

# Impacto macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España



PROTERMO  
 SOLAR

**Deloitte.**



# Impacto macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España



Octubre 2011

Informe elaborado por la consultora **Deloitte**.  
Pza. Pablo Ruiz Picasso, 1, Torre Picasso, 28020 Madrid, España  
[www.deloitte.es](http://www.deloitte.es)

A petición de la Asociación Española de la Industria Solar Termoeléctrica,  
PROTERMOSOLAR  
Camino de los descubrimientos, s/n  
41092 Sevilla, España  
[www.protermosolar.com](http://www.protermosolar.com)

Editado por PROTERMO  
S  A R

ISBN: 978-84-8198-855-0  
Depósito Legal: M-41603-2011

Diseño, maquetación e impresión:  
CYAN, Proyectos Editoriales, S.A.  
[www.cyan.es](http://www.cyan.es)  
Tel.: 91 532 05 04

Fotos por cortesía de las empresas de Protermosolar

# Índice

<b>Resumen ejecutivo .....</b>	<b>7</b>
<b>1. La tecnología .....</b>	<b>13</b>
1.1. Propuesta de valor de las centrales termosolares.....	19
1.2. Soluciones tecnológicas.....	22
1.3. Situación de la Solar Termoeléctrica .....	32
1.4. Marco regulatorio .....	38
1.5. Cumplimiento de los objetivos de política energética .....	39
<b>2. Resultados macroeconómicos .....</b>	<b>41</b>
2.1. Metodología .....	43
2.2. Impacto total en el Producto Interior Bruto (PIB).....	54
2.3. Contribución al PIB durante la fase de construcción .....	58
2.4. Contribución al PIB durante la fase de operación y mantenimiento.....	73
2.5. Empleo.....	76
2.6. Previsión de la contribución al PIB y al empleo en 2020 .....	79
2.7. Contribución del Sector Solar Termoeléctrico en concepto de Seguridad Social, Impuesto sobre Sociedades e I.R.P.F.....	81
2.8. Contribución al PIB y al empleo de una central de 50 MW de canal parabólico con almacenamiento de sales de 7,5 horas.....	85
<b>3. Esfuerzo en I+D+i .....</b>	<b>87</b>
3.1. Relevancia de la contribución al I+D+i.....	89
3.2. Posibilidades de desarrollo a futuro .....	91
3.3. Centros tecnológicos .....	94
<b>4. Impacto de la energía solar termoeléctrica en el territorio .....</b>	<b>97</b>
<b>5. Impacto ambiental y reducción de la dependencia energética .....</b>	<b>105</b>
5.1. Metodología y cálculo de la energía sustituida.....	107
5.2. Impacto ambiental.....	110
5.3. Reducción de la dependencia energética.....	112
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>115</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>121</b>



# Resumen ejecutivo





En los últimos tres años la energía solar termoeléctrica ha crecido de manera muy importante en España. Su peso dentro del mix renovable comienza a ser de relevancia, y más aún lo es su impacto en términos económicos, sociales, medioambientales y de reducción de dependencia energética.

Este informe ha sido elaborado por Deloitte por encargo de Protermosolar con el fin de evaluar cuantitativa y cualitativamente las principales macro-magnitudes que se derivan del desarrollo de esta tecnología en España durante el periodo 2008-2010, así como una previsión de posible impacto que tendría a futuro. Los principales resultados del estudio son los siguientes:

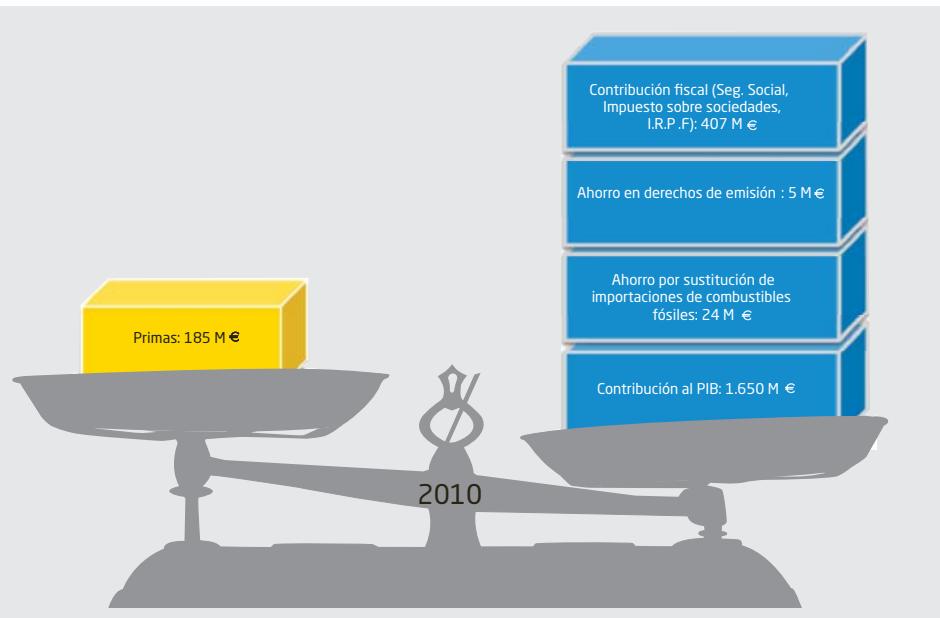
- Durante el año 2010, la contribución total al PIB fue de 1 650,4 millones de €, de los cuales un 89,3% corresponde a las actividades de construcción y el resto a la explotación de las centrales. De mantenerse los apoyos necesarios para alcanzar los objetivos de penetración establecidos en el borrador del PER 2011-2020, la contribución al PIB podría alcanzar los 3 516,8 millones de € en 2020.
- El número total de personas empleadas por el sector ascendió a 23 844 en 2010. El sector solar termoeléctrico, de acuerdo a los objetivos establecidos en el PER, mantendría dicho nivel durante toda la década, pudiendo sostener un nivel de empleo anual cercano a los 20 000 en 2020.
- El esfuerzo en I+D+i es significativo y representa 2,67% de la contribución al PIB del sector: esta cifra es dos veces mayor que la media de España, e incluso superior a los porcentajes globales en países como Alemania y Estados Unidos.
- La energía solar termoeléctrica supuso, en términos de impacto ambiental, evitar la emisión de 361 262 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en 2010. Las centrales que se encontraban operativas a final de 2010 evitan anualmente una emisión de 1 236 170 toneladas de CO<sub>2</sub>. De cumplirse los objetivos establecidos en el borrador del PER 2011-2020, la energía producida en centrales termosolares supondrá evitar aproximadamente 3,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2015 y más de 5,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>

en 2020, que supondrían un ahorro en conceptos de emisión de 152,5 millones de € en 2020 con la hipótesis de un valor de 28,66 € por tonelada, según refleja la Agencia Internacional de la Energía en el *World Energy Outlook 2010*.

- En el año 2010 la producción de energía solar termoeléctrica en España ha evitado importar alrededor de 140 692 toneladas equivalentes de petróleo (tep). Las centrales que se encontraban operativas a finales de 2010 sustituirían 481 421 tep al año.

Para 2015 y 2020 se prevé que la energía solar termoeléctrica sustituiría la importación de un total de aproximadamente 1,6 y 2,7 millones de tep, respectivamente.

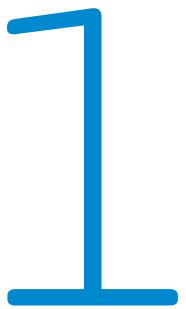
- Se observa que las cuantías recibidas en concepto de primas para el periodo 2008-2010 son muy inferiores a los retornos económicos derivados de la construcción de las centrales.



En esta balanza no se han reflejado dos conceptos de importante trascendencia macroeconómica, como son el empleo de cerca de 24 000 personas en 2010, gran parte de los cuales lo fueron en sectores muy afectados por la crisis económica, y el posicionamiento conseguido por la industria nacional ante los importantes mercados de centrales termosolares que se están abriendo en todo el mundo. Este último impacto es difícil de evaluar cuantitativamente al no conocer cuál será la participación de nuestras empresas en el reparto de proyectos en los distintos países; en cambio, los subsidios de desempleo medios correspondientes a 23 844 personas sí pueden estimarse y hubieran supuesto 176 391 810 euros en 2010.



# La tecnología





La energía solar es la fuente de energía más limpia, abundante y renovable de todas las que existen. El principal desafío al que se enfrentan las renovables en general y aquellas que utilizan la radiación solar en particular es poder conseguir que la producción y distribución de esta energía sea equiparable tanto en gestionabilidad como en precio a las tradicionales fuentes de combustibles fósiles.

En la actualidad, existen principalmente tres grupos de tecnologías para aprovechar la energía solar: la fotovoltaica, las centrales solares termoeléctricas —o centrales termosolares— para la generación de electricidad y la térmica de baja temperatura para calefacción y agua caliente. Las tecnologías de concentración utilizadas para las centrales termosolares también pueden ser aplicadas para calor industrial a media o alta temperatura.

Mientras que la tecnología fotovoltaica convierte la radiación solar directamente en electricidad y la térmica en calor, la tecnología solar termoeléctrica concentra la componente directa de la radiación procedente del sol para calentar un fluido y posteriormente producir electricidad.

Unos dispositivos llamados heliostatos, espejos de geometría parabólica lineal (canales parabólicos) o discos parabólicos, dependiendo de la tecnología, recogen la radiación solar y la concentran para calentar un determinado fluido de trabajo, distinto según los casos, que a su vez sirve para generar vapor en la mayoría de las tecnologías comerciales. El vapor se expande en una turbina convencional para generar electricidad de igual manera que cualquier central térmica actual. En uno de los casos —los discos parabólicos con motor *Stirling*— el fluido es un gas y se genera electricidad directamente mediante el motor situado en el foco de la parábola.

Si bien puede parecer que la tecnología es reciente, en realidad se trata de una tecnología probada, ya que las primeras centrales comerciales comenzaron a funcionar en California a mediados de la década de los ochenta, aunque dicho mercado se paralizó como consecuencia de la reducción en los precios de los combustibles fósiles y la correspondiente cancelación de los incentivos públicos.

Mientras que otras tecnologías de generación de electricidad a partir de fuentes renovables comenzaron a recibir apoyos a finales de los noventa, no fue sino hasta 2004 cuando se estableció en España —y también en EE.UU. aunque con modelos diferentes— un marco que permitió la construcción de centrales de tamaño comercial, la primera de las cuales —PS10— entró en operación en España a principios de 2007, y poco después la central Nevada Solar One, en EE.UU.

Dicho renacimiento termosolar en España y Estados Unidos fue la respuesta a la necesidad de cumplir con los objetivos de penetración de energías renovables y la reducción de la dependencia energética, influyendo también que éstos fueron los dos países en los que se mantuvo el esfuerzo en I+D+i (Plataforma Solar de Almería y Sandia). En este sentido, el establecimiento de una serie de incentivos como las primas a las renovables en el primer caso o la obligación de utilización de renovables en el segundo, unido a la existencia del recurso en ambos países, despertaron el interés por la solar termoeléctrica.

**Figura 1.**

Central PS10 en Sevilla.  
Propiedad de Abengoa.



La posición de liderazgo alcanzada por la industria en nuestro país ha sido el resultado de la combinación de tres factores:

- El apoyo continuado a la investigación y el desarrollo tecnológico desde finales de los 70 y que ha sido detalladamente recogido en el libro "La Electricidad Termosolar, Historia de éxito de la investigación", editado por Protermosolar.
- El marco regulatorio implantado a partir de 2004 y consolidado en 2007. Con él la energía termosolar comenzó a recibir primas a la generación casi diez años después de otras tecnologías como la eólica, la fotovoltaica, la biomasa y la minihidráulica en nuestro país.
- La capacidad de respuesta de las empresas españolas, que pudieron contar con los recursos humanos muy bien preparados, así como su compromiso con las inversiones financiadas en su mayoría mediante "Project Finance" en términos comerciales, sin subvenciones públicas.

## El recurso

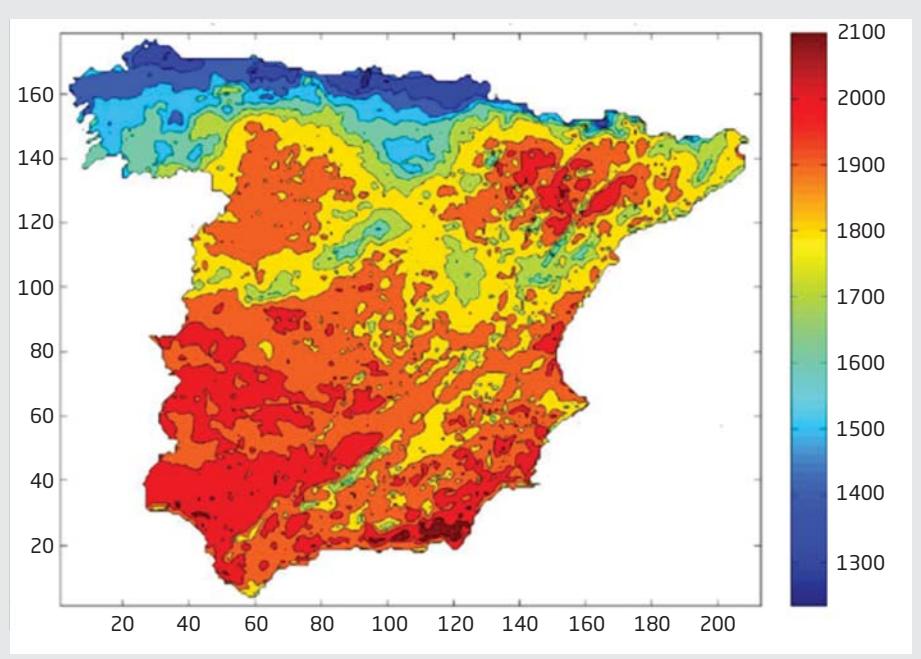
La irradiación directa representa aproximadamente entre el 80% y el 90% de la energía solar que llega a la superficie de la Tierra en un día despejado; en un día nublado, la componente directa de la radiación es cercana a cero y en esos momentos la producción de electricidad por una central termosolar es nula. La energía solar termoeléctrica necesita de la componente directa de la radiación solar, ya que solamente puede concentrarse la energía que le acompaña si los espejos que forman los campos solares reciben este tipo de irradiación (a diferencia de la fotovoltaica, que puede emplear también la componente difusa). Por tanto, los emplazamientos idóneos para instalar centrales termosolares requieren que sean sitios con muchos días de sol (sin muchas nubes ni neblinas) al año, principalmente en áreas semiáridas y ubicadas en latitudes inferiores a los 40°, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

En este sentido, las regiones con mayor potencial son los desiertos del norte de África y Suráfrica, Medio Oriente, el noroeste de India, el sur de Estados Unidos, México, Perú, Chile, el oeste de China, Australia y el sur de Europa, aunque en nuestro país se dispone de aproximadamente 2 000 kWh/m<sup>2</sup>/año frente a 2 600 kWh/m<sup>2</sup>/año en los otros emplazamientos citados con mayor recurso solar de nuestro planeta.

La energía aprovechable se mide en términos de radiación directa normal, que se define como la energía que llega a la superficie perpendicular a los rayos de sol en un periodo de tiempo determinado. En la actualidad, los límites mínimos necesarios para la rentabilidad de una de estas centrales serían algo superiores a los 1 900 kWh/m<sup>2</sup>/año.

**Figura 2.**

Mapa de Radiación Directa Normal Anual (kWh/m<sup>2</sup>/año). Fuente: borrador del PER 2011-2020.

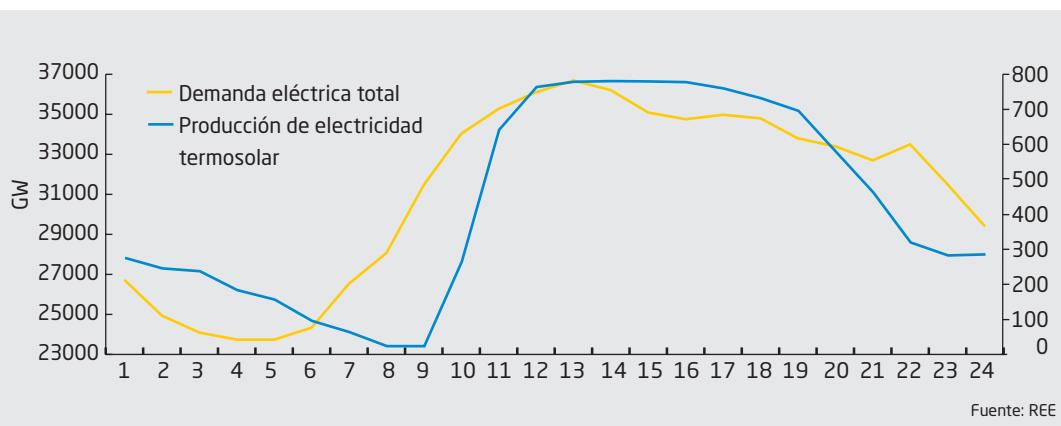


## 1.1. Propuesta de valor de las centrales termosolares

En primer lugar, la energía solar termoeléctrica es gestionable y puede verter electricidad al sistema incluso en momentos en los que no se dispone de radiación solar haciendo uso de los sistemas de almacenamiento o de hibridación de las centrales. Esta característica dota a la solar termoeléctrica de una mayor flexibilidad que otras tecnologías renovables, **contribuyendo así facilitar la gestión del seguimiento de la demanda por parte del operador del sistema eléctrico.** Adicionalmente, la interfaz con la red en las centrales termosolares la constituyen equipos generadores de gran inercia mecánica que contribuyen a su estabilidad en el caso de incidencias de corta duración.

La generación de las centrales termosolares, además de por su carácter gestionable, de forma natural se acopla perfectamente a la curva de la demanda eléctrica. La Figura 3 es una gráfica de un día cualquiera de verano donde se observa la generación del parque termosolar y cómo es coincidente con las rampas de la curva de la demanda. Adicionalmente en invierno, y gracias a la capacidad de almacenamiento, durante la punta de demanda que se produce por la tarde las centrales termosolares también pueden contribuir a dar cobertura a esa punta de demanda.

La solar termoeléctrica puede ser considerada como un facilitador para la integración de otras tecnologías en la red, como la solar fotovoltaica y la eólica, evitando la necesidad de respaldo mediante combustibles fósiles. Asimismo, al poder ser fácilmente hibridadas con otras formas energéticas renovables, como la biomasa y combustibles fósiles como el gas natural, utilizando el mismo equipo generador, se aumenta considerablemente la eficiencia y la firmeza en la producción de energía eléctrica.

**Figura 3.**

Demanda de energía eléctrica y producción termosolar el 28 de julio de 2011 (GW).

**La producción de electricidad mediante la utilización de estas tecnologías evita la emisión de gases de efecto invernadero**, mitiga los efectos que estos gases tienen en el cambio climático y ayuda a conseguir los objetivos de reducción de emisiones. Se trata de tecnologías seguras y limpias en su operación y mantenimiento, y que jugarán un papel cada día mayor para contribuir a un sistema de generación libre de emisiones que evitará además los riesgos asociados al transporte de crudo, a accidentes de centrales nucleares y a la gestión de residuos radioactivos.

Al mismo tiempo, **al utilizar un recurso que se localiza en el territorio contribuye a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles desde el extranjero**. Esto tiene ventajas que van más allá del ahorro que producen en términos económicos, ya que también **se reduce el riesgo de impactos negativos asociados a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, así como a la propia vulnerabilidad energética**. Esta ventaja es especialmente importante en España, al ser uno de los países europeos con mayor dependencia energética del extranjero.

En términos de impacto socioeconómico, como se observa a lo largo de todo el documento, **la energía solar termoeléctrica genera muchos empleos en**

**el territorio donde se instalan las centrales, tanto durante la fase de construcción como durante la operación y mantenimiento dado el elevado componente nacional asociado a la ejecución de las inversiones.**

La Agencia Internacional de la Energía prevé que aunque la mayor parte de la contribución de la solar termoeléctrica vendrá de centrales de un tamaño relevante conectadas a red, estas tecnologías podrían, además, suministrar buena parte de la demanda de electricidad y calor en procesos industriales, así como para refrigeración o desalinización de aguas salinas o salobres.

Además se reconocen sus posibles aplicaciones en entornos urbanos o domésticos a menor escala, principalmente en localizaciones donde el acceso a la energía eléctrica se encuentra limitado.

## 1.2. Soluciones tecnológicas

En la actualidad existen cuatro soluciones tecnológicas para el desarrollo de la energía solar termoeléctrica, pudiendo ser categorizadas según la manera en la que concentran la irradiación directa del sol:

- Canal parabólico
- Receptor central o de torre con campo de helióstatos
- Reflectores lineales tipo *Fresnel*
- Discos parabólicos con motores *Stirling*

### Centrales de canal parabólico

**En la actualidad se trata de la tecnología más extendida a nivel mundial, con más de 900 MW en operación en España y 430 MW en Estados Unidos, principalmente.**

Consiste en instalar filas o lazos de espejos con forma de canales de sección parabólica que recogen la radiación solar y la concentran en un tubo receptor. Aquí se calienta un fluido hasta aproximadamente 400°C y se utiliza posteriormente, bien para generar vapor que acciona una turbina conectada a un generador de electricidad, bien para calentar un sistema de almacenamiento consistente en dos tanques de sales fundidas. Alternativamente, existe también la posibilidad de que la energía térmica obtenida de la transformación termosolar genere vapor directamente en el campo solar, eliminando la necesidad de intercambiadores de calor y de otros fluidos.

Las filas de concentradores en estas centrales suelen tener una orientación norte-sur para maximizar la cantidad de energía recogida durante todo el año, ya que con un sistema de un único eje puede ajustarse su inclinación de este a oeste durante

el día, lo cual asegura una incidencia más favorable de la irradiación directa del sol a los espejos. Asimismo, esta tecnología permite incorporar sistemas de almacenamiento térmico para utilizarse en momentos en los que no existe irradiación solar.

Por otra parte, **esta tecnología permite también soluciones bastante sencillas de hibridación con otras tecnologías, lo cual significa que puede utilizarse un combustible fósil tradicional o biomasa para producir electricidad durante la noche o en días nublados, así como para apoyar la operación solar**. Las ventajas de la hibridación es que se maximiza el uso de las turbinas de generación de electricidad, existiendo economías de escala en muchas fases del proyecto, tanto durante la construcción (por ejemplo en las líneas eléctricas) como durante la operación.

En la actualidad las centrales en España tienen una potencia unitaria de 50 MW, por los condicionantes del régimen especial. En Estados Unidos se están construyendo centrales con turbinas de potencia muy superiores, aprovechando que en esta tecnología el rendimiento de captación de la energía no se ve prácticamente afectado por el tamaño y los costes de generación sí disminuyen notablemente.



**Figura 4.**  
Central La Riscal en Badajoz.  
Propiedad de Acciona.

## Centrales de receptor central o de torre con campo de helióstatos

Las centrales de torre o de receptor central utilizan cientos o miles (dependiendo del tamaño de éstos y de la potencia) de reflectores planos —o casi— llamados helióstatos que dirigen la radiación solar hacia un receptor ubicado en la parte superior de una torre. Un fluido utilizado como transmisor de calor, que en las centrales actuales puede ser vapor o sales fundidas, es calentado en el receptor y se utiliza para generar electricidad mediante una turbina de vapor convencional.

**El rendimiento de estas centrales suele ser mayor que el de las de canal parabólico, ya que se consiguen temperaturas más elevadas de los fluidos,** entre 500°C y 600°C, lo que da lugar a mayor rendimiento termodinámico y a su vez facilita también la capacidad de almacenamiento, disminuyendo el volumen necesario.

**Figura 5.**

Central Gemasolar en Sevilla.  
Propiedad de Torresol Energy.



**En la actualidad existen solamente tres centrales de este tipo localizadas en España, mientras que ya se están construyendo y se encuentran en promoción diferentes proyectos de mayor tamaño en Estados Unidos.**

Aunque la experiencia comercial en este tipo de centrales no es elevada, **se estima que las ratios de costes de generación por kWh podrían ser inferiores a los de las centrales de canal parabólico**, a pesar de que el uso de la tierra es ligeramente menos eficiente. Se percibe un incremento en la confianza en este tipo de centrales a medida que más de ellas entran en funcionamiento. Estas centrales podrían llegar a ser de más de 100 MW eléctricos de potencia nominal.

### Centrales de reflectores lineales tipo *Fresnel*

Esta tecnología también se basa en filas o lazos de reflectores solares; no obstante, en este caso son planos o con una curvatura muy pequeña. La radiación se refleja y se concentra en unos receptores ubicados sobre los espejos. **La principal ventaja de esta tecnología es que se facilita la generación directa de**



**Figura 6.**  
Central de Puerto Errado 1, Murcia. Propiedad mayoritaria de EBL y desarrollada por NOVATEC.

**vapor, principalmente por tener el tubo absorbedor fijo, eliminándose la necesidad de fluidos para la transferencia de calor y los intercambiadores de calor.**

**En la actualidad esta tecnología se encuentra menos extendida, ya que el nivel de concentración y correspondientemente la temperatura que alcanza el fluido en el campo solar –hasta ahora vapor saturado–, es inferior a las otras dos tecnologías mencionadas anteriormente y resulta más difícil incorporar sistemas de almacenamiento.** Su desarrollo dependerá de la capacidad de reducir los costes de inversión y de generación a fin de ser competitivos ante su menor rendimiento: se estima que los costes deberían ser un 40% inferiores a los de canal parabólico para poder ser competitivos con esa tecnología.

## Centrales de discos parabólicos con motores *Stirling*

Las centrales de discos parabólicos con motores *Stirling* constan de dos elementos básicos: un concentrador o disco solar y un generador de energía. Cada unidad completa produce electricidad por sí misma y la potencia de los dispositivos actuales varía desde los 3 kW hasta los 25 kW por unidad, con una versión de 10 kW.

Los concentradores recogen la radiación solar directamente y la reflejan en un receptor que se ubica sobre el disco. La estructura gira siguiendo al sol para que se produzca la concentración de los rayos solares en el foco en donde se encuentra dicho receptor acoplado al motor. El tipo más común de transformadores termomecánicos empleados son los motores *Stirling* conectados a un alternador. El motor *Stirling* utiliza un gas calentado, generalmente helio o hidrógeno, para generar energía mecánica en su eje.

**Este diseño elimina la necesidad de utilizar agua en la generación de energía, lo cual representa una ventaja frente a los diseños habitualmente empleados por las otras tipologías** las cuales, no obstante, también

podrían construirse con sistemas de refrigeración secos. Asimismo, dado que se trata de equipos individuales, **los discos parabólicos no parecen, en la actualidad, tan adecuados como las otras tecnologías para su utilización en grandes centrales pero sí podrían suponer una solución para la generación distribuida al ser modulables y más fáciles de localizar en terrenos no planos.**



**Figura 7.**

Central de Casas de los Pinos, Cuenca. Propiedad de Renovalia, con motores Infinia.

## Sistemas de almacenamiento

**Uno de los principales desafíos para las energías renovables es el de solucionar los problemas que se derivan de su variabilidad debido a la naturaleza del recurso.** Si bien las horas de radiación solar son más predecibles que otras fuentes de energía como el viento, ni la eólica ni la fotovoltaica son gestionables: es decir, las centrales no pueden producir cuando no existe recurso ni puede almacenarse de forma competitiva la electricidad cuando se produce pero no hay demanda para consumirla.

**La energía solar termoeléctrica ofrece soluciones en este terreno, ya que la energía que se recoge puede ser almacenada en forma de energía interna de una sustancia.** Si el fluido utilizado para la transmisión del calor desde el campo solar hasta el generador es aceite o sales fundidas, la energía recogida puede ser almacenada para su posterior utilización durante la noche o días nublados. En particular en los sistemas que utilizan sales fundidas como fluido de trabajo el almacenamiento permite desacoplar la captación de la energía solar de la generación eléctrica y puede decirse, por tanto, que el sistema de almacenamiento tiene un rendimiento virtualmente del 100%.

**Los picos diarios de demanda durante el día coinciden en buena medida con las horas de mayor disponibilidad de radiación solar pero, en función de la estación, se produce otro segundo pico vespertino y de elevado nivel de demanda unas horas después de la puesta de sol.**

En este sentido, las centrales con capacidad de almacenamiento suelen tener hasta siete horas y media adicionales, que sólo se alcanzan en operación normal durante los meses del verano, permitiendo extender la operación de las centrales termosolares y haciéndolas más competitivas al alcanzar factores de capacidad cercanos al 50%.

Asimismo, **debe señalarse que prácticamente la totalidad de las centrales termoeléctricas cuentan con dispositivos de reserva o posibilidades de hibridación con otras tecnologías**, por lo que ayudan a regular la producción y garantizar la potencia, especialmente en momentos de demanda pico.



**Figura 8.**

Bloque de potencia y sistema de almacenamiento de la Central La Florida en Badajoz. Propiedad de Renovables SAMCA.

## Requerimientos de agua y refrigeración

Al igual que otras centrales térmicas, **las centrales termosolares emplean habitualmente un suministro de agua constante para procesos de enfriamiento del condensador del ciclo de vapor**, aunque también pueden diseñarse centrales termosolares con sistemas de refrigeración seca, si bien su rendimiento se verá ligeramente disminuido. En este sentido, si bien depende de la tecnología utilizada, la energía solar termoeléctrica necesita aproximadamente 3 000 litros de agua por MWh<sup>1</sup>, ratios similares a los de una central nuclear, frente a los 2 000 u 800 litros por MWh de las centrales de carbón o ciclos combinados de gas natural, respectivamente.

**Figura 9.**

Central Ibersol Puertollano en Ciudad Real. Propiedad de Iberdrola.



---

1. Las centrales con receptor central o torre necesitan menor cantidad de agua y las de discos parabólicos utilizan solamente aire para refrigerarse.

Cabe destacar igualmente que cuando las centrales termosolares se construyen sobre suelo destinado al uso agrícola en última instancia el consumo de agua por hectárea al año se ve reducido. Una central termosolar consume un total de 260 000 litros/ha\*año, mientras que un suelo agrario destinado a la agricultura en la cuenca del Guadalquivir consume alrededor de 600 000 litros/ha\*año en el caso de cultivos de maíz y 404 000 litros/ha\* año en el caso del algodón<sup>2</sup>.

El acceso a estas cantidades de agua es un reto que tendrá que afrontar la energía solar termoeléctrica, especialmente al estar localizadas en regiones áridas. Una posible solución es la refrigeración utilizando aire, aunque el rendimiento de conversión termodinámica se verá ligeramente afectado.

En la actualidad se encuentran en estudio soluciones mixtas como la utilización de agua durante el verano y aire durante el invierno, reduciendo la necesidad de agua así como otras soluciones en estudio en los centros tecnológicos.

## Evolución de costes

En el futuro se espera que se produzca una reducción en los costes de generación por kWh, derivados de un abaratamiento de los componentes y de un aumento del rendimiento de las centrales. Al igual que se ha observado en el caso de la tecnología eólica, cuya potencia mundial instalada está en torno a los 100 GW, o de la fotovoltaica, que ya acumula cerca de 50 GW. La termosolar no alcanza todavía los 2 GW y tiene, por tanto, un gran potencial de avanzar por la curva de aprendizaje.

---

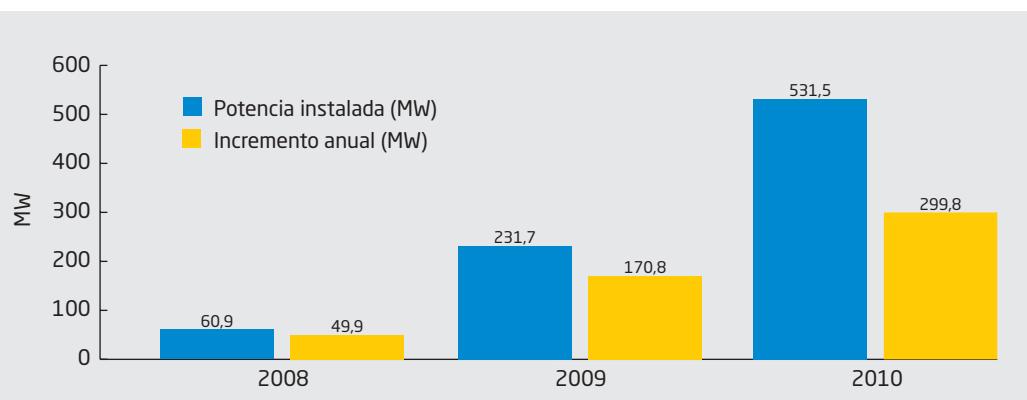
2. Fuente: Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino - Dirección General del Agua: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

## 1.3. Situación de la Solar Termoeléctrica

**A finales del año 2010, la potencia solar termoeléctrica instalada en España era de 531,5 MW<sup>3</sup>, habiendo experimentado un crecimiento con respecto al año anterior de 299,8 MW.** A pesar de ser una tecnología sobre la cual ya se venía experimentando en los años ochenta, los primeros MW comerciales que entraron en funcionamiento en España fueron los que aportó la operación de la central PS10 en Sanlúcar la Mayor, de 11 MW de potencia, en febrero de 2007.

Es importante señalar que en 2011 han entrado en funcionamiento hasta finales de septiembre 420 MW más, aumentando la capacidad instalada hasta llevarla cerca de los 1 000 MW. Adicionalmente, se encuentran en construcción aproximadamente unos 1 200 MW, esperando que a finales de 2013 se encuentren instalados los 2 525 MW que han sido inscritos en el Registro de Preasignación de Retribución.

**Figura 10.**  
Potencia solar termoeléctrica instalada, acumulada e incremento porcentual (2008-2010).



3. Fuente: Capacidad instalada de acuerdo con la información publicada por la Comisión Nacional de Energía. Este dato representa las centrales recogidas por la CNE una vez éstas tienen el Registro definitivo. Estos datos son ligeramente distintos a la base utilizada para la realización del estudio económico, que también incluye las centrales cuya construcción terminó y se conectaron en pruebas a la red meses antes de tener dicho registro y que elevarían la potencia instalada hasta 749,4 MW.

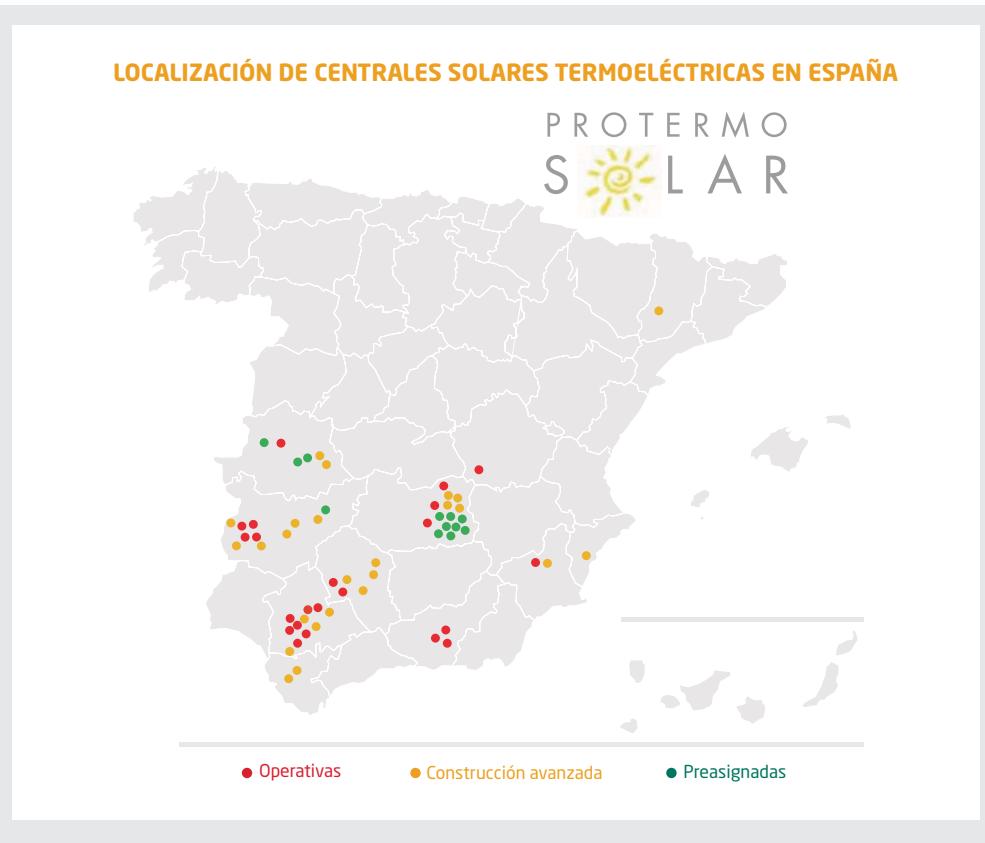
La práctica totalidad de las centrales utiliza la tecnología de canal parabólico, existiendo solamente tres centrales de torre y una de *Fresnel* de 1,4 MW. Aproximadamente dos tercios de las centrales cuentan con un almacenamiento de 7,5 horas, por lo que la central tipo que se encuentra en construcción u operación en España es una central de canal parabólico de 50 MW con una capacidad de almacenamiento de 7,5 horas.

**La concentración de las centrales se encuentra lógicamente donde existe un mayor recurso, por lo que las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha y Murcia son las que contaban, a finales de 2010, con potencia instalada.** Es relevante señalar que se encuentran en construcción una central termosolar híbrida con biomasa en Borges Blanques, Lérida, cuya entrada en funcionamiento se prevé para principios de 2013, así como una central de canal parabólico en Villena, Alicante.



**Figura 11.**  
Potencia solar termoeléctrica  
instalada y construcción de  
centrales en España a diciembre de  
2010 por comunidades autónomas.

En el siguiente mapa de España pueden observarse las localizaciones de las distintas centrales termosolares:



LOCALIZACIÓN DE CENTRALES SOLARES TERMOELÉCTRICAS EN ESPAÑA													
Propietario	Nombre	Población	Provincia	Tecnología	Capacidad Almacenamiento (MW)	Producción estimada (MWh/año)	Emissions evitadas (t/año CO2)	Fase pre registro	Fecha(s) 1ª conexión en plazo(s) fijo(s)	Superficie de terreno ocupada (ha)	Área de captación solar (ha)		
Abengoa Solar	PS10	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	TVS	10	1	24	11.424 n/a	nov-06	65	75.000		
COBRA	Andasol-1	Aldeire	Granada	CCP	50	7,5	175	83.300 n/a	nov-08	200	510.120		
Abengoa Solar	PS20	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	TVS	20	1	44	20.944 n/a	abr-09	90	150.000		
Novatec	Puerto Errado I	Calasparra	Murcia	Fresnel	1,4	0,5	2	1.120 1	abr-09	3	18.000		
COBRA	Andasol-2	Aldeire y La Calahorra	Granada	CCP	50	7,5	175	83.300 1	jun-09	200	510.120		
Iberdrola Energía Solar de Puertollano	Ibersol Puertoallano Puertoallano		Ciudad Real	CCP	50	n/a	103	49.028 n/a	jun-09	150	290.000		
Acciona/ Mitsubishi Corp	La Riscal	Alvaredo	Badajoz	CCP	50	n/a	103	49.028 1	sep-09	130	390.000		
COBRA	Extrésol-1	Torre de Miguel Sesmero	Badajoz	CCP	50	7,5	177	84.252 1	sep-09	200	510.120		
COBRA	Extrésol-2	Torre de Miguel Sesmero	Badajoz	CCP	50	7,5	177	84.252 2	abr-10	200	510.120		
Abengoa Solar	Solnova 1	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	CCP	50	n/a	110	52.360 1	may-10	115	350.000		
Abengoa Solar	Solnova 3	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	CCP	50	n/a	110	52.360 1	jun-10	115	350.000		
Renovables SAMCA, S.A.	La Florida	Badajoz	CCP	50	7,5	180	85.680 1	jul-10	220	550.000			
Abengoa Solar	Solnova 4	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	CCP	50	n/a	110	52.360 1	ago-10	115	350.000		
Acciona/ Mitsubishi Corp	Majadas	Majadas	Cáceres	CCP	50	n/a	108	51.408 1	oct-10	110	380.000		
Renovables SAMCA, S.A.	La Dehesa	La Garrovilla	Badajoz	CCP	50	7,5	180	85.680 1	oct-10	220	550.000		
Acciona/ Mitsubishi Corp	Palma del Río II	Palma del Río	Córdoba	CCP	50	n/a	116	55.216 1	dic-10	135	380.000		
COBRA	Manchásol-1	Alcázar de San Juan	Ciudad Real	CCP	50	7,5	185	88.060 2	dic-10	200	510.120		
Renovalla	Casa de los Pinos	Casa de los Pinos	Cuenca	DS	1	n/a	2,25	1.260 3	mar-11	3,5	5.280		
COBRA	Manchásol-2	Alcázar de San Juan	Ciudad Real	CCP	50	7,5	185	88.060 3	abr-11	200	510.120		
Torresol	Gemasolar	Fuentes de Andalucía	Sevilla	TS	20	15	106	47.600 2	abr-11	195	304.750		
Acciona/ Mitsubishi Corp	Palma del Río I	Palma del Río	Córdoba	CCP	50	n/a	116	55.216 1	jul-11	135	380.000		
Solar Millennium/Ferrostaal/JWL/Rhen Energy/WVA/Andasol 3		Aldeire/la Calahorra	Granada	CCP	50	7,5	170	80.920 1	ago-11	220	512.000		
Abengoa Solar/E.ON	Heliogenergy 1	Ecija	Sevilla	CCP	50	6	140	66.640 2	sep-11	180	500.000		
En operación					952,4	2.792	1.329.468	3.402	8.595.750				
Valoriza/Siemens	Lebrilla 1	Lebrilla	Sevilla	CCP	50	n/a	122	58.072 2	jul-11	188	412.000		
Elecnor/Eiser/Aries	Asteasu II	Badajoz	Badajoz	CCP	50	7,5	188	89.488 3	nov-11	190	510.120		
Torresol	Arcoízol-50	San José del Valle	Cádiz	CCP	50	7,5	160	76.160 3	nov-11	180	510.000		
Torresol	Temnosol-50	San José del Valle	Cádiz	CCP	50	7,5	160	76.160 3	dic-11	180	510.000		
Elecnor/Eiser/Aries	Aste 1A	Alcázar de San Juan	Ciudad Real	CCP	50	8	187	89.012 2	ene-12	180	510.120		
Elecnor/Eiser/Aries	Aste 1B	Alcázar de San Juan	Ciudad Real	CCP	50	8	187	89.012 2	ene-12	180	510.120		
Abengoa Solar/EDN	Helioenergy 2	Ecija	Sevilla	CCP	50	6	140	66.640 2	ene-12	180	500.000		
Abengoa Solar/JGC Corporation	Solacor 1	El Cipri	Córdoba	CCP	50	n/a	110	52.360 2	feb-12	115	350.000		
Novatec, EBL, IWB, EWZ, EK2 y EWB	Puerto Errado II	Calasparra	Murcia	Fresnel	30	0,5	50	28.000 2	mar-12	60	302.000		
Abengoa Solar/JGC Corporation	Solacor 2	El Cipri	Córdoba	CCP	50	6	140	66.640 2	mar-12	180	500.000		
Abengoa Solar	Helios 1	Ciudad Real	Ciudad Real	CCP	50	7	150	71.400 1	may-12	180	500.000		
Iberdólica	Morón	Morón de la Frontera	Sevilla	CCP	50	n/a	122	58.072 2	may-12	161	380.000		
Abengoa Solar/ITOCHU	Solabén 3	Logrosán	Cáceres	CCP	50	4	130	61.889 3	jun-12	180	500.000		
Grupo Orbi-Grupo TSK-Magtel	La Africana	Posadas	Córdoba	CCP	50	7,5	173	82.348 1	jul-12	230	549.360		
FCC/Mitsui	Guzman	Palma del Río	Córdoba	CCP	50	n/a	110	52.360 3	jul-12	200	310.406		
Iberdólica	Olivence 1	Olivenza	Badajoz	CCP	50	n/a	120	57.120 3	jul-12	198	402.000		
Acciona	Orellana	Orellana	Badajoz	CCP	50	n/a	117	55.692 1	ago-12	130	405.480		
COBRA	Extrésol-3	Torre de Miguel Sesmero	Badajoz	CCP	50	7,5	177	84.252 3	ago-12	200	510.120		
Abengoa Solar	Helios 2	Ciudad Real	Ciudad Real	CCP	50	7	150	71.400 2	ago-12	180	500.000		
Abengoa Solar/ITOCHU	Solabén 2	Logrosán	Cáceres	CCP	50	n/a	110	52.360 3	oct-12	115	350.000		
Abanita /Comsa EMTE	Termostol Borges Borges Blanques	Lleida	CCP+HB	22,5	n/a	98	24.696 3	dic-12	70	181.000			
COBRA	Casablanca	Casablanca	Cáceres	CCP	50	7,5	175	83.300 3	jul-13	200	510.120		
FCC/Otros	Enstar	Villena	Alicante	CCP	50	n/a	99	47.124 4	jul-13	214	327.000		
Solar Millennium/Ferrostaal	Extremosol 1	Villanueva de la Serena	Badajoz	CCP	50	7,5	160	76.160 4	jul-13	220	497.040		
Solar Millennium/OHL	Arenales	Morón de la Frontera	Sevilla	CCP	50	7	167	79.492 4	mar-13	220	510.000		
Nextera-FPL	Termosol 1	Navalvillar de Pela	Badajoz	CCP	50	9	175	83.300 4	oct-13	205	523.200		
Construcción avanzada					1.252,5	3.677	1.732.500	4.536	11.570.086				
Renovalla	Puertollano 1	Puertollano	Ciudad Real	DS	8	n/a	18,1	10.136 3	mar-12	270	44.704		
Renovalla	Puertollano 2	Puertollano	Ciudad Real	DS	10	n/a	22,6	12.656 3	mar-12	330	54.080		
Renovalla	Puertollano 3	Puertollano	Ciudad Real	DS	10	n/a	22,6	12.656 3	mar-12	330	54.080		
Renovalla	Puertollano 4	Puertollano	Ciudad Real	DS	10	n/a	22,6	12.656 3	mar-12	330	54.080		
Abengoa Solar/ITOCHU	Solabén 1	Logrosán	Cáceres	CCP	50	4	130	61.889 4	mar-13	180	500.000		
Renovables SAMCA, S.A.	Cáceres	Galisteo y Valdeobispo	Cáceres	CCP	50	7,5	187	88.060 4	mar-13	220	550.000		
Renovalla	Puertollano 5	Puertollano	Ciudad Real	DS	10	n/a	22,6	12.656 4	mar-13	330	54.080		
Renovalla	Puertollano 6	Puertollano	Ciudad Real	DS	10	n/a	22,6	12.656 4	mar-13	330	54.080		
Renovalla	Puertollano 7	Puertollano	Ciudad Real	DS	12,4	n/a	27,9	15.624 4	mar-13	419	68.768		
Abengoa Solar/ITOCHU	Solabén 6	Logrosán	Cáceres	CCP	50	n/a	118	52.360 4	ago-13	115	350.000		
Nextera-FPL	Termosol 2	Navalvillar de Pela	Badajoz	CCP	50	9	175	83.300 4	jul-13	212	533.200		
Termosolar Alcázar S.L.	Alcázar	Alcázar de San Juan	Ciudad Real	TS	50	20	320	152.320 n/a	jul-14	600	1.082.640		
Preestigadas	12				320,4	1.079	526.960	3.666	3.389.712				
Total	61				2.525,30	7.548	3.588.928	11.604	23.555.548				

**Tecnologías:**

- TVS - Torre Vapor Saturado
- TS - Torre con Saleo
- CCP - Canales Parabólicos
- CCP+HB - Canales Parabólicos + Hibridación con Biomasa
- DS - Disco/Stirling
- FRESNEL - Fresnel

**Figura 12.**

Listado y mapa de la localización de las centrales termosolares en España.  
Fuente: [www.protermosolar.com](http://www.protermosolar.com)

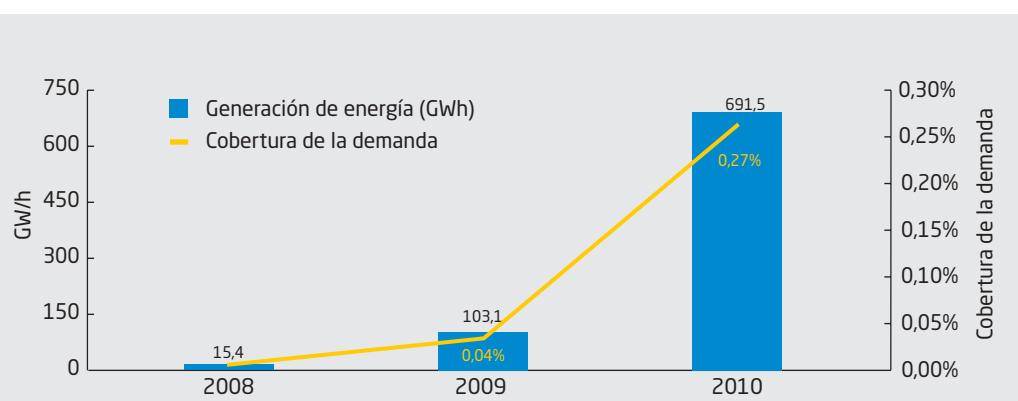
**A nivel internacional, España es el líder mundial en esta tecnología.**

Estados Unidos tiene cerca de 500 MW de potencia instalada (la mayor parte desde hace más de veinte años) y está acometiendo la construcción de nuevas centrales, en bastantes de las cuales las empresas españolas son promotoras o constructoras. También se encuentran en operación o construcción diferentes proyectos en Marruecos, Argelia, Egipto, Emiratos Árabes, Italia, Australia, China e India: **la capacidad total instalada a nivel mundial actualmente es de alrededor de 2 GW.**

En términos de energía generada, **la solar termoeléctrica alcanzó un total de 691,5 GWh en 2010 en España mientras que la energía anual que generarían todas las centrales en operación a finales de 2010 sería de 2 366,3GWh de haber funcionado durante todo el año.** La cobertura de la demanda no es todavía significativa en comparación con el resto de tecnologías que componen el mix energético, aunque su peso se ha visto incrementado notablemente en 2010 y 2011, habiendo alcanzado en el verano de 2011 valores cercanos al 1,5%. En 2020, si se cumplen las previsiones del PER, la electricidad generada por la centrales termosolares representaría un 3% del total en España.

**Figura 13.**

Generación de energía y porcentaje de cobertura de la demanda con solar termoeléctrica.



A nivel europeo, seis países han anunciado objetivos de instalación de energía solar termoeléctrica en sus Planes Nacionales de Acción en materia de Energías Renovables (PANERs), acumulando una potencia de 3 573 MW en 2015 y 7 044 MW en 2020 (incluyen los objetivos de España, que han sido ligeramente rebajados en el borrador del PER 2011-2020).

Francia, Italia, Portugal, Grecia y Chipre son los países que han presentado una previsión de instalación además de España. Se estima que la electricidad producida por estas centrales será cercana a los 20 TWh anuales.

## 1.4. Marco regulatorio

En la actualidad, el Registro de Preasignación de Retribución de potencia al que está sujeta la solar termoeléctrica se encuentra cerrado. El procedimiento de inscripción en dicho registro, introducido por el Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social, dio al Gobierno central la facultad de inscripción, aunque las autorizaciones administrativas seguían dependiendo de las comunidades autónomas.

Asimismo, el 7 de diciembre de 2010 se publicó el Real Decreto 1614/2010, 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. Garantiza el marco retributivo del Real Decreto 661/2007 a todos los proyectos inscritos en el registro y establece una limitación en el número de horas equivalentes de funcionamiento dependiendo de la tecnología y capacidad de almacenamiento.

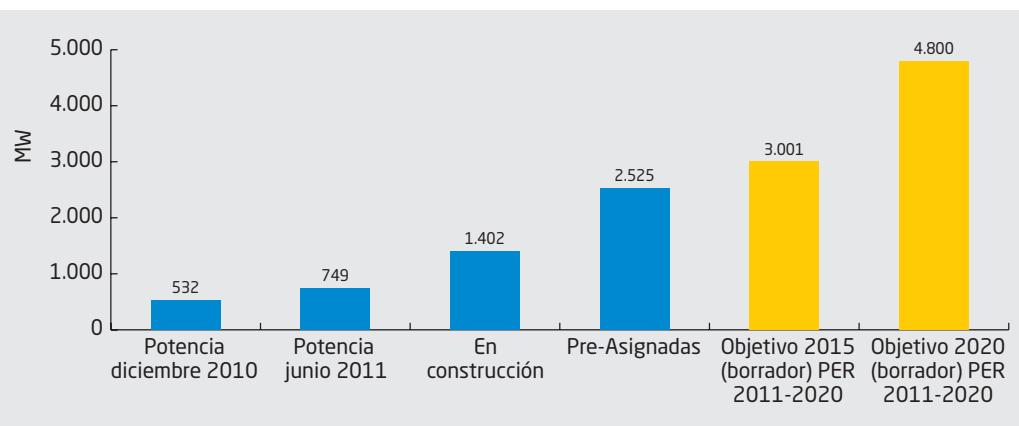
Tecnología	Horas equivalentes de referencia / año
Canal parabólico sin almacenamiento	2.855
Canal parabólico con almacenamiento de 9 horas	4.000
Canal parabólico con almacenamiento de 7 horas	3.950
Canal parabólico con almacenamiento de 4 horas	3.450
Torre vapor saturado	2.750
Torre sales con almacenamiento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

## 1.5. Cumplimiento de los objetivos de política energética

El Plan de Energías Renovables (PER 2005-2010) marcaba como objetivo alcanzar los 500 MW de potencia solar termoeléctrica en el año 2010, y una producción de electricidad de 1 144 GWh, habiéndose cumplido el objetivo de potencia. En términos de energía producida, todavía existe un déficit respecto a los objetivos del Plan, aunque debe matizarse que buena parte de la potencia incorporada en 2010 no ha funcionado todo el año; de haber funcionado, dicho objetivo hubiera sido superado.

De cara al futuro, el borrador del PER 2011-2020, que se encuentra en fase de información pública, hace una pequeña rebaja de las expectativas establecidas inicialmente en el PANER 2011-2020 enviado a Europa y que contiene las acciones a desarrollar (no vinculantes) para cumplir los objetivos de política energética (conocidos como objetivos 20/20).

Los niveles de penetración de la energía solar termoeléctrica dadas se establecen, por tanto, **en 3 001 MW y 4 800 MW en 2015 y 2020, respectivamente, y una producción de electricidad de 8 287 GWh y 14 379 GWh en 2015 y 2020, respectivamente.**

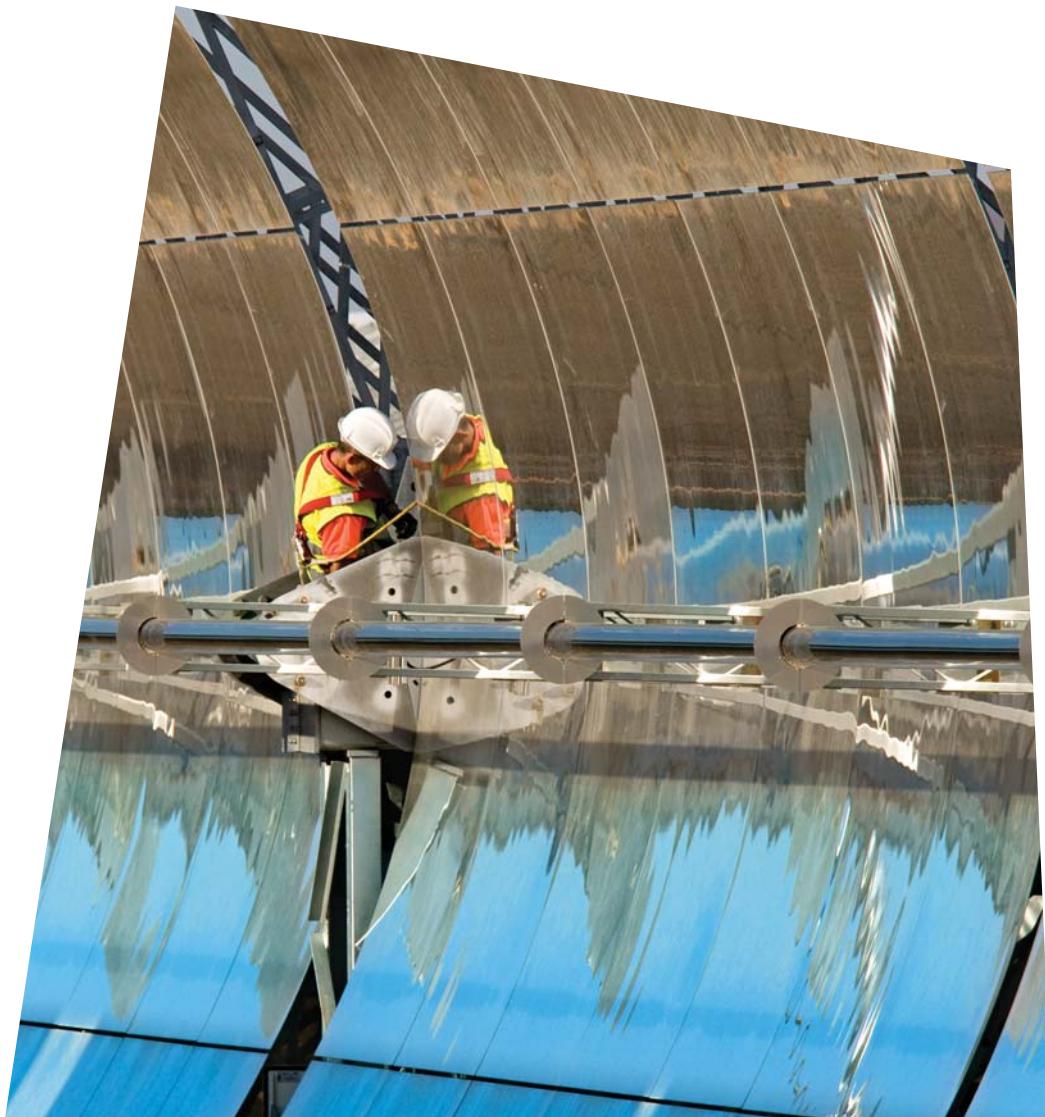
**Figura 14.**

Evolución de la potencia acumulada prevista y objetivos del borrador del PER 2011-2020.

Por otra parte, a nivel internacional se prevé una aceleración de la instalación de potencia renovable en general y de solar termoeléctrica dadas sus especiales cualidades de almacenamiento e hibridación, que garantizan su gestionabilidad, y al ir avanzando sobre la curva de aprendizaje, por lo que se reducen los costes de inversión con las innovaciones a nivel de sistemas y componentes.

**La hoja de ruta definida por la Agencia Internacional de la Energía en 2009 estableció el objetivo a 2020 a nivel mundial en 148 GW, con una media de utilización de 2 800 horas equivalentes de funcionamiento y una producción de electricidad de 414 TWh.** En este sentido, existe una oportunidad muy importante para la industria española, tan bien posicionada en estos momentos, ante el desarrollo de este importante mercado emergente.

# Resultados macroeconómicos



2



## 2.1. Metodología

En este apartado se describe la metodología utilizada para la estimación de la contribución al PIB y del empleo del Sector Solar Termoeléctrico, detallando las herramientas utilizadas así como los cálculos realizados.

De acuerdo con la contabilidad nacional, **la contribución al PIB de una economía puede calcularse a partir de tres métodos**, cuyo resultado debe ser equivalente:

- Método de la suma del **valor añadido**
- Método de la suma de la **retribución de los factores de producción**
- Método de la suma de la **demandada final**

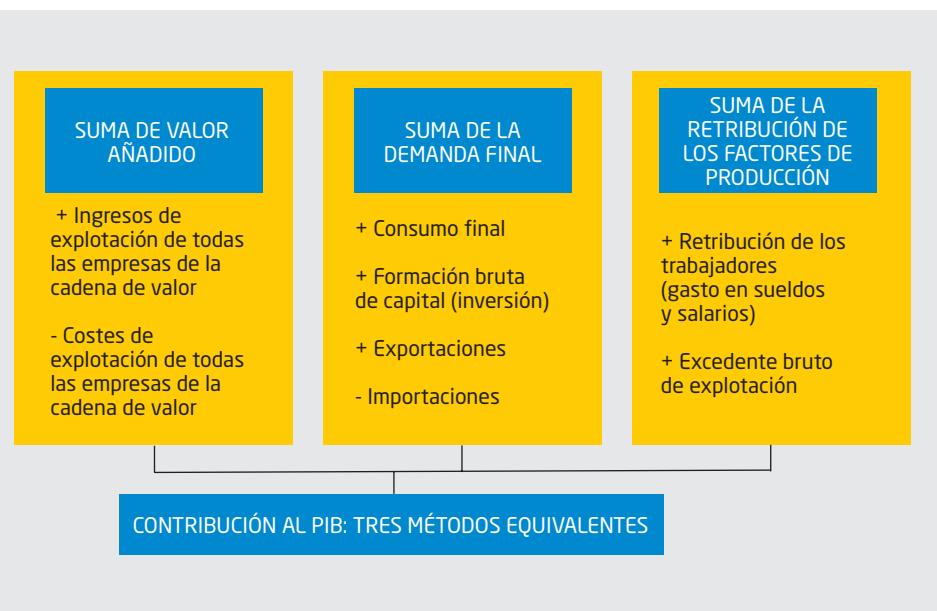
**El valor añadido de una actividad se calcula a partir de restar a los ingresos obtenidos por la venta de productos y/o servicios, el coste de los aprovisionamientos necesarios para producir dichos bienes y/o servicios.** La suma del diferencial entre ingresos y costes de explotación de todas aquellas empresas/actividades incluidas en un sector representa la contribución al PIB de dicho sector.

Asimismo, **dicho diferencial puede desglosarse entre los factores de producción utilizados para la producción de los mencionados bienes y/o servicios, principalmente trabajo y capital.** En este sentido, la estimación de la contribución al PIB de un sector/empresa, también es la suma de la retribución que se ha pagado por cada uno de estos factores: el gasto total en sueldos y salarios más el excedente bruto de explotación<sup>4</sup> obtenido por las empresas.

---

4. El excedente bruto de explotación se define como los pagos realizados a los restantes factores productivos además del trabajo: beneficios, alquileres, intereses, consumo de capital fijo y otras rentas.

Por último, **el método de la suma de la demanda final considera el gasto final en bienes y servicios que se produce: demanda interna más demanda externa neta**. La demanda interna se define como el consumo final de bienes y servicios más la formación bruta de capital, y la demanda externa neta es equivalente a las exportaciones netas (exportaciones menos importaciones).



**Figura 15.**

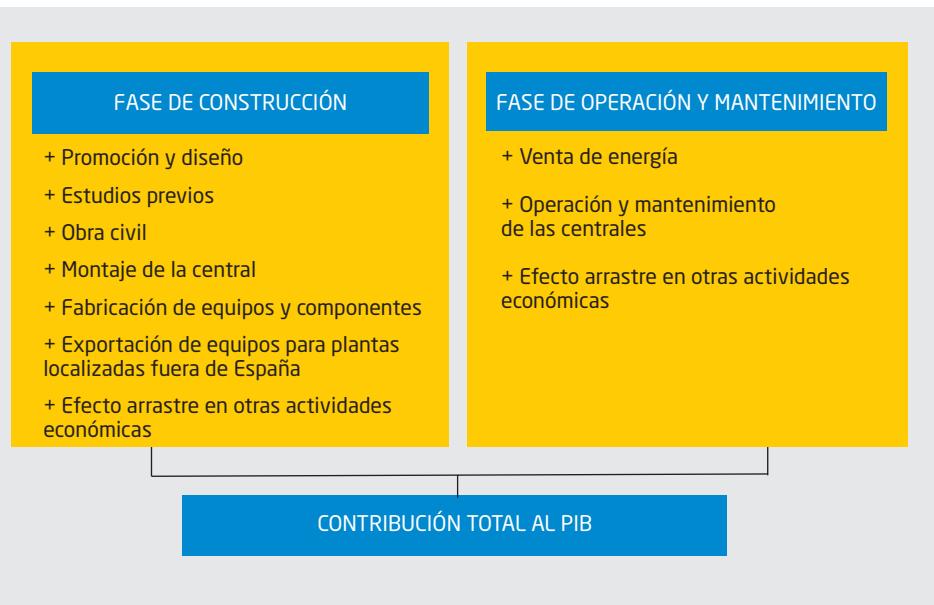
Metodología para el cálculo de la contribución al PIB.

## Definición de impacto directo e indirecto

El diseño, promoción, construcción y explotación de las centrales de energía solar termoeléctrica involucra un número elevado de agentes que se dedican específicamente a esta tarea, así como produce un impacto adicional en el resto de la economía derivado del efecto arrastre.

En el presente estudio, **el impacto directo se define como la cuantificación de las actividades desarrolladas por las empresas que realizan y proveen bienes y/o servicios específicos a la industria.** Las actividades incluidas en este apartado son:

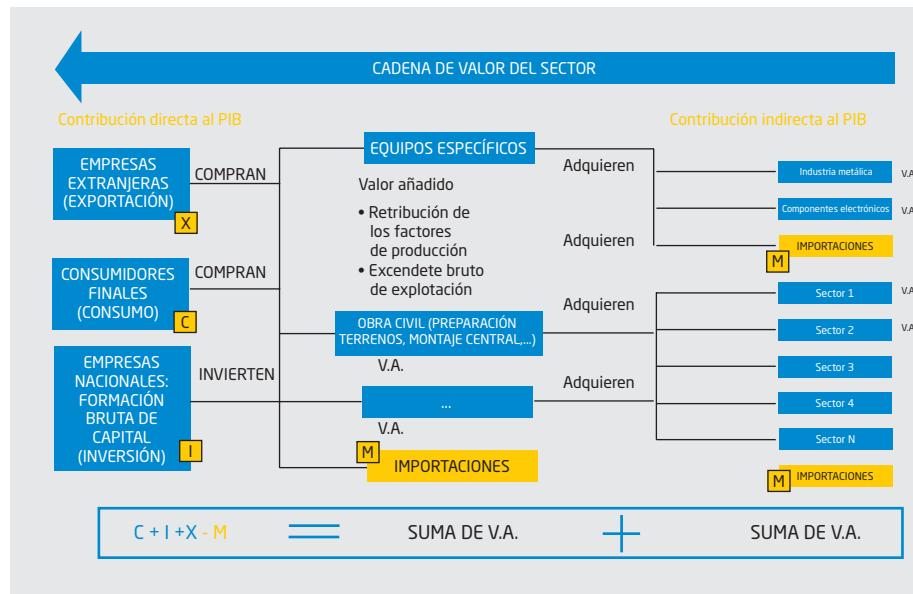
- Diseño de las centrales y actividades de I+D
- Promoción de los proyectos
- Estudios previos: viabilidad técnica, impacto medioambiental, estimación económica y financiera
- Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad
- Fabricación de componentes y equipos específicos:
  - Campo solar: estructuras, seguidores, espejos, tubos, aceites HTF
  - Turbina y alternador
  - Otros equipos y/o materiales de la central: torre de refrigeración, caldera auxiliar, generador de vapor, bombas hidráulicas, acumulador, condensador, circuitos, sistemas de almacenamiento...
- Instrumentación y control
- Obra civil de la central: preparación de terrenos, cimentaciones, canalizaciones, captación de agua, edificios
- Montaje y puesta en marcha de la central
- Infraestructura eléctrica de conexión a red: líneas eléctricas, subestación ...
- Venta de energía
- Operación y mantenimiento de las centrales
- Otros: gestión de permisos y licencias, impuestos y tasas

**Figura 16.**

Actividades incluidas en la fase de construcción y operación y mantenimiento.

**La cuantificación del impacto directo se ha realizado utilizando la información recogida en un cuestionario facilitado a las empresas promotoras** (se detalla en el siguiente apartado), el contraste de esta información con las cuentas de resultados de las empresas y la utilización de coeficientes obtenidos de la contabilidad nacional para cada una de las actividades descritas anteriormente.

Por el contrario, el impacto indirecto incluye todas aquellas actividades de suministro de bienes y/o servicios a las actividades económicas mencionadas anteriormente. El estudio describe el impacto que ha tenido la energía solar termoeléctrica en cada uno de estos sectores.

**Figura 17.**

Cadena de valor del Sector Solar Termoeléctrico.

## Recogida de la información

Para el conjunto de la economía, las cuentas de resultados de las empresas recogen las variables necesarias para la cuantificación de la contribución al PIB individual de cada una de ellas: ingresos de explotación, gastos de explotación, sueldos y salarios pagados, beneficios, consumo de capital fijo (depreciaciones).

Sin embargo, por regla general, las empresas que se dedican a la energía solar termoeléctrica en España no son sociedades cuya única actividad se centra en esta tecnología sino que también realizan actividades de construcción, promoción de otras tecnologías energéticas, servicios de ingeniería...

**Ante la imposibilidad de segregar la información contenida en los estados financieros de las empresas correspondiente a actividades**

**relacionadas con el sector solar termoeléctrico, se preparó un cuestionario en el cual se preguntaban en detalle los conceptos necesarios para el cálculo de la contribución al PIB.** Dichos cuestionarios fueron completados de manera conjunta en entrevistas concertadas con los agentes del sector.

El cuestionario incluye los siguientes conceptos:

- **Estructura de inversión de una central termosolar**, desglosando aquellos conceptos importados o producidos en España. Asimismo, se preguntó a las empresas la **evolución de las cantías invertidas en el periodo 2008-2010** en este tipo de instalaciones.
- **Cuenta de resultados ad hoc de la explotación de las centrales:** ingresos, márgenes, consumo de capital fijo, gastos de personal, beneficios; estructura de aprovisionamientos detallando el porcentaje de los mismos importado.
- **Empleo directo** para el diseño, promoción, construcción y explotación de las centrales.
- **Porcentaje de la cifra de negocios de las empresas relacionado con la energía solar termoeléctrica** para contrastar la información recibida con la información pública obtenida de los estados financieros de las empresas.
- Esfuerzo realizado en actividades de **investigación, desarrollo e innovación**, tanto en términos económicos como en empleo.
- **Presencia internacional** de las empresas españolas.

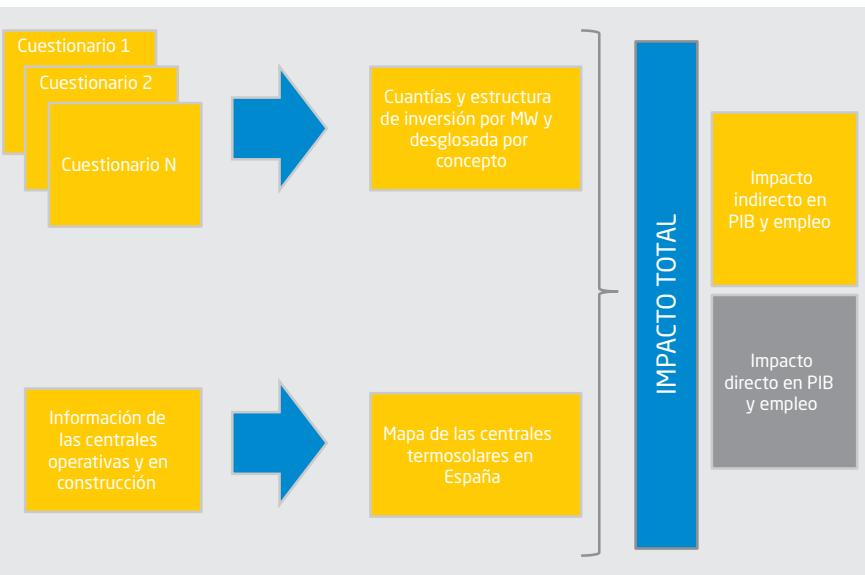
La muestra de cuestionarios recibida incluye la información de doce empresas promotoras de centrales de energía solar termoeléctrica, lo cual representa aproximadamente el 64% de las empresas que se dedican a esta actividad en España. Las tecnologías estudiadas incluyen centrales de canal parabólico como de torre, con y sin almacenamiento.

 <b>Deloitte.</b>	 <b>Deloitte.</b>																						
<p>Empresa: _____ Fecha: _____</p> <p>Actividad principal: _____</p>																							
<p><b>Impacto Macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España: Cuestionario</b></p> <p>Protromosolar, con la colaboración de Deloitte, está desarrollando un estudio en el cual se evalúa el impacto que tiene sobre la economía el sector solar termoeléctrico. Para ello, se ha preparado el siguiente cuestionario que incluye una serie de preguntas que nos ayudarán a recopilar la información necesaria para su elaboración.</p> <p>La información enviada por ustedes en este cuestionario es estrictamente confidencial y de uso exclusivo para el presente estudio. En ningún caso será utilizada para otros fines ni publicadas sin su consentimiento escrito.</p> <p>1. ¿Podría realizar una estimación de la cantidad de empleos (número medio del año) en empleo anual equivalente que tiene la infraestructura dedicada a la energía solar termoeléctrica en España?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2008</th> <th>2009</th> <th>2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Empleos directos en España contratados por el promotor de la instalación</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>Relación de documentación justificativa:</p>			2008	2009	2010	Empleos directos en España contratados por el promotor de la instalación																	
	2008	2009	2010																				
Empleos directos en España contratados por el promotor de la instalación																							
<p>2. ¿Podría indicar la estructura de inversión necesaria para la construcción y puesta en marcha de la instalación solar termoeléctrica? <small>Nota: la suma de todas las casillas debe ser 100%.</small></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Campo Solar: Estructuras, seguidores, espejos, tubos, sistema HT...</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Turbinas de generación eléctrica</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otros equipos y/o materias de la planta (sistema de refrigeración, cañera auxiliar, generador de vapor, sistema de combustible, circuitos, receptor en centrales de térmica)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Obras civil planta (preparación de terrenos, canalizaciones, obra civil de la torre,...)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Infraestructura eléctrica de conexión a red (líneas eléctricas, subestaciones,...)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Estudios previos (viabilidad técnica, medioambiental, socioeconómica,...)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Gestión de permisos y licencias</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sistema de Almacenamiento (tanques, tubos, sales...)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Concepto	%	Campo Solar: Estructuras, seguidores, espejos, tubos, sistema HT...		Turbinas de generación eléctrica		Otros equipos y/o materias de la planta (sistema de refrigeración, cañera auxiliar, generador de vapor, sistema de combustible, circuitos, receptor en centrales de térmica)		Obras civil planta (preparación de terrenos, canalizaciones, obra civil de la torre,...)		Infraestructura eléctrica de conexión a red (líneas eléctricas, subestaciones,...)		Estudios previos (viabilidad técnica, medioambiental, socioeconómica,...)		Gestión de permisos y licencias		Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad		Sistema de Almacenamiento (tanques, tubos, sales...)		Otros	
Concepto	%																						
Campo Solar: Estructuras, seguidores, espejos, tubos, sistema HT...																							
Turbinas de generación eléctrica																							
Otros equipos y/o materias de la planta (sistema de refrigeración, cañera auxiliar, generador de vapor, sistema de combustible, circuitos, receptor en centrales de térmica)																							
Obras civil planta (preparación de terrenos, canalizaciones, obra civil de la torre,...)																							
Infraestructura eléctrica de conexión a red (líneas eléctricas, subestaciones,...)																							
Estudios previos (viabilidad técnica, medioambiental, socioeconómica,...)																							
Gestión de permisos y licencias																							
Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad																							
Sistema de Almacenamiento (tanques, tubos, sales...)																							
Otros																							

Asimismo, también se recogieron los datos de todas las centrales operativas y en construcción en España, junto con su fecha de inicio de construcción y operación. Para aquellas centrales en construcción se ha estimado un tiempo medio de 30 meses. De esta manera, se obtuvo para el periodo 2008-2010 y en una base mensual, el número de MW en construcción y en operación.

A partir de la información recogida en los cuestionarios respecto a las cuantías invertidas se calcularon valores medios por MW, distinguiendo entre las distintas tecnologías de las centrales y entre aquellas que cuentan con sistemas de almacenamiento y aquéllas que no. Posteriormente se aplicaron estos valores medios a la potencia instalada cada año, obteniendo como resultado la inversión total en España.

**Figura 18.**  
Cuestionario facilitado a las empresas.

**Figura 19.**

Esquema del cálculo de la contribución al PIB.

Por otra parte, se ha facilitado el cuestionario y se han mantenido entrevistas también con diferentes empresas fabricantes de componentes y servicios específicos que conforman parte del sector. Utilizando estos datos así como una clasificación de estos sectores de acuerdo con el código CNAE y la clasificación utilizada por la contabilidad nacional para la elaboración de las tablas input-output<sup>5</sup> se puede desglosar la aportación al PIB y el número de empleos por sectores económicos.

En este sentido, los sectores considerados parte del impacto directo se detallan en la tabla a continuación:

5. Las tablas input-output son un instrumento estadístico-contable que muestra los intercambios que se han producido entre las diferentes ramas de la economía en un determinado periodo de tiempo. A partir del cálculo de los coeficientes técnicos y multiplicadores de producción es posible obtener el arrastre o impacto indirecto que un sector tiene sobre el resto de la economía.

Concepto inversión	Código CNAE (93)	Código Tablas input-output
<b>Campo Solar</b>		
Tubos receptores	Código 272. Fabricación de tubos	Metalurgia
Espejos	Código 26120. Manipulado y transformación de vidrio plano	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
Juntas rotativas	Código 27212. Producción de accesorios de tubos de hierro	Metalurgia
Unidad hidráulica + control local	Código 2912. Fabricación de bombas, compresores y sistemas hidráulicos	Maquinaria y equipo mecánico
Estructura metálica	Código 28110. Fabricación de estructuras metálicas y sus partes	Fabricación de productos metálicos
Cimentación	Código 45252. Cimentaciones y pilotaje	Construcción y montaje
Montaje de estructura	Código 45251 Montaje de armazones y estructuras metálicas	Construcción y montaje
Movimiento de Tierras	Código 2811. Fabricación de estructuras metálicas y sus partes	Fabricación de productos metálicos
Nave de Montaje	Código 45217. Otros trabajos de construcción	Construcción y montaje
Aceite Térmico	Código 24661. Tratamiento de aceites y grasas para usos industriales	Industria química
Tuberías de unión de lazos, accesorios, válvulas, etc.	Código 272. Fabricación de tubos	Metalurgia

Asimismo, las tablas input-output contienen un desglose por rama de actividad respecto a la composición de su contribución al PIB (ingresos, consumos intermedios, gastos de personal, excedente de producción) que permite calcular ratios: Valor Añadido Bruto / Producción, empleo por cada millón de € de Valor Añadido....

<u>Concepto inversión</u>	<u>Código CNAE (93)</u>	<u>Código Tablas input-output</u>
<b>Almacenamiento con Sales</b>		
Depósitos	Código 28210. Fabricación de cisternas, grandes depósitos y contenedores de metal	Fabricación de productos metálicos
Intercambiadores de Calor Sales/HTF	Código 29230. Fabricación de maquinaria de ventilación y refrigeración no doméstica	Maquinaria y equipo mecánico
Calentadores de Sales	Código 28300. Fabricación de generadores de vapor	Fabricación de productos metálicos
Sales	Código 24130 Fabricación de productos básicos de química inorgánica	Industria química
Obra Civil	Código 45253. Otras obras especializadas	Construcción y montaje
<b>Inversión Isla de Potencia</b>		
Obra Civil	Código 45253. Otras obras especializadas	Construcción y montaje
Equipos Mecánicos	Código 29. Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico	Maquinaria y equipo mecánico
Equipos Eléctricos	Código 31100. Fabricación de motores eléctricos, transformadores	Fabricación de maquinaria y material eléctrico y generadores
Montaje Mecánico	Código 45217. Otros trabajos de construcción	Construcción y montaje

Montaje Eléctrico	Código 45217. Otros trabajos de construcción	Construcción y montaje
Equipo Instrumentación Control	Código 312. Fabricación de aparatos de control eléctrico	Fabricación de maquinaria y material eléctrico
Montaje Instrumentación y control	Código 45217. Otros trabajos de construcción	Construcción y montaje
Tubería, Valvulería y Soportes	Código 272. Fabricación de tubos	Metalurgia
<b>Otros (Ingeniería, Promoción, etc.)</b>		
Estudios previos	Código 742. Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería y otras actividades relacionadas con el asesoramiento técnico	Otras actividades empresariales / Servicios profesionales de consultoría, asesoría jurídica, ingeniería
Gestión de permisos y licencias	Código 74111. Consulta, asesoramiento y práctica legal del Derecho Código 74112. Notarías y registros	Otras actividades empresariales / Servicios profesionales de consultoría, asesoría jurídica, ingeniería
Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad	Código 742. Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería y otras actividades relacionadas con el asesoramiento técnico	Otras actividades empresariales / Servicios profesionales de consultoría, asesoría jurídica, ingeniería
Otros	Media economía española	Media economía española

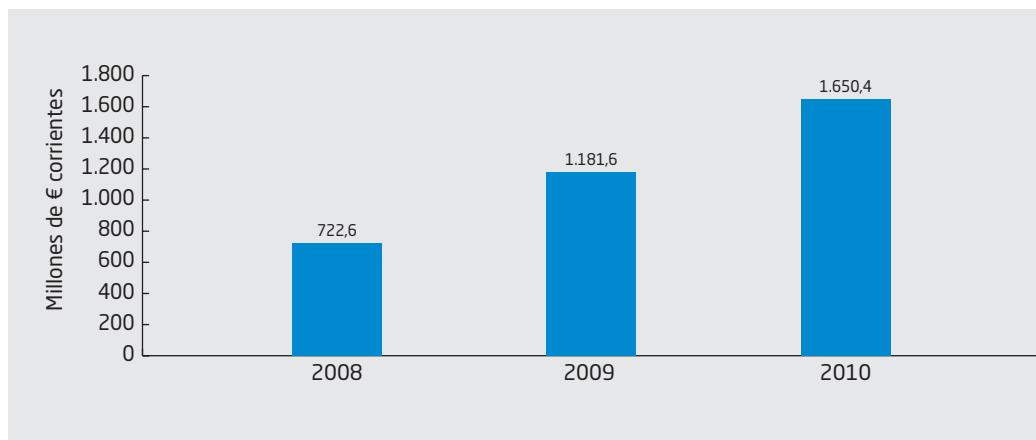
## 2.2. Impacto total en el Producto Interior Bruto (PIB)

La contribución al PIB del sector solar termoeléctrico durante el año 2010 ha sido de 1650,4 millones de €. Esta cifra se deriva de las actividades de promoción y construcción de las centrales, la venta de energía, la exportación de equipos relacionados con el sector y el efecto arrastre en el resto de actividades económicas<sup>6</sup>:

<b>Contribución al PIB (millones € corrientes)</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
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
<b>Demandा final</b>	<b>722,6</b>	<b>1.181,6</b>	<b>1.650,4</b>
Ingresos de explotación	2.891,5	4.648,3	6.033,1
Consumos de explotación	2.168,9	3.466,7	4.382,7
<b>Valor Añadido</b>	<b>722,6</b>	<b>1.181,6</b>	<b>1.650,4</b>
Remuneración de los asalariados	621,3	988,0	1.274,1
Excedente bruto de explotación	101,3	193,5	376,3
<b>Retribución de los factores de producción</b>	<b>722,6</b>	<b>1.181,6</b>	<b>1.650,4</b>

---

6. Es relevante señalar que el estudio recoge un universo completamente conocido de centrales en operación y construcción y con cifras precisas proporcionadas por las propias empresas vinculadas a las mismas y contrastadas con sus estados financieros.



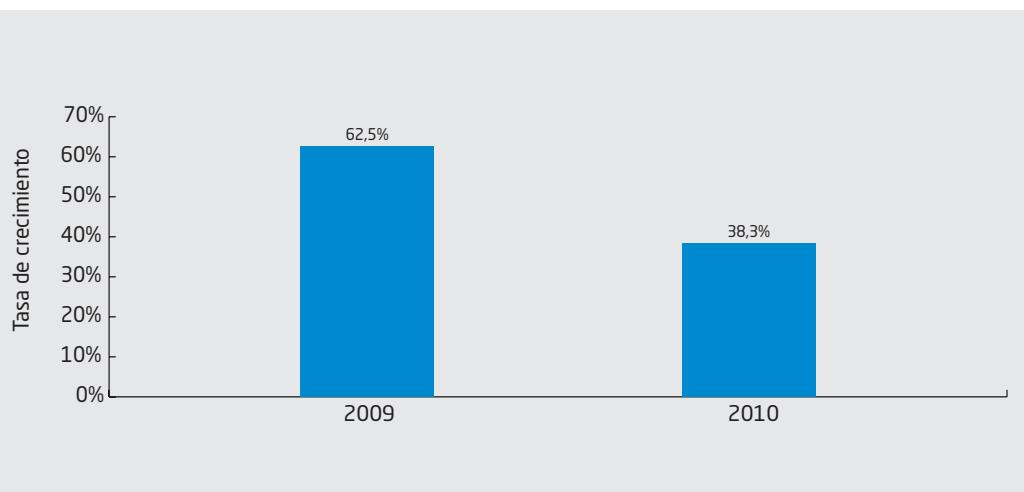
El sector solar termoeléctrico ha experimentado un crecimiento muy importante en el periodo 2008-2010. En términos reales, la contribución al PIB del sector solar termoeléctrico ha crecido considerablemente, pasando de los 734,0 millones de € en 2008 a los 1 650,4 millones de € constantes (base 2010) en 2010.

En términos porcentuales, el crecimiento del sector ha sido muy importante tanto en 2009 como en 2010, derivado de la inversión realizada en nuevas centrales y progresivamente, a medida que han entrado en funcionamiento las primeras centrales construidas, de la venta de energía. En concreto, la aportación al PIB del sector experimentó un crecimiento del 62,5% en 2009 y del 38,3% en 2010.

La diferencia en las tasas de crecimiento radica en que en términos absolutos, en el punto de partida (el año 2008) la contribución al PIB era considerablemente menor, y por tanto el porcentaje de crecimiento en 2009 respecto a ese año es muy elevado. Cabe señalar que estas diferencias en las tasas de crecimiento no suponen una desaceleración del sector ya que el nivel de crecimiento, en términos absolutos, ha sido prácticamente idéntico en 2009 y 2010, unos 450 millones de € respecto al año anterior.

**Figura 20.**  
Contribución al PIB del sector solar termoeléctrico (2008-2010) en millones de euros corrientes.

Estos datos son especialmente relevantes si se contrastan con otros sectores económicos o la economía en su conjunto, que el año 2009 y 2010 acumuló una caída del PIB del 3,7% y el 0,1%, respectivamente.

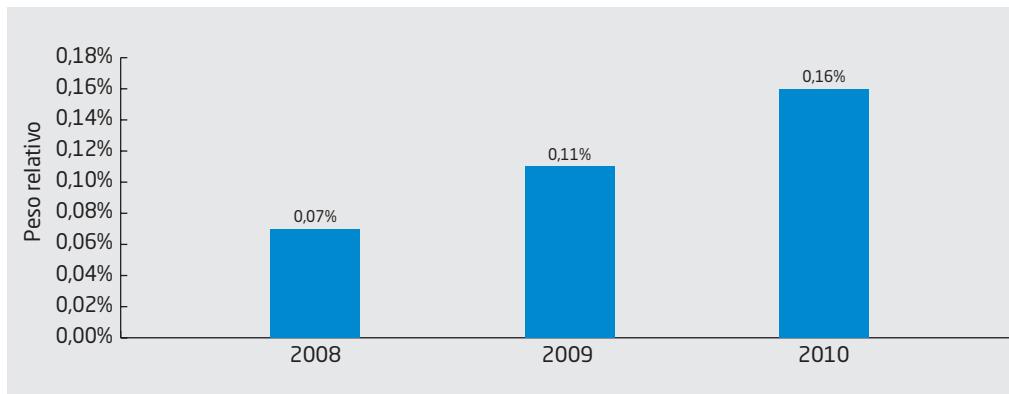


**Figura 21.**

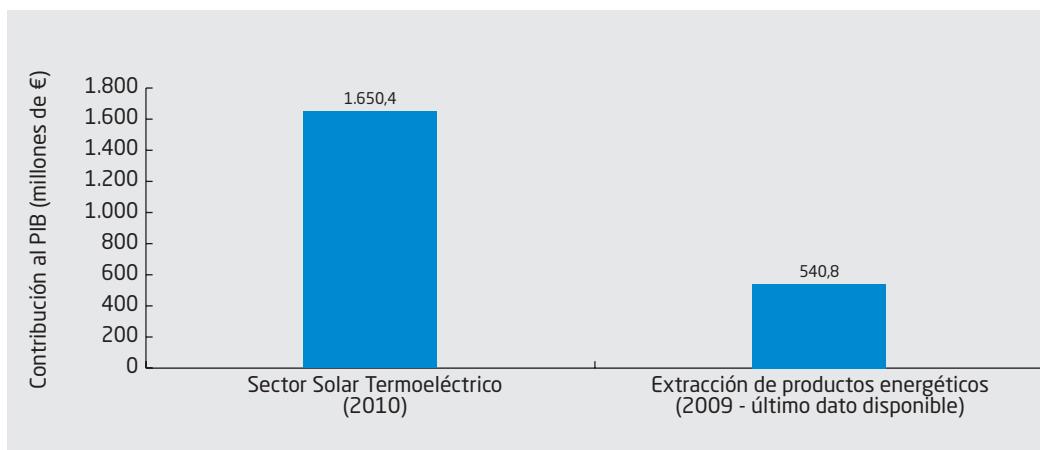
Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB del sector solar termoeléctrico (2009 y 2010).

La relevancia del sector puede observarse más claramente si se realiza una comparativa respecto al total de la economía y con otras actividades económicas. Como consecuencia del crecimiento del sector solar termoeléctrico y la coyuntura económica española, el peso relativo ha pasado del 0,07% registrado en 2008 al 0,16% registrado en 2010.

Asimismo, se observa que el sector solar termoeléctrico es comparable a otras actividades económicas como la "extracción de productos energéticos".

**Figura 22.**

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

**Figura 23.**

Comparativa del sector solar termoeléctrico respecto de otras actividades económicas.

La balanza comercial del sector es negativa aunque este dato se explica al observar la concentración de la inversión en España: al ser nuestro país el mayor desarrollador de esta tecnología, se importan equipos desde el extranjero con el fin de abastecer la demanda interna; al no existir una demanda externa importante, las exportaciones son menores. El valor de los equipos importados representa menos del 30% del total de la inversión tanto para centrales con o sin almacenamiento.

En la actualidad **las empresas españolas tienen capacidad para suministrar la gran mayoría de los equipos y servicios necesarios en la cadena de valor de la energía solar termoeléctrica**. En este sentido, el desarrollo de esta tecnología en España podría suponer una oportunidad muy importante para conseguir una ventaja competitiva y una posición de liderazgo a nivel mundial.

En segundo lugar, **existe una presencia internacional directa de las empresas españolas en los principales mercados**: en la actualidad, se encuentran presentes bien por estar construyendo centrales o bien por haber instalado oficinas comerciales en Estados Unidos, India, el Norte de África, México, Venezuela, Brasil, Chile, Italia, Oriente Medio, Suráfrica y Australia.

## 2.3. Contribución al PIB durante la fase de construcción

**El impacto de las actividades desarrolladas por el sector solar termoeléctrico se divide en dos fases muy diferenciadas: la construcción y la operación de las centrales**. En este apartado se detallan los efectos que se derivan de la actividad de construcción, que incluye las siguientes tareas:

- Diseño de las centrales y actividades de I+D
- Promoción de los proyectos

- Estudios previos: viabilidad técnica, impacto medioambiental, estimación económica y financiera
- Servicios de ingeniería, dirección de obra, seguridad, salud y calidad
- Fabricación de componentes y equipos específicos:
  - Campo solar: estructuras, seguidores, espejos, tubos, aceites HTF
  - Turbina y alternador
  - Otros equipos y/o materiales de central: torre de refrigeración, caldera auxiliar, generador de vapor, bombas hidráulicas, acumulador, condensador, circuitos, sistemas de almacenamiento...
- Instrumentación y control
- Obra civil de la central: preparación de terrenos, cimentaciones, canalizaciones, captación de agua, edificios
- Montaje y puesta en marcha de la central
- Infraestructura eléctrica de conexión a red: líneas eléctricas, subestación...

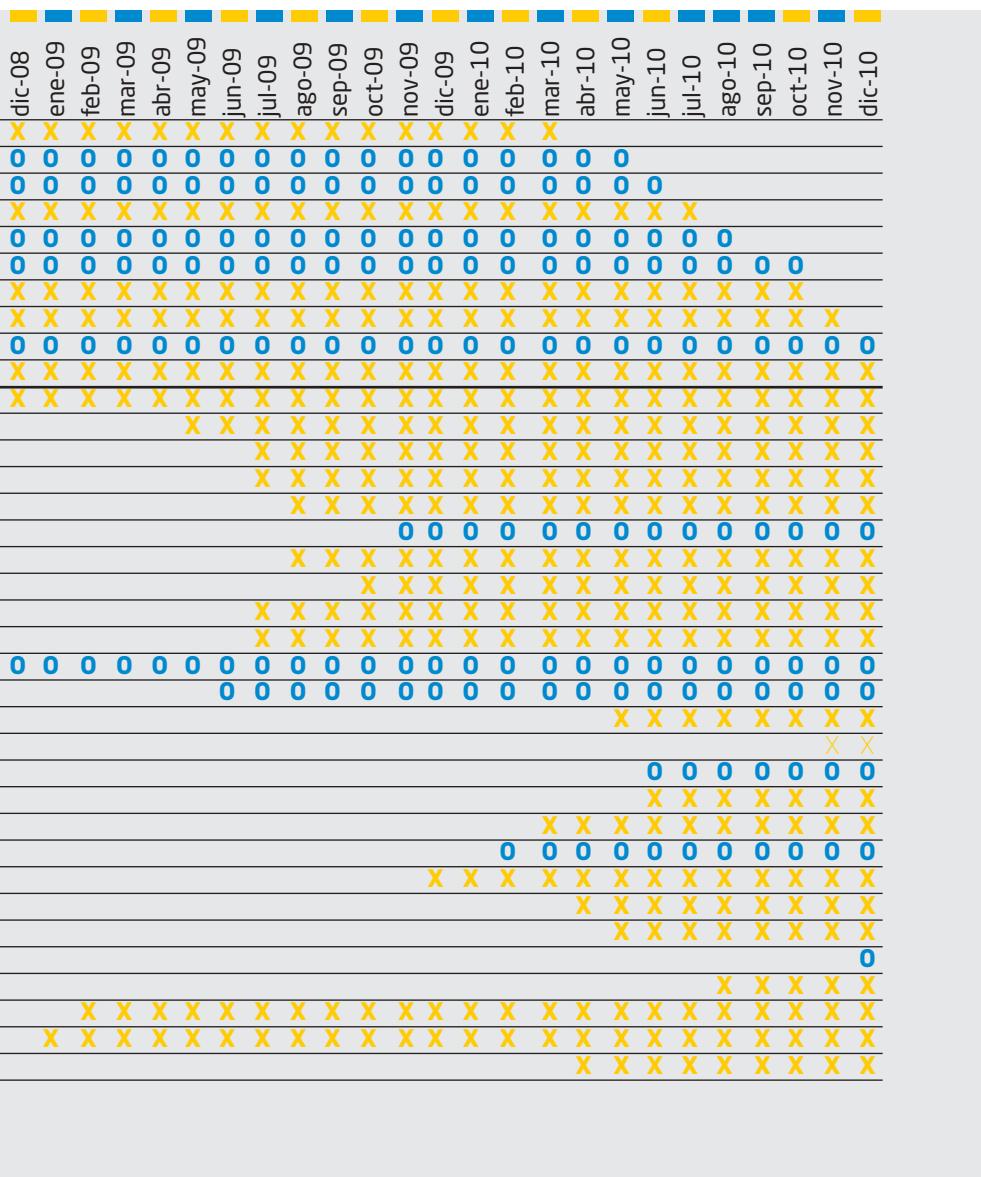
El procedimiento que se ha seguido para calcular el impacto económico de la construcción de las centrales ha sido el siguiente:

**1) Se realizó un inventario de todas las centrales en construcción y en operación durante los años 2008-2010 detallando las fechas de inicio y finalización de las obras** y diferenciando entre centrales con almacenamiento y sin almacenamiento.

**Para las centrales en construcción a diciembre de 2010 se ha estimado un plazo de 30 meses para su finalización desde el comienzo de las obras.** Las figuras a continuación detallan, mes a mes, qué central se encontraba en construcción y operación durante el periodo 2008-2010.

Central	Centrales Operativas 2010	Potencia (MW)	Almacenamiento	ene-08	feb-08	mar-08	abril-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08
EXTRESOL 2	Sí	50	Sí	X X X X X X X X X X X X X X										
SOLNOVA 1	Sí	50	No	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0										
SOLNOVA 3	Sí	50	No	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0										
LA FLORIDA	Sí	50	Sí	X X X X X X X X X X X X X X										
SOLNOVA 4	Sí	50	No	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0										
MAJADAS	Sí	50	No	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0										
LA DEHESA	Sí	50	Sí		X X X X X X X X X X X X X X									
MANCHASOL 1	Sí	50	Sí		X X X X X X X X X X X X X X									
PALMA DEL RÍO II	Sí	50	No		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0									
GEMASOLAR	No	17	Sí								X X			
ANDASOL 3	No	50	Sí		X X X X X X X X X X X X X X									
ARCOSOL-50	No	50	Sí											
ASTE 1A	No	50	Sí											
ASTE 1B	No	50	Sí											
ASTEXOL II	No	50	Sí											
CASA DE LOS PINOS	No	1	No											
HELIOENERGY 1	No	50	Sí											
HELIOENERGY 2	No	50	Sí											
HELIOS 1	No	50	Sí											
HELIOS 2	No	50	Sí											
LEBRILLA 1	No	50	No									0		
PALMA DEL RÍO I	No	50	No											
PUERTO ERRADO II	No	30	Sí											
GUZMAN	No	50	Sí											
SOLABEN 2	No	50	No											
SOLABEN 3	No	50	Sí											
SOLACOR 2	No	50	Sí											
SOLACOR 1	No	50	No											
TERMESOL-50	No	50	Sí											
GUZMAN	No	50	Sí											
LA AFRICANA	No	50	Sí											
ORELLANA	No	50	No											
EXTRESOL 3	No	50	Sí											
MANCHASOL 2	No	50	Sí											
MORON	No	50	Sí											
OLIVENZA 1	No	50	Sí											

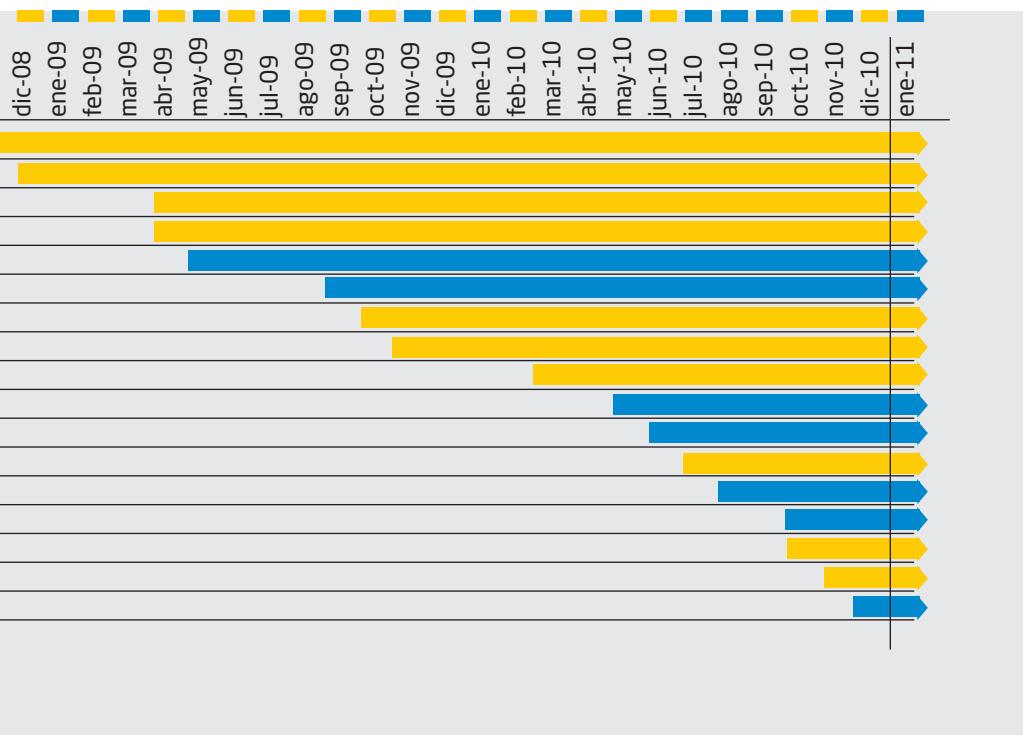
0: Centrales sin almacenamiento  
 X: Centrales con almacenamiento



## **Figura 24.** Resumen de las centrales en construcción.

Central	Centrales Operativas 2010	Potencia (MW)	Almacenamiento	8	ene-08	feb-08	mar-08	abril-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08
				ene-08	feb-08	mar-08	abril-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	
PS10	Sí	11	Sí												
ANDASOL-1	Sí	50	Sí												
PS20	Sí	20	Sí												
PUERTO ERRADO I	Sí	1,4	Sí												
IBERSOL PUERTOLLANO	Sí	50	No												
LA RISCA	Sí	50	No												
ANDASOL-2	Sí	50	Sí												
EXTRESOL 1	Sí	50	Sí												
EXTRESOL 2	Sí	50	Sí												
SOLNOVA 1	Sí	50	No												
SOLNOVA 3	Sí	50	No												
LA FLORIDA	Sí	50	Sí												
SOLNOVA 4	Sí	50	No												
MAJADAS	Sí	50	No												
LA DEHESA	Sí	50	Sí												
MANCHASOL 1	Sí	50	Sí												
PALMA DEL RÍO II	Sí	50	No												

 Centrales sin almacenamiento  
 Centrales con almacenamiento



**Figura 25.**

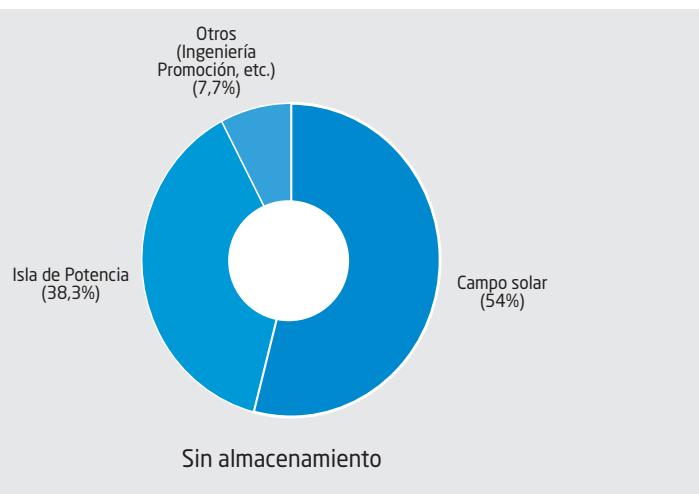
## Figura 2.1

### Resumen de las centrales en operación a diciembre de 2010.

2) A partir del cuestionario y las entrevistas mencionadas anteriormente se obtuvo una **estructura de inversión de acuerdo a los diferentes conceptos** que conlleva el desarrollo de una central termosolar, diferenciando entre las partidas que se adquieren en España y las que es necesario importar.

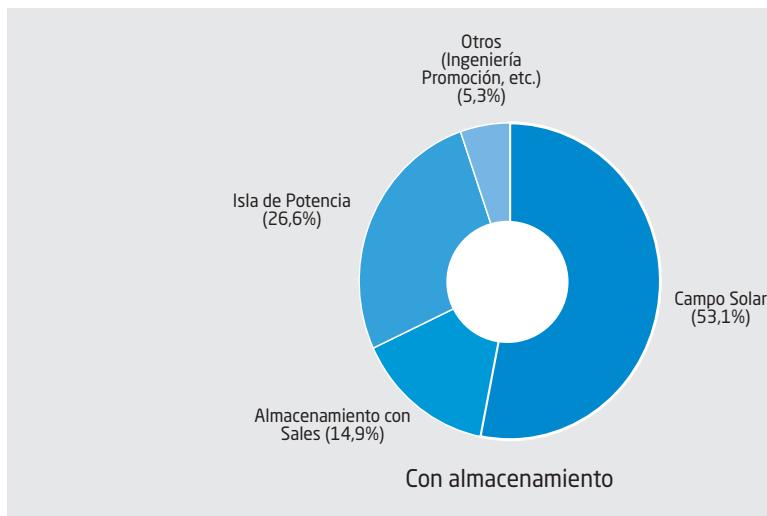
Asimismo, **durante las entrevistas se preguntó a las empresas por la evolución de las cuantías invertidas para los años 2008, 2009 y 2010.**

De acuerdo con los datos recogidos, la estructura de inversión y las cuantías necesarias de una central tipo de 50 MW de canal parabólico, que constituyen la gran mayoría de las que existen en España en la actualidad, es la siguiente:



**Figura 26.**

Estructura de inversión de una central de canal parabólico sin almacenamiento.

**Figura 27.**

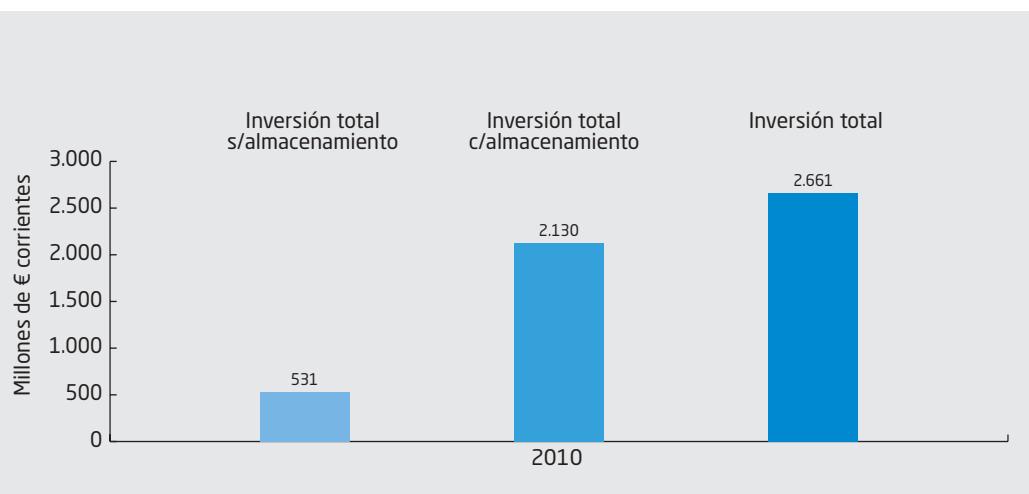
Estructura de inversión de una central de canal parabólico con almacenamiento.

En 2010, las inversiones correspondientes a centrales con y sin almacenamiento fueron 531 y 2 130 millones de euros, respectivamente.

Esta situación en cuanto a los costes de inversión de la tecnología hay que circunscribirla a España y a la tecnología de centrales de canal parabólico. Hoy en día, y tomando como referencias las ofertas económicas del concurso de proyectos innovadores de 2010, habría nuevos conceptos para futuras centrales cuyo coste de la electricidad generada sería del 15%-20% inferior.

Asimismo para centrales que se instalasen en estos momentos fuera de España en emplazamientos con 2 600 kWh/m<sup>2</sup>/año, el coste de la electricidad sería un 30% inferior. Las empresas consultadas estiman en un 15% la reducción que experimentaría el coste del MW instalado si el tamaño de la central fuese de 100 MW en lugar de los 50 MW, que son el límite máximo de acuerdo con la regulación de nuestro Régimen Especial.

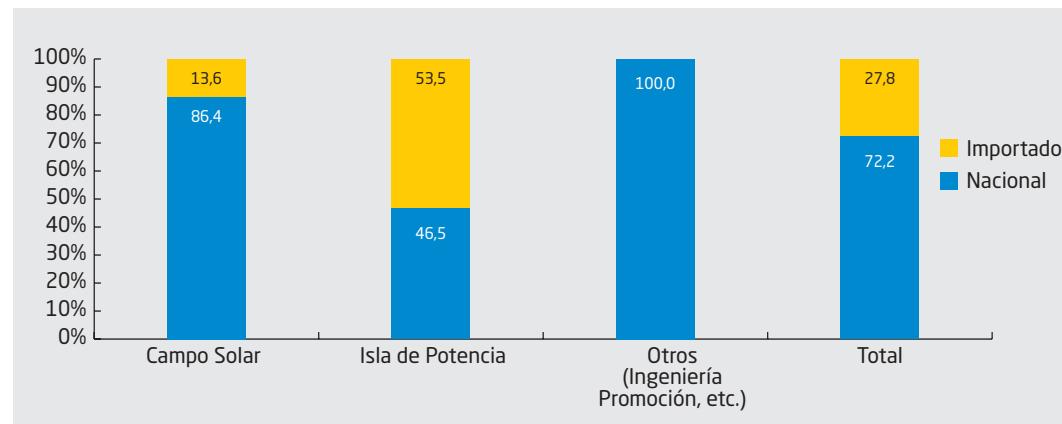
3) Con los datos recogidos en los dos puntos anteriores se calculó el **número medio de MW en construcción durante los años estudiados**; utilizando los valores respectivo de las inversiones necesarias y el porcentaje de éstas que se realizaba en España fue posible cuantificar el total de la inversión directa en esta tecnología.



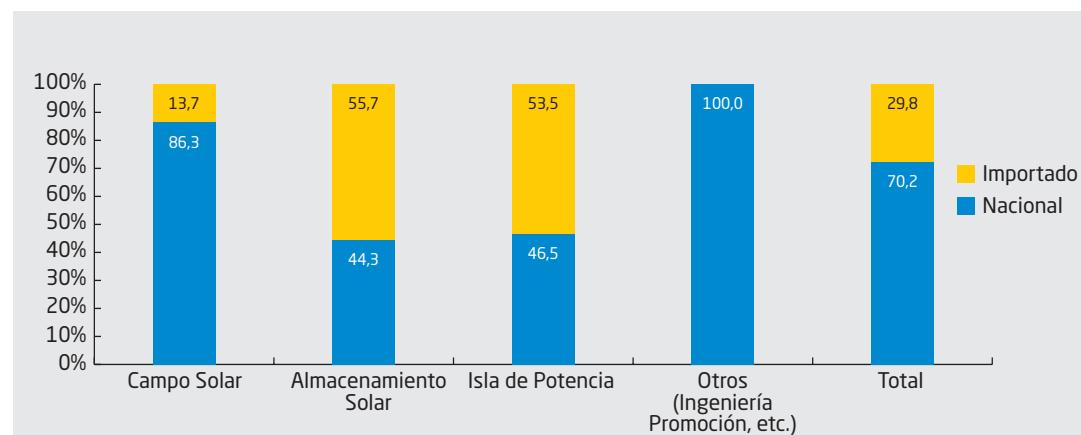
**Figura 28.**

Inversión total y número medio de MW en construcción (2010).

4) Una vez conocida la inversión total **se dividieron estas cantías de acuerdo con los diferentes conceptos de inversión, diferenciándose entre compras nacionales y en el extranjero**.

**Figura 29.**

Porcentaje de las inversiones que permanecen en España según los diferentes conceptos para una central sin almacenamiento (2010).

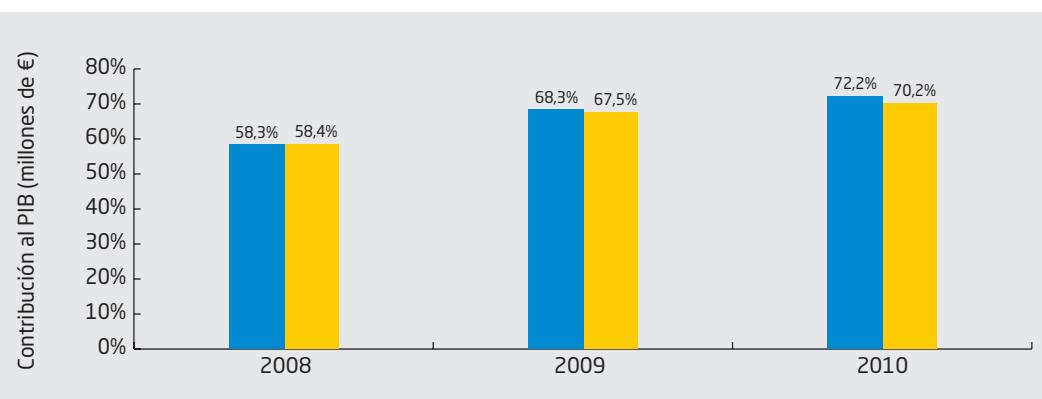
**Figura 30.**

Porcentaje de las inversiones que permanecen en España según los diferentes conceptos para una central con almacenamiento con sales (2010).

**Figura 31.**

Evolución del porcentaje de la inversión que permanece en España (2008-2010).

De acuerdo con los datos recogidos para las centrales construidas en el periodo 2008-2010 **el porcentaje de la inversión que permanece en España sería superior al 70% para las centrales con y sin sistemas de almacenamiento en el año 2010.**



Es relevante señalar que esos porcentajes representan la realidad asociada a las centrales construidas hasta 2010, algunas de las cuales tenían reserva de equipos de importación antes de iniciarse su construcción. En la actualidad, excepto la turbina, ciertos fluidos y componentes muy minoritarios, la gran mayoría de la cadena de valor puede ser fabricada en España.

De cara al futuro, éste es un tema muy importante, ya que España debería aprovechar la creación de una industria auxiliar capaz de innovar a nivel de equipos y componentes, además de a nivel sistema, y poder consolidar la posición de liderazgo en esta tecnología.

- 5) A partir del desglose anterior, y utilizando coeficientes de valor añadido entre producción, gastos de personal, excedente de explotación, específicos para cada sector económico al que se encuentran asignados los conceptos de inversión, fue posible cuantificar la contribución al PIB durante esta fase.

A estos conceptos se han sumado las exportaciones de equipos desde España hacia el resto del mundo, que para el año 2010 comienzan a ser significativos.

6) Por último, **se ha cuantificado el efecto arrastre en el resto de la economía** utilizando el modelo de tablas input-output publicado por el Instituto Nacional de Estadística.

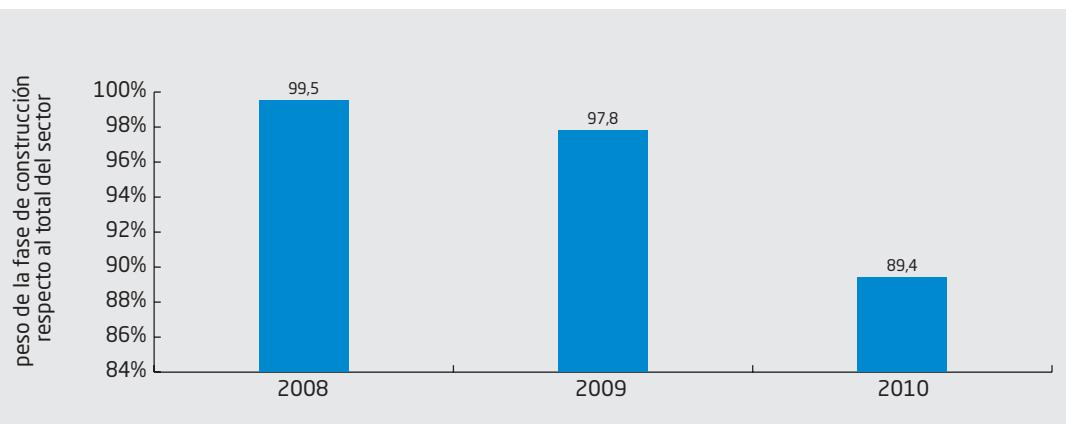
**Figura 32.**  
Imagen de la tabla de coeficientes interiores de la matriz inversa de Leontief.

		Contabilidad Nacional de España Tabla simétrica input-output 2005 Tabla 7. Coeficientes de la matriz inversa interna															
		Ramas homogéneas-TSO	Edición 1 antes gráficas	Industria química	VABIPROD	2008	2009	2010	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	VABIPROD	2008	2009	2010	Ejercer de otras producciones minerales	Metalurgia	VABIPROD	
		22	23					25					26	27	28		
Explotación de recursos no metálicos	7	0,009960	0,002351	0,259407	0,040205	0,238501	0,277194	0,002354	0,259407	0,040205	0,238501	0,277194	0,002354	0,259407	0,040205	0,238501	
Captación, refino y combustibles metálicos	8	0,009960	0,002351	0,259407	0,040205	0,238501	0,277194	0,002354	0,259407	0,040205	0,238501	0,277194	0,002354	0,259407	0,040205	0,238501	
Producción y distribución de energía eléctrica	9	0,014223	0,002026	0,357032	0,447775	0,656540	0,871209	0,047032	0,357032	0,447775	0,656540	0,871209	0,047032	0,357032	0,447775	0,656540	
Producción y distribución de gas	10	0,008198	0,010156	0,312795	0,707606	0,964645	0,252645	0,322999	0,056223	0,312795	0,707606	0,964645	0,322999	0,056223	0,312795	0,707606	
Captación, depuración y distribución de agua	11	0,001926	0,002029	0,359474	0,043224	0,044247	0,004196	0,002029	0,359474	0,043224	0,044247	0,004196	0,002029	0,359474	0,043224	0,044247	
Industrias lácteas	12	0,000449	0,002023	0,325254	0,005234	0,005238	0,002385	0,000957	0,325254	0,005234	0,005238	0,002385	0,000957	0,325254	0,005234	0,005238	
Otras industrias alimentarias	13	0,009967	0,002493	0,360303	0,232220	0,054578	0,045178	0,009967	0,360303	0,232220	0,054578	0,045178	0,009967	0,360303	0,232220	0,054578	
Elaboración de bebidas	15	0,000582	0,002126	0,329489	0,893941	0,882595	0,821288	0,000484	0,329489	0,893941	0,882595	0,821288	0,000484	0,329489	0,893941	0,882595	
Industria del tabaco	16	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,444292	
Industria de la construcción	17	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,444292	0,000000	0,444292	
Industria de la confección y la pielera	18	0,002422	0,002012	0,296509	0,024747	0,026775	0,044148	0,002422	0,296509	0,024747	0,026775	0,044148	0,002422	0,296509	0,024747	0,026775	
Industria del cuero y del calzado	19	0,000095	0,000009	0,263770	0,000977	0,000451	0,001000	0,000095	0,263770	0,000977	0,000451	0,001000	0,000095	0,263770	0,000977	0,000451	
Industria de la madera y el corcho	20	0,006452	0,002995	0,372721	0,322995	0,846001	0,063631	0,006777	0,372721	0,322995	0,846001	0,063631	0,006777	0,372721	0,322995	0,846001	
Industria del papel	21	0,021091	0,000009	0,277791	0,326009	0,894402	0,246722	0,002706	0,277791	0,326009	0,894402	0,246722	0,002706	0,277791	0,326009	0,894402	
Edición y artes gráficas	22	0,009967	0,002351	0,443391	0,357174	0,383878	0,404496	0,009967	0,443391	0,357174	0,383878	0,404496	0,009967	0,443391	0,357174	0,383878	

De acuerdo con los cálculos realizados, **la contribución al PIB durante la fase de construcción ascendió en 2010 hasta los 1 475,2 millones de € corrientes**, lo cual representó aproximadamente el 89,4% del total del sector solar termoeléctrico.

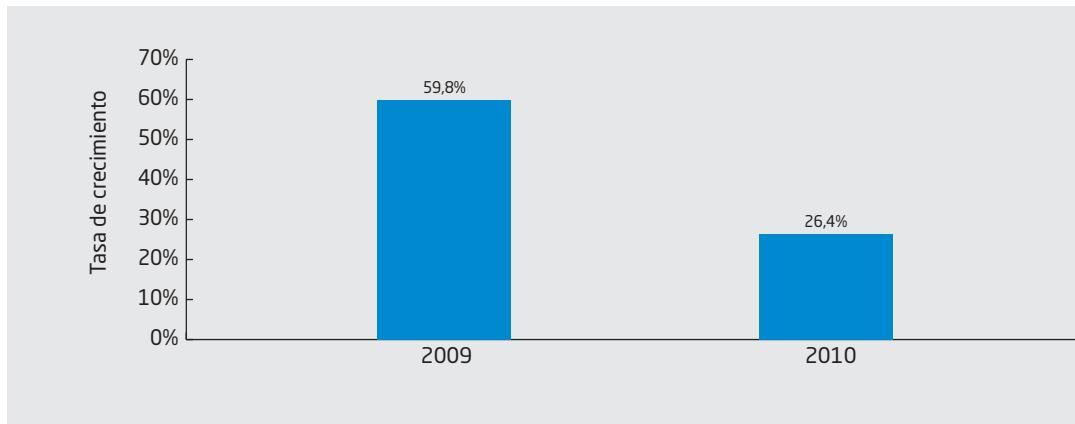
**Figura 33.**  
Contribución al PIB de la fase de construcción (2008-2010) en millones de euros corrientes.

Contribución al PIB (millones € corrientes)	2008	2009	2010
Ingresos de explotación	2.886,1	4.612,1	5.790,1
Consumos de explotación	2.167,4	3.456,6	4.314,9
Valor Añadido	718,7	1.155,5	1.475,2
Remuneración de los asalariados	620,6	982,1	1.251,7
Excedente bruto de explotación	98,1	173,4	223,5
Retribución de los factores de producción	718,7	1.155,5	1.475,2

**Figura 34.**

Peso relativo de la fase de construcción respecto al total del sector solar termoeléctrico.

**En términos reales, el sector ha experimentado un crecimiento en 2009 y 2010 del 59,8% y 26,4%, respectivamente.** Como se menciona anteriormente, la diferencia en las tasas de crecimiento radica en que, en términos absolutos, en el punto de partida (el año 2008) la contribución al PIB era considerablemente menor, y por tanto el porcentaje de crecimiento en 2009 respecto a ese año es muy elevado.

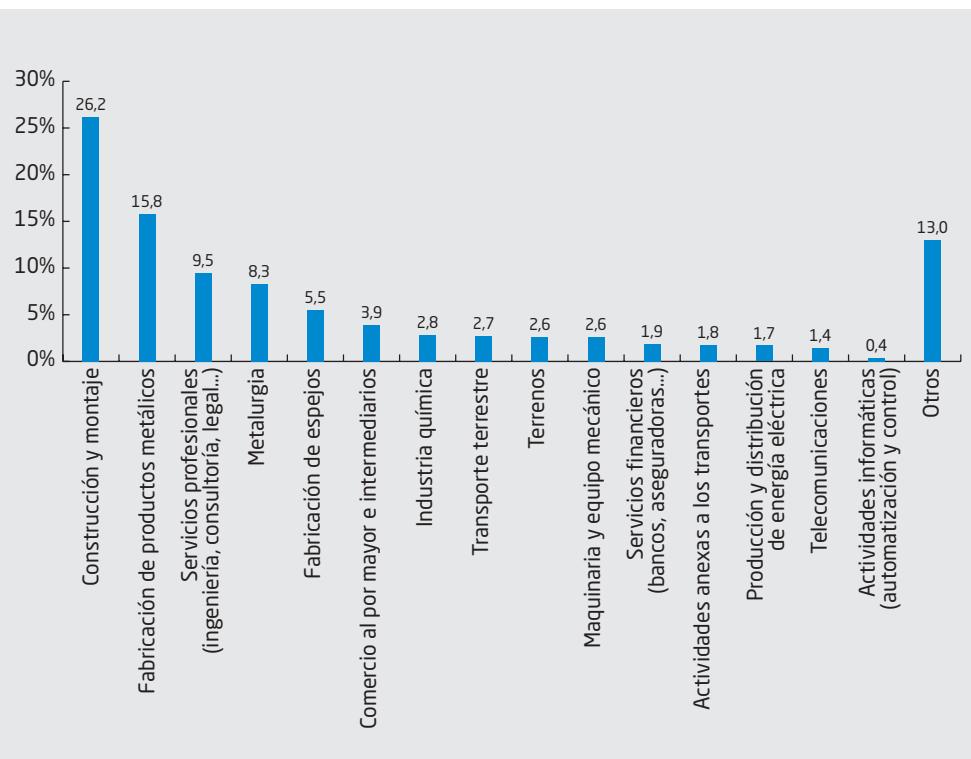


Desglosado por sectores, **se observa que la contribución al PIB se concentra en sectores industriales como la fabricación de productos metálicos, la fabricación de vidrio y la metalurgia, y que han sido muy afectados por la crisis económica, como la construcción y montaje.**

En este contexto, la energía solar termoeléctrica ha contribuido significativamente a paliar la disminución de la actividad registrada en estos sectores, aportando valor a la economía y contribuyendo a la generación de empleo.

**Figura 35.**

Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB de la fase de construcción (2009 y 2010).

**Figura 36.**

Porcentaje de la contribución al PIB de los diferentes sectores económicos durante la fase de construcción.

## 2.4. Contribución al PIB durante la fase de operación y mantenimiento

A inicios de 2008 solamente se encontraba operativa la central PS10, localizada en Sevilla, con una potencia de 11 MW. A finales de 2010, de acuerdo con la información de la Comisión Nacional de Energía, existían 531,5 MW solares termoeléctricos en funcionamiento. A éstos habría que añadir aproximadamente 200 MW que han entrado en funcionamiento en los primeros meses de 2011.

Se observa que el crecimiento de esta tecnología ha sido muy importante: **en términos de energía vendida, en 2008 la energía solar termoeléctrica produjo 15,4 GWh, mientras que en 2010 esta cifra se multiplicó 44 veces, hasta los 691,5 GWh.**

Esta evolución ha representado que los ingresos de las empresas que explotan las centrales termosolares aumenten; utilizando valores medios respecto a los márgenes de explotación de las empresas, obtenidos de las entrevistas y cuestionarios, es posible cuantificar la contribución al PIB de la fase de operación y mantenimiento.

**De acuerdo con los cálculos realizados, la aportación al PIB durante esta fase fue de 175,2 millones de €,** derivados de la venta de energía y del arrastre en otros sectores económicos.

Contribución al PIB (millones de € corrientes)	2008	2009	2010
Ingresos de explotación	5,4	36,2	243,0
Consumos de explotación	1,5	10,1	67,8
<b>Valor Añadido</b>	<b>3,9</b>	<b>26,1</b>	<b>175,2</b>
Remuneración de los asalariados	0,6	6,0	22,4
Excedente bruto de explotación	3,2	20,1	152,8
<b>Retribución de los factores de producción</b>	<b>3,9</b>	<b>26,1</b>	<b>175,2</b>

**Figura 37.**

Contribución al PIB de la fase de O&M (2008-2010) en millones de euros corrientes.

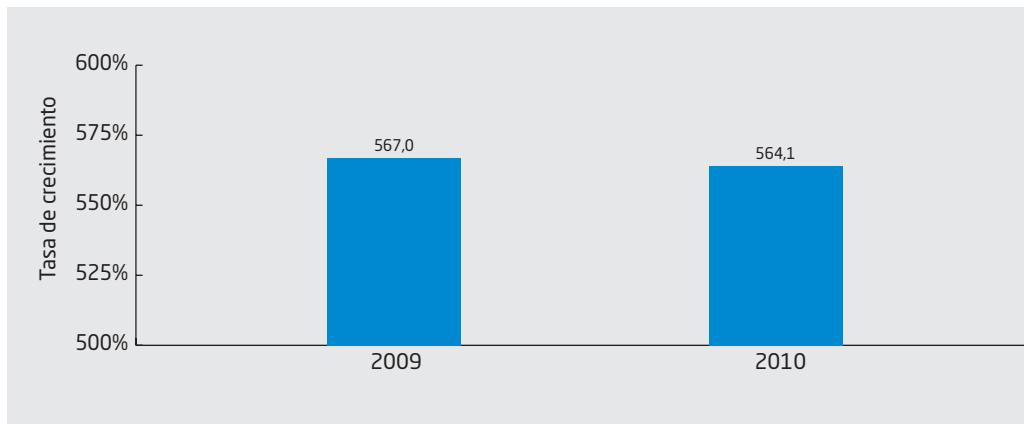
Es relevante señalar que los ingresos de explotación son consistentes con aquellos publicados por la Comisión Nacional de Energía ya que los 243,0 millones de € incluyen la retribución total de las centrales termosolares más los ingresos registrados por las empresas suministradoras de aprovisionamientos.

**Figura 38.**

Operación de limpieza de espejos en una central de canal parabólico.



Destaca el concepto de excedente bruto de explotación, que incluye la amortización de las centrales y los retornos que perciben los inversores para que su inversión sea rentable. En términos reales, **el sector ha experimentado un crecimiento en 2009 y 2010, del 567,0% y 564,1%, respectivamente.**



**Figura 39.**  
Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB de la fase de O&M (2009 y 2010).

## 2.5. Empleo

**El crecimiento de la solar termoeléctrica en España se observa también en el número de empleos que ha creado en los últimos años**, tanto en la fase de construcción, donde se concentran principalmente, como en la fase de operación y mantenimiento. El estudio recoge los empleos que se derivan de la promoción, construcción y montaje de las centrales, la fabricación de equipos y componentes, la operación y mantenimiento y los empleos que se generan en el resto de la economía como consecuencia de todas estas actividades<sup>7</sup>.

El número de puestos de trabajo equivalentes generados durante el periodo 2008-2010 se ha cuantificado en términos de empleo equivalente por año<sup>8</sup> y se ha obtenido de las siguientes fuentes de información:

- Para las actividades específicas de construcción, montaje y puesta en marcha de las centrales, se ha consultado a las empresas constructoras y se han verificado registros de ingreso a central.

Por otra parte, utilizando coeficientes de empleo por unidad de valor añadido específicos para cada sector económico se ha cuantificado el empleo que se ha generado en estos sectores al igual que en el resto de la economía por efecto arrastre.

- Para las actividades de operación y mantenimiento de las centrales se ha consultado a las empresas propietarias: en este caso se ha considerado el empleo propio de la empresa, como las subcontratas encargadas de llevar a cabo el proceso de operación y mantenimiento.

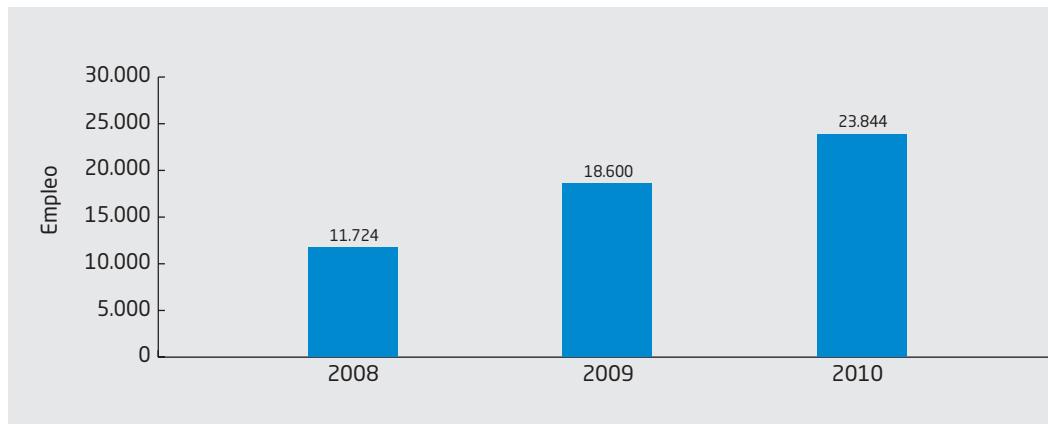
---

7. El estudio no recoge los empleos que se derivan de las inversiones necesarias para la adaptación de infraestructuras no relacionadas con la energía solar termoeléctrica pero que podrían verse afectadas por la existencia y el desarrollo de esta tecnología (alojamiento, restauración...).

8. En este sentido, en determinados momentos del año el número de personas empleadas podría ser superior o inferior dependiendo principalmente de las fases de construcción en que se encuentren las centrales.

A esta cantidad se ha sumado el impacto en diferentes sectores económicos (suministro de electricidad, agua, gas, seguros...) por efecto arrastre también a partir de multiplicadores de empleo.

**De acuerdo con la información recogida, el sector solar termoeléctrico empleó un total de 23 844 personas en 2010:** 23 398 personas durante la fase de construcción y 446 personas en la fase de explotación.



**Figura 40.**  
Número total de empleos creados  
por el sector solar termoeléctrico  
(2008-2010).

Empleo	2008	2009	2010
<b>Fase construcción</b>	<b>11.713</b>	<b>18.492</b>	<b>23.398</b>
- Promoción, construcción y montaje planta	4.399	6.447	8.049
- Equipos y componentes	4.515	7.442	9.542
- Empleos en el resto de la economía	2.799	4.603	5.807
<b>Fase producción energía - O&amp;M</b>	<b>13</b>	<b>123</b>	<b>446</b>
- Operación y mantenimiento de la planta	11	108	344
- Empleos en el resto de la economía	2	15	102
<b>Empleo Total</b>	<b>11.724</b>	<b>18.600</b>	<b>23.844</b>

**Figura 41.**

Desglose por sector de actividad de los empleos creados por el sector solar termoeléctrico (2008-2010)<sup>9</sup>.

---

9. Promoción, construcción y montaje planta: incluye los empleos de las personas que realizan sus actividades en las centrales más otros trabajos de construcción y otras actividades profesionales (estudios técnicos y económicos, servicios de consultoría, asesoramiento...).

Equipos y componentes: incluye la fabricación de maquinaria específica del campo solar y el resto de equipos (Fabricación de vidrio y productos de vidrio, Metalurgia, Fabricación de productos metálicos, Maquinaria y equipo mecánico, Máquinas de oficina y equipos informáticos, Fabricación de maquinaria y material eléctrico...).

Empleos en el resto de la economía: incluye el resto de empleos por efecto de arrastre en los demás sectores económicos.

## 2.6. Previsión de la contribución al PIB y al empleo en 2020

A continuación se presenta la previsión de la contribución al PIB y al empleo de la energía solar termoeléctrica de acuerdo a un escenario de evolución de la retribución de esta tecnología y basado en los siguientes supuestos:

- **En relación con la instalación de potencia:**

- La evolución de la instalación de potencia entre 2014 y 2020 es lineal: esto quiere decir que en 2020 se instalarían 360 MW, un número idéntico de megavatios instalados que en los años anteriores.
- En 2020 se habría alcanzado una reducción del 40% en el coste de la inversión respecto a 2010.
- El porcentaje total de la inversión suministrada por empresas españolas se ha estimado en el 75%.
- Se utiliza el ratio de empleo total por MW registrado en 2010: 40,1 empleos por MW / año. Este dato incluye empleo en promoción, diseño, construcción, montaje, fabricación de equipos y otros componentes y en el resto de sectores económicos.

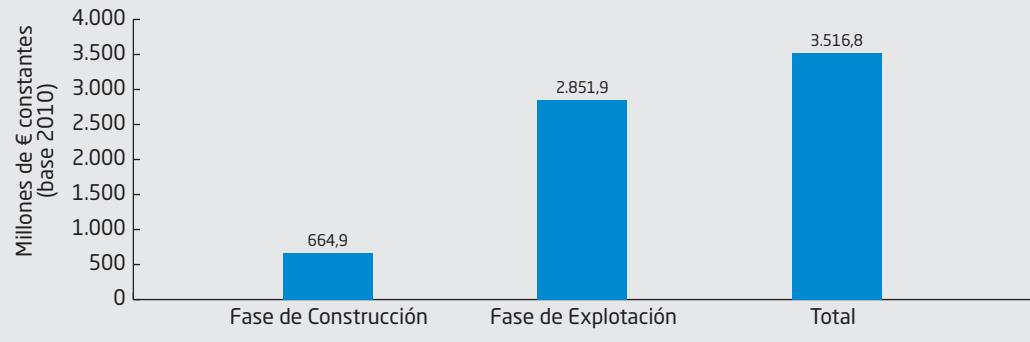
- **En relación con la explotación de las centrales:**

- Retribución de la solar termoeléctrica: reducción de un 25% de la tarifa percibida por los productores de electricidad mediante solar termoeléctrica en 2014 y descenso lineal hasta los 140 €/MWh en 2020.
- Se utiliza el mismo margen de explotación y coeficiente de impacto indirecto que en 2010.
- Se utiliza el mismo ratio de empleo/GWh que en 2010.

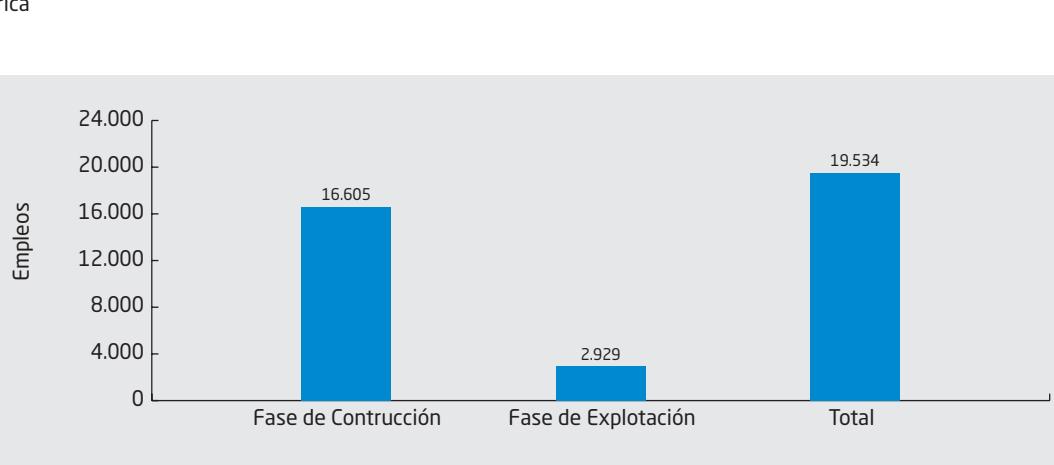
**Figura 42.**

Previsión de la contribución al PIB de la energía solar termoeléctrica (año 2020).

De acuerdo con los supuestos enunciados anteriormente, la energía solar termoeléctrica tendría el impacto en el PIB y en el empleo de España que se detalla en las siguientes figuras:

**Figura 43.**

Previsión del empleo que generaría la energía solar termoeléctrica (año 2020).



## 2.7. Contribución del Sector Solar Termoeléctrico en concepto de Seguridad Social, Impuesto sobre Sociedades e I.R.P.F.

A partir de la cuantificación de las partidas de sueldos y salarios y beneficios de las empresas (excedente bruto de explotación menos amortizaciones) y de la utilización de coeficientes medios para los diferentes sectores de la economía es posible estimar las cuantías que se han satisfecho por concepto de pago a la seguridad social, impuesto sobre sociedades e impuesto sobre la renta de las personas físicas (I.R.P.F).

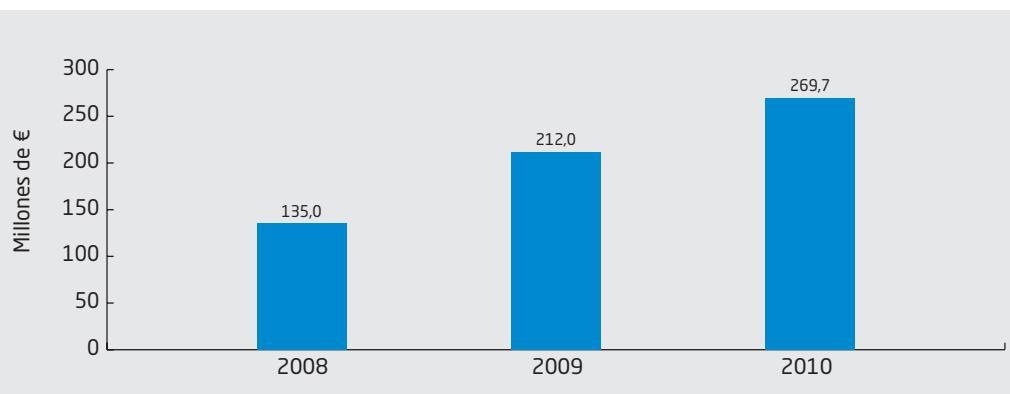
### Cotizaciones sociales

Como se menciona anteriormente, la contribución al PIB puede calcularse a partir de tres métodos equivalentes: valor añadido, demanda final y retribución de los factores de producción. Este último método es la suma del excedente bruto de explotación y la remuneración de los asalariados, que a su vez puede dividirse entre sueldos y salarios brutos y cotizaciones sociales.

En apartados anteriores se desglosan las cuantías pagadas en concepto de remuneración de los asalariados; utilizando coeficientes sectoriales de las cotizaciones sociales respecto a este concepto, se obtiene que:

- Las actividades desarrolladas por el Sector Solar Termoeléctrico (fases de construcción, explotación e impacto indirecto asociado a ellas) **han aportado más de 269,7 millones de € en concepto de cotizaciones sociales durante 2010.**

- El porcentaje que estas cantidades representan respecto al total de la remuneración de los asalariados ascendió en 2010 hasta el 21,2%.



**Figura 44.**

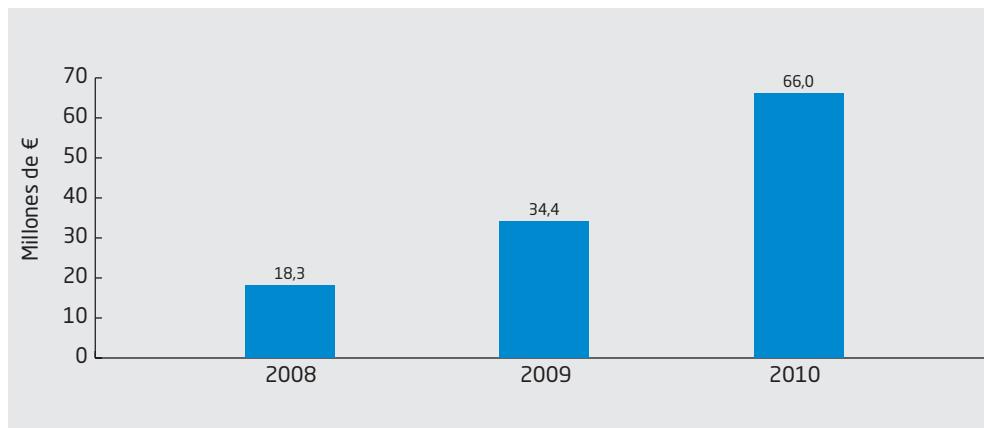
Cotizaciones sociales del Sector Solar Termoeléctrico.

## Impuesto sobre sociedades

Asimismo se han estimado las cuantías que han satisfecho las empresas del Sector Solar Termoeléctrico en concepto de impuesto sobre sociedades<sup>10</sup>. Para ello se ha calculado un tipo impositivo medio a partir de las cuentas de resultados de las principales empresas ponderado por la relevancia de las mismas dentro del sector. Posteriormente se multiplicó dicho coeficiente por el excedente neto de explotación<sup>11</sup>.

El resultado obtenido es que las empresas del Sector Solar Termoeléctrico han pagado un total de 66,0 millones de € en 2010. Es relevante señalar el importante incremento de las cuantías satisfechas por este concepto en 2010, consecuencia del incremento de los ingresos por venta de energía a medida que se incorporan nuevas centrales a la producción.

**Figura 45.**  
Cuantías satisfechas en concepto de impuesto sobre sociedades.



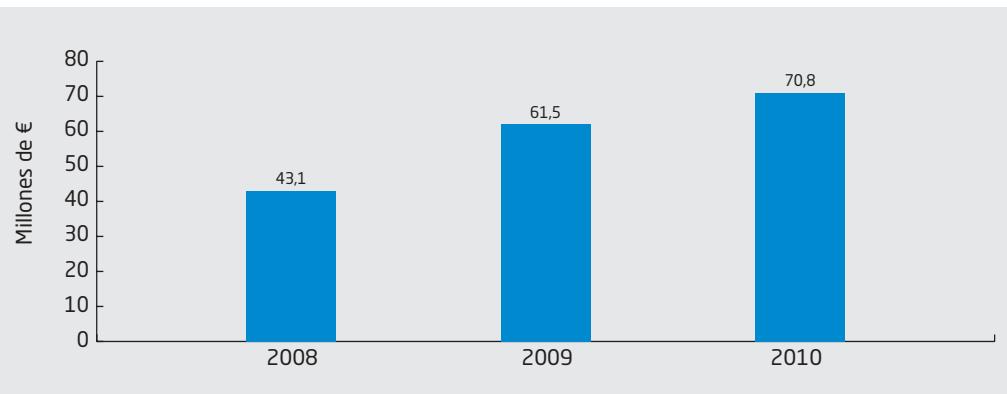
10. Impuestos sobre sociedades atribuible a las actividades relacionadas con el Sector Solar Termoeléctrico.

11. El excedente neto de explotación se obtiene de restar al excedente bruto de explotación el consumo del capital fijo (depreciación). Si bien macroeconómicamente este concepto incluye también los ingresos de trabajadores independientes o de empresas no constituidas en sociedad, a efectos del presente informe puede entenderse como el equivalente a los beneficios de las empresas derivados de la actividad productiva.

## Impuesto sobre la renta de las personas físicas

Por último se han estimado las cuantías satisfechas en concepto de impuesto sobre la renta de las personas físicas (IRPF). Es relevante señalar que dado que este impuesto varía según la situación particular de cada contribuyente (número de hijos, compra de vivienda...), se ha calculado un coeficiente medio de contribución dividiendo la recaudación por este concepto entre el número de liquidaciones totales de la economía española, multiplicándose este cociente por el número de trabajadores del Sector Solar Termoeléctrico.

De acuerdo con las estimaciones realizadas, en 2010 los trabajadores del Sector habrían contribuido con 70,8 millones de € en concepto de pagos por el impuesto sobre la renta de las personas físicas.



**Figura 46.**

Cuantías satisfechas en concepto de impuesto sobre la renta de las personas físicas (IRPF).

## 2.8. Contribución al PIB y al empleo de una central de 50 MW de canal parabólico con almacenamiento de sales de 7,5 horas

En los apartados anteriores se detalla el impacto económico del conjunto del Sector Solar Termoeléctrico en España en términos de contribución al PIB así como los empleos asociados a esta tecnología. Resulta especialmente ilustrativo observar el impacto individual de la construcción de una central.

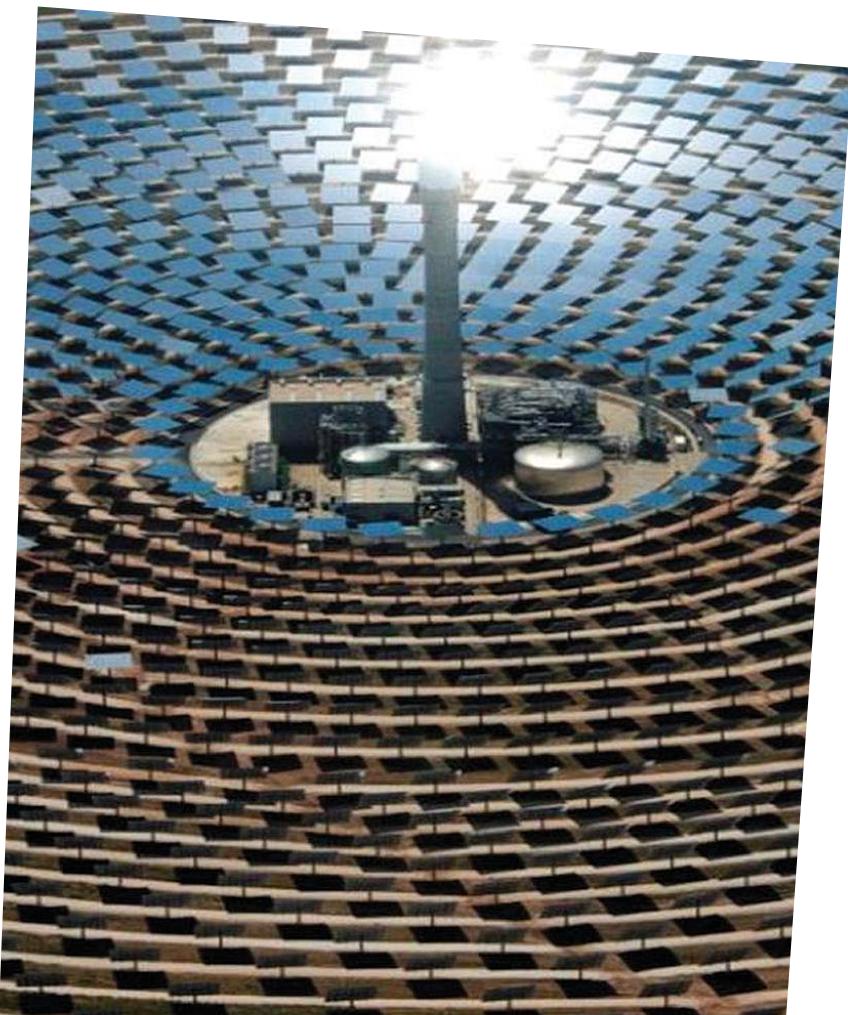
A continuación se presentan los resultados para una central “tipo” de 50 MW de canal parabólico con capacidad de almacenamiento de 7,5 horas, el tipo de central más extendido en nuestro país. Para ello, se ha utilizado la misma metodología así como los datos recogidos en los cuestionarios que para el conjunto del Sector (referidos al año 2010).

De acuerdo con los cálculos realizados, una central tipo tiene como resultados:

- Una **contribución total al PIB durante la fase de construcción de 192,1 millones de €** en 30 meses (76,8 millones de € anuales).
- Una **contribución total al PIB durante la fase de explotación de 44,3 millones de € anualmente.**
- Un **total de 2 214 empleos equivalentes anualmente durante la fase de promoción y construcción**, incluyendo las actividades propias de promoción, construcción y montaje de la central, la fabricación de equipos y componentes, la provisión de servicios y el empleo indirecto.
- Un **total de 47 empleos** equivalentes anualmente durante la fase de explotación.



Esfuerzo en I+D+i



3



### 3.1. Relevancia de la contribución al I+D+i

Las oportunidades de innovación de las diferentes tecnologías de energía solar termoeléctricas son muy importantes, ya que a pesar de que se trata de una tecnología existente desde los años ochenta es a partir de 2006 cuando se ha producido el despegue, principalmente en España y Estados Unidos.

En este sentido, es fundamental establecer incentivos económicos que faciliten el I+D+i, aseguren el progreso de la tecnología y eviten que los proyectos futuros sean una repetición de las centrales actuales.

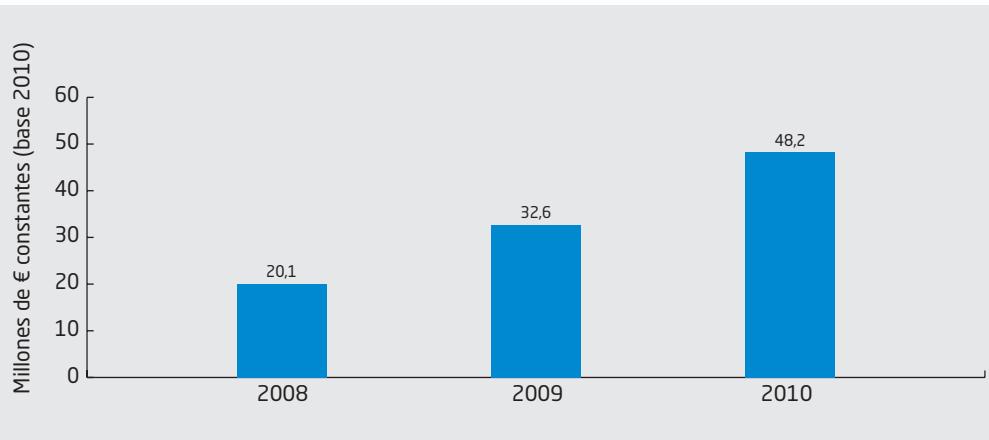
Asimismo, empresas españolas se encuentran colaborando en proyectos europeos y nacionales junto a entidades públicas en el desarrollo de soluciones aplicadas a la energía solar termoeléctrica como el NER300, el Séptimo Programa Marco y los programas nacionales y autonómicos.

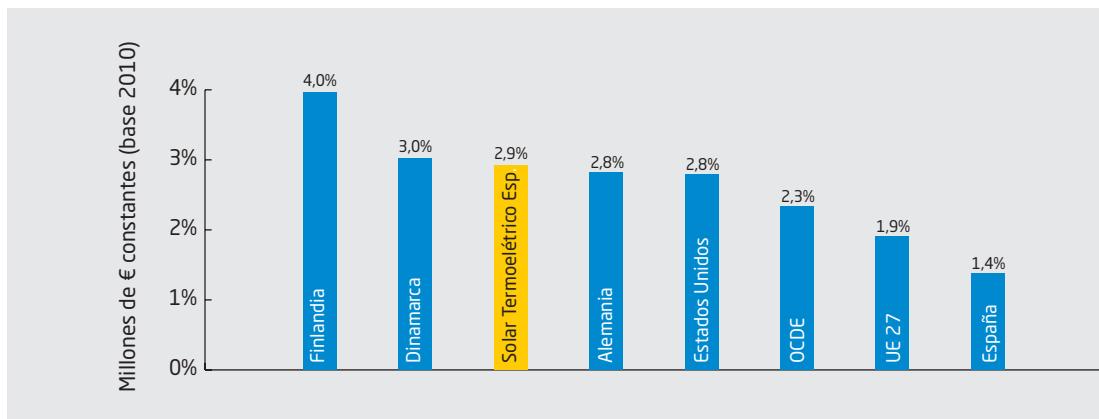
Es también relevante el esfuerzo que realizan muchas empresas para desarrollar soluciones que utilizarán en sus centrales:

- **Nuevos conceptos de centrales**, considerando las eventuales ventajas de otros diseños frente a los mayoritariamente empleados en la actualidad
- **Desarrollo tecnológico del campo solar**
  - Lazos de prueba para la generación directa de calor
  - Mejora en el manejo del caudal de aceite
  - Desarrollo de canales especulares parabólicos y helióstatos más eficientes
- **Modernización en los procesos de diseño de las centrales**
  - Soluciones tecnológicas específicas para cada central
  - Mejor aprovechamiento de la superficie
- **Modernización de los procesos de fabricación de equipos**

**Figura 47.**  
Esfuerzo en I+D+i del Sector Solar  
Termoeléctrico (2008-2010).

**En términos económicos, el esfuerzo en I+D+i para el año 2010 ha sido de 48,2 millones de €, lo cual representa el 2,9% de la contribución total al PIB.** Esta cifra se ha obtenido de las entrevistas realizadas con empresas del Sector y representa, en términos relativos respecto a su contribución al PIB, aproximadamente el doble de la media de contribución a I+D+i registrada para el conjunto de la economía española y es incluso superior a la media de países como Alemania y Estados Unidos.



**Figura 48.**

Esfuerzo en I+D+i respecto a la contribución al PIB. Datos de 2009 para Dinamarca, Finlandia, Solar Termoeléctrica, Alemania, UE27 y España; datos de 2008 para Estados Unidos y OCDE.

## 3.2. Posibilidades de desarrollo futuro

Nuestro país podría jugar un papel fundamental en el desarrollo tecnológico de la energía solar termoeléctrica aportando soluciones innovadoras que permitan aumentar el rendimiento y reducir tanto los costes de inversión como de explotación. Existen oportunidades en todas las tecnologías de solar termoeléctrica, ya que cada una de ellas podría encontrar su nicho específico dentro del mercado.

Tecnología	Línea de investigación	Avances
Todas	Arranque y variaciones durante el día	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de los procedimientos de arranque, modos de operación y utilización de la potencia de reserva para optimizar la producción</li> </ul>
Canal Parabólico	Campo Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevos materiales más eficientes, resistentes y baratos</li> <li>Mayor tamaño de los captadores</li> </ul>
	Fluidos de transferencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar la temperatura máxima de los fluidos</li> <li>Utilización de otro tipo de fluidos (por ejemplo el uso agua/vapor o sales fundidas como fluido de trabajo)</li> </ul>
Fresnel	Todas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología incipiente aún, mejora posible en numerosos aspectos</li> <li>Se estima que los costes deberían ser entre un 40% y un 50% inferiores respecto a las centrales de canal parabólico para compensar su menor rendimiento en términos de producción</li> </ul>
Torre	Campo Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de campos de helióstatos más eficaces y baratos. Evolución de tamaños y conceptos</li> </ul>
	Fluidos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de fluidos que permitan mayores temperaturas y mejor eficiencia en la conversión termodinámica posterior</li> </ul>
Discos parabólicos	Todas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de costes por producción a escala y demostración de la fiabilidad a largo plazo</li> </ul>

Tecnología	Línea de investigación	Avances
Almacenamiento	Nuevos dispositivos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigación de nuevos conceptos</li><li>• Investigación sobre materiales más baratos</li><li>• Incrementos en la temperatura y en el rendimiento de los sistemas de almacenamiento</li></ul>

### 3.3. Centros tecnológicos

España cuenta con una red de centros tecnológicos líderes a nivel mundial y que representa uno de los principales activos de la energía solar termoeléctrica en nuestro país. Desde estos centros se desarrollan innovaciones tecnológicas que posteriormente se aplican a todas las fases de la cadena de valor. Es relevante señalar que muchos de estos centros llevan mucho tiempo realizando I+D, incluso durante los años previos al renacimiento de la tecnología en 2006. Los principales Centros Tecnológicos españoles relacionados con el sector de centrales termosolares son:

#### Plataforma Solar de Almería

La Plataforma Solar de Almería (PSA) es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos del mundo dedicado a las tecnologías solares de concentración. La PSA desarrolla sus actividades integrada como una División de I+D dentro de la estructura del Departamento de Energía del CIEMAT.

En cuanto al personal dedicado a actividades de I+D+i, la PSA cuenta con un equipo formado por 123 personas a principios de 2010, además de un importante capital en forma de becas de formación y estancias de personal investigador externo gestionado a través de la Oficina de Dirección.

En lo que se refiere al presupuesto de la PSA, se puede apreciar una tendencia creciente, gracias en buena medida a una mayor captación de ingresos, a través de proyectos financiados por la Comisión Europea el Plan Nacional de I+D+i, aunque el factor de más peso ha sido el incremento de ingresos mediante la realización de actividades de investigación bajo contrato con empresas.

**La contribución de CIEMAT se vio incrementada en estos dos años con el fin de acometer las actividades aprobadas dentro del Plan de Mejora**

**de Infraestructuras de la PSA 2006-2009.** Este plan ha estado dedicado a mejoras de envergadura que eran necesarias en las principales infraestructuras: edificios, campos de helióstatos, etc.

**El presupuesto de la PSA alcanzó en el año 2008 los 8,1 millones de € (no se incluyen en este presupuesto los costes de personal de I+D) y en 2009 los 8,5 millones de €.**

## CENER

El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) es un centro tecnológico especializado en la investigación aplicada, el desarrollo y fomento de las energías renovables con un departamento específico dedicado a asesoramiento e investigación relacionado con las tecnologías de centrales termosolares. Su actividad se extiende desde el año 2002, y su Patronato está compuesto por el Ministerio de Industria, el Ministerio de Ciencia e Innovación, Ciemat y el Gobierno de Navarra.

## CTAER

El CTAER es un centro tecnológico cuyo objetivo principal es contribuir al desarrollo de las tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables. Se constituyó mediante la figura jurídica de Fundación a partir del impulso de la Junta de Andalucía (a través de sus agencias IDEA y AAE), a la que se sumaron, además del CIEMAT, las empresas líderes en el sector de energías renovables y del solar termoeléctrico en particular.

El CTAER tiene tres áreas básicas de actividad (solar, eólica y biomasa), siendo la termosolar a la que más recursos se están dedicando. En concreto se dispone de un terreno de unas 100 hectáreas de superficie, lindando con la PSA, en el que

se acogerán proyectos innovadores de demostración de las empresas y se construirán instalaciones de investigación y ensayos propias.

La propuesta EU-SOLARIS dirigida por el CTAER, en colaboración con la PSA y otros centros de investigación de Alemania, Francia, Italia, Portugal, Grecia, Chipre, Turquía e Israel, ha sido incluida en el catálogo ESFRI de infraestructuras científicas de investigación.

## Tekniker

Tekniker es un centro tecnológico privado sin ánimo de lucro cuyos beneficios son reinvertidos en equipamiento e inversiones para el centro. Su actividad se ha prolongado a lo largo de los últimos 30 años, originalmente consistiendo en servicios para empresas de bienes de equipo aunque progresivamente se han ido cubriendo otros sectores, entre los que destacan las renovables.

Tekniker tiene una oferta tecnológica muy extensa en el campo de las renovables, dedicando gran atención a los proyectos relacionados con la energía solar térmica de baja, media y alta temperatura. Estos proyectos se realizan tanto a nivel nacional como internacional.

## Universidades

A esta labor de los centros tecnológicos hay que añadir la que vienen realizando diferentes departamentos en universidades españolas, como es el caso de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla, pionera desde los comienzos de la termosolar en España y, más recientemente, la Universidades Politécnica y la Carlos III de Madrid y la Universidad de Almería, entre otras.

# Impacto de la energía solar termoeléctrica en el territorio



4



Los capítulos anteriores describen el impacto que ha tenido para España la instalación de potencia solar termoeléctrica a nivel macroeconómico y muestran cómo este sector ha contribuido positivamente a la economía y la creación de empleos de calidad en diferentes sectores. Sin embargo, las importantes cuantías invertidas en nuestro país en los últimos años en esta tecnología también han repercutido de manera muy positiva en aquellos municipios y regiones donde se han instalado las centrales.

Localizadas principalmente en regiones donde el nivel de desempleo es mayor que la media registrada en el conjunto de España, la construcción de las centrales ha contribuido a mitigar de manera muy importante los efectos de la crisis económica, generando trabajo en sectores muy afectados por ésta como la construcción, la industria y la hostelería.

Por otra parte, una vez comenzada la operación de las centrales y ante las necesidades de mantenimiento de las mismas, han creado numerosos empleos permanentes y de una elevada cualificación.

No solamente el impacto directo es relevante, también lo es el impacto inducido producido en la economía en sectores que no están directamente relacionados con la energía solar termoeléctrica. La mejora y dinamismo de la economía han propiciado que aumentase el número de habitantes de los pueblos donde se ha instalado esta tecnología y han permitido a los ayuntamientos realizar proyectos de mejora de la calidad de vida de la población que de otra manera hubiera sido imposible.

A continuación describimos el ejemplo de Torre de Miguel Sesmero, en Extremadura:

## Torre de Miguel Sesmero

El pueblo de Torre de Miguel Sesmero, perteneciente a la comarca de Llanos de Olivenza, en la provincia de Badajoz, cuenta en la actualidad con dos centrales térmicas solares en operación y una adicional en construcción: Extresol 1, 2 y 3, con una capacidad de 50 MW cada una, tecnología de canal parabólico y capacidad de almacenamiento de 7,5 horas cada una.

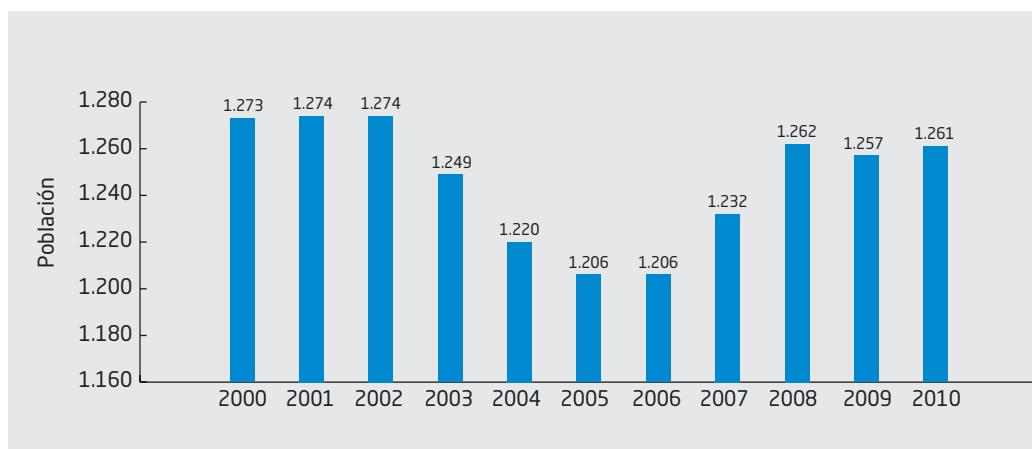
**Figura 49.**

Imagen de un canal parabólico solar en Extresol 1. Propiedad de ACS-Cobra.



La construcción de estas centrales coincidió plenamente con la crisis económica, por lo que su desarrollo ha permitido generar suficientes empleos como para paliar los efectos de la misma casi en su totalidad. La población y autoridades del pueblo de Torre de Miguel Sesmero se encuentran plenamente satisfechas por el impacto positivo en términos económicos y sociales que ha generado el desarrollo de potencia solar termoeléctrica en su municipio.

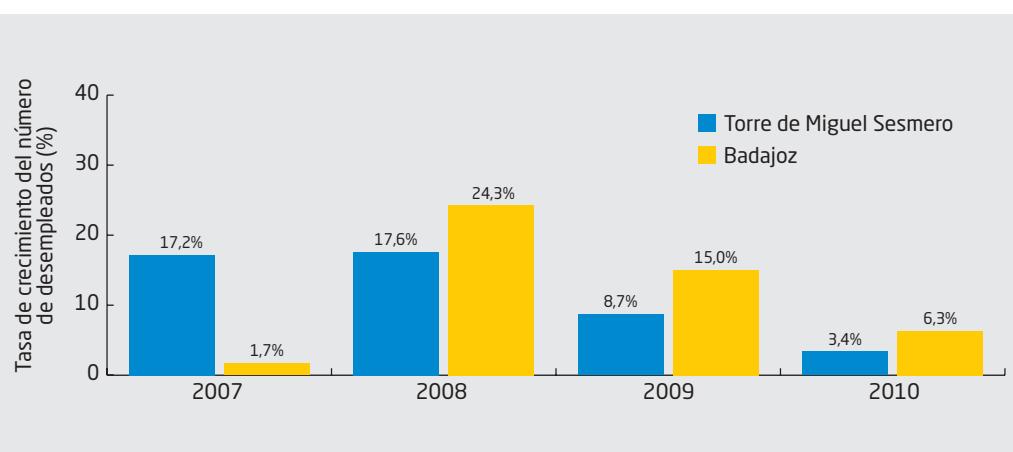
Se observa en la figura anterior cómo a partir de 2007, año de inicio de construcción de las centrales, la población de Torre de Miguel Sesmero se ha incrementando en aproximadamente 50 personas, convirtiendo la tendencia negativa registrada en el periodo 2000-2005 en positiva.



**Figura 50.**  
Evolución de la población de Torre de Miguel Sesmero (2000-2009).

De acuerdo con las cifras facilitadas por el Ayuntamiento del municipio, la construcción de Extresol 1 y 2 generó en su conjunto entre 600 y 700 empleos directos durante dos años, cifra que se encuentra muy cercana a la media calculada en este informe: 355 empleos en construcción para una central de 50 MW. Es importante señalar que el empleo se ha generado en toda la comarca y no solamente en el municipio, donde se han registrado entre 115 y 120 empleos.

En este sentido la evolución porcentual del número de desempleados en Torre de Miguel Sesmero ha sido considerablemente menor a la registrada en el conjunto de la provincia de Badajoz para el periodo 2008-2010, como se desprende de la figura siguiente, siendo significativo el cambio de tendencia desde el comienzo de la actividad de construcción de las centrales termosolares.



**Figura 51.**

Comparativa de la evolución porcentual del número de desempleados en Torre de Miguel Sesmero y Badajoz (2007-2010).

Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal. Datos a diciembre de cada año.

Considerando los efectos directos e indirectos, los principales sectores afectados han sido la fabricación, venta y alquiler de maquinaria, tractores, carpintería metálica y hostelería.

Adicionalmente, la construcción de las centrales ha tenido un impacto relevante de manera indirecta en sectores como servicios de alojamiento (hoteles, hostales, alquiler de viviendas) y hostelería. En este sentido, los servicios de hostelería han sido suministrados por otros municipios de la comarca, ya que Torre de Miguel Sesmero no cuenta con infraestructura en este sector como para satisfacer la demanda.

Asimismo, la explotación de las centrales también repercute muy positivamente en el municipio por concepto de los impuestos sobre construcciones y cánones

urbanísticos que se satisfacen, los alquileres que se pagan y la necesidad de contratar trabajadores para las actividades de operación y mantenimiento.

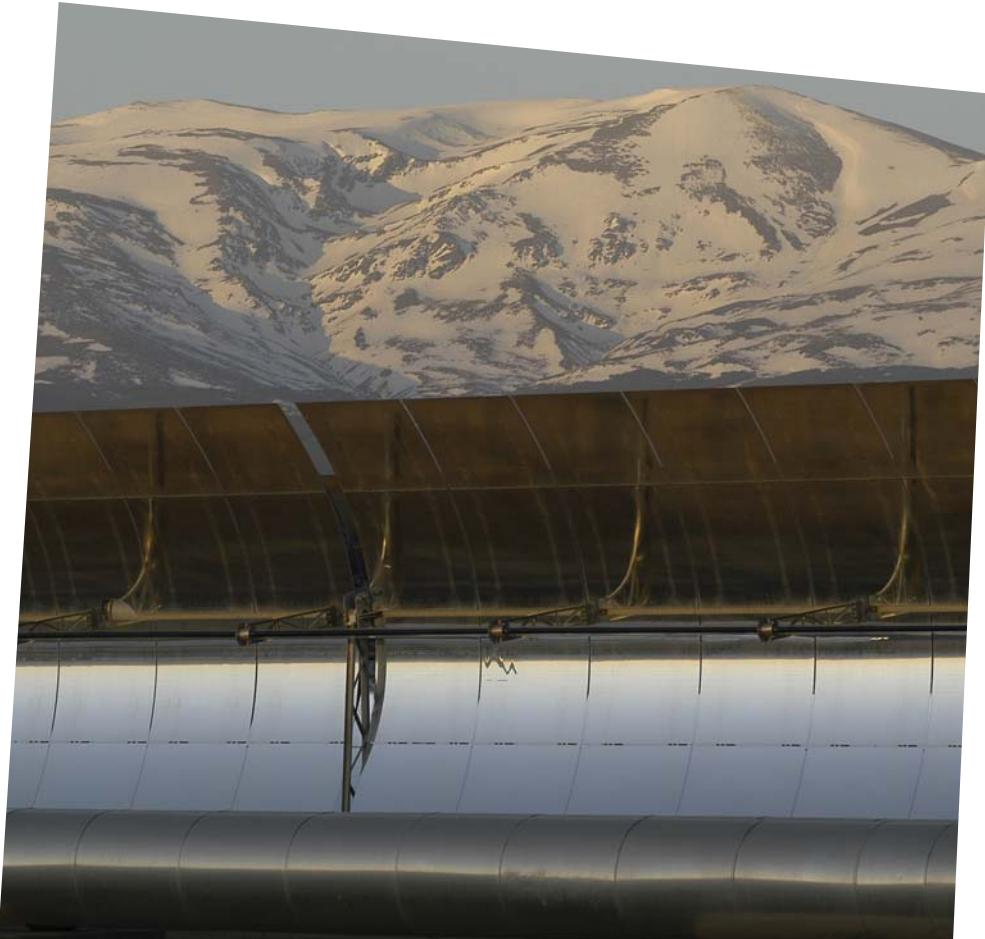
El incremento de los recursos presupuestarios ha permitido incrementar el bienestar de la población. En concreto, se ha podido construir un polígono industrial y una residencia para personas dependientes así como desarrollar una serie de actuaciones de carácter medioambiental en el Ayuntamiento:

- Instalación solar fotovoltaica
- Renovación de las luminarias públicas por un sistema más eficiente

En términos medioambientales, la construcción de las centrales ha supuesto el aprovechamiento de una antigua dehesa, en tierras localizadas fuera del casco urbano, por lo que no ha tenido ningún impacto negativo en el entorno. El agua se extrae de un pantano que no se utiliza para el riego, evitando competir por la utilización de este recurso. En la actualidad se construye un acueducto desde el río Guadiana para asegurar el suministro de agua a las tres centrales y así poder reducir los riesgos que podría acarrear un año con poca pluviosidad.



## Impacto ambiental y reducción de la dependencia energética



5



## 5.1. Metodología y cálculo de la energía sustituida

La generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, ciclos combinados de gas natural y centrales de carbón y fuel no internaliza una serie de costes conocidos como externalidades. Las externalidades (en este caso negativas) son costes en los que incurre una parte o toda la sociedad y que no son soportados por aquellos que los producen.

En este sentido, las fuentes de energía convencionales producen emisiones de CO<sub>2</sub>, y otros gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global así como otros gases nocivos para la salud. La sustitución de estas fuentes por energías renovables favorece el cumplimiento de los objetivos establecidos por la Unión Europea y España para la reducción de estas emisiones y produce un ahorro para el país en concepto de derechos de emisión de CO<sub>2</sub> evitados.

Asimismo, la dependencia de fuentes de energía localizadas fuera del territorio nacional supone transferir elevadas cantías de dinero al extranjero a la vez que son un riesgo muy importante para el correcto funcionamiento de la economía en su conjunto. España es especialmente vulnerable cuando se habla de dependencia energética, ya que no posee apenas recursos convencionales con los que abastecerse.

Por otra parte, es preciso señalar que los precios de los combustibles fósiles son mucho más volátiles que el coste de generación de electricidad a largo plazo. Además mientras que los primeros experimentarán en los próximos años una tendencia alcista debido al incremento de la demanda y la escasez del recurso, las energías renovables experimentarán un descenso muy importante en su coste de generación derivado del aprendizaje acumulado en los años de desarrollo de las tecnologías. En el caso de la solar termoeléctrica la reducción de la inversión

necesaria ha sido del 19% en las centrales sin almacenamiento y de un 17,4 % en las que incorporan almacenamiento (ver apartado 2.3.).

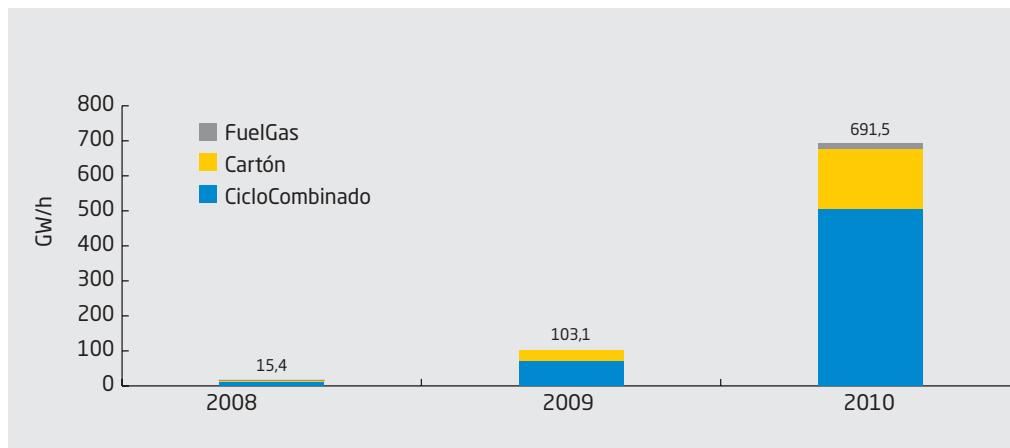
En este sentido, con el objetivo de evaluar cuantitativamente los efectos positivos de la penetración de la energía solar termoeléctrica dentro del sistema eléctrico nacional, se ha desarrollado la siguiente metodología:

- **Se cuantifica la energía eléctrica convencional sustituida:** se trabaja bajo el supuesto de que la electricidad producida mediante solar termoeléctrica sustituye a los combustibles fósiles en la proporción de cada combustible dentro del *mix* de generación fósil de España, asignando así el volumen de gas natural, carbón y fuel que se evita al usar solar termoeléctrica.
- **Se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas:** utilizando ratios de emisiones medias por tecnologías sustituidas, se calculan las toneladas de CO<sub>2</sub> que se hubieran emitido a la atmósfera de no existir la energía solar termoeléctrica y se obtiene el ahorro económico en derechos de CO<sub>2</sub> utilizando el precio medio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>.
- **Se valoran las importaciones de combustibles fósiles evitadas** en términos de toneladas equivalentes de petróleo. Asignando un valor económico (de acuerdo a los precios internacionales de los mismos) a cada combustible se obtiene el ahorro por este concepto.

Según la información publicada por la Comisión Nacional de Energía, en 2010 se produjeron 691,5GWh mediante centrales termosolares<sup>12</sup>, experimentando una subida muy elevada respecto a 2008 y 2009, cuando se produjeron solamente 15,4 y 103,1 GWh, respectivamente. **De cumplirse los objetivos de penetración de energía solar termoeléctrica establecidos en el Plan de Energías Renovables 2011-2020, la producción aumentará hasta los 8 287GWh en 2015 y 14 379GWh en 2020, respectivamente.**

---

12. Hay que tener en consideración que no toda la potencia instalada estuvo en funcionamiento durante todo el año.

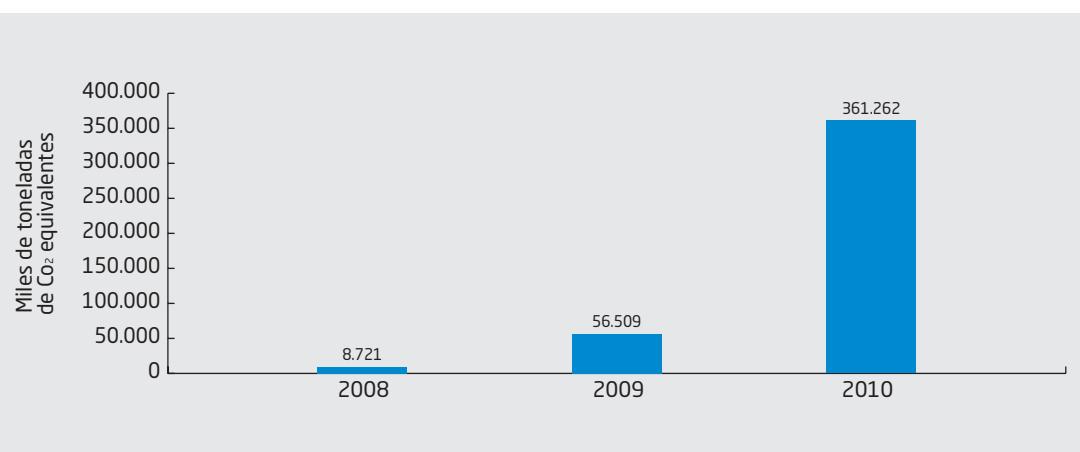


**Figura 52.**  
Energía sustituida por la producción de solar termoeléctrica.

## 5.2. Impacto ambiental

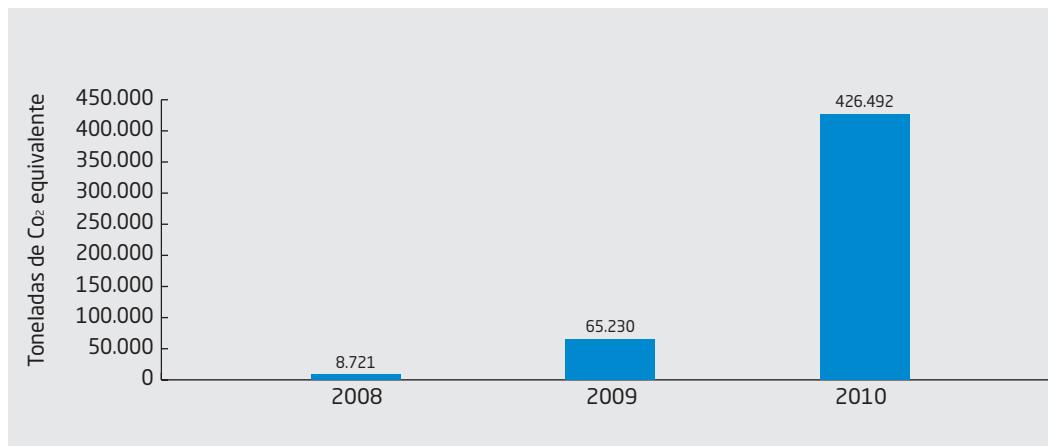
Según los resultados obtenidos, la energía solar termoeléctrica supuso, en términos de impacto ambiental:

- **Evitar la emisión de 361 262 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en 2010**, siendo el total acumulado en el periodo 2008-2010 de aproximadamente 426 492 toneladas de CO<sub>2</sub>. En cuanto al impacto económico, **en 2010 se ahorraron unos 5,2 millones de € en derechos de emisión**.



**Figura 53.**

Emissions de CO<sub>2</sub> evitadas en el periodo 2008-2010.

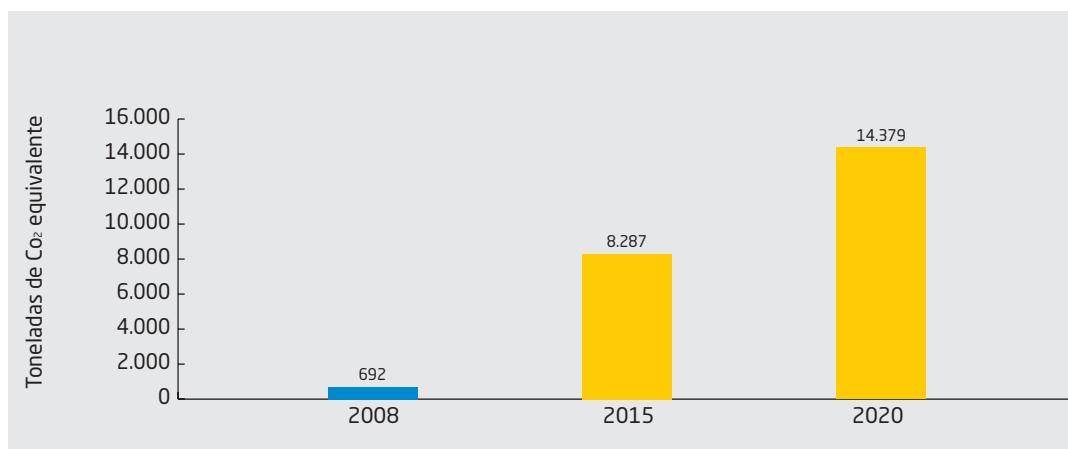
**Figura 54.**

Emissions de CO<sub>2</sub> evitadas en el periodo 2008-2010 (acumulado).

- De cumplirse los objetivos establecidos en el borrador del PER 2011-2020, la energía producida en centrales termosolares supondrá evitar aproximadamente 3,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2015 y más de 5,3 millones toneladas de CO<sub>2</sub> en 2020.

**Figura 55.**

Previsión de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y acumuladas en 2015 y 2020.



## 5.3. Reducción de la dependencia energética

El uso de las energías renovables en la producción de energía eléctrica contribuye de forma muy significativa a reducir las importaciones de combustibles fósiles:

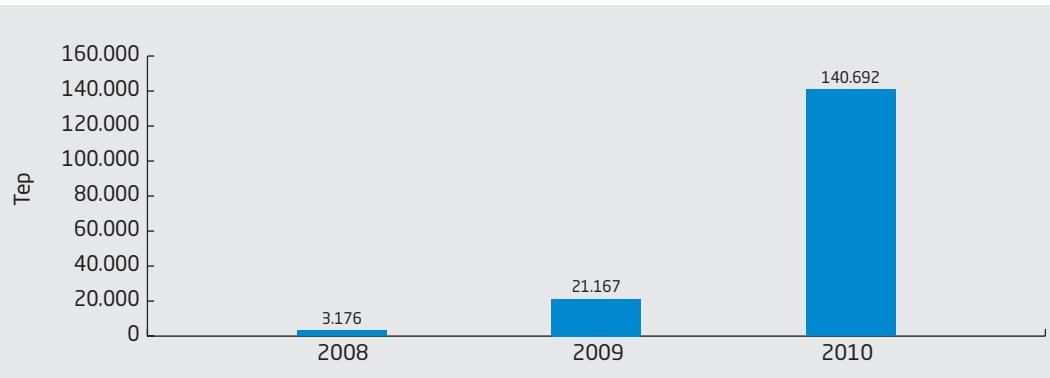
- En el año 2010 **la producción de energía solar termoeléctrica en España ha evitado importar alrededor de 140 692 toneladas equivalentes de petróleo.**

Según los precios de los combustibles fósiles, **la energía solar termoeléctrica ahorró en 2010 más de 23,9 millones de € en importaciones de combustibles fósiles<sup>13</sup>.**

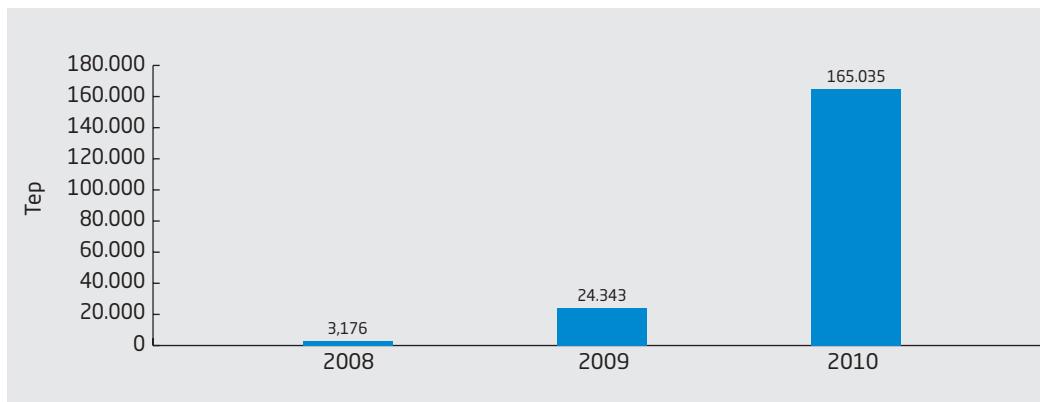
- Por su parte, para 2015 y 2020, se prevé que la energía solar termoeléctrica sustituiría la importación de un total de aproximadamente 1,6 y 2,7 millones de tep, respectivamente.

**Figura 56.**

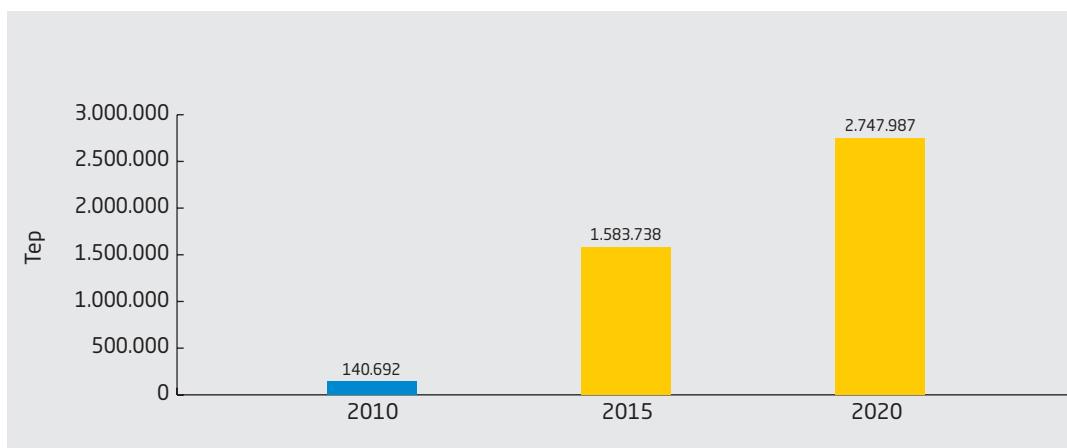
Importaciones de combustibles fósiles sustituidas en el periodo 2008-2010.



13. Precios de los combustibles fósiles: Gas Natural 5,23 €/MMBtu, Carbón 70,13 €/Tn, Fuel 60,19 €/barril.

**Figura 57.**

Importaciones de combustibles fósiles sustituidas en el periodo 2008-2010 (acumulado).

**Figura 58.**

Previsión de las importaciones de combustibles fósiles sustituidas (2015 y 2020).



# Conclusiones



6



**El estudio del impacto macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España pone de manifiesto que el nacimiento de esta industria en nuestro país ha supuesto un importante empuje a la economía en términos de contribución al PIB y al empleo, principalmente en los últimos tres años.** Los efectos positivos que ha producido el interés por esa tecnología son especialmente visibles en sectores muy golpeados por la crisis económica como la construcción y la fabricación de equipos, así como el importante impacto positivo que ha tenido en numerosos municipios y comarcas no favorecidas previamente por el desarrollo industrial. Evidencia de todas estas afirmaciones es, por ejemplo, una contribución al PIB que alcanza el 0,16% del PIB de España, más de 1 600 millones de €, y la creación en tres años de más de 23 000 puestos de trabajo.

**Nuestro país es líder en la instalación de centrales con esta tecnología y cuenta con empresas nacionales capaces de suministrar bienes y servicios prácticamente en toda la cadena de valor.** Este dato es especialmente relevante si se tienen en consideración las expectativas de crecimiento de esta tecnología a nivel mundial en el corto y medio plazos. En este sentido, los promotores y constructores españoles ya desempeñan un importante papel tanto como exportadores de tecnología como a través de la inversión directa; dicho papel podría perderse si no se continua el esfuerzo en nuestro territorio asegurando la ventaja competitiva que supone estar a la vanguardia tecnológica.

**La energía solar termoeléctrica, por sus características particulares, tiene una serie de ventajas sobre otras tecnologías renovables, siendo la más importante de ellas la posibilidad de gestionar la generación de acuerdo con la demanda del Operador del Sistema gracias a su capacidad de almacenamiento e hibridación. Esta característica resulta esencial ante futuros escenarios de generación eléctrica libre de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

La utilización de un recurso renovable tan abundante en España como es el sol supone al mismo tiempo un ahorro para nuestro país al sustituir importaciones de combustibles fósiles y una mitigación del riesgo que se deriva de esta situación, favoreciendo el desarrollo de una industria nacional.

Asimismo, el desarrollo de energías renovables en general y de la Solar Termoeléctrica en particular contribuye y contribuirá significativamente a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y al cumplimiento de los objetivos medioambientales adquiridos por España.

Si bien es cierto que las inversiones necesarias por MW para este tipo de centrales son mayores que las de algunas otras tecnologías, **el coste de las nuevas centrales sería hoy en día sensiblemente menor que el de las inscritas en el Registro de Preasignación de Retribución, y en el futuro se espera una reducción todavía más pronunciada** a medida que se avanza sobre la curva de aprendizaje y se investiga sobre nuevas tipologías de centrales, materiales, equipos y procesos. España puede jugar un papel muy relevante en este sentido, ya que cuenta con infraestructura de I+D+i de vanguardia y profesionales altamente cualificados para ello.

En los próximos años, el desarrollo de la tecnología dependerá de los resultados que produzcan estos avances, pero también de las señales económicas que reciban los promotores de estas instalaciones.

En este sentido, es fundamental que el próximo marco retributivo, definido para las centrales que se construyan a partir de 2014, incentive a realizar las inversiones necesarias para cumplir con los objetivos de potencia establecidos en el borrador del PER 2011-2020

**Si se ponen en la balanza los impactos positivos que se derivan de las actividades del Sector,** llámese contribución al PIB de 1 650 millones de €; generación de 23 844 empleos; aportaciones por concepto de cotizaciones a la

seguridad social, 270 millones de €; impuesto sobre beneficios de sociedades, 66 millones de €; IRPF, 71 millones de €; ahorro en concepto de derechos de emisión, 5 millones de €; sustitución de importaciones de combustibles fósiles, 24 millones de €, y posicionamiento de las empresas españolas en el mercado internacional, **puede constatarse que las políticas de apoyo a esta tecnología a través de las primas a la generación, que en 2010 supusieron 185 millones de €, han sido una apuesta eficiente en términos económicos y tecnológicos para nuestro país.**



# Índice de figuras

Figura 1. Central PS10 en Sevilla. Propiedad de Abengoa.....	16
Figura 2. Mapa de Radiación Directa Normal Anual (kWh/m <sup>2</sup> /año). Fuente: borrador del PER 2011-2020.....	18
Figura 3. Demanda de energía eléctrica y producción termosolar el 28 de julio de 2011 (GW) .....	20
Figura 4. Central La Risca en Badajoz. Propiedad de Acciona.....	23
Figura 5. Central Gemasolar en Sevilla. Propiedad de Torresol Energy.....	24
Figura 6. Central de Puerto Errado 1, Murcia, Propiedad mayoritaria de EBL y desarrollada por NOVATEC.....	25
Figura 7. Central de Casas de los Pinos, Cuenca. Propiedad de Renovalia con motores Infinia.....	27
Figura 8. Bloque de potencia y sistema de almacenamiento de la Central La Florida en Badajoz. Propiedad de Renovables SAMCA.....	29
Figura 9. Central Ibersol Puertollano en Ciudad Real. Propiedad de Iberdrola.....	30
Figura 10. Potencia solar termoeléctrica instalada, acumulada e incremento porcentual (2008-2010).....	32
Figura 11. Potencia solar termoeléctrica instalada y construcción de centrales en España a diciembre de 2010 por comunidades autónomas .....	33
Figura 12. Listado y mapa de la localización de las centrales termosolares en España. Fuente: Protermosolar.....	35
Figura 13. Generación de energía y porcentaje de cobertura de la demanda con solar termoeléctrica.....	36
Figura 14. Evolución de la potencia acumulada prevista y objetivos del borrador del PER 2011-2020 .....	40
Figura 15. Metodología para el cálculo de la contribución al PIB .....	44
Figura 16. Actividades incluidas en la fase de construcción y operación y mantenimiento.....	46
Figura 17. Cadena de valor del Sector Solar Termoeléctrico .....	47
Figura 18. Cuestionario facilitado a las empresas.....	49

Figura 19. Esquema del cálculo de la contribución al PIB .....	50
Figura 20. Contribución al PIB del sector solar termoeléctrico (2008-2010) en millones de euros corrientes .....	55
Figura 21. Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB del sector solar termoeléctrico (2009 y 2010).....	56
Figura 22. Peso relativo del sector solar termoeléctrico respecto al total de la economía española (2008-2010) .....	57
Figura 23. Comparativa del sector solar termoeléctrico respecto de otras actividades económicas .....	57
Figura 24. Resumen de las centrales en construcción .....	61
Figura 25. Resumen de las centrales en operación a diciembre de 2010..	63
Figura 26. Estructura de inversión de una central de canal parabólico sin almacenamiento .....	64
Figura 27. Estructura de inversión de una central de canal parabólico con almacenamiento.....	65
Figura 28. Inversión total y número medio de MW en construcción (2010)...	66
Figura 29. Porcentaje de las inversiones que permanecen en España según los diferentes conceptos para una central sin almacenamiento (2010)....	67
Figura 30. Porcentaje de las inversiones que permanecen en España según los diferentes conceptos para una central con almacenamiento con sales (2010).....	67
Figura 31. Evolución del porcentaje de la inversión que permanece en España (2008-2010) .....	68
Figura 32. Imagen de la tabla de coeficientes interiores de la matriz inversa de Leontief .....	69
Figura 33. Contribución al PIB de la fase de construcción (2008-2010) en millones de euros corrientes .....	69
Figura 34. Peso relativo de la fase de construcción respecto al total del sector solar termoeléctrico .....	70
Figura 35. Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB de la fase de construcción (2009 y 2010).....	71

Figura 36. Porcentaje de la contribución al PIB de los diferentes sectores económicos durante la fase de construcción. ....	72
Figura 37. Contribución al PIB de la fase de O&M (2008-2010) en millones de euros corrientes. ....	74
Figura 38. Operación de limpieza de espejos en una central de canal parabólico.....	74
Figura 39. Tasa de crecimiento de la contribución total al PIB de la fase de O&M (2009 y 2010) .....	75
Figura 40. Número total de empleos creados por el sector solar termoeléctrico (2008-2010) .....	77
Figura 41. Desglose por sector de actividad de los empleos creados por el sector solar termoeléctrico (2008-2010) .....	78
Figura 42. Previsión de la contribución al PIB de la energía solar termoeléctrica (año 2020) .....	80
Figura 43. Previsión del empleo que generaría la energía solar termoeléctrica (año 2020) .....	80
Figura 44. Cotizaciones sociales del Sector Solar Termoeléctrico. ....	82
Figura 45. Cuantías satisfechas en concepto de impuesto sobre sociedades..	83
Figura 46. Cuantías satisfechas en concepto de impuesto sobre la renta de las personas físicas (IRPF). ....	84
Figura 47. Esfuerzo en I+D+i del Sector Solar Termoeléctrico (2008-2010)...	90
Figura 48. Esfuerzo en I+D+i respecto a la contribución al PIB. Datos de 2009 para Dinamarca, Finlandia, Solar Termoeléctrica, Alemania, UE27 y España; datos de 2008 para Estados Unidos y OCDE.....	91
Figura 49. Imagen de un canal parabólico solar en Extresol 1. Propiedad de ACS-Cobra. ....	100
Figura 50. Evolución de la población de Torre de Miguel Sesmero (2000-2009) .....	101
Figura 51. Comparativa de la evolución porcentual del número de desempleados en Torre de Miguel Sesmero y Badajoz (2007-2010). Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal, datos a diciembre de cada año ..	102

Figura 52. Energía sustituida por la producción de solar termoeléctrica...	109
Figura 53. Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas en el periodo 2008-2010.....	110
Figura 54. Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas en el periodo 2008-2010 (acumulado).....	111
Figura 55. Previsión de las emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas y acumuladas en 2015 y 2020.....	111
Figura 56. Importaciones de combustibles fósiles sustituidas en el periodo 2008-2010 .....	112
Figura 57. Importaciones de combustibles fósiles sustituidas en el periodo 2008-2010 (acumulado).....	113
Figura 58. Previsión de las importaciones de combustibles fósiles sustituidas (2015 y 2020) .....	113



**Deloitte.**













Editado por

PROTERMO  
SOLAR

[www.protermosolar.com](http://www.protermosolar.com)

Elaborado por

**Deloitte.**

