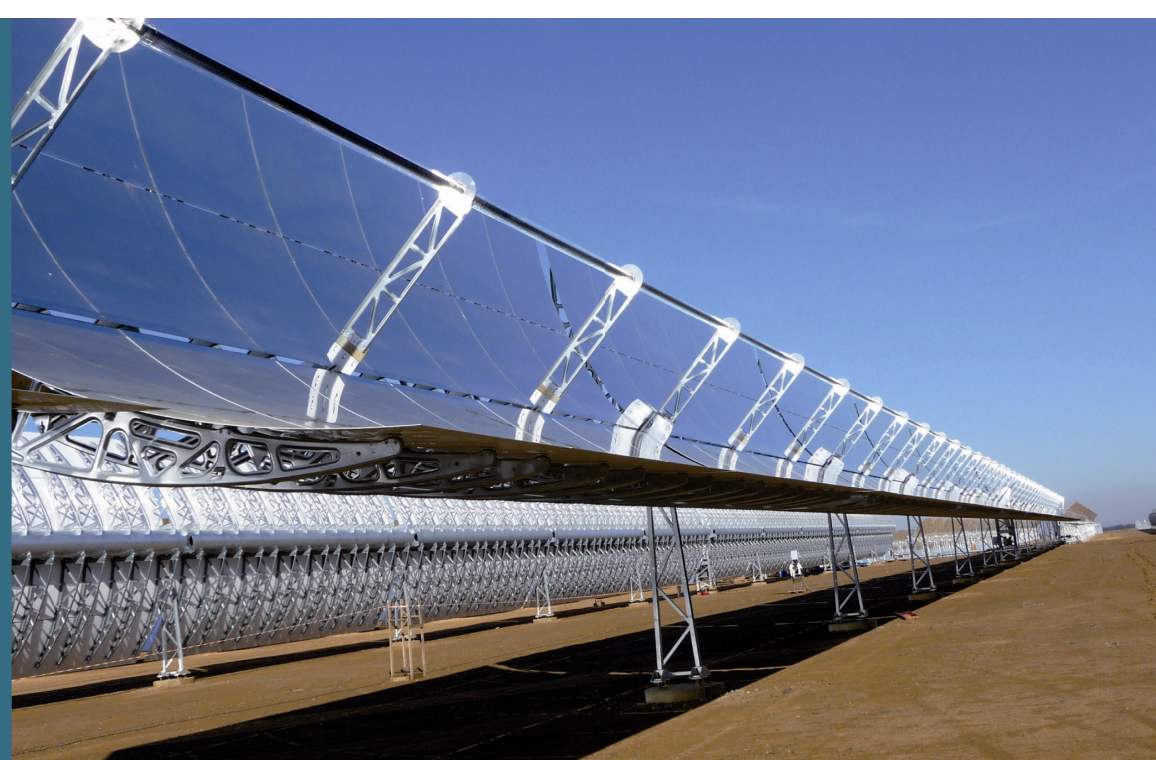




Informes y **Monografías** / 37

Puerta de Purchena 10, 3º Planta C4001 Almería

Telf. 902 090 498

Fax. 950 254 848

www.fundacioncajamar.com

El sector de la energía solar

El sector de la energía solar

Redacción:

Mercedes Teruel Moreno
David Uclés Aguilera

Edita:

Fundación Cajamar
Puerta de Purchena, 10 - 04001 Almería
www.fundacioncajamar.com

Diseño y maquetación:

Beatriz Martínez Belmonte

Imprime: Publidisa

Foto de cubierta: cedida por SENER

Depósito Legal: SE-5568-2010

Fecha de publicación: Octubre 2011

Índice

1. Introducción	5
2. ¿Qué es la energía solar?	9
2.1. <i>Energía solar fotovoltaica</i>	9
2.2. <i>Energía solar termoeléctrica</i>	12
2.3. <i>Energía solar térmica</i>	16
3. La energía solar en el contexto internacional.....	16
3.1. <i>Energía solar fotovoltaica</i>	16
3.2. <i>Energía solar termoeléctrica</i>	18
3.3. <i>Energía solar térmica</i>	20
4. Intensidad solar en España	22
5. Potencia instalada en España	24
6. Estructura de la oferta del sector solar en España.....	27
6.1. <i>Energía solar fotovoltaica</i>	27
6.2. <i>Energía solar térmica</i>	36
6.3. <i>Energía solar termoeléctrica</i>	39
7. Marco normativo	46
8. Conclusiones	50

Anexo I. Principales macroplantas fotovoltaicas en funcionamiento en España (2011)	58
Anexo II. Potencia instalada, energía vendida y número de instalaciones por tipos de energías renovables (2004-2010). En porcentaje	59
Anexo III. Impacto de la energía solar termoeléctrica en la economía española (2008-2010)	61
Referencias bibliográficas.....	62

1. Introducción

Las crisis del petróleo de los años setenta alumbraron un mundo preocupado por la sostenibilidad de los recursos naturales y, sobre todo, por la viabilidad de un sistema energético basado en los combustibles fósiles. El informe *Los límites del crecimiento* del Club de Roma, ponía el acento en lo limitado de los mismos y el fuerte incremento de los precios logrado por el embargo de suministros de la OPEP fueron el caldo de cultivo en el que estas ideas progresaron.

Poco a poco, el paso del tiempo y, en gran medida, la diversificación de orígenes geográficos del crudo, con la consiguiente pérdida de poder del cártel exportador, han matizado bastante el miedo a un mundo de combustible escaso y caro. Al mismo tiempo, el avance tecnológico ha posibilitado una creciente oferta energética de base renovable, lo que elimina bastante incertidumbre con respecto al futuro. En los últimos años, la amenaza del cambio climático y la relación de éste con las emisiones de CO₂ de origen humano ha mantenido viva la necesidad de buscar nuevos sistemas para proveer de energía nuestros procesos.

En Europa se ha sido especialmente sensible a las estrategias de diversificación energética, probablemente por la mayor debilidad de su sistema, al depender en gran medida de las importaciones de crudo y gas natural de terceros países. Así, han aparecido a lo largo de los últimos años diversos informes e iniciativas legislativas encaminadas a la promoción del desarrollo y uso de fuentes de energía alternativas y renovables.

El mecanismo de base económica que se suele utilizar para el fomento de un determinado sector, considerado estratégico, suele ser el de la subvención, bien sea a través de primas para el acceso al mercado en condiciones de competitividad o bien a través de ayudas a la inversión en nuevas instalaciones de producción. La razón subyacente es que en el estado actual de la tecnología, no se puede competir en el mercado, ya que las fuentes asentadas cuentan con unos costes de producción mucho menores. No obstante, se supone que con el paso del tiempo, y con la generación de una demanda, la tecnología comenzará a ser más eficiente y también más rentable, hasta que deje de ser necesario la subvención. Así ha ocurrido en multitud de sectores, considerándose incluso que uno de los papeles del Estado es, precisamente, dirigir a los mercados en la dirección deseable. Por desgracia, el incentivo puede convertirse a veces en un mecanismo perverso que, más allá de lograr unos objetivos de producción y consumo, pueda ser utilizado por algunos agentes como fuente de beneficios rápidos y seguros.

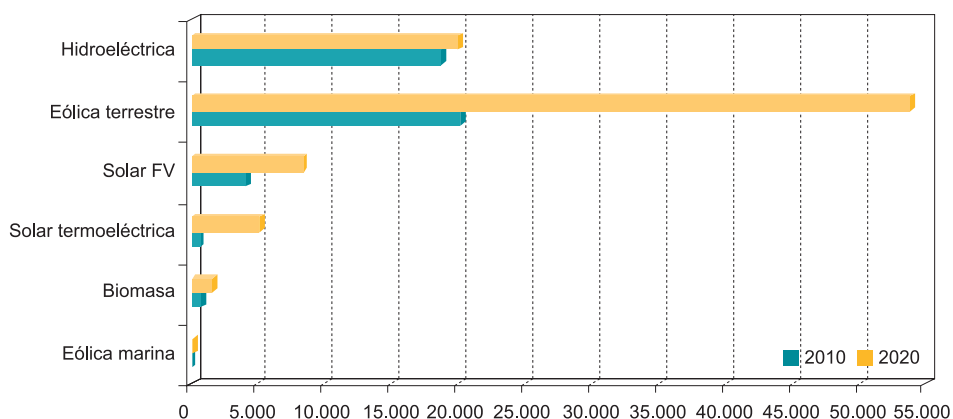
Como acabamos de comentar, la promoción de generación de electricidad a partir de fuentes renovables en la Unión Europea (UE) está considerada como un área estratégica y prioritaria, no sólo por razones medioambientales sino también por una cuestión de diversificación energética y de seguridad de aprovisionamiento. En este sentido, la Directiva 2001/77/CE estableció objetivos indicativos de consumo de electricidad para 2020 a partir de fuentes renovables respecto al consumo total de electricidad, por Estados Miembros.

La citada legislación fue derogada por la Directiva 2009/28/CE, que fijó cuotas nacionales obligatorias de consumo de energía procedente de fuentes renovables, que para el conjunto de la UE es del 20%, al igual que España.

Para el cumplimiento de los objetivos, cada estado miembro ha debía adoptar un plan de acción en el que se detallan los objetivos por tecnologías, así como las medidas destinadas a su consecución. Según los datos aportados por el *Plan Español de Energías Renovables (2011-2020)*, la energía solar se situará en 2020 como la tercera fuente renovable en términos de capacidad instalada, por detrás de la eólica y la hidroeléctrica. En términos de crecimiento relativo respecto a 2010, la solar termoeléctrica sería la que registrase un mayor aumento (703,6%), situándose a continuación eólica (167,8%), biomasa (111%), solar fotovoltaica (108,1%) e hidroeléctrica (7%).

Por otro lado, cabe destacar que el citado Plan contempla ayudas financieras que permitan impulsar la investigación con objeto de reducir los costes de fabricación de los diferentes componentes tecnológicos a fin de hacerlos progresivamente más competitivos y, de este modo, reducir al mínimo o incluso, dejar de subvencionar la energía producida. A ello habría que unir la financiación de campañas divulgativas que informasen de las ventajas de la integración de la energía solar en la edificación y en diversos sectores.

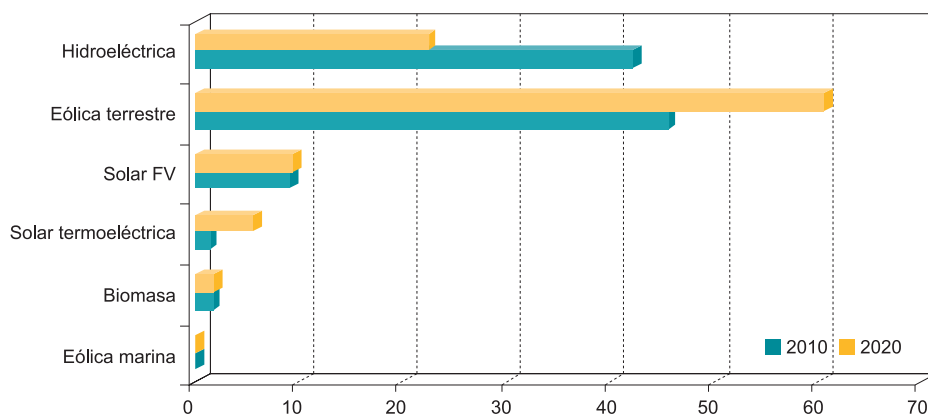
Gráfico 1. Objetivos propuestos por tecnología en el Plan de Energías Renovables (2010 y 2020). En MW*



* La eólica marina no tenía objetivo en 2010 y en 2020 será de 75 MW.

Fuente: PANER (2010). Elaboración propia.

Gráfico 2. Distribución de los objetivos propuestos por tecnología en el Plan de Energías Renovables (2010 y 2020). En porcentaje*



* La eólica marina carecía en cuota en 2010 y ascenderá a 0,1% en 2020.

Fuente: PANER (2010). Elaboración propia.

Tabla 1. Medidas establecidas en el PANER destinadas al fomento de la energía solar (2011-2020)

Denominación de la medida	Tipo de medida	Resultado esperado	Grupo y/o actividad a la que se destina
Desarrollo de tecnologías	Financiera	Reducción de costes	Centros tecnológicos, fabricantes y promotores
Impulso de proyectos de desarrollo tecnológico (investigación y demostración) que permitan optimizar las instalaciones de climatización solar	Financiera/campaña de información	Mejora de la rentabilidad	Centros tecnológicos, fabricantes, instaladores y usuarios
Difusión de la energía solar incidiendo en las ventajas de la integración de la energía solar en la edificación	Campaña de información	Cambio de visión	Instaladores, promotores y usuarios finales
Medidas de difusión para la introducción de la energía solar en el sector agropecuario, industrial y servicios	Campaña de información	Cambio de comportamiento	Sectores agropecuario, industrial y servicios

Fuente: PANER (2010). Elaboración propia.

En el contexto descrito, los objetivos del presente estudio son:

- Definir qué es la energía solar y describir las diferentes tecnologías disponibles en la actualidad.
- Presentar la evolución de la potencia instalada en el contexto internacional.
- Examinar el potencial de aprovechamiento solar de nuestro país por regiones.
- Detallar la cobertura de las energías renovables en la demanda de energía eléctrica.
- Analizar la estructura de la oferta en sus tres segmentos (solar fotovoltaico, termoeléctrico y termosolar).
- Describir los cambios normativos que han afectado al sector en los últimos años.

2. ¿Qué es la energía solar?

La energía solar consiste en transformar la radiación solar en energía calorífica o eléctrica. La forma en la que esta transformación se consiga define los tres tipos de aprovechamiento energético que existen (solar fotovoltaico, solar termoeléctrico y termosolar).

2.1. Energía solar fotovoltaica

Permite obtener electricidad directamente captando la luz solar mediante sistemas específicos que reciben el nombre de módulos fotovoltaicos, los cuales están integrados por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas entre sí.

Los sistemas fotovoltaicos pueden conectarse a la red de distribución eléctrica (*on grid*) o instalarse en zonas aisladas (*off grid*), es decir, en lugares donde no existe punto de conexión. En este último caso es necesario que la instalación disponga de baterías en las que se almacena la energía producida durante las horas de radiación solar. Como particularidad, admiten la posibilidad de complementarlas con una microturbina que funciona con viento.

Se diferencian tres grupos de tecnologías: silicio cristalino, película delgada y alta concentración.

a) Cristalina

Dentro de esta categoría se puede, a su vez, distinguir entre tres variantes, en función del proceso de fabricación de los paneles de silicio:

- **Monocristalina.** La composición de las células es de un único cristal de silicio (Mono-c-Si). El silicio se purifica, funde y cristaliza en lingotes que son cortados en finas obleas para hacer las células. Éstas tienen un color uniforme, bien azul o negro.

- **Multicristalina (pSi).** Las células están fabricadas por diversos cristales de silicio. Presentan un aspecto rugoso y su color no es homogéneo. Además, su rendimiento es ligeramente inferior al de las células monocristalinas debido a la menor calidad de la materia prima (Tabla 3).
- **Silicio “Ribbon” o silicio amorfo.** El proceso de fabricación difiere de los anteriores, y consiste en el estiramiento del silicio fundido en lugar de emplear lingotes.

b) Capa fina o película delgada (thin film)

El conjunto de tecnologías que se agrupan bajo esta denominación (Si-a, CdTe, CIS y CIGS) se caracterizan por aprovechar materiales de un buen coeficiente de absorción a la radiación solar y por el bajo coste de producción al emplear menos cantidad de materia prima. Estas tecnologías presentan margen de mejora energética y en el caso del CIGS es previsible que se iguale a la multicristalina a medio plazo.

c) De concentración

Constituye la tercera generación de células fotovoltaicas, las cuales se caracterizan por incorporar una lente que aumenta la incidencia de la luz solar. Esta tecnología de alta concentración goza todavía de una escasa implantación comercial, debido a que es muy novedosa y los componentes utilizados en su diseño, como células multiunión de alta eficiencia y ópticas de concentración, se están comercializando a bajo coste, sólo desde hace unos años. El número de empresas dedicadas a la concentración en el mundo ha crecido espectacularmente en los últimos cuatro años y, actualmente, hay más de 60 empresas dedicadas a su diseño y fabricación.

La principal ventaja que presenta la concentración fotovoltaica es la mayor eficiencia del sistema en comparación con los tradicionales de silicio de primera y segunda generación, así como su mayor capacidad de producir energía en lugares de alta radiación solar. El actual reto reside en abaratar la tecnología y en aumentar el volumen de implantación en el mundo.

Tabla 2. Principales aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Hogares con acceso a la red eléctrica
Electrificación de casas aisladas
Huertos solares
Bombeo de aguas subterráneas
Funcionamiento de farolas, balizas de señalización, repetidores, antenas de radio, vallas publicitarias, etc.

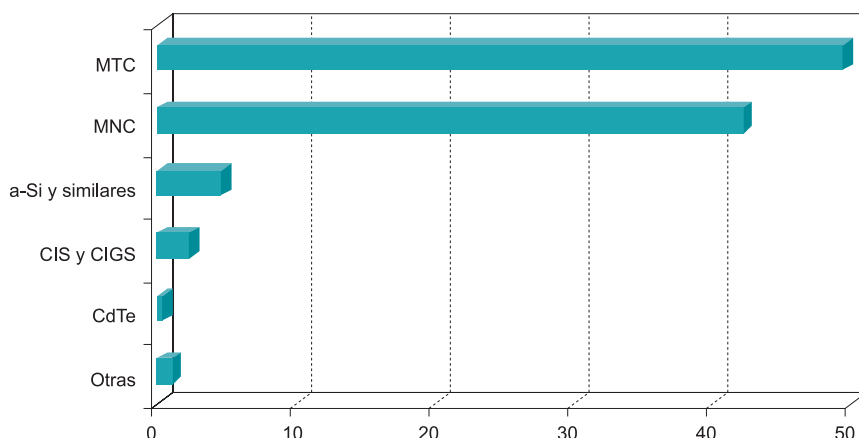
Tabla 3. Caracterización de los principales tipos de tecnología fotovoltaica existentes a nivel comercial*

Tecnología	Características
Silicio monocristalino	* Conversión energética en módulo $\approx 16\%$ * Amplia experiencia comercial * Costosa manufactura
Silicio multicristalino	* Conversión energética en módulo $\approx 14\%$ * Tecnología contrastada * Proceso de fabricación ligeramente más barato que el monocristalino
Silicio amorfo	* Conversión energética en módulo $\approx 7\%$ * Uso de material menos intensivo * Menor coste de producción (respecto al silicio cristalino)
CIGS	* Conversión energética en módulo $\approx 12\%$ (incremento hasta 14% en los próximos tres años) * Costes de producción inferiores ($\approx 30\%$) respecto al silicio multicristalino
De concentración	* Mayor conversión energética respecto a las tecnologías citadas ($\approx 25\%$) * Instalarse en lugares de alta incidencia solar

* La conversión energética hacia referencia al porcentaje de radiación solar transformado en energía eléctrica.

Casi el 50% de los modelos de módulos fotovoltaicos que existen actualmente en el mercado son multicristalinos, y un 42,2% monocristalinos. La tecnología de silicio amorfo representa en torno al 4,6%, en tanto que el peso de CIS y CIGS es del 2,3%. En total, la capa fina tiene una representación del 6,9% y es previsible que esta cuota aumente en los próximos años dados los menores costes de producción y el mayor margen de aumento de la eficiencia respecto a la cristalina.

Gráfico 3. Distribución porcentual de las tecnologías de células fotovoltaicas (2010-2011)



Fuente: Photon (2011b). Elaboración propia.

En general, la energía fotovoltaica es apropiada en plantas cuya ubicación sean zonas con un nivel de disponibilidad de recurso solar medio, así como para su integración arquitectónica (fachadas, tejados, muros, etc.). La elección del tipo de célula depende entre otros factores, de la potencia que se espera conseguir, la superficie disponible y la localización geográfica.

2.2. Energía solar termoeléctrica

También se le denomina CSP (*concentrating solar power*). Consiste en generar electricidad a partir de la energía recogida en campos solares de alta concentración. Se diferencian varios tipos de instalaciones en función de las tecnologías empleadas: colectores cilíndricos parabólicos, discos parabólicos, central de torre y reflectores Fresnel.

a) Colectores cilíndrico-parabólicos (CCP). Son reflectores de espejo cóncavos de grandes dimensiones¹ dispuestos longitudinalmente, donde se concentra la luz solar, que a su vez se focaliza en unos tubos receptores localizados en la línea focal del canal². En

¹ Suelen tener 5-6 metros de anchura y una longitud de 12-13 metros.

² La radiación concentrada es amplificada 80 veces más que la radiación solar. Estos tubos desempeñan un papel fundamental ya que convierten la radiación solar en calor. El tubo interior de acero, está envuelto en otro de un vidrio borosilicato, recubierto de material antirreflectante.

el interior de estos tubos transita un fluido de transferencia de calor que se calienta por los rayos solares hasta 400 °C y se bombea a intercambiadores de calor para producir vapor sobrecalentado. Éste se convierte en energía eléctrica mediante turbinas. Estas plantas pueden ser de ciclo combinado si se apoyan de gas para su funcionamiento.

Los componentes principales son reflector cilíndrico-parabólico, tubo receptor-absorbedor, sistema de seguimiento del sol y estructura metálica que sujeta el conjunto.

Esta tecnología aplicada a la producción de electricidad goza de una elevada madurez técnica y comercial debido a la dilatada experiencia aportada por las plantas solares de California desde los años 80³. La principal desventaja es la limitación de la temperatura máxima de funcionamiento al emplear como fluido transmisor aceite térmico, lo que limita la eficiencia de las instalaciones⁴. Para subsanar esta debilidad, se está experimentando con fluidos alternativos como sales fundidas o gas a presión.

b) Discos parabólicos. Es un sistema de estructura individual con seguimiento de dos ejes del reflector, que consta de un disco parabólico de gran diámetro y un motor, generalmente de tipo Stirling⁵ ubicado en su área focal. El disco parabólico actúa de concentrador solar y mediante un generador acoplado en el motor se transforma la energía cinética en electricidad.

c) Central de torre (o receptor central). Está formada por un conjunto circular de helióstatos⁶ móviles que orientan la radiación solar hacia un receptor situado en la parte superior de una torre. El traslado de la energía térmica se realiza mediante un fluido que puede ser aire caliente, vapor de agua, sales fundidas o aire comprimido, el cual se propaga a una turbina que acopla un generador, cuya función es la de producir electricidad.

d) Reflectores lineales Fresnel (compact linear fresnel reflectors). Los espejos de vidrio planos, denominados reflectores primarios, se ubican linealmente y son los encargados de concentrar la radiación solar, la cual a su vez, se focaliza en un receptor superior (tubo absorbedor). Parte del fluido térmico que transita en su interior (agua) se convierte en vapor saturado, el cual se recoge en un tambor y a través de un generador de turbina se produce energía eléctrica.

³ Entre 1984 y 1990 se construyeron en California nueve centrales eléctricas termosolares de colectores cilíndrico parabólicos con una potencia acumulada de 354 MW.

⁴ A mayor temperatura existe una mejora del rendimiento de la planta (más kW/h con la misma radiación solar).

⁵ Este motor lleva el nombre de su inventor, Robert Stirling.

⁶ Los helióstatos son grandes espejos de tracción individual, característica ésta que permite mantener el reflejo de los rayos solares en un punto focal.

Esta tecnología, aunque está menos contrastada a escala comercial que la de colectores cilíndrico parabólicos, presenta algunas ventajas:

- Descenso de los costes de construcción.
- Consumo reducido de energía en la instalación.
- Bajo consumo de agua.
- No necesita aceites térmicos.

Tabla 4. Características de las tecnologías solar termoeléctrica

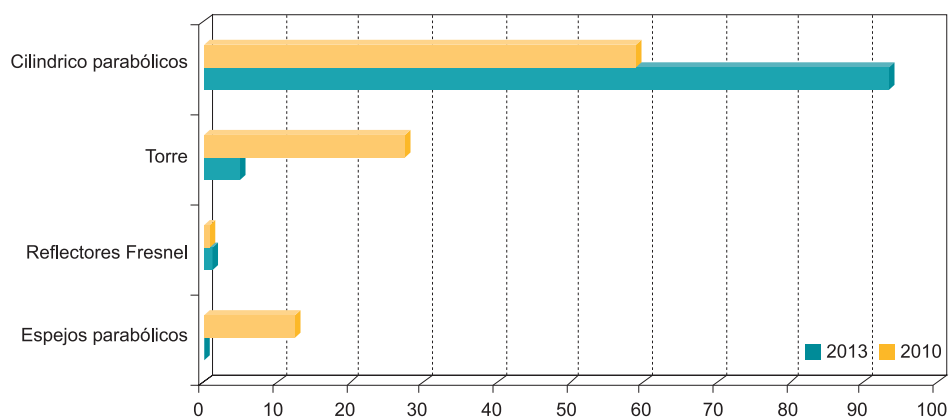
Tecnología	Caracterización
Colectores cilíndrico-parabólicos	- Tecnología avanzada y solvente: dilatado nivel de experiencia comercial - Techo de la temperatura de funcionamiento comercial 400 °C (margen de recorrido hasta 500 °C) - Consumo interno de agua para refrigeración (5 l/kW hora); como alternativa: aroenfriadores (productividad se reduce en torno a un 3%) - Aumentar la temperatura (fase experimental): sustituir el actual fluido térmico (aceite mineral) por vapor de agua, sales fundidas o gas a presión (dióxido de carbono o nitrógeno) - Tamaño típico de una instalación: 50-250 MW
Discos parabólicos	- Temperatura máxima de 600 °C - Escalabilidad (potencia 3-25 kW/disco) - Incipiente desarrollo comercial - Tamaño típico de una instalación: 3-5 kW/disco
Torre central	- Temperatura de 550 °C a escala comercial (margen de variación según fluido empleado hasta 1.100 °C) - Reducida experiencia comercial acumulada - Únicas plantas en funcionamiento (PS 10 y PS 20) en Sanlúcar la Mayor (Sevilla) - Tamaño típico de una instalación: 10-200 MW
Reflectores Fresnel	- Temperatura máxima 300 °C (margen de crecimiento hasta 450 °C) - Consumo reducido de energía en la instalación - Consumo exiguo de agua - Escasa experiencia comercial: Puerto Errado I (Calasparra, Murcia) es la única planta comercial operativa en el mundo

Como característica a destacar, existe la posibilidad de aprovisionar las plantas con un sistema de almacenamiento de energía (del tipo acumulador térmico) mediante el cual se sigue generando energía eléctrica después de la puesta del sol.

Las tecnologías termosolares son adecuadas para la explotación comercial en grandes plantas que pueden llegar a alcanzar 250 MW de potencia y en zonas con un alto nivel de radiación solar. La posibilidad de ser gestionadas en combinación con otra fuente energética como gas o biomasa, las convierte en una alternativa atractiva frente a otras tecnologías no renovables.

Atendiendo a las plantas en servicio en 2010, la tecnología predominante es la de colectores cilíndrico parabólicos (93,6%), en tanto que la de torre central representa el 5,1%. El resto corresponde a reflectores Fresnel y discos parabólicos (1,1% y 0,2%, respectivamente). A largo plazo, se espera que la primera de las citadas pierda representatividad en detrimento del receptor central y los espejos parabólicos (Gráfico 4).

Gráfico 4. Grado de implantación mundial de las diferentes tecnologías de energía solar termoeléctrica (2010 y 2013). En porcentaje*



* Los datos relativos a 2013 son indicativos. Los porcentajes se han obtenido a partir de proyectos cuyo inicio de construcción está previsto para antes de 2013.

Fuente: Photon (2010). Elaboración propia.

2.3. Energía solar térmica (o de baja temperatura)⁷

Consiste en generar energía calorífica a través de captadores solares por los que circula un fluido térmico, y transferirla a un sistema de almacenamiento. Estos sistemas se complementan con fuentes de energía convencionales en el caso de que no exista suficiente radiación solar.

Las aplicaciones que presenta son diversas: calentar agua corriente sanitaria, climatizar piscinas, servir de fuente energética complementaria para instalaciones de calefacción o en procesos industriales.

3. La energía solar en el contexto internacional

A continuación se presentan las principales magnitudes del sector de la energía solar en el contexto internacional.

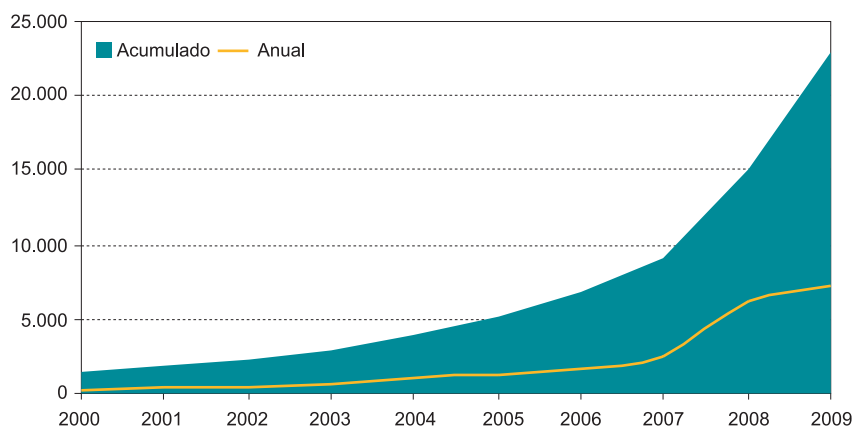
3.1. Energía solar fotovoltaica

La UE es el mayor mercado del mundo en la producción de energía eléctrica a partir de paneles solares fotovoltaicos. De los datos aportados por la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), cerca del 80% de la potencia total instalada en el mundo se concentró en el viejo continente en 2009. Le siguieron Japón y EEUU con sendas cuotas del 6,7% y 6,6%. Por su parte, China, Corea del Sur y Canadá concentraron conjuntamente un 5,5%. En total, al cierre del citado ejercicio la potencia instalada era de 23.000 MW.

Un indicador representativo de la demanda lo constituye la evolución de la producción de células fotovoltaicas. A partir de los datos aportados por Photon, se constata la existencia de crecimientos interanuales muy intensos, superiores al 50% entre 2007 y 2009 (Gráfico 5). Considerando el periodo 2004-2009, el crecimiento acumulado ha sido de un 880,7%.

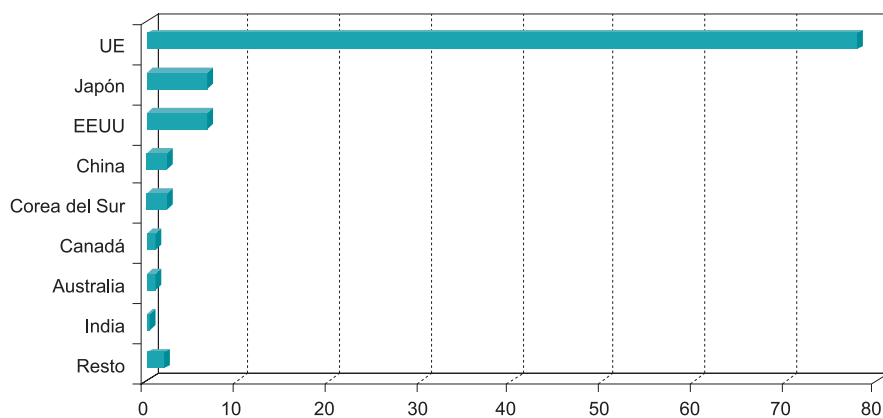
⁷ Se denomina *de baja temperatura* ya que no se sobrepasan los 100 °C.

Gráfico 5. Evolución de la potencia anual y acumulada de energía solar fotovoltaica en la UE-27 (2000-2009). En MW



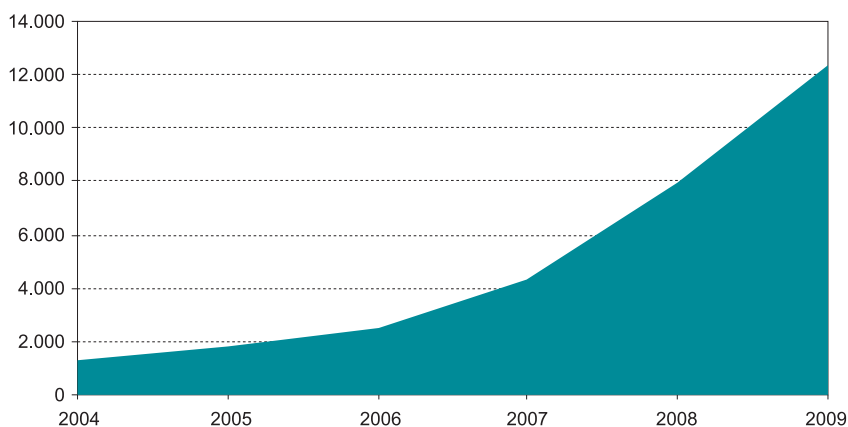
Fuente: Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) (2010). Elaboración propia.

Gráfico 6. Distribución mundial de la potencia instalada (2009). En porcentaje



Fuente: ASIF (2010). Elaboración propia.

Gráfico 7. Evolución de la producción de células fotovoltaicas (2004-2009)



Fuente: Photon (2010). Elaboración propia.

3.2. Energía solar termoeléctrica

El país pionero en la promoción de la energía solar termoeléctrica es EEUU. Allí se instaló la primera planta en el mundo de tecnología cilíndrico parabólica, que empezó a funcionar en 1984. Le siguieron otras siete de 30 MW cada una y, posteriormente las denominadas SEGS VIII y IX de 160 MW. En total, hay casi 360 MW funcionando en el desierto de Mojave (California).

Sin embargo, España a pesar de incorporar a escala comercial esta energía renovable mucho más tarde ha logrado superar a EEUU en potencia instalada. Al cierre de 2010, nuestro país ostentaba una cuota de mercado ligeramente superior al 50%, situándose a continuación EEUU, Argelia, Egipto, Marruecos e Italia.

Cuadro 1. Caracterización de las primeras mayores plantas comerciales termoeléctricas construidas en el mundo

La compañía norteamericana LUZ International Limited fue la encargada de diseñar y construir las plantas solares termoeléctricas SEGS de colectores cilíndrico parabólicos, las de mayor tamaño operativas a escala comercial hasta la entrada en funcionamiento de Andasol I en España, en 2008.

El complejo SEGS, ubicado en el desierto de Mojave, está formado por nueve instalaciones que pueden funcionar con gas hasta en un 25% del total de la producción anual de energía eléctrica. La primera planta (SEGS I) desarrolla 13,8 MW y fue inaugurada en diciembre de 1984. La segunda instalación entró en funcionamiento un año después, siendo su potencia de 30 MW, al igual que las SEGS III-VII.

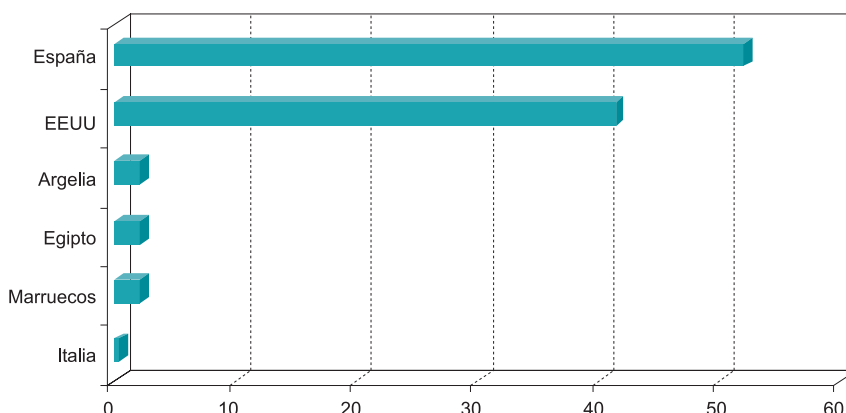
Las plantas SEGS I y II no obtuvieron el nivel de rendimiento esperado y en las siguientes se fueron introduciendo progresivamente mejoras tecnológicas entre las que caben citarse el aumento del tamaño de los colectores cilíndrico parabólicos y una mayor capacidad absorbidora de los tubos receptores. Fruto de estos avances, se consiguió disminuir el coste del kWh producido desde los 22 céntimos de US\$ de la planta SEGS I a 9 céntimos en las plantas SEGS VIII y IX; y también, aumentar el número de kWh de electricidad producidos anualmente por cada m² de colector solar, pasando de 360 kWh/m² de la planta SEGS I a 530 kWh/m² de la planta SEGS VIII.

Otros dos proyectos a tener en cuenta, éstos de carácter experimental, son Solar ONE y Solar TWO, ubicados también en California. A diferencia de las anteriores, la tecnología empleada fue la de torre central. El proyecto Solar ONE estuvo operativo entre 1982-1987 y puso de manifiesto ciertas limitaciones tecnológicas. Su sucesora fue Solar TWO, que estuvo operativa entre 1996-1999, incorporó como principal innovación el uso de sales fundidas como fluido de trabajo. En definitiva, este proyecto demostró la viabilidad comercial de la tecnología y los aspectos de mejora.

Planta	Capacidad	Localización	Inauguración
SEGS I	13,8	Dagget (CA, EEUU)	1984
SEGS II	30,0	Dagget (CA, EEUU)	1985
SEGS III	30,0	Kramer Jn (CA, EEUU)	1986
SEGS IV	30,0	Kramer Jn (CA, EEUU)	1986
SEGS V	30,0	Kramer Jn (CA, EEUU)	1987
SEGS VI	30,0	Kramer Jn (CA, EEUU)	1988
SEGS VII	30,0	Kramer Jn (CA, EEUU)	1988
SEGS VIII	80,0	Harper Lake (CA, EEUU)	1989
SEGS IX	80,0	Harper Lake (CA, EEUU)	1990

Fuente: Zarza (2010). Elaboración propia.

Gráfico 8. Participación de la potencia instalada de energía solar termoeléctrica en el mundo (2010). En porcentaje



Fuente: Asociación Española de la Industria Solar Termoeléctrica (Protermosolar). Elaboración propia.

3.3. Energía solar térmica

La energía solar térmica ha registrado un intenso crecimiento en la UE, a una tasa media del 17% en el periodo 2005-2009. Realizando un análisis más detallado, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

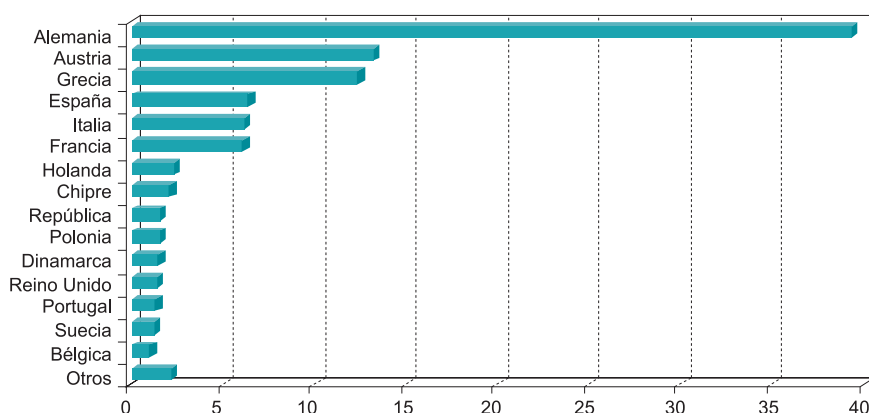
- Alemania es, con diferencia, el país donde hay una mayor superficie de captadores solares térmicos instalados, casi 13 millones de m², siendo su cuota de mercado del 39,3%. Las siguientes posiciones corresponden a Austria, Grecia, España, Italia, Francia. En el cómputo global este grupo representa el 84% del mercado europeo.
- Los países que han registrado una mayor expansión de la superficie solar térmica en el periodo analizado han sido Irlanda, República Checa, Bélgica, Polonia e Italia.

Tabla 5. Evolución del mercado solar térmico en la UE-27 (2005-2009).
En metros cuadrados instalados acumulados

País	2005	2006	2007	2008	2009	VMA (%)
Alemania	7.109.000	8.574.000	9.419.000	11.307.000	12.899.800	16,1
Austria	2.598.785	3.446.050	3.601.431	3.964.353	4.330.000	13,6
Grecia	3.047.200	3.287.200	3.570.200	3.870.200	4.076.200	7,5
España	795.500	970.500	1.245.000	1.710.000	2.112.000	27,6
Italia	529.711	866.364	1.195.577	1.616.010	2.014.875	39,7
Francia	913.868	1.160.400	1.351.850	1.691.016	1.994.772	21,5
Holanda	536.229	646.000	673.033	703.632	774.345	9,6
Chipre	500.200	560.200	625.200	665.752	700.715	8,8
República Checa	68.780	225.115	324.215	423.750	513.750	65,3
Polonia	122.240	167.750	235.897	365.528	509.836	42,9
Dinamarca	347.520	376.080	399.580	430.880	484.080	8,6
Reino Unido	201.160	252.160	306.160	387.160	476.260	24,0
Portugal	125.200	145.200	303.380	390.000	445.000	37,3
Suecia	257.864	310.000	345.000	388.000	422.000	13,1
Bélgica	79.549	124.013	192.513	280.013	335.013	43,3
Eslovenia	106.300	112.756	124.756	134.012	157.902	10,4
Irlanda	11.096	15.896	35.567	78.454	120.967	81,7
Rumanía	-	69.100	69.600	94.300	114.300	-
Eslovaquia	64.170	72.670	81.670	91.920	104.520	13,0
Hungría	49.000	38.700	46.700	56.700	66.700	8,0
Malta	19.360	23.860	29.360	36.359	44.867	23,4
Bulgaria	-	51.000	56.000	31.600	36.600	-
Finlandia	14.250	18.163	22.163	25.463	28.463	18,9
Luxemburgo	13.400	15.900	10.332	16.809	20.161	10,8
Letonia	2.650	3.850	5.350	6.850	8.350	33,2
Lituania	2.150	2.750	3.450	4.150	4.850	22,6
Estonia	820	1.120	1.470	1.820	2.170	27,5
Total	17.516.002	21.536.797	24.274.454	28.771.731	32.798.496	17,0
Variaciones int. (%)	-	23,0	12,7	18,5	14,0	-

Fuente: ASIT (2011) y Barómetro EurObserv'ER, Mercado Europeo Solar Térmico (varios años). Elaboración propia.

**Gráfico 9. Capacidad acumulada de colectores solares instalados (2009).
En porcentaje**



Fuente: ASIT (2011) y EurObserv'ER (2010). Elaboración propia.

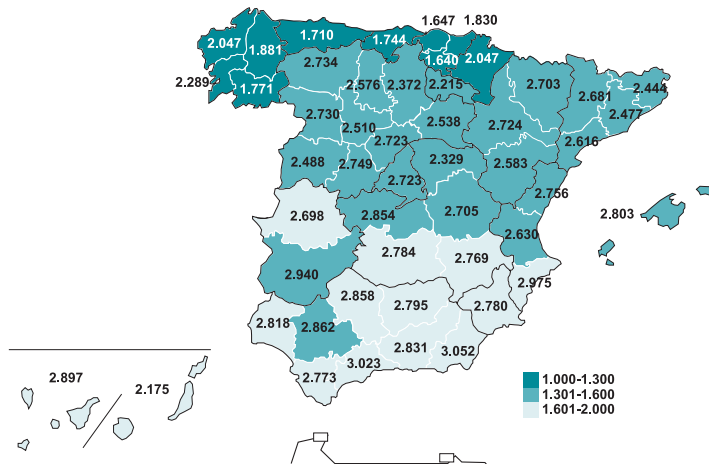
4. Intensidad solar en España

La fuerza de la luz solar se mide en términos de radiación, concepto que se define como la intensidad de la luz solar, expresada en vatios hora por m²/día. Su variación depende del momento del día y del año, así como del lugar y de las condiciones climáticas.

El potencial de aprovechamiento energético de nuestro país a partir de la radiación solar es muy elevado, si bien varía entre provincias. Tal y como se contempla en el Mapa 2, 28 provincias están por encima de la media española aunque 11 destacan por sobrepasar en un 10% la media (100%). Por orden de importancia, se trata de Santa Cruz de Tenerife, Murcia, Las Palmas, Huelva, Almería, Alicante, Málaga, Córdoba, Cáceres, Cádiz y Granada.

En el extremo opuesto, se encuentran Guipúzcoa, Asturias, Vizcaya, Álava, Cantabria, La Coruña, Orense, Lugo, Navarra y Pontevedra cuyo intervalo está por debajo de la media española oscila entre un 26,4% y un 9,7%.

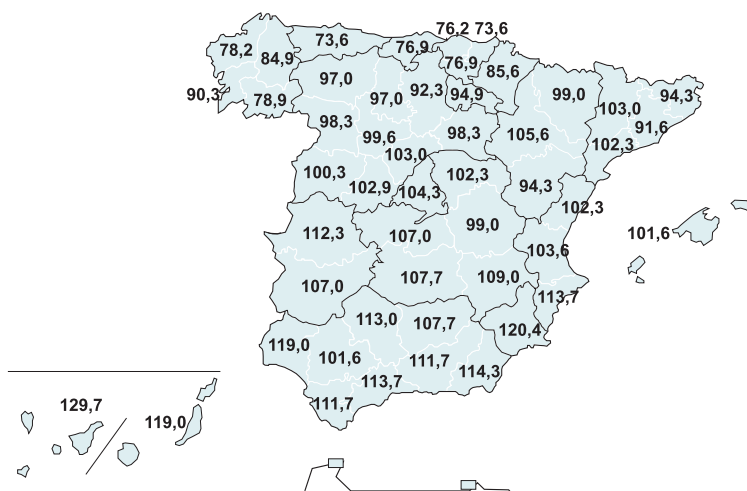
Mapa 1. Mapa solar de España*



*La cifra indica el número de horas al año y el degradado son los Kw/h por m².

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2006).

Mapa 2. Distribución porcentual de la intensidad solar en España por provincias.
Índice 100 = media de España



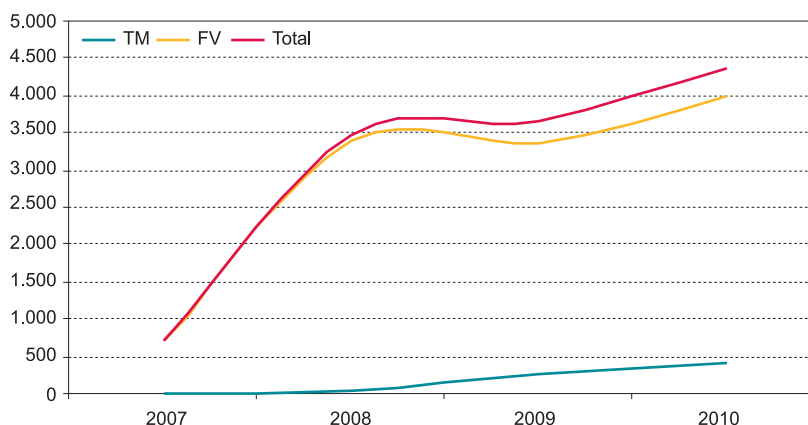
Fuente: IDAE (2006). Elaboración propia.

5. Potencia instalada en España

La potencia de energía solar en España se situó al cierre del ejercicio 2010 en 4.379 MW, correspondiendo el 90,9% a fotovoltaica y el resto a termosolar. Esta última registró un importante salto cuantitativo en 2009 con un aumento de un 442%. Por tecnologías, se constata que la de colectores cilíndrico parabólicos es la de mayor implantación (95,6%), seguida de la de torre central (4,2%) y reflectores Fresnel (0,2%).

La potencia instalada de captadores solares térmicos viene registrando un descenso interanual de en torno al 13% entre 2008 y 2009. Este declive se debe a la desaceleración de la construcción de viviendas, si bien la entrada en vigor del *Código Técnico de la Edificación*⁸ en 2006 impulsó la actividad los dos siguientes años. Esta normativa incorporó varias exigencias en materia de ahorro de energía, algunas de las cuales se describen a continuación:

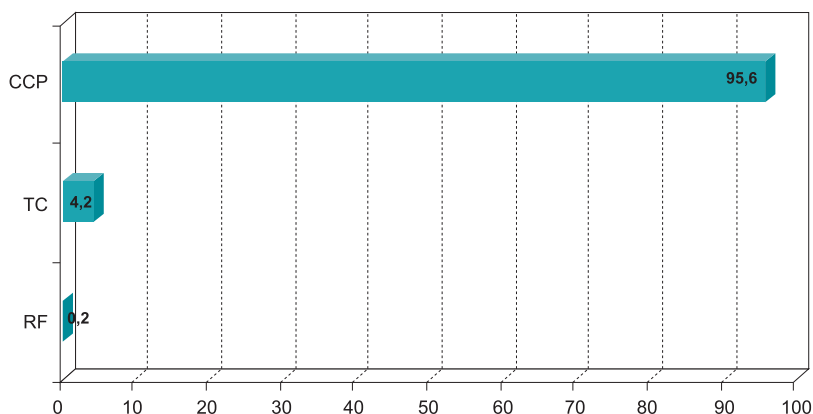
Gráfico 10. Potencia instalada de energía solar (fotovoltaica, termoeléctrica y solar) en España (2007-2010). En MW



Fuente: Comisión Nacional de la Energía (CNE).

⁸ El *Código Técnico de la Edificación* es el marco normativo por el que se regulan las exigencias de calidad que deben cumplir los edificios en materia de habitabilidad y seguridad. Desde el 29 de septiembre es de aplicación obligatoria las 5 exigencias básicas de ahorro de energía (HE). No obstante, la exigencia HE 1 fue de cumplimiento obligado desde el 29 de marzo de 2006, excepto si se optó por seguir aplicando la norma básica de la edificación CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios.

Gráfico 11. Distribución de potencia instalada de energía solar termoeléctrica por tecnologías en España (2010). En porcentaje*



CCP: Colectores cilíndricos parabólicos; TC: Torre central; RF: reflectores Fresnel.

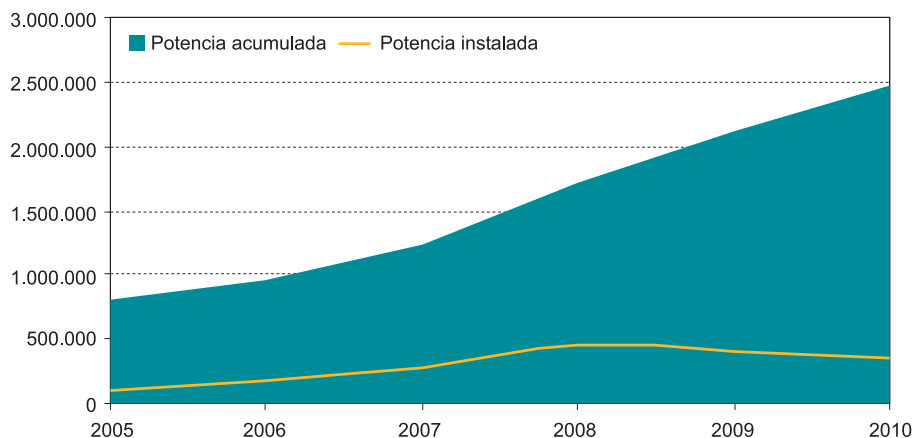
* La cuota de reflectores Fresnel no es significativa (inferior al 0,5%).

Fuente: Protermosolar y datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

- **Instalaciones de iluminación.** Los edificios deben estar diseñados para optimizar el aprovechamiento de la luz natural y han de disponer de sistemas de control que permitan ajustar su encendido a la ocupación real de la zona.
- **Contribución solar de agua caliente sanitaria.** Los edificios de cualquier uso, bien sean de nueva construcción o rehabilitación, en los que exista demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta tienen la obligación de incorporar captadores solares térmicos que cubran un mínimo de estas necesidades energéticas.
- **Contribución fotovoltaica.** Los edificios destinados a determinados usos (hipermercado, centros de ocio, nave de almacenamiento, administrativos, hoteles, hostales, hospitales y pabellones de recintos feriales), siempre y cuando superen unos determinados límites de superficie⁹, han de instalar una potencia mínima de energía solar fotovoltaica.

⁹ En el caso de hoteles, hostales y hospitales el límite de aplicación atiende a la variable capacidad.

Gráfico 12. Evolución de la energía solar térmica en España (2005-2010). En m²



Fuente: ASIT (2011). Elaboración propia.

A juicio de ASIT¹⁰, la evolución de la actividad en los próximos años va a continuar la misma tónica de desaceleración. Para tratar de invertir esta tendencia, propone un marco estable a largo plazo cuyas medidas se concreten en:

- Fomentar nuevas aplicaciones como la climatización y apostar por el segmento rehabilitación.
- Premiar el factor eficacia de las instalaciones en los programas de ayuda públicos.
- Establecer un modelo específico de “régimen especial” que retribuya el factor kwh frente a la superficie instalada.

¹⁰ ASIT (2011), p. 3.

6. Estructura de la oferta del sector solar en España

Dado que bajo el concepto de energía solar se encierran diversas formas de aprovechamiento y tecnologías, la tipología de agentes productivos es también muy variada. A continuación se describen los diversos tipos que operan en este mercado.

6.1. Energía solar fotovoltaica

En el caso de la energía fotovoltaica, además de los dueños de las plantas solares, se encuentran un conjunto de agentes que intervienen en la cadena de valor (Figura 2). Podemos enumerar los siguientes: productores de silicio de calidad solar, de obleas, de células y de paneles.

En lo que respecta a los primeros niveles de la cadena de valor representada en el Diagrama 1, en España existen 2 productores de silicio de calidad solar –Silicio Ferrosolar y Siliken– y otros 2 fabricantes de obleas de silicio (DC Wafers y Silicio Solar). La producción de células la componen Cel Celis, Isofotón, Pevafersa y Solaria Energía y Medio Ambiente.

Diagrama 1. Cadena de valor de la producción de paneles fotovoltaicos

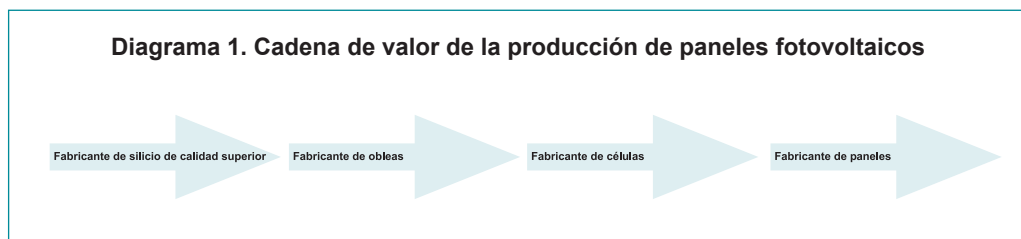


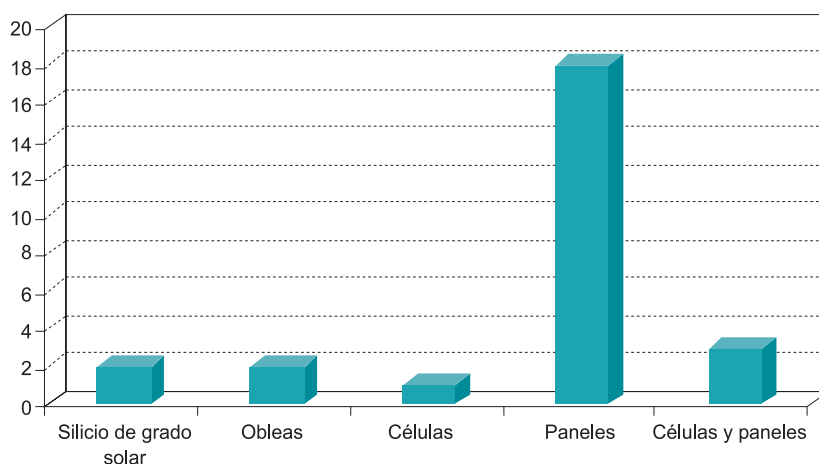
Tabla 6. Caracterización de los productores de silicio y obleas de silicio en España (2011)

Empresa	Localización fábrica	Tipo de silicio	Entrada en funcionamiento	Nacionalidad
Silicio de calidad solar				
Silicio Ferrosolar	Arteixo (La Coruña)	-	2009	Española
Siliken	Casas Ibáñez (Albacete)	-	2010	Española
Obleas de silicio				
DC Wafers	Valdelafuente (León)	PLC	2009	Española
Silicio Solar	Puertollano (Ciudad Real)	MNC; MTC	2005	Holandesa

Nota: MNC: monocristalino; MTC: multicristalino.

Fuente: Empresas consultadas y ASIF. Elaboración propia.

Por lo que respecta a la producción de paneles fotovoltaicos (silicio y capa fina), la capacidad operativa en España ronda la cifra de 800 MW, existiendo un total de 20 plantas productivas que pertenecen a 18 fabricantes. Asimismo, cabe destacar que tres empresas son productoras de células y paneles. Se trata de Isofotón, Pevafersa y Solaria Energía y Medio Ambiente.

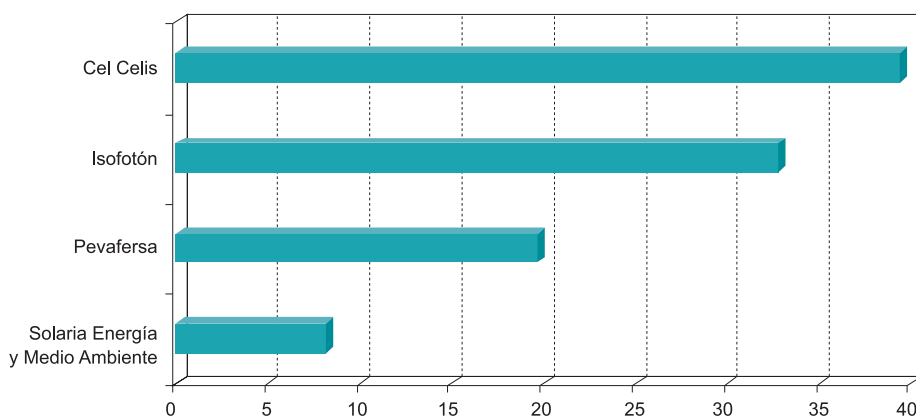
Gráfico 13. Distribución de la industria solar fotovoltaica (2011). En porcentaje*


* Los fabricantes de células y paneles son de silicio y/o capa fina.

Fuente: ASIF y empresas consultadas. Elaboración propia.

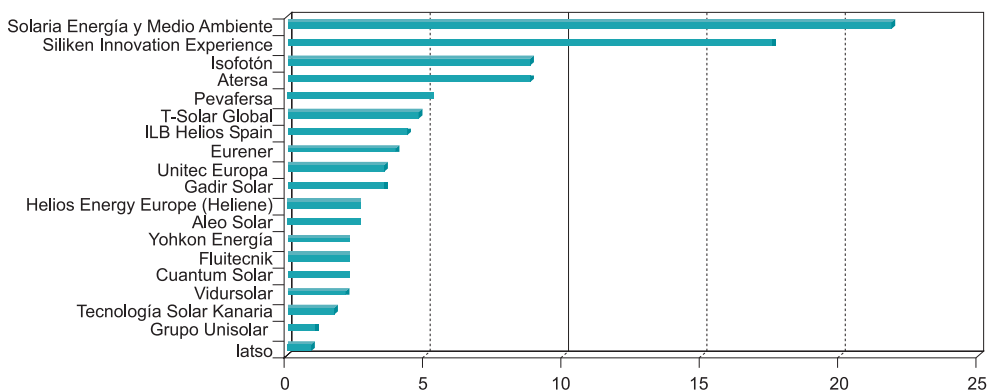
Atendiendo a la distribución del mercado de células, Cel Celis es la primera empresa por capacidad productiva (120 MW), situándose a continuación Isofotón, Pevafera y Solaria Energía y Medio Ambiente. En cuanto a paneles fotovoltaicos, el *ranking* lo lideran ésta última empresa, Siliken Innovation Experience y Atersa (Gráfico 15).

Gráfico 14. Cuotas de mercado de los fabricantes de células fotovoltaicas en España por capacidad productiva (2011). En porcentaje*



* Los fabricantes de células y paneles son de silicio y/o capa fina.

Gráfico 15. Cuotas de mercado de los fabricantes de paneles fotovoltaicos en España (2011). En porcentaje sobre la capacidad productiva



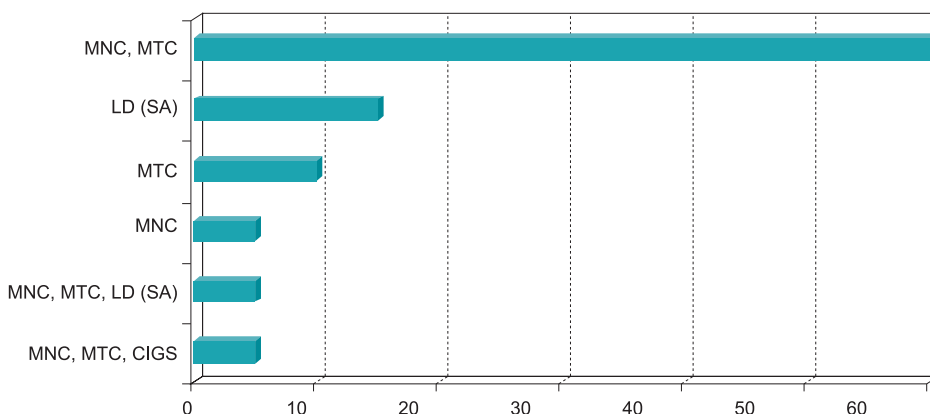
Por lo que concierne al nivel de especialización productiva de la industria española de paneles solares, destacan los fabricantes que producen simultáneamente productos de silicio monocristalino y multicristalino. La tecnología de silicio amorfo es la segunda por orden de importancia (Gráfico 16).

En cuanto a la nacionalidad del tejido productivo, la práctica totalidad de las empresas son de capital mayoritario español. Únicamente Aleo Solar es extranjera (alemana).

Entre las empresas fabricantes de paneles fotovoltaicos más significativas de las que hemos podido recabar información se encuentran, por orden alfabético: Atersa, Eurener, Fluitechnik, Gadir Solar, Guascor Solar Corporation, Heliene, Iatso, Isofotón, Pevafersa, Siliken, Solaria Energía y Medio Ambiente, T-Solar Global, Unitec Europa y Yohkon Energía.

- **Atersa.** Fruto de la fusión de las empresas Elecsol y Atesol, fundadas en 1979 y especializadas en la distribución de material solar fotovoltaico, nace Atersa en 1983. Desde sus inicios, desarrolla, fabrica y comercializa todos los componentes necesarios para la configuración de un sistema solar fotovoltaico a través de sus líneas de producción propias en Valencia y oficinas comerciales en Madrid, Valencia, Córdoba y Milán.

Gráfico 16. Nivel de especialización productiva de la industria de módulos solares por tecnología de silicio y capa fina (2011)



- **Eurener.** Es una empresa multinacional, con sede en Bigastro (Alicante) y filiales en Italia y Portugal, especializada en la producción de paneles fotovoltaicos de alta calidad. Además, comercializa y suministra todos los equipamientos necesarios para una completa instalación solar fotovoltaica o solar térmica y desarrolla proyectos llave en mano de energía solar. Actualmente Europa (Alemania, Austria, Bélgica, España, Francia, Holanda, Italia, Portugal y República Checa) es la principal área geográfica donde se concentran las ventas de la compañía. Otros mercados a destacar son: Turquía, Norte de África (Argelia, Marruecos y Túnez) así como Sudamérica (Argentina, Chile y México).
- **Fluitemnik.** Fue creada en Pamplona en el año 1990 como empresa suministradora de componentes neumáticos. Desde 1999, cuenta con una división especializada para dar servicio a la industria de la energía eólica (fabricación de componentes para aerogeneradores y presta servicios de asistencia técnica). La capacidad de industrialización se ha acrecentado con el transcurso del tiempo y en 2008 inició la actividad de producción de módulos fotovoltaicos, a ésta hay que unir la de componentes para el sector termoeléctrico un año después. Actualmente, las tres unidades estratégicas de negocio son: Industrial, Wind Energy y Solar. Esta última se centra en la producción de módulos fotovoltaicos y en la promoción de parques llave en mano.
- **Gadir Solar.** Es una filial de Cadmos Energías Renovables, empresa dedicada a la cadena de valor de la energía fotovoltaica. Fabrica paneles, construye parques fotovoltaicos, los explota y mantiene. Estas actividades las realiza tanto para plantas de su propiedad como de terceros, en España así como en el extranjero.
- **Iatso.** Desde 2008 produce módulos fotovoltaicos y sistemas de fijación al suelo y, comercializa los demás componentes para instalaciones fotovoltaicas, tanto para el suelo, como para techos.
- **Isofotón.** Ubicada en Málaga, fue fundada en 1981 como una *spin off* de un proyecto universitario. Sus tres líneas de negocio son: producción de módulos fotovoltaicos convencionales y de seguidores de última generación, producción de módulos fotovoltaicos de alta concentración y desarrollo de proyectos fotovoltaicos.

- **Pevafera.** Es una de las pocas empresas españolas que fabrica además de paneles, células fotovoltaicas en su centro de Toro (Zamora). Esta instalación también produce estructuras de fijación y sistemas de seguidores solares a dos ejes. Es especialista en la fabricación de paneles a medida para la integración arquitectónica.
- **Siliken.** Es una empresa internacional dedicada al desarrollo de soluciones aplicables en el sector de las energías renovables, estando especializada en la energía solar fotovoltaica. Sus productos y servicios abarcan desde la producción de silicio de grado solar y la fabricación de módulos fotovoltaicos hasta proyectos llave en mano. Siliken realiza fuertes inversiones en I+D+i para desarrollar nuevos y mejores productos, distinguiéndose por la excelencia de los mismos. Actualmente, Siliken es una de las pocas empresas en el mundo que dispone de una fábrica de silicio de grado solar. Además, cuenta con plantas de producción de paneles fotovoltaicos en España¹¹, Canadá, EEUU, México y Rumania.
- **Solaria Energía y Medio Ambiente.** Fundada en 2002, es desde junio de 2007 la primera empresa solar que cotiza en la Bolsa española. Su actividad se centra en la producción de células y paneles fotovoltaicos en las dos plantas productivas de Puertollano (Ciudad Real) y Fuenmayor (La Rioja)¹². También desarrolla proyectos propios y llave en mano, es operador de sus propias plantas y realiza la actividad de mantenimiento. Su rápida expansión y capacidad de innovación tecnológica la han situado en pocos años como una de las empresas líderes del sector de las energías renovables, permitiéndole iniciar la internacionalización de la compañía en 2009 mediante acuerdos de colaboración como los firmados en Brasil y Grecia, y mediante la apertura de filiales comerciales en países como Italia, Francia y Alemania.
- **T-Solar Global.** Inició su andadura en octubre de 2006. De capital 100% español, T-Solar ha invertido hasta el 31 de diciembre de 2009 más de 1.070 millones de euros en la puesta en marcha de un proyecto empresarial pionero. En su fábrica de San Cibrao Das Viñas (Orense), produce módulos de 5,7 m² con tecnología de capa delgada de silicio amorfo hidrogenado, que permite

¹¹ Las fábricas en España están ubicadas en Casas Ibáñez (Albacete), Pobra de Farnals (Valencia) y Rafelbunyol (Valencia).

¹² En la planta de Fuenmayor se fabrican células solares.

reducir costes y aumentar el rendimiento. Esta factoría, pionera en Europa, está totalmente automatizada y tiene una capacidad de producción de 54 MW anuales. También, es promotor y operador de plantas fotovoltaicas. Actualmente, acumula una potencia instalada de 165 MWp en España e Italia. Además, cuenta con una cartera de proyectos de 40 MWp en Perú y está estudiando otros mercados objetivo como EEUU, Francia, Marruecos, Sur de Europa y Países de Oriente Medio.

- **Unitec Europa.** Ofrece una amplia gama de módulos fotovoltaicos de alta calidad. Sus instalaciones fabriles en España se ubican en Tafalla (Navarra). También su filial china (Nantong), con una capacidad anual de 80 MW, manufactura este mismo producto. La fábrica está situada en la provincia de Jiangsu, en una zona industrial con acceso marítimo. A la actividad citada hay que añadir la de promoción de plantas fotovoltaicas bajo la modalidad llave en mano.
- **Yohkon Energía.** Es una empresa de capital español dedicada a la fabricación de paneles fotovoltaicos. Sus tres líneas de negocio son: módulos, integración arquitectónica y aplicaciones fotovoltaicas. La segunda consiste en la realización de diseños a medida para fachadas, porches, techos y similares. Incluye las líneas de productos *Glass/Glass* (módulos de 140 MWp), *Black Series* (módulos cristalinos y CIGS en color negro) y *Unlimited Series* (módulos a medida en determinados parámetros, tales como color, diseño y potencia). En lo relativo a las aplicaciones fotovoltaicas, se trata de *kits*¹³, carteles solares publicitarios y farolas solares.

En la categoría de alta concentración el número de empresas es bastante inferior. De hecho, en 2011 son tres: Guascor Solar Corporation, Isofotón y Sol 3G. Todas ellas fabrican paneles, a excepción de Isofotón que también manufactura células. En este grupo cabe destacar Guascor Solar Corporation que tiene diversificada su actividad solar en diferentes sociedades, especializadas en diversos campos relacionados con el desarrollo, producción y consultoría en energía solar¹⁴.

¹³ Los *kits* fotovoltaicos son sistemas de generación de energía aislada *plug & play* que admiten la agregación de paneles solares.

¹⁴ Las empresas que componen el Grupo son Guascor Fotón, Guascor Solar, Guascor Promotora Solar y Guascor Solar Operación & Mantenimiento.

Tabla 7. Localización geográfica de las plantas de producción de células y paneles fotovoltaicos de silicio y capa fina en España (2011)

Empresa	Localización de la fábrica
Células	
Cel Celis	San Román de Bembibre (León)
Paneles	
Aleo Solar	Santa María de Palautordera (Barcelona)
Atersa (Elecnor)	Almussafes (Valencia)
Cuquantum Solar	Villariego (Burgos)
Eurener	Bigastro (Alicante)
Fluitemnik	Alsasua (Navarra)
Gadir Solar	Puerto Real (Cádiz)
Guascor Solar Corporation	Ortuella (Vizcaya)
Grupo Unisolar	Béjar (Salamanca)
Helios Energy Europe (Heliene)	Badalona (Barcelona)
Iatso	Ibi (Alicante)
ILB Helios Spain	Camarma de Esteruelas (Madrid)
Siliken Innovation Experience	Pobla de Farnals (Valencia)
	Rafelbunyol (Valencia)
	Casas Ibáñez (Albacete)
Tecnología Solar Kanaria	Aguimes (Gran Canaria, Las Palmas)
T-Solar Global	San Cibrao das Viñas
Unitec Europa *	Tafalla (Navarra)
Vidursolar	Barcelona
Yohkon Energía	Valladolid
Zytech Solar **	La Muela (Zaragoza)
Células y paneles	
Isofotón	Málaga
Pevafersa	Toro (Zamora)
Solaria Energía y Medio Ambiente	Puertollano (Ciudad Real)
	Fuenmayor (La Rioja)

* La fabricación de módulos cesó en 2010.

** La fábrica se encuentra en China. Las oficinas principales están en La Muela (Zaragoza).

Fuente: ASIF y datos facilitados por las empresas del sector. Elaboración propia.

Tabla 8. Empresas fabricantes de células y paneles fotovoltaicos de silicio y capa fina en España (2011)

Empresa	Localización fábrica	Capacidad productiva anual (MW)	Tipos de células	Entrada en funcionamiento de la planta productiva	Actividad	Nacionalidad (capital social mayoritario)	Fabricación de otros componentes o equipos
Células							
Cel Celis Solar Company	San Román de Bembibre (León)	120	MTC	2008	F	ESP	-
Paneles							
Aleo Solar	Santa María de Palautordera (Barcelona)	30	MNC; MTC	2007	F	Alemania (100%)	-
Atersa (Elecnor)	Almussafes (Valencia)	100	MNC; MTC	1995	F	ESP	Farolas led; componentes electrónicos del sistema fotovoltaico
Quantum Solar	Villariego (Burgos)	25	MNC; MTC	2005	F	ESP (100%)	-
Eurener	Bigastro (Alicante)	45	MNC; MTC	2006	F	ESP	Kits fotovoltaicos, farolas solares, marquesinas para paradas de autobuses
Fluitemnik	Alsasua (Navarra)	25	MNC; MTC	2008	F; P	ESP	*
Gadir Solar (a)	Puerto Real (Cádiz)	40	LD (SA)	2009	F; O; P; M	ESP (100%)	-
Grupo Unisolar	Béjar (Salamanca)	12	LD (SA)	2007	F (c)	ESP (100%)	Captadores solares térmicos
Helios Energy Europe (Helene)	Badalona (Barcelona)	30	MNC; MTC	2007	F	ESP	-
Hellin Energética (b)	Hellín (Albacete)	20	CIGS	-	F	ESP	-
Iatso	Ibí (Alicante)	10	PLC	2006	F	ESP (100%)	-
ILB Helios Spain	Camarma de Esteruelas (Madrid)	50	MNC; MTC	2006	F	ESP	-
Silken Innovation Experience	Pobla de Farnals (Valencia) Rafelbunyol (Valencia) Casas Ibáñez (Albacete)	200	MNC; MTC	2001	F; O; P; M	ESP (100%)	Inversores; monitorizadores de Strings; seguidores solares; cuadros de protección eléctrica; software Scada
Tecnología Solar Kanaria	Agüimes (Gran Canaria, Las Palmas)	20	MNC; MTC	2008	F	ESP	-
T-Solar Global	San Cibrao das Viñas	54	LD (SA)	2008	F; OP; PP; MP	ESP	-
Unión Composites	Alcoy (Alicante)	30	MNC; MTC	2008	F	ESP (100%)	-
Unitec Europa (d)	Tafalla (Navarra)	40	MNC; MTC	2007	O; P; M	ESP	-
Vidursolar	Barcelona	24	MNC; MTC; LD (SA)	2007	F	ESP	-
Yohkon Energía	Valladolid	25	MNC; MTC; CIGS	2006	F	ESP	-
Zytech Solar (e)	-	30	MNC; MTC	2005	F	ESP	*
Células y paneles							
Isofotón	Málaga	100 (células); 100 (paneles)	MNC	1982	F	ESP	Captadores solares térmicos
Pevafera	Toro (Zamora)	60 (células); 60 (paneles)	MTC	2006	F; P; O; M	ESP	*
Solaria Energía y Medio Ambiente	Puertollano (Ciudad Real)	125 (paneles); 25 (células)	MNC; MTC	2005	F; O; P; M	-	-
	Fuenmayor (La Rioja)	125 (paneles)	-	2008	-	-	-

ESP: español; EXT: extranjero; MNC: monocristalinas; MTC: multicristalinas; AC: alta concentración; LD (SA): lámina delgada de silicio amorfo; CIGS: cobre indio, galio y selenio. F: fabricante; O: operador; P: promotor.

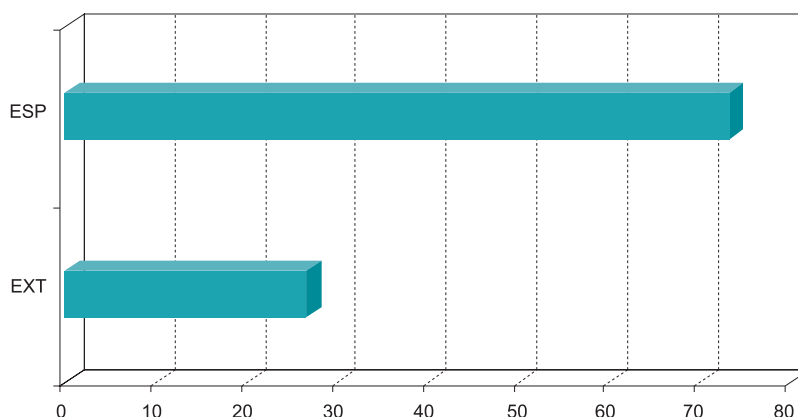
(a) La actividad de promoción la realiza la empresa matriz Cadmos Energías Renovables; (b) Operativa en el primer trimestre de 2012; (c) Fabrican módulos fotovoltaicos para la integración arquitectónica; (d) La fabricación de módulos cesó en 2010; Sol 3G pertenece a Abengoa Solar; (e) La fábrica se encuentra en China. Las oficinas principales están en La Muela (Zaragoza).

Fuente: ASIF y datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

6.2. Energía solar térmica

En España existen catorce fabricantes de captadores solares térmicos que acumulan una capacidad productiva anual de en torno a 1,2 millones de m². Las empresas que atesoran un mayor volumen son:

- **Astersa.** En su centro de Mieres (Asturias) produce captadores solares térmicos, equipos compactos, kits y estructuras de fijación.
- **Baxi Calefacción.** Con sede en L'Hospitalet de Llobregat, sus instalaciones fabriles de captadores solares se encuentran en Castellbisbal (Barcelona). También fabrica una amplia gama de productos para sistemas de calefacción y calentar agua sanitaria en otros tres centros ubicados en España.
- **Nagaterm.** Integrada en el Grupo Nagares, es una empresa dedicada a la fabricación de captadores termosolares y estructuras de fijación. Su centro operativo se encuentra en Motilla del Palancar (Cuenca).
- **Termicol Energía Solar.** En sus instalaciones de Dos Hermanas (Sevilla) fabrican dos gamas de captadores solares planos, una para zonas de alta radiación en las que el número de horas de sol supere las 2.000 al año, y otra para zonas climáticas frías y con baja radiación solar.
- **Hucu Solar.** Es una empresa de capital íntegramente español ubicada en Antequera (Málaga), dedicada a la producción de paneles solares, equipos compactos y estructuras de fijación.

Gráfico 17. Nacionalidad del capital social de los fabricantes de captadores solares térmicos en España (2011)

Fuente: ASIT y datos facilitados por las empresas.

Tabla 9. Localización de las empresas de fabricación de captadores solares térmicos en España (2011)

Empresa	Localización
Andater	Padul (Granada)
Astersa	Mieres (Asturias)
Baxi Roca	Castellbisbal (Barcelona)
Grupo Unisolar	Béjar (Salamanca)
Hucu Solar	Antequera (Málaga)
IMS Calefacción	San Mateo de Gallego (Zaragoza)
LKN Sistemas	Les Franqueses del Vallés (Barcelona)
Nagaterm	Motilla del Palancar (Cuenca)
OCV	Cambados (Pontevedra)
Promasol	Guadalhorce (Málaga)
Sela Solar	Llosa de Ranes (Valencia)
Solaris	El Ejido (Almería)
Termicol Energía Solar	Dos Hermanas (Sevilla)
Wagner Solar	Leganés (Madrid)

Fuente: ASIT y datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

Tabla 10. Empresas fabricantes de captadores solares térmicos en España (2011)

Empresa	Localización	Capacidad productiva	Fabricación de productos	Nacionalidad	Entrada en funcionamiento
Andater (a)	Padul (Granada)	60.000 m ²	Captadores (planos)	ESP	2005
Astersa (b)	Mieres (Asturias)	220.000 m ²	Captadores planos; equipos compactos; kits solares; estructuras de fijación	ESP	2007
Baxi Calefacción	Castellbisbal (Barcelona)	150.000 m ²	Captadores (planos)	EXT	nd
Grupo Unisolar	Béjar (Salamanca)	25.000 m ²	Captadores (planos)	ESP	nd
Hucu Solar	Antequera (Málaga)	230.000 m ²	Captadores (plano); equipos compactos; estructuras de fijación	ESP (100%)	2007
IMS Calefacción	San Mateo de Gallego (Zaragoza)	nd	Captadores (planos, tubo); equipos compactos; kits solares; depósitos; calderas	ESP	nd
LKN Sistemas	Les Franqueses del Vallés (Barcelona)	15.000 m ²	Captadores (planos y tubo); kits solares; estructuras de fijación	ESP (100%)	1977
Nagaterm	Motilla del Palancar (Cuenca)	300.000 m ²	Captadores (planos); estructuras de fijación	ESP	2007
OCV	Cambados (Pontevedra)	80.000 m ²	Captadores (planos); kits solares; equipos compactos	ESP	2007
Promasol	Guadalhorce (Málaga)	nd	Captadores (planos); kits solares; equipos compactos; estructuras de fijación; depósitos	ESP	nd
Sela Solar	Llosa de Ranes (Valencia)	nd	Captadores solares termosifón	nd	1994
Solaris (b)	El Ejido (Almería)	15.000 m ²	Captadores planos; equipos compactos; kits solares; aerotermos; estructuras de fijación	ESP	1994
Schüco (c)	Valdemoro (Madrid)	-	Captadores planos	Alemania	nd
Termicol Energía Solar	Dos Hermanas (Sevilla)	240.000 m ²	Captadores planos; equipos compactos; kits solares	ESP	2001
Viessmann (c)	Pinto (Madrid)	-	Captadores	Alemania	nd
Wagner Solar (c)	Leganés (Madrid)	50.000 m ²	Captadores planos; equipos compactos; kits solares; estaciones de intercambio de agua caliente sanitaria	Alemania	2004

(a) Son distribuidores de estructuras fijas, equipos compactos y kits solares.

(b) Los depósitos de los equipos no los fabrican.

(c) Son filiales de empresas extranjeras fabricantes.

Fuente: Asociación Solar de la Industria Térmica y datos facilitados por las empresas del sector. Elaboración propia.

6.3. Energía solar termoeléctrica

En este segmento pueden diferenciarse los siguientes tipos de agentes: constructores, operadores y promotores. Éstos últimos no suelen intervenir en la construcción, tarea que delegan a empresas especializadas que pueden pertenecer al mismo grupo empresarial. Es el caso de Abengoa-Abener Ingeniería o Grupo ACS-Cobra. También es muy habitual que una UTE sea la encargada de construir la planta. Como ejemplos más destacados se encuentran, Sener-ACS (para Torresol Energy Investments), Siemens-Sacyr (para Valoriza Energía) o Ferrostal y Duro Felguera (para Solar Millenium). A continuación se realiza una descripción de las empresas más representativas:

- **Abengoa Solar.** Centra su actividad en el desarrollo y la aplicación de tecnologías para la producción de energía a partir del sol. Es una de las empresas pioneras en el desarrollo de proyectos de energía solar. Además de operar en España, disponiendo de 5 instalaciones, en julio de 2011 inauguró una planta híbrida de ciclo combinado de 150 MW en Argelia, de los cuales, 20 MW proceden de un campo compuesto por 224 colectores cilíndrico-parabólicos.
- **Abener.** Es una compañía perteneciente a Abeinsa, cabecera del grupo de negocio de ingeniería y construcción industrial de Abengoa. Centra su actividad en la ingeniería y ejecución de proyectos impulsores del desarrollo sostenible y es actualmente un referente en el mercado energético internacional. Explora tres áreas de negocio: solar, biocombustibles y generación, estando presente en cuatro de los cinco continentes a través de su red de filiales.
- **Acciona Energía.** Es la sociedad cabecera del Grupo Acciona para la unidad estratégica de energías renovables (biomasa, eólica, fotovoltaica, hidráulica y termoeléctrica). Su actividad consiste en la promoción, desarrollo, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de energías renovables.
- **Grupo ACS.** En un referente mundial en actividades de construcción y servicios. El Grupo ACS, a través de su área de servicios industriales, tiene una prolongada experiencia en el mantenimiento, desarrollo y operación de infraestructuras industriales y de energía. Los proyectos energéticos, que se canalizan a través de Cobra Energía, están dedicados a la promoción, construcción, operación y mantenimiento de centrales de generación eléctrica a base de fuentes renovables. Posee una larga experiencia en el desarrollo de parques eólicos

y plantas termosolares con almacenamiento térmico. Actualmente opera 150 MW correspondientes a tres plantas de 50 MW cada una (Extresol-1, Extresol-2 y Manchasol-1).

- **Grupo Elecnor.** Actúa como contratista “llave en mano”, promotor y operador en el sector de las energías renovables, acometiendo proyectos en las áreas eólica, solar fotovoltaica y termoeléctrica, así como hidroeléctrica. A través de su filial Atersa, es fabricante de módulos fotovoltaicos. Su cartera de negocio presenta una elevada diversificación, tanto en mercados geográficos como en áreas de negocio. Está presente en otros sectores como depuración de aguas, edificación no residencial, electrificación, obra civil, servicios de mantenimiento (conservación de edificios, climatización, sistemas contra incendios, etc.) o telecontrol de sistemas.
- **Grupo Solar Millennium.** Es una corporación alemana formada por la matriz y por varias filiales o participadas dedicadas a la actividad de promoción, desarrollo, construcción y explotación de proyectos termosolares. Entre estas últimas se encuentran las siguientes: Solar Millennium AG, Milenio Solar Desarrollo de Proyectos SLU, Solar Millennium LLC y Flagsol GmbH:
 - **Solar Millennium AG.** Su actividad consiste en el desarrollo de proyectos y construcción de plantas para la generación de energía solar térmica y otras en el ámbito de las energías renovables. Su objeto social también comprende la formalización, tenencia, compra y venta de participaciones, así como la concepción y realización de la financiación de los proyectos del tipo de plantas especificadas y todas las demás actividades relacionadas con ellas.
 - **Milenio Solar Desarrollo de Proyectos SLU.** Con sede en Madrid, es responsable del desarrollo de proyectos entre otros lugares en la zona mediterránea occidental¹⁵.
 - **Solar Millenium LLC.** Su sede se encuentra en Berkeley (California) y su actividad consiste en el desarrollo de proyectos en el suroeste de EEUU.

¹⁵ Millenium Solar Desarrollo de Proyectos ha promovido las primeras plantas solares termoeléctricas de colectores cilíndrico parabólicos de Europa. Se trata de las centrales Andasol.

- **Flagsol GmbH.** Con sede en la ciudad alemana de Köln, su actividad se centra en la construcción de centrales solares térmicas llave en mano, así como en el desarrollo de proyectos propios. En éste último caso, se apoya de las empresas Solar Millennium AG y Ferrostaal AG, que son sus accionistas.
- **Novatec Solar España.** Es la filial española de Novatec Biosol AG, empresa con sede en Alemania, fundada en 2006, dedicada al desarrollo integral de plantas solares de tecnología lineal Fresnel. Ha sido la primera empresa en construir una central eléctrica de este tipo de colectores, ubicada en Calasparra (Murcia) con una potencia de 1,4 MW. Actualmente está construyendo una segunda planta en la misma localidad que tendrá 30 MW y podrá abastecer a unos 20.000 hogares. La tecnología Linear Fresnel de Novatec constituye un punto de referencia en la generación de electricidad de bajo coste a partir de energía solar.
- **Renovables Samca.** Con sede en Badajoz, se dedica a la promoción, construcción, operación y mantenimiento (propio) de centrales termosolares. A diferencia de lo que ocurre en el sector donde es muy habitual la constitución de sociedades “vehículo” para cada proyecto, construido bajo la modalidad de EPC (*Engineering, Procurement and Construction*)¹⁶, la citada empresa aglutina todas las instalaciones de la compañía.
- **Renovalia Energy.** Es una compañía productora de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica y minihidráulica). Está presente en España y en otros siete países (EEUU, Canadá, México, Italia, Rumania, Turquía y Hungría). De la citada sociedad dependen las empresas que se constituyen para cada proyecto, así como Renovalia Ingeniería, encargada de la construcción, operatividad y mantenimiento de cada instalación.
- **Torresol Energy Investments.** Constituye la sociedad cabecera de un grupo de empresas -las sociedades vehículo de cada planta¹⁷ y Torresol O & M; esta última vinculada a la promoción, explotación y mantenimiento de plantas termosolares. El accionista mayoritario es Sener, empresa española dedicada a la ingeniería, construcción e integración de sistemas en distintos ámbitos (obra civil y arquitectura, aeronáutica, aeroespacial, naval, energía y vehículos).

¹⁶ Es el término que se suele emplear para los contratos en los que el promotor encarga a una empresa o agrupación de empresas la construcción llave en mano de un proyecto, dejando en manos del contratista la construcción de la planta.

¹⁷ Se trata de Gemasolar, Arcasol y Termosol.

Tabla 11. Principales constructores, operadores y promotores de plantas termosolares en España (2011)

Empresa	Actividad	Nacionalidad	Sede central en España
Abener-Teima (Grupo Abengoa)	C	ESP	Sevilla
Abengoa Solar	P; O; MP	ESP	Sevilla
Acciona Energía	C; P; O; M	ESP	Sarriguren (Navarra)
Cobra (Grupo ACS)	C; P; O; MP	ESP	Madrid
Dioxipe Solar	P; O; MP	ESP	Madrid
Duro Felguera	C	ESP	Gijón
Ferrostaal Solar	C	Abu Dhabi	Sevilla
Grupo Elecnor	C; P; O; M	ESP	Madrid
Ibereólica	P; O; MP	ESP	Madrid
Novatec Biosol España	C; O; P; M	EXT	Barcelona
OHL Industrial	C	ESP	Madrid
Renovalia Energy	P; O	ESP	Madrid
Renovalia Ingeniería	C; O; MP	ESP	Madrid
Renovables Samca	C; P; O; MP	ESP	Badajoz
Sener Ingeniería y Sistemas	C	ESP	Bilbao
Solar Millenium Desarrollo de Proyectos	P; O; MP	Alemania	Madrid
Torresol Energy Investments*	P; O; M	ESP	Getxo (Vizcaya)

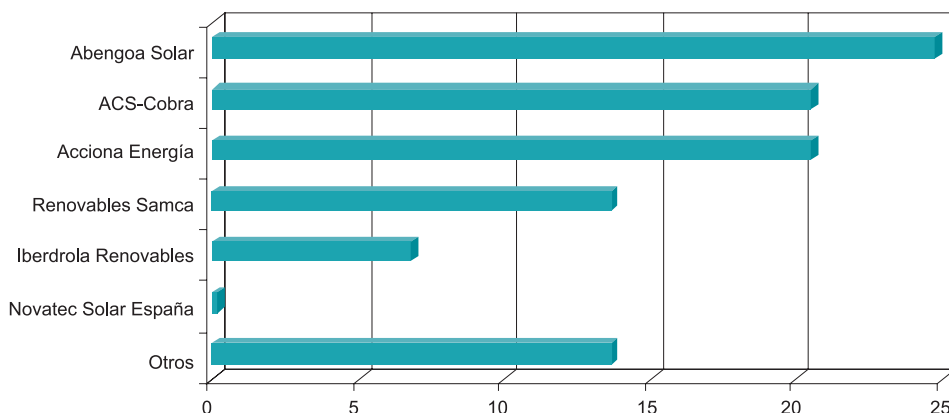
C: construcción; O: operador; P: promoción; M: mantenimiento; MP: mantenimiento propio.

* Es una empresa participada mayoritariamente por Sener Grupo de Ingeniería; la actividad de explotación y mantenimiento la realiza Torresol Operación y Mantenimiento.

Fuente: Empresas consultadas. Elaboración propia.

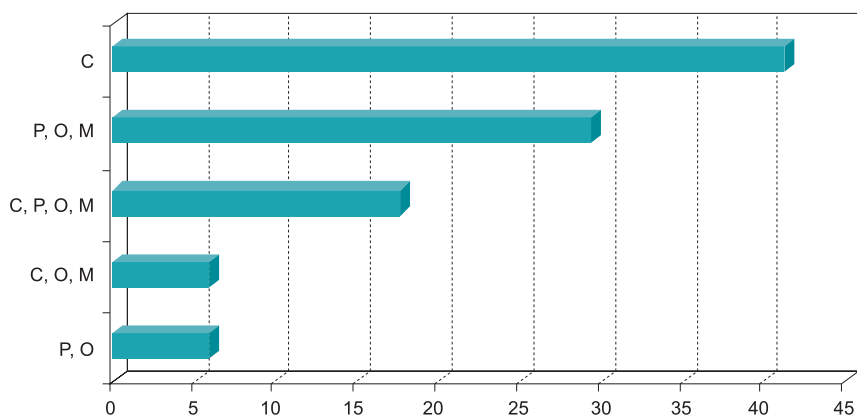
Realizando un análisis de la oferta empresarial, caben mencionarse las siguientes peculiaridades:

- El número de operadores de plantas termosolares en España es reducido, en total seis y, otros dos inversores privados (Deutsche Bank y BNP Paribas que adquirieron en el verano de 2011 el 90% de las centrales Andasol I y Andasol II, respectivamente). Abengoa Solarm, ACS-Cobra y Acciona Energía son los más importantes, siendo su cuota de mercado conjunta del 65,7%. Le siguen Renovables Samca, Iberdrola Renovables y Novatec Solar (Gráfico 18).

Gráfico 18. Cuotas de mercado de termosolar en España (2010). En porcentaje

Fuente: Protermosolar y datos facilitados por la empresa. Elaboración propia.

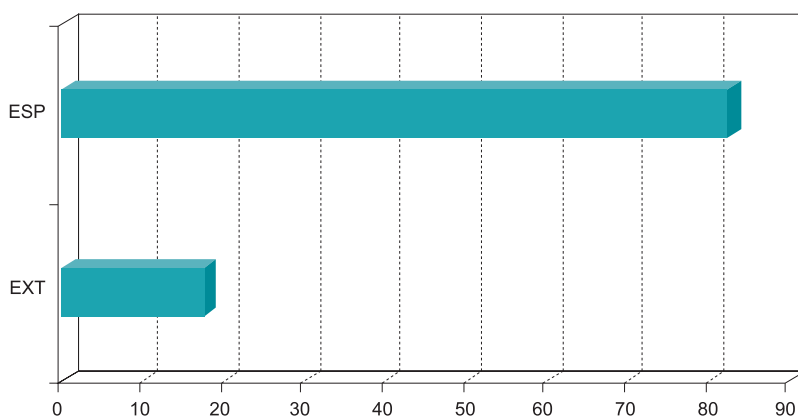
- b) Por tipo de actividad, destacan las empresas que se dedican a la construcción, situándose a continuación las que realizan las actividades de promoción, operación y mantenimiento (Gráfico 19).

Gráfico 19. Distribución de la actividad de los principales promotores y constructores de plantas solares termoeléctricas en España (2011)

Fuente: Datos facilitados por las empresas consultadas. Elaboración propia.

- c) La nacionalidad de las empresas que están presentes en alguno o varios de los segmentos de actividad citados es mayoritariamente española, un 82,4%, frente al 17,6% (Gráfico 20).

Gráfico 20. Distribución de la nacionalidad de los principales constructores, operadores y promotores de plantas solares termoeléctricas en España (2011)



Fuente: Datos facilitados por las empresas consultadas. Elaboración propia.

Otros agentes económicos a considerar son los fabricantes de componentes, como espejos y tubos receptores. En España hay 2 empresas instaladas. Desde la primavera de 2008, Schott Solar fabrica tubos receptores para centrales eléctricas termosolares en su centro de Aznalcóllar (Sevilla), siendo la capacidad de hasta 400 MW/año. Por otro lado, Rioglass Solar es productor de espejos parabólicos. Cuenta con dos fábricas en Asturias cuya capacidad supera 1,3 millones de unidades anuales.

Tabla 12. Principales empresas fabricantes de espejos y tubos en España (2011)

Empresa	Componente	Localización	Capacidad productiva
Rioglass Solar	Espejos	Mieres (Asturias) Pobla de Lena (Asturias)	Supera 1,3 millones unidades/año
Schott Solar	Tubos receptores	Aznalcóllar (Sevilla)	400 MW/año

Fuente: Empresas consultadas. Elaboración propia.

Tabla 13. Caracterización de las plantas termosolares en España (2010)

Denominación	Localización	Tecnología/ potencia nominal (MW)	Propietario	Entrada en funcionamiento
PS10	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)	TC/11	Abengoa Solar	2007
Andasol I	Aldeire (Granada)	CCP/50	Deutsche Bank (90%)	2008
PS20	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)	TC/20	Abengoa Solar	2009
Solnova I	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)	CCP/50	Abengoa Solar	2009
Andasol II	Aldeire (Granada)	CCP/50	BNP Paribas (90%)	2009
Puertollano Ibersol	Puertollano (Ciudad Real)	CCP/50	Iberdrola Renovables	2009
Alvarado	Alvarado (Badajoz)	CCP/50	Acciona Energía	2009
Extresol I	Torre de Miguel Sesmero (Badajoz)	CCP/50	ACS-Cobra	2009
Puerto Errado I	Calasparra (Murcia)	RF/1,4	Novatec Solar España	2009
Manchasol I	Alcázar de San Juan	CCP/50	ACS-Cobra	2010
Central Solar Termoeléctrica La Florida	Alvarado (Badajoz)	CCP/50	Renovables Samca	2010
Termoeléctrica de Majadas	Majadas (Cáceres)	CCP/50	Acciona Energía	2010
Termoeléctrica La Dehesa	La Garrovilla (Badajoz)	CCP/50	Renovables Samca	2010
Palma del Río II	Palma del Río (Córdoba)	CCP/50	Acciona Energía	2010
Extresol II	Torre de Miguel Sesmero (Badajoz)	CCP/50	ACS-Cobra	2010
Solnova III	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)	CCP/50	Abengoa Solar	2010
Solnova IV	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)	CCP/50	Abengoa Solar	2010

CCP: colectores cilíndricos parabólicos; DP: discos parabólicos; RF: reflectores Fresnel; TC: receptor central.

Fuente: Protermosolar y datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

7. Marco normativo

En septiembre de 2008 entró en vigor el Real Decreto 1578/2008 mediante el cual se creó el Registro de preasignación de retribución para las instalaciones fotovoltaicas (art. 4). La inscripción en el mencionado Registro va asociada a un periodo temporal denominado convocatoria, existiendo cuatro por año¹⁸. Esta norma es condición *sine qua non* para acogerse a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y tener derecho a la retribución que quede fijada en el periodo correspondiente.

Cada solicitud ha de presentarse exclusivamente por vía electrónica. Una vez recibidas las solicitudes y cerrado el plazo de presentación, la Dirección General de Política Energética y Minas las ordenará por orden cronológico y procederá a la asignación de retribución hasta completar el cupo de potencia asignado para esa convocatoria. El titular del proyecto ha de presentar una nueva solicitud para cada convocatoria a la que se desee optar, incluso cuando no haya sido inscrita en el Registro de preasignación de retribución¹⁹.

Asimismo, esta legislación instauró un nuevo régimen económico para las plantas que obtengan su inscripción definitiva en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial con posterioridad al 29 de septiembre de 2008 (arts. 2 y 11). Se diferencia entre instalaciones acogidas al Real Decreto 661/2007 y al Real Decreto 1578/2008 (Tabla 14). Otros preceptos a destacar de la citada normativa son²⁰:

a) Se establecen dos tipos de instalaciones (Tipo I y Tipo II).

- **Tipo I**

- Están ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a uso residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario, cuando en su interior exista un punto de suministro de potencia contratada por al menos un 25% de la potencia nominal de la instalación.

¹⁸ Las convocatorias se iniciaron en el primer trimestre de 2009.

¹⁹ En este caso, el interesado debe comunicar que la documentación presentada sigue siendo válida.

²⁰ Véase también el Real Decreto 1565/2010.

- O bien, sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto servir de cubierta de aparcamiento o de sombreado en áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana.

A su vez, existen las instalaciones Tipo I.1 y Tipo I.2:

- Tipo I.1. Tienen una potencia inferior o igual a 20 kW
- Tipo I.2. Tienen una potencia superior a 20 kW
- Tipo II. Instalaciones no incluidas en el epígrafe anterior

Tabla 14. Determinación de la retribución económica para las instalaciones fotovoltaicas tras la aprobación del Real Decreto 1578/2008

Instalaciones acogidas al Real Decreto 661/2007	Instalaciones acogidas al Real Decreto 1578/2008
Orden ITC *	Fórmula recogida en el art. 11.2

* La vigente para el año 2011 es la Orden ITC/3353/2010.

Fuente: Real Decreto 1578/2008. Elaboración propia.

- La potencia máxima de los proyectos que sean inscritos en el Registro de Preasignación de retribución no será superior a 2 MW ó 10 MW para instalaciones del tipo I o II, respectivamente.
- Se crean unos cupos anuales de potencia a instalar por tipo y subtipo repartidos en cuatro convocatorias anuales. En la página *web* del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio se publica la relación de proyectos que han sido inscritos en el Registro de preasignación de retribución, y los que han sido desestimados²¹.

Un quinto precepto de especial relevancia queda recogido en la disposición adicional cuarta del Real Decreto 1565/2010, que concreta una reducción extraordinaria de la tarifa fotovoltaica de un 5%, 25% y 45%²² para la primera convocatoria de preasignación a partir de su entrada en vigor, que fue el 24 de noviembre de 2010. La citada reducción se aplica al valor resultante según el procedimiento de cálculo descrito en el art. 11.2 del Real Decreto 1578/2008.

²¹ La relación de proyectos y el régimen económico se pueden consultar en <http://www.mityc.es/energia/electricidad/RegimenEspecial/Paginas/InstalacionesFotovoltaicas.aspx>

²² Esta reducción se aplica respectivamente para las instalaciones de tipo I.1, I.2 y II.

Por otro lado, con objeto de resolver determinados aspectos relativos a la actividad de producción eléctrica a partir de energía solar termoeléctrica²³, fue aprobado el Real Decreto 1614/2010, cuyos principales aspectos se citan a continuación:

- a) Se establece un cupo de horas anuales equivalentes de funcionamiento²⁴ con derecho a retribución económica por tipo de instalación. Tal y como se observa en la Tabla 15, dicho cupo varía entre 2.350 y 6.450 horas.

Los objetivos de esta medida son racionalizar el crecimiento del sector y contribuir a un ahorro de costes.

- b) Las instalaciones de tecnología solar termoeléctrica han de vender su energía neta en la opción de tarifa regulada durante el primer año a la fecha de acta de puesta en servicio. Cuando la citada acta se hubiera producido antes de la entrada en vigor del Real Decreto 1614/2010, la instalación pasará de forma automática a vender su energía según la modalidad de tarifa regulada a partir del primer día del mes siguiente a dicha entrada en vigor, y durante un periodo de permanencia de al menos 12 meses.

Tabla 15. Limitación de horas equivalentes de funcionamiento con derecho a prima para instalaciones de energía solar termoeléctrica

Tecnología	Horas equivalentes de referencia/año
Cilindro parabólico sin almacenamiento	2.855
Cilindro parabólico con almacenamiento de 9 horas	4.000
Cilindro parabólico con almacenamiento de 7 horas	3.950
Cilindro parabólico con almacenamiento de 4 horas	3.450
Torre vapor saturado	2.750
Torres sales con almacenamiento de 15 horas	6.450
<i>Fresnel</i>	2.450
<i>Stirling</i>	2.350

Fuente: Real Decreto 1614/2010. Elaboración propia.

²³ El ámbito de aplicación del Real Decreto incluye también las instalaciones eólicas ubicadas en tierra, así como las de potencia superior a 50 MW de las mismas tecnologías.

²⁴ Se define número de horas equivalentes de funcionamiento de una instalación de producción de energía eléctrica como el cociente entre la producción neta anual expresada en kWh y la potencia nominal expresada en kW.

Otra normativa a tener en cuenta es el Real Decreto-ley 14/2010, que entró en vigor el 25 de diciembre de 2010. En su disposición adicional primera establece que las instalaciones fotovoltaicas adscritas al Real Decreto 1578/2008 tienen restringido el derecho de retribución económica bonificada a un límite de horas equivalentes de funcionamiento anuales, dependiendo de la zona solar climática donde se ubique la instalación²⁵ (Tabla 16). Una vez alcanzado el tope anual estipulado, el resto de la producción se cobra a precio de mercado. No obstante, el Gobierno se reserva el derecho a modificar mediante real decreto la limitación de horas.

Asimismo, según la disposición transitoria segunda, para las instalaciones acogidas al Real Decreto 661/2007 y hasta el 31 de diciembre de 2013, las horas equivalentes son las recogidas en la Tabla 17.

Tabla 16. Horas de funcionamiento máximo con derecho a retribución económica bonificada por tipo de instalaciones fotovoltaicas

Tipo de instalación	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
Instalación fija	1.232	1.362	1.492	1.632	1.753
Instalación seguimiento a 1 eje	1.602	1.770	1.940	2.122	2.279
Instalación seguimiento a 2 ejes	1.664	1.838	2.015	2.204	2.367

Fuente: Real Decreto-ley 14/2010. Elaboración propia.

Tabla 17. Horas de funcionamiento máximo con derecho a retribución económica bonificada para instalaciones acogidas al RD 661/2007

Tipo de instalación	Número de horas
Instalación fija	1.250
Instalación seguimiento a 1 eje	1.644
Instalación seguimiento a 2 ejes	1.707

Fuente: Real Decreto-ley 14/2010. Elaboración propia.

²⁵ La clasificación de zonas climáticas están establecidas en el Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el *Código Técnico de la Edificación*.

Por otro lado, la disposición adicional tercera del Real Decreto 1565/2010 asigna un régimen económico específico (retribución adicional) para instalaciones innovadoras de tecnología solar termoeléctrica a fin de cubrir un cupo de 80 MW. El procedimiento de asignación será mediante concurso, que podrá quedar desierto parcialmente o en su totalidad en el caso de no concurrir instalaciones en las que no existiera innovación suficiente. El comienzo de la venta de energía no se producirá con anterioridad al 1 de enero de 2014, si bien, la Secretaría de Estado de Energía establecerá mediante resolución publicada en el Boletín Oficial del Estado el calendario de entrada en funcionamiento de las instalaciones.

Respecto a los aspectos innovadores se valorarán de forma preferente los siguientes: capacidad y posibilidades de almacenamiento de energía, contribución a la mejora de la seguridad del sistema y el estado de tramitación de los proyectos, en particular:

- La concesión del punto de acceso y conexión por parte de la compañía eléctrica distribuidora.
- La autorización administrativa otorgada por el órgano competente²⁶.

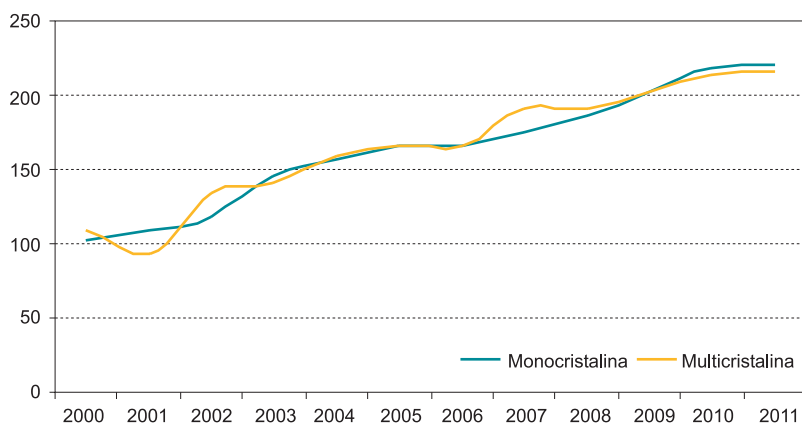
8. Conclusiones

España es uno de los países europeos con mayor potencial de desarrollo de la energía solar, no sólo por un factor climatológico, sino también estructural asociado al componente científico-tecnológico, hecho que ha quedado constatado en los últimos años. Sirvan como ejemplos los altos crecimientos registrados por las tecnologías fotovoltaica y solar termoeléctrica. Sin embargo, el creciente desembolso en primas (véase Anexo II) que suponía la primera de las citadas ha motivado al Gobierno a realizar cambios, fundamentalmente de carácter económico, desde septiembre de 2008. Estos ajustes tienen por objeto acompasar la retribución con el grado de avance tecnológico (conversión energética y potencia de los módulos). De hecho, tal y como se refleja en los gráficos 21 y 22, en los últimos 11 años la potencia acumulada de los módulos monocristalinos y multicristalinos se ha incrementado de media un 105,5%, en tanto que la eficiencia lo ha hecho en un 28,7%.

²⁶ Este requisito no es necesario para instalaciones de potencia no superior a 100 kW.

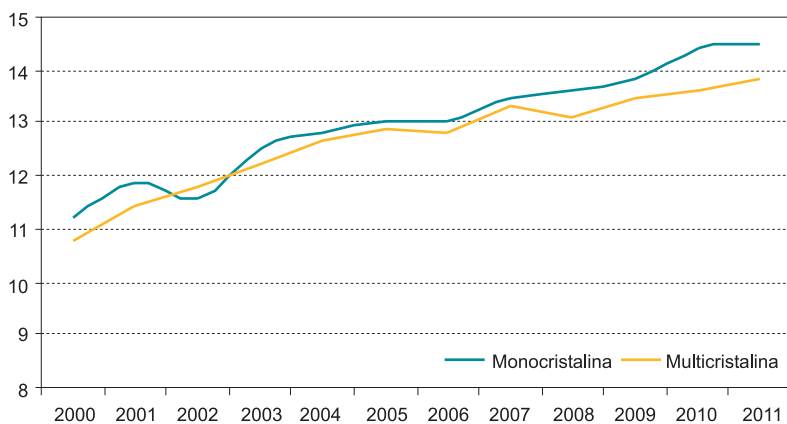


**Gráfico 21. Evolución de la potencia media de los módulos fabricados (2000/2011).
En W**



Fuente: Photon (2011a). Elaboración propia.

**Gráfico 22. Evolución de la eficiencia media de los módulos fabricados (2000/2011).
En porcentaje**



Fuente: Photon (2011a). Elaboración propia.

En este sentido, es preciso especificar que desde la citada fecha se han introducido ajustes correctores que han permitido marcar una pauta ordenada de desarrollo de los proyectos. Los principales preceptos son:

- a) Creación del Registro de preasignación de retribución y concesión de un cupo de instalación trimestral, con la correspondiente tarifa (véase Gráfico 23).
- b) Modificación del régimen económico, reduciéndolo en la segunda convocatoria de 2011 en un determinado porcentaje, dependiendo del tipo de instalación (suelo, cubierta o residencial).
- c) Limitación del número de horas con derecho a remuneración económica bonificada, según tipo de instalación y zona geográfica solar donde se ubique, teniendo esta norma carácter retroactivo.

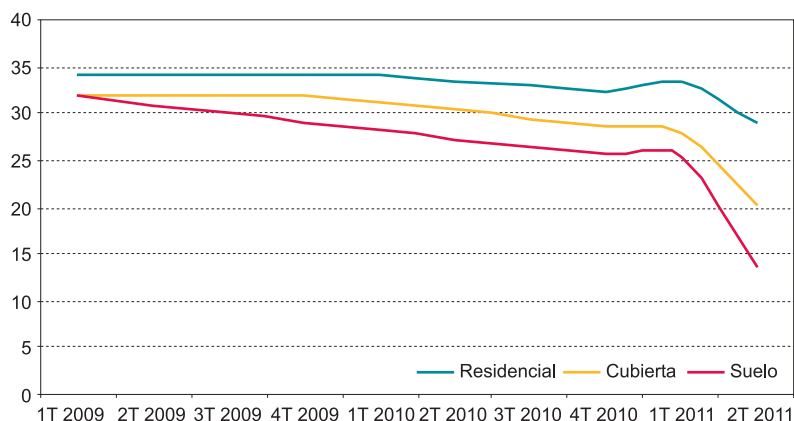
En términos de fortalezas, cabe resaltar la destacada posición competitiva de la industria española a nivel internacional, especialmente en los segmentos fotovoltaico y termoeléctrico. Como ejemplo, se puede citar Acciona Energía, que en junio de 2007 puso en marcha Nevada Solar One, la tercera mayor planta termoeléctrica construida en el mundo, localizada en el estado de Nevada (EEUU). Otro aspecto relevante lo constituye el liderazgo de las empresas nacionales en el mercado interior. Pues el *ranking* de operadores por potencia instalada lo lideran Abengoa Solar, ACS-Cobra y Acciona Energía.

En este mismo orden de aspectos, debe mencionarse el proceso de internacionalización que han iniciado algunas empresas del segmento fotovoltaico, que se ha materializado en la apertura de fábricas en lugares estratégicos con objeto de estar más cerca de los puntos de demanda o por una cuestión de ahorro de costes. Son los casos de Siliken, Eurener y Pevafersa. Siliken inauguró entre 2008 y 2011 cuatro centros fabriles en San Diego (EEUU), Timisoara (Rumania), Tijuana (México) y Toronto (Canadá). Por su parte, Eurener puso en marcha a finales de 2010 un centro productivo de 30 MW en Torres Vedras (Portugal) y en el caso de Pevafersa la instalación fabril de Puerto Rico fue inaugurada el mismo año.

Otro aspecto a destacar es la calidad de los productos españoles. Según el acreditado estudio Photon²⁷, Siliken e Isofotón se encuentran entre las diez primeras empresas del mundo que fabrican módulos fotovoltaicos más eficientes (Tabla 18).

²⁷ Photon (número 2 de 2011): "Más de todo"; p. 48.

Gráfico 23. Evolución de la tarifa regulada para las instalaciones fotovoltaicas.
En céntimos de €/KWh



Fuente: Photon (2011a). Elaboración propia.

Tabla 18. Ranking de los módulos fotovoltaicos más eficientes (2010)

Empresa	Modelo de módulo	Tipo de célula	País de procedencia	Rendimiento (kW/h)
Siliken	SLK60P6L 230Wp	MLT	España	1.044
Kioto Photovoltaics	KPV 210 PE	MLT	Austria	1.022
Win Win Precision Technology	Winaico WSP-230P6	MLT	Taiwán	1.021
Trina Solar Energy	TSM-180DC01	MNC	China	1.020
Frankfurt CS Solar	FS215W-Poly	MLT	China	1.020
Mage Solar	Mage Powertec Plus 225/6PJ	MLT	China	1.019
S-Energy	SM-220PA8	MLT	Corea del Sur	1.018
PV Power Technologies	PVQ3 220	MLT	India	1.016
Sunrise Solartech	SRM-180D-72	MNC	China	1.003
Isofotón	IS-170/24	MNC	España	950

Fuente: Photon (2011b). Elaboración propia.

El aprovechamiento de determinados nichos de mercado como la fabricación de módulos a medida para la integración arquitectónica, *kits* fotovoltaicos para viviendas unifamiliares o para bombeo de agua, representan oportunidades de negocio para las empresas.

Adicionalmente, determinadas compañías como Eurener han iniciado la comercialización de una gama de productos de mobiliario urbano (farolas, marquesinas para paradas de autobús y paneles informativos) que funcionan con células fotovoltaicas.

En términos de perspectivas, los dos segmentos más dinámicos serán el fotovoltaico y el termoeléctrico. Respecto al primero, dos fortalezas a destacar son la capacidad de generar energía en los puntos de consumo y el amplio abanico de tecnologías que existen, algunas de las cuales gozan de margen para optimizar su conversión energética. En este sentido, los módulos de capa fina por su estética refinada, capacidad de producir energía con luz difusa y precios competitivos serán previsiblemente los que muestren una mayor progresión. Para ello, es necesario introducir normas de impulso energético en la construcción residencial y automoción que fomenten la integración arquitectónica de los módulos, bien en fachadas de edificios o como vidrio en las ventanas, así como en los techos de los automóviles.

En relación al segundo, cabe precisar que se encuentra en una fase inicial de expansión. A partir de los datos elaborados (Tabla 19), se constata un crecimiento en valor absoluto de cerca de 1.220 MW entre 2011 y 2013. De esta cifra, un 34,3% serán instalados en 2011 y el resto en los próximos dos años. Según el Plan de Plan de Acción de Energías Renovables de España (PANER), para el año 2020, la previsión es alcanzar 5.079 MW²⁸.

A modo de corolario, cabe señalar que la variedad de tecnologías disponibles, aunque algunas sobresalen respecto a otras por su mayor desarrollo comercial, convierten a esta fuente energética en una pieza clave en el *mix* de producción de electricidad a partir de energías renovables. Además, con la particularidad de que las tecnologías termosolares eléctricas pueden funcionar en modo solar o con un sistema híbrido para cubrir la demanda de energía en horas nocturnas o con poca luz.

²⁸ Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020; p. 160.

Tabla 19. Caracterización de las plantas termosolares en España de próxima entrada en funcionamiento (2011-2013)

Denominación	Localización	Tecnología/potencia nominal (MW)	Propietario	Entrada en funcionamiento
Gemasolar	Fuentes de Andalucía (Sevilla)	TC/17	Torresol Energy	2T 2011
Manchasol II	Alcázar de San Juan (Ciudad Real)	CP/50	ACS Cobra	2T 2011
Casa del Ángel	Casas de los Pinos (Cuenca)	DP/1	Renovalia Energy	2T 2011
Andasol III	Aldeira (Granada)	CP/50	Solar Millenium	3T 2011
Palma del Río I	Palma del Río (Córdoba)	CP/50	Acciona Energía	3T 2011
Arcosol-50 (Valle II)	San José de Valle (Cádiz)	CP/50	Torresol Energy	4T 2011
Lebrija I	Lebrija (Sevilla)	CP/50	Siemens-Valoriza Energía	4T 2011
Termosol-50 (Valle I)	San José de Valle (Cádiz)	CP/50	Torresol Energy	4T 2011
Helioenergy I	Écija (Sevilla)	CP/50	Abengoa Solar-E. ON Climate & Renewables	4T 2011
Helioenergy II	Écija (Sevilla)	CP/50	Abengoa Solar-E. ON Climate & Renewables	4T 2011
Puerto Errado II	Calasparra (Murcia)	RF/30	Elektra Baselland (EBL); Industrielle Werke Basel (IWB); Novatec Solar España	1T 2012
Morón	Morón de la Frontera (Cádiz)	CP/50	Iberdólica Solar	2T 2012
Puertollano 8	Puertollano (Ciudad Real)	DP/8	Renovalia Energy	2T 2012
Puertollano 10	Puertollano (Ciudad Real)	DP/10	Renovalia Energy	2T 2012
Puertollano 10	Puertollano (Ciudad Real)	DP/10	Renovalia Energy	2T 2012
Puertollano 10	Puertollano (Ciudad Real)	DP/10	Renovalia Energy	2T 2012
Olivenza I	Olivenza (Badajoz)	CP/50	Iberdólica Solar	3T 2012
Extresol III	Torre de Miguel Sesmero (Badajoz)	CP/50	ACS-Cobra	4T 2012
Orellana	Orellana (Badajoz)	CP/50	Acciona Energía	4T 2012
Solaben I	Logrosán (Cáceres)	CP/50	Abengoa Solar-Itochu	2012
Solaben III	Logrosán (Cáceres)	CP/50	Abengoa Solar-Itochu	2012
Solacor I	Carpio (Córdoba)	CP/50	Abengoa Solar-JGC	2012
Solacor II	Carpio (Córdoba)	CP/50	Abengoa Solar-JGC	2012
Plataforma Solar Castilla La Mancha	Arenas de San Juan, Villarta de San Juan y Puerto Lápice (Ciudad Real)	CP/50	Abengoa Solar	2012
Plataforma Solar Castilla La Mancha	Arenas de San Juan, Villarta de San Juan y Puerto Lápice (Ciudad Real)	CP/50	Abengoa Solar	2012
Termoeléctrica Cáceres	Galisteo (Cáceres)	CCP/50	Renovables Samca	1T 2013
Puertollano 10	Puertollano (Ciudad Real)	DP/10	Renovalia Energy	2T 2013
Puertollano 10	Puertollano (Ciudad Real)	DP/10	Renovalia Energy	2T 2013
Puertollano 12,4	Puertollano (Ciudad Real)	DP/12,4	Renovalia Energy	2T 2013
Extremasol I: CCP	Villanueva de la Serena (Badajoz)	/50	Millenium Solar	3T 2013
Arenales	Morón de la Frontera (Cádiz)	CCP/50	Fotowatio	4T 2013
Casablanca	Talarubias (Badajoz)	CCP/50	Fotowatio	4T 2013

CCP: colectores cilíndricos parabólicos; DP: discos parabólicos; RF: reflectores Fresnel; RC: receptor central.

Fuente: Protermosolar y datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

No obstante, existe margen de mejora tecnológica. En el caso de la fotovoltaica, los módulos de capa fina ofrecen un mayor potencial de recorrido. Como dato de interés histórico, tal y como quedaba constatado en el Gráfico 22, la eficiencia media de los módulos comercializados se ha incrementado en los últimos once años a una tasa acumulada cercana al 30%.

En este mismo orden de aspectos, según la *European Industry Association* (EPIA), la electricidad producida a partir de energía solar fotovoltaica será competitiva respecto a la generada por fuentes convencionales en algunos mercados europeos en 2013, y en el resto del territorio europeo hacia 2020²⁹. Este estudio pone de manifiesto que entre 2010 y 2020, los costes de generación eléctrica con tecnología fotovoltaica pueden reducirse alrededor de un 50%.

En la solar termoeléctrica, son varios aspectos los que deben considerarse: a) incremento de la temperatura de funcionamiento y, por ende, un aumento del rendimiento; b) perfeccionamiento de los sistemas de almacenamiento térmico; y, c) disminución del coste de construcción, operación y mantenimiento de las plantas. Es previsible que antes de 2020 pueda equipararse competitivamente con las tecnologías de generación de combustibles fósiles³⁰.

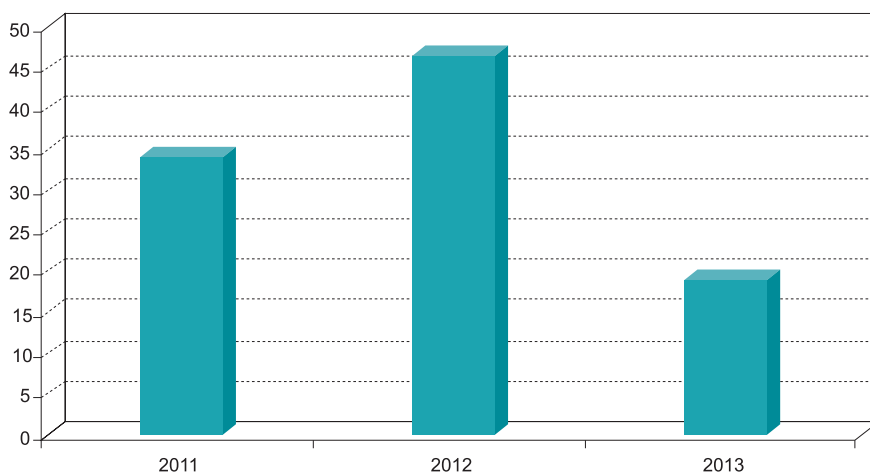
Asimismo, existen investigaciones que procuran hallar métodos más eficientes para la explotación de esta fuente de energía y que van desde desarrollos biomiméticos que intentan reproducir la fotosíntesis de manera artificial, hasta nuevos diseños de estructuras de paneles inspirados en las ramas de los árboles para maximizar la incidencia solar en cada momento.

²⁹ European Photovoltaic Industry Association (2011b).

³⁰ Silva *et al.* (2010), p. 369.



Gráfico 24. Previsión de potencia a instalar de energía solar termoeléctrica en España (2011-2013). En MW



Fuente: Protermosolar y datos de las empresas consultadas. Elaboración propia.

Anexo I. Principales macroplantas fotovoltaicas en funcionamiento en España (2011)

Propietario	Localidad	Potencia nominal (MW)	Fecha de entrada en funcionamiento
Eolia Renovables	Beneixama (Alicante)	20	2007
	Mahora (Albacete)	15	2008
	Alconchel (Badajoz)	10	2008
	Almodóvar del Campo	10	2008
Fotowatio Renewable Ventures	Trujillo (Cáceres)	20	2007
	Arroyo de San Serbán (Badajoz)	10	2007
	Trujillo (Cáceres)	10	2008
	Olmedilla de Alarcón (Cuenca)	10	2007
	Rioja (Almería)	10	2010
	Fuentealamo (III) (Murcia)	10	2011
Gestamp Solar	Benahadux (Almería)	11	nd
Globasol	El Albujón	13	nd
Grupo OPDE**	Almaraz (Cáceres)	19	2008
Instituto Tecnológico de Energías Renovables	Granadilla (Tenerife)	20	2008
	Arico (Tenerife)	9	200?
Luzentia Promociones Solares*	Jumilla (Murcia)	20	2007
Nobesol Levante	Olmedilla de Alarcón (Cuenca)	60	2008
Parques Solares de Navarra*	Villafranca (Navarra)	12	2008
Renovalia Energy	Puertollano (Ciudad Real)	48	2008
T-Solar	Arnedo (La Rioja)	30	2011
	Valverde de Mérida (Badajoz)	10	2011
	Saelices (Cuenca)	10	2011

* Es potencia pico.

** La propiedad es de inversores particulares, aunque Grupo OPDE fue la empresa promotora y es la encargada del mantenimiento. Esto mismo ocurre con la planta de Luzentia Promociones Solares.

Fuente: Datos facilitados por las empresas. Elaboración propia.

Anexo II. Potencia instalada, energía vendida y número de instalaciones por tipos de energías renovables (2004-2010). En porcentaje

	Potencia Instalada (MW)	Energía Vendida (GWh)	Número de instalaciones
Cogeneración	32,5	41,1	15,6
Solar	0,1	0,0	59,3
Eólica	48,8	34,3	7,0
Hidráulica	9,8	10,1	15,5
Biomasa	2,7	3,8	1,2
Residuos	3,3	4,9	0,6
Tratamiento residuos	2,7	5,7	0,8
2004	100,0	100,0	100,0
Cogeneración	29,6	36,3	11,1
Solar	0,3	0,1	69,6
Eólica	52,5	40,9	5,8
Hidráulica	9,2	7,4	11,5
Biomasa	2,6	4,1	1,0
Residuos	3,0	5,1	0,4
Tratamiento residuos	2,8	6,1	0,6
2005	100,0	100,0	100,0
Cogeneración	27,0	32,2	7,0
Solar	0,7	0,2	80,0
Eólica	55,3	44,4	4,1
Hidráulica	8,8	7,9	7,4
Biomasa	2,5	4,1	0,7
Residuos	2,7	4,7	0,3
Tratamiento residuos	2,9	6,5	0,4
2006	100,0	100,0	100,0
Cogeneración	24,2	30,4	3,7
Solar	2,8	0,9	88,7
Eólica	58,6	47,4	2,8
Hidráulica	7,6	7,1	4,1
Biomasa	2,2	3,7	0,4
Residuos	2,3	4,7	0,1
Tratamiento residuos	2,1	5,9	0,2
2007	100,0	100,0	100,0
Cogeneración	20,5	30,8	1,6
Solar	11,7	3,7	95,0
Eólica	55,2	46,7	1,4
Hidráulica	6,7	6,7	1,8
Biomasa	2,0	3,6	0,2
Residuos	1,9	4,0	0,1
Tratamiento residuos	1,9	4,6	0,1
2008	100,0	100,0	100,0

Anexo II (cont). Potencia instalada, energía vendida y número de instalaciones por tipos de energías renovables (2004-2010). En porcentaje

	Potencia Instalada (MW)	Energía Vendida (GWh)	Número de instalaciones
Cogeneración	18,3	27,1	1,7
Solar	11,3	7,6	94,0
Eólica	58,4	46,7	2,0
Hidráulica	6,2	6,6	1,9
Biomasa	2,1	3,4	0,3
Residuos	1,8	3,6	0,1
Trat. residuos	2,0	4,9	0,1
2009	100,0	100,0	100,0
Cogeneración	17,8	26,0	1,7
Solar FV	11,3	7,0	94,2
Solar TM	1,6	0,8	0,0
Eólica	57,7	47,3	1,9
Hidráulica	5,9	7,4	1,8
Biomasa	2,1	3,5	0,3
Residuos	1,8	3,4	0,1
Trat. residuos	1,9	4,7	0,1
2010	100,0	100,0	100,0

Fuente: CNE.

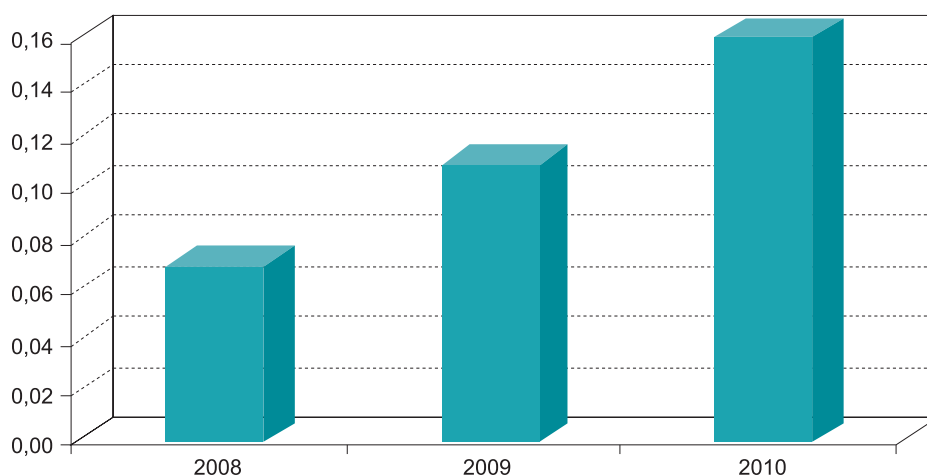
Anexo III. Impacto de la energía solar termoeléctrica en la economía española (2008-2010)

Contribución al PIB (millones euros corrientes)	2008	2009	2010
Demanda interna	1.616,0	2.243,9	2.872,8
Exportaciones netas	-893,4	-1.062,4	-1.222,4
Exportaciones	40,7	85,2	133,7
Importaciones	934,1	1.147,6	1.356,1
Demanda final	722,6	1.181,6	1.650,4
Ingresos de explotación	2.891,5	4.648,3	6.033,1
Consumos de explotación	2.168,9	3.466,7	4.382,7
Valor añadido	722,6	1.181,6	1.650,4
Remuneración de asalariados	621,3	988,0	1.274,1
Excedente bruto de explotación	101,3	193,5	376,3
Retribución de los factores de producción	722,6	1.181,6	1.650,4

Fuente: Deloitte (2011).

La aportación de la energía solar termoeléctrica al PIB ha registrado un notable crecimiento acumulado (128,4%) entre 2008 y 2010, hasta alcanzar 1.650,4 millones de euros constantes (base 2010). Esta contribución procede de las actividades de promoción y construcción de centrales, la venta de energía la exportación de equipos y el efecto arrastre a otras actividades económicas. En términos porcentuales, el peso relativo ha pasado a ser del 0,07% al 0,16%.

Gráfico 25. Peso relativo del sector solar termoeléctrico respecto al total de la economía española (2008-2010). En porcentaje



Fuente: Deloitte (2011).

Referencias bibliográficas

- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA (2010): *Hacia la implantación internacional de la fotovoltaica española. Informe anual 2010*. Asociación de la Industria Fovoltaiica.
- ASOCIACIÓN SOLAR DE LA INDUSTRIA TÉRMICA (2011): *El año del marco retributivo estable*.
- DELOITTE (2011): *Impacto macroeconómico del sector termoeléctrico en España*. Sevilla, Protermosolar.
- EUROBSERV'ER (2010): *Solar termal barometer*. EuroObserv'ER.
- EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (2011a): *Global market outlook for photovoltaics until 2015*. Bruselas, European Photovoltaic Industry Association.
- EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (2011b): *Solar Photovoltaics competing in the energy sector-on the road to competitiveness*. Bruselas, European Photovoltaic Industry Association.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2010): *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020*.
- ORDEN ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial. *Boletín Oficial del Estado* nº 316; pp. 108082-108107.
- PÉREZ, D.; CERVANTES, V.; MOZETIC, L.; MORELL, A. y MARTÍN, M. (2011): *Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del código técnico de edificación*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- PHOTON (2010): "Sol, calor, electricidad. La energía solar termoeléctrica vive un auge, aunque la fotovoltaica acorta distancias"; en *Photon* (diciembre).

- PHOTON (2011a): “Fotovoltaica en Ecuador. Alejadas zonas rurales copan el mercado solar”; en *Photon* (enero).
- PHOTON (2011b): “Fotovoltaica en Perú. Proyectos de grandes plantas y legislación inminente pueden cambiar el panorama solar”; en *Photon* (febrero).
- REAL DECRETO 1565/2010, de 19 de noviembre de 2010, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. *Boletín Oficial del Estado* nº 283; pp. 97428-97444.
- REAL DECRETO 1614/2010, de 7 de diciembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica. *Boletín Oficial del Estado* nº 298, pp. 101853-101859.
- REAL DECRETO-LEY 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico. *Boletín Oficial del Estado* nº 312, pp. 106386-106394.
- RUIZ, V., coord. (2010): *La electricidad termosolar. Historia de éxito de la investigación*. Sevilla, Protermosolar.
- SILVA, M.; CRESPO, L.; FERNÁNDEZ, V.; RUIZ, V. y ROMERO, M. (2010): “El futuro de las tecnologías termosolares”; en RUIZ, V., coord.: *La electricidad termosolar. Historia de éxito de la investigación*; pp. 367-385.
- SOLAR MILLENIUM (2008): *Las centrales eléctricas de colectores cilíndrico parabólicos: De Andasol 1 a 3*. Solar Millenium.
- ZARZA, E. (2010): “Las plantas SEGS, Solar ONE y Solar TWO”; en RUIZ, V., coord.: *La electricidad termosolar. Historia de éxito de la investigación*. Sevilla, Protermosolar.

