.

En lo referente al ámbito de aplicación de este Real Decreto, se pueden acoger al régimen especial las instalaciones de producción de energía eléctrica contempladas en el artículo 27.1 de la Ley del Sector Eléctrico.

- Grupo b.1 Instalaciones que utilicen como energía primaria la energía solar. Dicho grupo se divide en dos subgrupos:

- Instalaciones que únicamente utilicen como energía primaria la solar fotovoltaica.
- Instalaciones que utilicen como energía primaria para la generación eléctrica la solar térmica. En estas instalaciones se podrán utilizar equipos auxiliares que consuman gas natural o propano únicamente para el mantenimiento de la temperatura del acumulador de calor. El consumo de dicho combustible, en cómputo anual, deberá ser inferior al 12 % de la producción de electricidad y sólo durante los períodos de interrupción de la generación eléctrica, si la instalación vende su energía de acuerdo con la opción a) del artículo 22.1. Dicho porcentaje podrá llegar a ser del 15 %, sin limitación temporal, si la instalación vende su energía de acuerdo a la opción b del artículo 22.1

En el artículo 22.1. se señala que para vender su producción o excedentes de energía eléctrica, los titulares de instalaciones a los que resulte de aplicación este real decreto deberán elegir entre una de las dos opciones siguientes:

- a) Ceder la electricidad a la empresa distribuidora de energía eléctrica. En este caso, el precio de venta de la electricidad vendrá expresado en forma de tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, expresada en céntimos de euro por kilovatio/hora.
- b) Vender la electricidad libremente en el mercado, a través del sistema de ofertas gestionado por el operador de mercado, del sistema de contratación bilateral o a plazo o de una combinación de todos ellos. En este caso, el precio de venta de la electricidad será el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación, complementado por un incentivo y, en su caso, por una prima, ambos expresados en céntimos de euro por kilovatio/hora.

En síntesis, el Real Decreto 436/2004 tiene dos objetivos fundamentales: actualizar y refundir el régimen jurídico que afecta a la energía solar fotovoltaica, y establecer un régimen económico objetivo y duradero para esta energía.

La Asociación de la Industria Fotovoltaica, en su reunión anual celebrada el 17 de marzo de 2004, destacó que el Real Decreto incorpora dos aspectos muy beneficiosos para la solar fotovoltaica: mantenimiento de la prima a lo largo de toda la vida de la central y su aplicación a instalaciones de hasta 100 kW, ya que hasta ahora llegaba sólo a los 5 kW.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la industria solar fotovoltaica en España desde los años ochenta ha sido espectacular, como demuestra el hecho de que sea un referente en la producción mundial. En cambio, la implantación de este tipo de energía en nuestro país se ha centrado preferentemente en el abastecimiento de electricidad en edificios aislados. La instalación de centrales fotovoltaicas dedicadas exclusivamente a la producción de electricidad para su venta no avanza hasta los primeros años de esta década, como consecuencia del Plan de Fomento de las Energías Renovables. Con la publicación del Real Decreto 436/2004, además de actualizar el régimen jurídico que afecta a la energía solar fotovoltaica, se establece un régimen económico objetivo y duradero. Este importante cambio está animando a empresas e inversores a apostar seriamente por este tipo de energía.

Raimundo González (2004), Director del Centro de Estudios de la Energía Solar, relaciona los principales aspectos que se deben tener en cuenta si se desea conseguir una razonable cuota de consumo de energía solar para el fin del primer cuarto del siglo XXI:

- Los controles de calidad de los colectores solares y módulos fotovoltaicos deberían ser aún más exigentes, no tanto orientados a la consecución de mayores rendimientos, como a asegurar una inalterabilidad tal que les permita alcanzar una vida útil de al menos treinta años con un mínimo mantenimiento.
- Los gobiernos deberían cambiar los actuales sistemas de subvenciones, por la de créditos subvencionados, que el usuario puede amortizar con el propio ahorro producido por la instalación.
- Las normas de edificación deberían contemplar la posibilidad de una futura instalación solar, habilitándose superficies libres convenientemente orientadas e incluso facilitar, mediante una preinstalación, realizada ya en el momento de construirse el edificio o vivienda, el posterior montaje de una instalación solar.
- Los edificios destinados a oficinas de la Administración y otros servicios oficiales deberían ser construidos incorporando de forma obligatoria la energía solar, al menos para el calentamiento del agua sanitaria y electrificación básica.
- Se debería ofrecer a cada usuario una oportunidad real de autogeneración de al menos parte de la energía que consume, posibilitando la instalación de módulos fotovoltaicos conectados directamente a la red de distribución eléctrica, en condiciones justas y asequibles.
- Habría que potenciar una educación ciudadana tendente a frenar el creciente consumo energético, cambiando los hábitos sociales que favorezcan dicho consumo.
- Deberían suprimirse las ayudas "ocultas" de las que las energías convencionales han estado gozando desde siempre, y primar, por el contrario, el uso de energías no contaminantes.
- Por último, cuando se efectúen comparaciones de rentabilidad económica de la energía solar frente a otras energías convencionales, debería hacerse de forma honesta, esto es, imputando los enormes costes sociales y de prevención de riesgos (por ejemplo, el coste de la protección de las centrales nucleares), a dichas energías, que, de forma engañosa, suelen presentarse como más económicas que la energía solar.

Desde el sector industrial resulta interesante la opinión del presidente de BP España, quien señala que "si la reducción de costes y la fabricación de paneles solares a gran escala ya ha asegurado la rentabilidad de la producción, las expectativas tecnológicas auguran un recorrido muy interesante, ya que, actualmente los sistemas más eficientes suponen sólo un aprovechamiento del 18-20 % de la energía solar que llega al panel. Puede incluso que se produzca un salto tecnológico semejante al de las centrales de ciclo combinado, con un 60 % de eficiencia frente al 30 % de las convencionales" (Casamayor, 2004).

Cabe esperar que, dadas las enormes ventajas ambientales derivadas del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, las políticas de las Administraciones y el interés

que manifiesta la iniciativa privada (promotores, fabricantes e instaladores) sitúen a España en el puesto que merece en el aprovechamiento de una energía que dispone en abundancia. De este modo, reduciremos nuestra dependencia energética del exterior, y disfrutaremos de una mejor calidad de vida. Según A. Luque (2004), experto mundial en esta tecnología energética, España parte con una buena posición científica, tecnológica y empresarial en el sector fotovoltaico, que parece consolidarse.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTA FERNÁNDEZ, J. (2004): "La radiación solar". En MARTÍN MUNICIO, A. y COLINO MARTÍNEZ, A. (Dir.): Diccionario Español de la Energía. Aranjuez, Ed. Doce Calles, p. 548.
- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA (2001): Energía solar fotovoltaica en la Comunidad Autónoma de Murcia. Madrid, 49 pp.
- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA (2003): Hacia un futuro con energía solar. Madrid, 27 pp.
- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA (2004): Energía solar fotovoltaica en la Comunidad Autónoma de Galicia. Madrid, 105 pp.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1977): "Insolación y nubosidad en la España peninsular y Baleares". Paralelo 37º, nº 1, pp. 9-24.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981): Los climas de España. Barcelona, Oikos-Tau, 429 pp.
- CAPEL MOLINA, J.J. (2000): El clima de la Península Ibérica. Barcelona, Ariel, 281 pp.
- CAPEL MOLINA, J.J. y DÍAZ ÁLVAREZ, J.R. (1980): Geografía de la energía solar en el espacio almeriense. Almería, Caja Rural Provincial de Almería y Diputación Provincial de Almería, 211 pp.
- CASAMAYOR, R. (2004): "BP Solar ya calienta en España". El País Negocios, 14 de noviembre de 2004, p. 6.
- CASTAÑER, L. (1981): "Energía solar fotovoltaica". Investigación y Ciencia, nº 56, pp. 6-15.
- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (2004): Información básica de los sectores de la energía. Madrid. 269 pp.
- ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE NAVARRA (2004): Informe Anual 2003. Pamplona,
- ESPEJO MARÍN, C. (2001): "El sector eléctrico español en la prensa escrita". Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada, nº 31, pp. 203-217.
- ESPEJO MARÍN, C. (2001): "L'énergie électronucléaire en Espagne". Annales de Géographie, nº 625, pp. 319-328.
- ESPEJO MARÍN, C. (2001): "El proyecto de fusión de ENDESA e IBERDROLA y su desistimiento. Apuntes sobre el sector eléctrico en España". Nimbus, nº 7-8, pp. 51-65.

- ESPEJO MARÍN, C. (2002): "La producción de electricidad de origen nuclear en España". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 33, pp. 65-78.
- ESPEJO MARÍN, C. (2003): "Electricidad producida en centrales de cogeneración en la Región de Murcia". Papeles de Geografía, nº 38, pp. 187-193.
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "La energía eólica en España". Investigaciones Geográficas, nº 35, pp. 45-66.
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "La electricidad en las relaciones España-Portugal". Finisterra. Revista Portuguesa de Geografía, (en prensa).
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "Ciclo combinado: una nueva tecnología de generación de electricidad en España". Ería, (en prensa).
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "La biomasa en la producción de electricidad en España". Estudios Geográficos (en prensa).
- ESPEJO MARÍN, C. (2005): "La producción de electricidad en régimen especial en España". En Homenaje al Profesor Antonio Roldán Pérez. Murcia, Universidad de Murcia (en prensa).
- EUROPEAN COMISION (1997): Photovoltaic solar energy. Best practice stories. Brussels, 38pp.
- FABRA UTRAY, J. (2004) - ¿Liberalización o regularización? Un mercado para la electricidad. Instituto Pascual Madoz del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 438 pp.
- FONT TULLOT, I. (1983): Climatología de España y Portugal. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, 296 pp.
- FONT TULLOT, I. (1984): Atlas de la radiación solar en España. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.
- GONZÁLEZ, R. (2004): "Energía solar: las claves para una política energética sostenible". En <http://www.censolar.es/articulo01.htm>
- GREENPEACE (2003): Guía solar. Cómo disponer de energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Madrid, 83 p.
- INFOPOWER (2004); "Pérgola fotovoltaica del Forum Barcelona 2004". Infopower, nº 67, pp. 51-54.
- INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA (1999) Energia solar. El recorregut de l'energia. Barcelona. 15 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (1996): Manual de energía solar fotovoltaica. Madrid, 139 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2000): Plan de Fomento de las Energías Renovables en España. Madrid. 271 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2000): Situación actual y perspectivas de la energía solar fotovoltaica en España. Madrid. 12 pp.

- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2002): Planta fotovoltaica de 1,2 MW en Tudela (Navarra). Madrid, 4 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2004): "Eficiencia energética y energías renovables". Boletín IDAE, nº 6, 151 pp.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ENERGÍAS RENOVABLES (2004a): "El ITER presentó en rueda de prensa el proyecto de instalación de una planta fotovoltaica de 15 MW en Granadilla". En <http://www.iter.es/I18Nlayer.noticias/es/ruedaprensa15mw>
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ENERGÍAS RENOVABLES (2004b): "Planta de 28 kW. Instalación modular de paneles planos situado en el tejado del edificio principal del ITER". En <http://www.iter.es/I18NLayer.instalaciones/es/solares/28kwplus>
- LUQUE LÓPEZ, A. (2003): "Fotovoltaica, el explosivo desarrollo de una industria global". *Economía Exterior*, nº 26, pp. 133-139.
- LUQUE LOPEZ, A. (2004): "Energía fotovoltaica". En MARTÍN MUNICIO, A. y COLINO MARTÍNEZ, A. (Dirs.): *Diccionario Español de la Energía*. Aranjuez, Ed. Doce Calles, pp. 335-336
- MARTÍN MUNICIO, A. y COLINO MARTÍNEZ, A. (Dirs.) (2003): *Diccionario Español de la Energía*. Aranjuez, Ed. Doce Calles, 818 pp.
- MENÉNDEZ PÉREZ, E. (1997): *Las energías renovables. Un enfoque político-ecológico*. Los Libros de la Catarata. Madrid. 251 pp.
- MENÉNDEZ PÉREZ, E. (2001): *Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo. Una economía impulsada por el sol*. Los Libros de la Catarata. Madrid. 270 pp.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA (2002): *Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas. Desarrollo de las Redes de Transporte 2002-2011*. Madrid. Secretaría de Estado de Energía.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (2000): *Ley del Sector Eléctrico Disposiciones complementarias*. Madrid. 380 pp.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2004): *La energía en España 2003*. Madrid, Secretaría General de Energía, 216 pp.
- MOLINA IBÁÑEZ, M. (2001): "Las fuentes de energía". En GIL OLCINA, A. y GÓMEZ MENDOZA, J. (Coords.): *Geografía de España*. Ariel. Barcelona, pp. 455-476.
- OLIVER, M. y JACKSON, T. (1999): "The market for solar photovoltaics". *Energy Policy*, vol. 27, nº 7, pp. 371-385.
- ORIOL, E. y PUIGSERVER, M. (1978): "Irradiación solar en España". En *Ponencias y Coloquio-Simposio Internacional sobre Fuentes de Energía y Desarrollo*. Barcelona, Ed. Moneda y Crédito, pp. 291-300.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2004): El sistema eléctrico español. Informe 2003. Madrid, 117 pp.

UNESA (1991): La energía solar. Madrid, 52 pp.

UNESA (1998): Centrales eléctricas. Madrid. 71 pp.

UNESA (2001): La industria eléctrica y el medio ambiente. Madrid. 159 pp.

Fecha de Recepción: 1 de Octubre de 2004. Fecha de aceptación: 30 de Octubre de 2004.