

Universidad Rey Juan Carlos  
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales  
Economía y Dirección de Empresas



Tesis Doctoral

**Modelo de innovación y optimización de la energía solar en España. La aplicación de las tecnologías disponibles para el aprovechamiento de recursos, comercialización y beneficios de la energía solar**

Madrid, 2014

Doctorando: Daniel González Peña

Directora de la Tesis:

Profesora Dra. Carmen de Pablos Heredero

La directora de la presente Tesis Doctoral, Dra. Carmen de Pablos Heredero da por finalizado este trabajo titulado “**Modelo de innovación y optimización de la energía solar en España. La aplicación de las tecnologías disponibles para el aprovechamiento de recursos, comercialización y beneficios de la energía solar**”, realizado por D. Daniel González Peña. Lo considero concluido y que reúne los requisitos necesarios para su exposición y defensa ante el tribunal oportuno.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Carmen de Pablos Heredero', written in a cursive style.

Dra. Carmen de Pablos Heredero

## Agradecimientos

Me gustaría expresar en estas líneas mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de esta tesis doctoral, especialmente a la Dra. Carmen de Pablos Heredero por guiarme y darme todo su apoyo en todo momento. También agradecer a los expertos que han invertido su tiempo en ayudarme a realizar el diagnóstico del sector; D. Felipe Benjumea Llorente, Dr. José Domínguez Abascal, D. Armando Zuluaga Zilbermann, D. José Alberto Saavedra, Dr. Luis Crespo Rodríguez y Dr. Eduardo Zarza Moya.

Por otro lado, me gustaría agradecer a ciertas personas su aportación, que aunque no haya sido de forma directa, ha sido determinante a la hora de la realización del presente trabajo de investigación:

A tres grandes personas, que sin ellos, la vida en Sevilla no habría sido posible por la forma que me han arropado y apoyado todo este tiempo; José Ángel Pérez Muñoz, Paula Ciarlo Stumbo (pichona) y Lydia Pérez Torres (sharshi).

A Marcos y a Borch por no dejarme por imposible desde pequeño.

A Truchis por enseñarme a que hay buscar siempre el camino que te haga más feliz, aunque haya que tomar decisiones difíciles.

A mi primo Alex por enseñarme que lo más importante de la vida, es vivir.

A Gorgui por ser un pilar básico, por su incombustible amistad, saber siempre qué decir para motivarme y por enseñarme que los límites no existen.

A toda mi familia y muy especialmente a mi madre, padre y hermana por ser la base de mi vida.

# Índice

<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>EXPOSICIÓN DE MOTIVOS</b> .....	<b>11</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL MODELO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 NATURALEZA DEL PROBLEMA Y RAZONES PARA SU ELECCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1.1. <i>¿Por qué es tan importante crear un sistema energético sostenible y respetuoso con el medio ambiente? 14</i>	
<b>2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>31</b>
2.1. <b>NOTA DE CARÁCTER ACLARATORIO</b> .....	<b>40</b>
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA</b> .....	<b>42</b>
3.1 <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>42</b>
3.2 <b>ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL</b> .....	<b>47</b>
3.1.1 <i>Exceso de capacidad instalada</i> .....	<b>47</b>
3.2.2. <i>Diversidad de tecnologías de generación, con gran peso de las renovables</i> .....	<b>48</b>
3.2.3. <i>Grandes diferencias en los costes de las distintas tecnologías de generación</i> .....	<b>50</b>
<i>Los costes de generación de electricidad pueden dividirse en tres grandes grupos:</i> .....	<b>50</b>
3.2.4. <i>Coexistencia de un mercado mayorista libre (pool) con un sistema de tarifas minoristas fijadas administrativamente</i> .....	<b>52</b>
3.2.5. <i>Déficit Tarifario</i> .....	<b>54</b>
3.2.6. <i>Causas del déficit tarifario</i> .....	<b>56</b>
3.3. <b>TECNOLOGÍAS DISPONIBLES</b> .....	<b>63</b>
<b>4. FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>65</b>
4.1. <b>DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS</b> .....	<b>68</b>
4.1.1. <i>Tecnología basada en Silicio Cristalino</i> .....	<b>68</b>
4.1.2. <i>Tecnologías alternativas de fabricación de células</i> .....	<b>70</b>
4.1.3. <i>Tecnologías de lámina delgada (Thin-Film technologies)</i> .....	<b>71</b>
4.2. <b>TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS EMERGENTES</b> .....	<b>74</b>
4.3. <b>ESTRUCTURA DE COSTES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b> .....	<b>75</b>
<b>5. TERMOSOLAR</b> .....	<b>75</b>
5.1 <b>TECNOLOGÍA CILINDRO PARABÓLICA</b> .....	<b>77</b>
5.2 <b>TECNOLOGÍA DE TORRE</b> .....	<b>79</b>
5.3 <b>FRESNEL</b> .....	<b>81</b>
5.4 <b>DISCO STIRLING</b> .....	<b>82</b>

5.5 EL RECURSO .....	85
<b>6. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA SOLAR EN ESPAÑA .....</b>	<b>89</b>
6.1 DESARROLLO DE LA INDUSTRIA SOLAR TERMOELÉCTRICA EN ESPAÑA .....	89
6.2 DESARROLLO DE LA INDUSTRIA SOLAR FOTOVOLTAICA ESPAÑOLA .....	94
6.3 MARCO REGULATORIO .....	100
6.3.1. <i>Normativa española</i> .....	100
6.3.2. <i>Normativa comunitaria</i> .....	112
<b>7. ESTUDIO EMPÍRICO: EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN E INNOVACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL .....</b>	<b>116</b>
7.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....	118
7.1.1. <i>Teoría fundamentada</i> .....	119
7.1.2. <i>Método Delphi</i> .....	121
7.1.3. <i>Cronología del análisis</i> .....	126
7.1.4. <i>Herramienta de análisis DAFO</i> .....	127
7.1.5. <i>Cuestionario</i> .....	129
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>135</b>
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>169</b>
MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA .....	180
LIMITACIONES .....	184
FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	185
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>197</b>
ANEXO I. CUESTIONARIOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE MÉTODO DELPHI .....	197

## TABLAS

TABLA 1. OBJETIVOS Y RENDIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA PV. ....	69
TABLA 2. OBJETIVOS Y RENDIMIENTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LÁMINA DELGADA .....	72
TABLA 3. OBJETIVOS Y RENDIMIENTOS DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES .....	74
TABLA 4. DESCRIPCIÓN D. FELIPE BENJUMEA LLORENTE.....	121
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DR. JOSÉ DOMÍNGUEZ ABASCAL .....	122
TABLA 6. DESCRIPCIÓN D. ARMANDO ZULUAGA ZILBERMANN.....	123
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DR. LUIS CRESPO RODRÍGUEZ .....	123
TABLA 8. DESCRIPCIÓN DR. EDUARDO ZARZA MOYA .....	124
TABLA 9. DESCRIPCIÓN D. JOSÉ ALBERTO SAAVEDRA .....	125
TABLA 10. DETALLES DE PLANTAS SEGS EN EE.UU.....	159
TABLA 11. APORTACIÓN DE PLANTAS TERMOSOLARES AL PIB ESPAÑOL EN 2012 .....	166
TABLA 12. REDUCCIÓN DE COSTES DE INVERSIÓN HASTA 2025 .....	171
TABLA 13. REDUCCIÓN DE COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO HASTA 2025 .....	172
TABLA 14. PRINCIPALES EFICIENCIAS TECNOLÓGICAS .....	177

## FIGURAS

FIGURA 1. CAMBIOS EXPERIMENTADOS POR LOS SISTEMAS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE 1970 A 2004 .....	15
FIGURA 2. USOS DEL AGUA EXTRAÍDA EN DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO EN 2011.	20
FIGURA 3. PROCESO DE DIRECCIÓN ESTRATÉGICA.....	35
FIGURA 4. POTENCIA INSTALADA POR FUENTE EN ESPAÑA A 31 DE DICIEMBRE DE 2013 .....	48
FIGURA 5. BALANCE ELÉCTRICO ANUAL POR FUENTE EN ESPAÑA A 31 DE DICIEMBRE DE 2013.....	48
FIGURA 6. COSTES POR TECNOLOGÍA ESTIMADOS EN 2010 Y PRECIOS DE 2010 Y 2011	51
FIGURA 7. COMPARATIVA 2005-2010 DEL INCREMENTO DE LAS PRIMAS Y EL DÉFICIT TARIFARIO.....	58
FIGURA 8. MEDIDAS DE AJUSTA A RENOVABLES VS MEDIDAS CONVENCIONALES .....	63
FIGURA 9. ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	65
FIGURA 10. RENDIMIENTO DE LAS CÉLULAS Y MÓDULOS DE TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS DOMINANTES.....	66
FIGURA 11. ESQUEMA DE TECNOLOGÍA TERMOSOLAR CILINDROPARABÓLICA .....	78
FIGURA 12. ESQUEMA DE TECNOLOGÍA TERMOSOLAR DE TORRE .....	80
FIGURA 13. ESQUEMA DE TECNOLOGÍA TERMOSOLAR FRESNEL .....	81
FIGURA 14. ESQUEMA DE TECNOLOGÍA TERMOSOLAR DISCO STIRLING.....	83
FIGURA 15. MAPA DE RADIACIÓN DIRECTA NORMAL ANUAL (KWH/M2/AÑO).....	86
FIGURA 16. MAPA DE PLANTAS TERMOSOLARES EN ESPAÑA.....	90
FIGURA 17 MODELO DE LAS CINCO FUERZAS DE PORTER EN EL MERCADO TERMOSOLAR .....	93
FIGURA 18: MODELO DIAMANTE DE PORTER EN EL MERCADO TERMOSOLAR.....	95
FIGURA 19. CADENA DE VALOR DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA .....	96
FIGURA 20. FÁBRICAS DE COMPONENTES SOLARES EN ESPAÑA .....	100
FIGURA 21. CRONOLOGÍA DEL ANÁLISIS .....	126
FIGURA 22. MAPA DE RIESGOS PARA LAS UTILITIES EUROPEAS .....	140
FIGURA 23. FIJACIÓN DEL PRECIO EN EL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA ESPAÑOL: .....	147
FIGURA 24. COSTES MEDIOS POR TECNOLOGÍA .....	148
FIGURA 25. SOCIALIZACIÓN DE PÉRDIDAS Y PRIVATIZACIÓN DE BENEFICIOS.....	149
FIGURA 26. COSTE REAL DEL MIX ENERGÉTICO.....	150
FIGURA 27. BENEFICIOS CAÍDOS DEL CIELO (WINDFALL PROFITS) .....	150
FIGURA 28. COMPARACIÓN DE COSTES DE TERMOSOLAR GESTIONABLE CON FUENTES CONVENCIONALES EN ESPAÑA (LCOE €/KWH).....	173

## GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES MUNDIALES DE MERCANCÍAS Y PIB, 1950-2010.....	22
GRÁFICO 2. INVERSIÓN EN EDUCACIÓN EN LESOTO.....	29
GRÁFICO 3. PORCENTAJE DE COBERTURA DE ENERGÍA PRIMARIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA (1998-2009).....	43
GRÁFICO 4. PORCENTAJE DE COBERTURA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA (1998-2009).....	44
GRÁFICO 5. POTENCIA SOLAR INSTALADA EN ESPAÑA.....	46
GRÁFICO 6. MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA POR CAPACIDAD.....	46
GRÁFICO 7. MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA POR GENERACIÓN.....	47
GRÁFICO 8. COMPARATIVA DEL PRECIO MEDIO DE LA ENERGÍA DE ESPAÑA CON EL EUROPEO.....	52
GRÁFICO 9. EVOLUCIÓN DEL DÉFICIT DE TARIFA ACUMULADO EN EL PERIODO 2000- MAYO 2013 FUENTE: CONSEJO DE MINISTROS DEL 12/07/2013, PRESENTACIÓN “REFORMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO”.....	55
GRÁFICO 10. EVOLUCIÓN DEL DÉFICIT TARIFARIO.....	57
GRÁFICO 11. EVOLUCIÓN DE LAS PRIMAS AL RÉGIMEN ESPECIAL.....	58
GRÁFICO 12. EVOLUCIÓN DEL COSTE DE LA ENERGÍA Y EL DÉFICIT.....	62
GRÁFICO 13. OFERTA Y DEMANDA ESTIMADA DE PRODUCCIÓN DE CÉLULAS.....	67
GRÁFICO 14. INVERSIÓN REQUERIDA EN INVERSIONES (\$/W).....	67
GRÁFICO 15. DEMANDA ELÉCTRICA Y PRODUCCIÓN TERMOSOLAR EL 28 DE JULIO DE 2012.....	87
GRÁFICO 16. TOP 10 DE PRODUCTORES DE POLISILICIO EN LOS AÑOS 2011-2013 (MILES DE TONELADAS).....	97
GRÁFICO 17. TOP 10 DE PRODUCTORES DE MÓDULOS EN 2011-2013 (MW).....	98
GRÁFICO 18. PRODUCCIÓN DE MÓDULOS POR PAÍS 2011-2013 ( % GW).....	98
GRÁFICO 19. ENCUESTA SOBRE EL RIESGO REGULATORIO EN EUROPA.....	141
GRÁFICO 20. GESTIONABILIDAD.....	156
GRÁFICO 21. CAPACIDAD INSTALADA EN ESPAÑA EN MW.....	164
GRÁFICO 22. CREACIÓN DE EMPLEO EN PLANTAS TERMOSOLARES EN ESPAÑA.....	165
GRÁFICO 23. EVOLUCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN AL PIB.....	167
GRÁFICO 24. COSTES DE INVERSIÓN DE UNA PLANTA TERMOSOLAR EN ESPAÑA DE 50 MW CON 7 HORAS DE ALMACENAMIENTO.....	170



## RESUMEN

En esta Tesis Doctoral se pretende analizar los límites, tanto a medio como a largo plazo, de la competitividad económica de la energía solar en España, estudiando el nivel de evolución que presuntamente debería tener esta forma de producción de energía, hasta conseguir llegar a ser competitiva con las energías fósiles, y otras fuentes emergentes en desarrollo.

Para la elaboración del estudio, se ha tenido en cuenta la regulación estatal española, ya que es de vital importancia su funcionamiento en el camino a la competitividad real con respecto a otros tipos de energías.

Se ha realizado una revisión actualizada de la literatura existente, en referencia a la evaluación económica de escenarios de energía solar, para ver como la energía solar podría llegar a sustituir las energías de generación eléctrica mediante fuentes fósiles, con un alto grado de acoplamiento con la demanda, todo esto dentro de una previsible reducción de precios que hará que la energía solar pueda competir en el medio plazo con el resto de tecnologías de generación, pero con un impacto medioambiental mucho más reducido.

En el caso español, se plantea la posibilidad de que con la evolución de la industria solar española, alrededor del 2020, el coste de la electricidad producida mediante fuentes de generación solar sea competitivo con el coste de generación de las centrales de ciclo combinado de gas. Se ha hecho mención a la evolución previsible de las tecnologías.

También se describe el papel que debería desempeñar, tanto el gobierno como las empresas generadoras, para poder desarrollar un modelo competitivo que permita el desarrollo óptimo de la industria solar en España.

## **ABSTRACT**

In this thesis we have tried to analyze the limits of the economic competitiveness of solar energy in Spain, both medium and long-term, studying the evolution of this form of energy production allegedly should have, to be competitive with fossil fuels and other emerging sources of energy production.

To prepare this study, we have taken into account the Spanish regulatory framework, because its optimum performance is vital to reach the competitiveness of solar technology with other generation sources.

A review of the most updated literature has been performed, referring to the economic evaluation of solar energy scenarios to see how solar power could eventually replace the generation sources based on fossil fuels, with a high level of engagement with the demand, all within a predictable price reduction that will allow solar energy to compete in the medium term with other generation technologies, but with a much smaller environmental impact.

In the Spanish case, we analyze the possibility that with the evolution of the Spanish solar industry, around 2020, the cost of electricity produced by solar power sources will become competitive with the cost of generation of gas combined cycle. We have mentioned the expected evolution of solar technologies.

The role that the Government and generating companies should play to develop a competitive model to the optimal development of the solar industry in Spain is also described.

## **Exposición de motivos**

Desde hace miles de años, el ser humano aprovecha la energía solar (la luz y el calor provenientes del sol) utilizando diversas tecnologías que, con el paso del tiempo, han ido evolucionando y mejorando (Faber et al., 1991; Crespo et al., 2010). No cabe duda de que la radiación de sol es el motor de nuestro planeta, pero además representa la mayor parte de su energía. De hecho, todas las fuentes conocidas de energía, renovables y no renovables, son producidas directa o indirectamente por la radiación que el Sol proyecta sobre la Tierra. Por ejemplo, se calcula que entre el uno y el dos por ciento de la energía solar se convierte en viento (Moro, 2010).

Dado que la energía proveniente del sol es la que mayor rendimiento energético alcanza por superficie de tierra utilizada, se podría afirmar que dicha energía es la que mejor podría encajar en el difícil contexto del desarrollo sostenible (Cuervo, R. 2010).

El agotamiento de las fuentes de energía tradicionales (combustibles fósiles), el cambio climático, y el constante incremento de la demanda energética hacen prever que será necesario crear un modelo energético basado en la combinación entre fuentes de energía renovables locales con un intra-mercado flexible que permita el tráfico de energía entre países para satisfacer las necesidades globales. Este modelo para ser sostenible, debería proporcionar tanto seguridad energética como reducción de los impactos ambientales consecuentes de la producción, la transmisión y la distribución de la energía.

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el consumo de energía en 2035 será 1,25 veces superior al de 2011, lo que conllevaría al correspondiente aumento de las emisiones. La IEA estima que para lograr reducir la emisión de gases de efecto invernadero en torno al 20 por ciento (respecto patrón actual de generación eléctrica), será necesario que la generación eléctrica mediante fuentes renovables oscile entre un 40 y un 50 por ciento.

Dado que todos los países no disponen del mismo recurso solar, habría que buscar la combinación que satisfaga de forma óptima las necesidades energéticas para cada región. El estudio de Kurokawa, et al. (2003) afirma que bastaría cubrir con colectores solares alrededor de un 1 por ciento de los desiertos cálidos del planeta, para satisfacer las necesidades eléctricas del mundo entero. Felipe Benjumea (2008) señala que la energía solar disponible en

los desiertos es 700 veces superior al consumo de energía primaria en todo el mundo. Por tanto, parece lógico invertir para generar energía en zonas desérticas.

Esto además, contribuiría al desarrollo social y económico de esas regiones. De hecho, ya existen iniciativas, como DESERTEC, que buscan proporcionar una oferta sostenible de electricidad y agua potable para Europa, Oriente Medio y el Norte de África en 2050 a partir de Energía solar captada en los desiertos.

DESERTEC es un proyecto que intenta demostrar la creación de protección medioambiental, seguridad energética y desarrollo mediante la generación de energía renovable desde aquellos sitios que el recurso solar es abundante. Esta iniciativa está formada por políticos, científicos, economistas y empresas de todo el mundo. La Cooperación de Energías renovables Trans-Mediterraneas (TREC) creó DESERTEC. Sus miembros son voluntarios del Club de Roma y el Centro de investigaciones de Jordania.

De acuerdo con el estudio TRANS-CSP, del Centro Aeroespacial Alemán (DLR, 2006), los principales expertos aseguran que importar energía eléctrica de origen solar en 2020, costará lo mismo que supone hoy producir electricidad a partir de gas o carbón.

España reúne todos los requisitos para poder crear un modelo energético, que no sólo sustente toda la generación de electricidad, sino que pueda llegar a ser también capaz de exportar energía, pasando de ser un país dependiente de energía a ser un país exportador (Europa Press, 2010).

España cuenta con el clima idóneo para recibir un flujo de radiaciones solares constantes (300 días de Sol al año de media) y con la tecnología necesaria para obtener y gestionar la radiación solar. Por eso, es de vital importancia crear un modelo en el que se optimice el uso de la tecnología para recoger la energía y gestionarla de una manera eficiente.

Teniendo en cuenta las asunciones previas, podrían existir posibilidades reales de optimizar la energía solar en nuestro país y por tanto el objetivo de este trabajo consiste en desarrollar un diagnóstico del sector para posteriormente realizar la propuesta de un modelo de gestión de la energía solar que permita optimizar el uso de la tecnología disponible y gestionarla de una forma eficiente.

# 1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL MODELO

## 1.1 Naturaleza del problema y razones para su elección

La importancia del Sol

Para comprender todas las posibilidades que ofrece la energía solar, es importante contextualizar la importancia e influencia que ejerce el sol, tanto para el planeta como a todos los seres que habitamos en él.

El sol es una estrella que se formó, aproximadamente, hace 4.500 millones de años. Como estrella, es una fuente de luz y calor, lo que convierte al sol en nuestra mayor fuente de energía, prácticamente inagotable. Junto a esto, la apropiada distancia de la tierra respecto al Sol, 150 millones de kilómetros, ha hecho posible la vida en el planeta. Si ambos astros estuvieran a una distancia diferente, la vida no hubiera sido posible.

El Sol es el centro del Sistema Solar, todos los planetas giran alrededor de él, debido a la atracción de su fuerza gravitatoria<sup>1</sup>.

La creación de la energía en el Sol tiene el mismo funcionamiento que un reactor nuclear. A 15 millones de grados centígrados, el hidrógeno se transforma en helio dentro de una continuada reacción en cadena. Cuando los núcleos de hidrogeno se fusionan para producir núcleos de helio, tiene lugar una pequeña pérdida de masa. Esa materia se descarga como energía. Cada segundo que pasa, el Sol pierde 4 millones de toneladas de masa, una energía que mantendrá el brillo del Sol durante otros 5.000 millones de años.

En su totalidad, según Scandolo y Jeanloz (2004), el Sol tiene una densidad aproximada de 1,5 veces la densidad de la Tierra debido a que, en su mayoría, todo es gas. Sin embargo, se estima que su núcleo es 10 veces más denso que el plomo. Lo que conlleva que la energía producida en el núcleo, tarde unos cien mil años en alcanzar la superficie (Asimov, 1980). Al alcanzar la superficie, el calor que se desprende es de seis mil grados centígrados. Esa misma energía, una vez en la superficie, tarda 8 minutos y 21 segundos en alcanzar la superficie terrestre. Según Aréchiga (1996), la composición del Sol se puede observar al hacer pasar la luz a través de un prisma de cristal 70% de hidrógeno, 28% de Helio y 2% de otros elementos como el hierro.

---

<sup>1</sup> Los planetas del Sistema Solar, por orden de cercanía al Sol, son Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Urano y Neptuno. Hasta la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (UAI) celebrada en Praga el 24 de agosto de 2006, se incluía a Plutón como planeta, pero después de esta asamblea perdió dicha categoría.

El Sol es aproximadamente 1,3 millones de veces más grande que la Tierra, es decir, que dentro del Sol entrarían un millón de planetas que tuvieran el mismo tamaño que nuestro planeta. Pero aún es más relevante la importancia del Sol si lo comparamos con todo el Sistema Solar, ya que representa el 99,8 de la masa total (Bonanno et al., 2002).

En relación al estudio de Sackmann (1993), como toda estrella, poco a poco el Sol irá agotando sus recursos, y llegará el día en el que el equilibrio entre el Hidrógeno y el Helio se rompa, lo que hará crecer al Sol.

Según el propio Sackman, el Sol pasará de su diámetro actual de 1,4 millones de kilómetros hasta unas 200 veces más, engullendo a Mercurio y a Venus. No llegará a alcanzar a la Tierra pero, debido al calor, los océanos se evaporarán y la vida será inviable. Llegará el punto en el que las capas superiores se rompan y el Sol se enfríe y encoja hasta llegar al tamaño de la tierra, hasta que finalmente se apague. El astrónomo Klaus-Peter Schröder, estimó en 2008 que este proceso se producirá dentro de 7.590 millones de años.

#### **1.1.1. ¿Por qué es tan importante crear un sistema energético sostenible y respetuoso con el medio ambiente?**

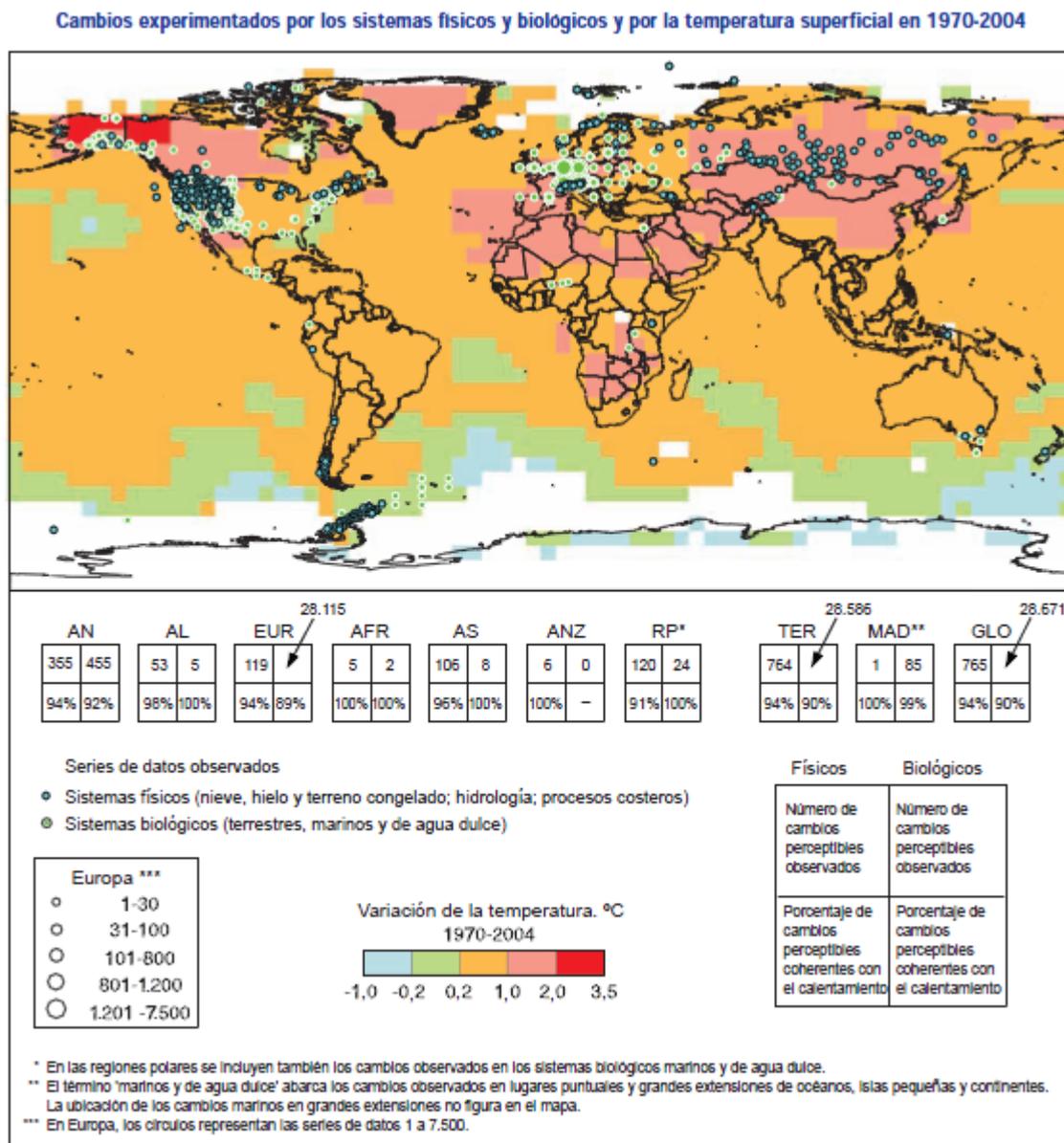
La vida en la Tierra comenzó hace aproximadamente cuatro mil millones de años, el gran elemento diferenciador, con el resto de planetas hasta hoy conocidos, es que la Tierra es capaz de albergar vida. Y nosotros, los hombres, sólo existimos desde hace 200.000 años. Sin embargo hemos logrado trastornar el equilibrio esencial para la vida (IPCC<sup>2</sup>, 2007).

---

<sup>2</sup> Las siglas IPCC hacen referencia a Intergovernmental Panel on Climate Change.

La siguiente figura muestra una evolución de los cambios biológicos a lo largo del tiempo.

Figura 1. Cambios experimentados por los sistemas físicos y biológicos de 1970 a 2004



Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007).

A día de hoy, la vida del ser humano, es sólo un eslabón de una cadena que une a una cantidad innumerable de seres vivos que habitan en nuestro planeta (Darwin, 1872), los cuales, se han venido sucediendo unos a otros desde hace casi cuatro mil millones de años.

En los orígenes de la Tierra, en la atmosfera había ausencia de oxígeno. Era una atmósfera densa, con un alto índice de carbón y vapor. Una vez que la Tierra se enfrió, el vapor de agua se condensó y cayó en lluvia diluvia (Catling et al., 2009).

Como se ha comentado anteriormente, la Tierra se encuentra situada a una distancia óptima del Sol, ni demasiado lejos ni demasiado cerca. Gracias a este equilibrio, la Tierra ha podido conservar el agua en su estado líquido.

Esto conlleva que el agua haya ido trazando caminos, creándose así los ríos. A su vez, los ríos arrastran los minerales de las rocas, llevando así, el agua dulce de los océanos. De este modo los océanos se llenan de sal.

Actualmente, todavía, se pueden encontrar en los manantiales formas de vida primarias. Estas formas de vida son las arqueas<sup>3</sup>. Todas se alimentan del calor emergente de la Tierra excepto una: las cianobacterias o algas.

Se consideran las únicas que tenían la capacidad de girarse hacia la luz del Sol para captar su energía. Es uno de los ancestros más importantes de todas las especies de plantas. Gracias a esta bacteria, y sus miles de millones de descendientes fue posible la transformación de la Tierra, ya que modificaron la composición de la atmósfera (Gribaldo, 2006).

El carbono que llenaba el cielo aún existe, pero está aprisionado en las rocas que cubren la tierra (Puget et al., 1995) En otros tiempos, se extendía un océano poblado de organismos diminutos. Capturaban el carbono que estaba disuelto en la atmósfera para fabricar su concha.

Gracias a los microorganismos, fue posible la desaparición del carbono que se encontraba en la atmósfera y pudo originarse otro tipo de vida (Field et al., 1998).

Para el desarrollo del mundo vegetal, la energía solar es fundamental. Debido a ella las plantas pueden alimentarse, mediante la fotosíntesis, rompiendo las moléculas de agua y expulsando oxígeno.

Según el Segundo Informe de Naciones Unidas sobre Desarrollo Recursos Hídricos en el Mundo (2009) el ciclo del agua en la Tierra se repite una y otra vez. Por esa razón siempre hay la misma cantidad de Agua en la Tierra.

---

<sup>3</sup> Las arqueas, son un grupo de microorganismos unicelulares pertenecientes al dominio Archaea. . Las arqueas, son procariotas que carecen de núcleo celular o cualquier otro orgánulo dentro de las células. Tienen una historia evolutiva independiente y presentan muchas diferencias en su bioquímica respecto al resto de formas de vida, actualmente se las clasifica como un dominio distinto en el sistema de tres dominios. Se han datado fósiles probables de estas células hace casi 3.500 millones de años

El agua puede que sea una de las materias más inestables de las que se conocen. Adopta la forma líquida, la gaseosa del vapor o la sólida dependiendo de la temperatura.

El hielo es menos denso que el agua, y por eso se mantiene en la superficie en vez de hundirse formando así una capa que protege del frío el agua que está debajo, permitiendo que la vida pueda continuar debajo del mismo.

Se podría afirmar que todo está vinculado (Borman, F.H. and G.E. Likens, 1970). Por ejemplo, el caso del agua y del aire, ya que difícilmente podríamos estudiar sus efectos en la tierra de forma independiente.

El 70% del aire indispensable para nuestros pulmones (Hemschemeier, 2006) proviene de las algas. La Tierra se encuentra en un equilibrio mantenido entre los elementos, en el cual la existencia de uno se debe a la existencia del otro. Es un equilibrio delicado, muy fácil de romper.

De la unión del alga y una concha nacen los corales. Se estima que estos cubren menos del 1% de la superficie de los océanos, pero albergan una gran cantidad de seres vivos. Según Sorokin (1995), el equilibrio de todos los océanos depende de los corales.

Fueron necesarios más de cuatro mil millones de años para que aparecieran los árboles. Obtuvieron de las arqueas la habilidad de gestionar la energía del sol. La reciben y se alimentan de ella. Las hojas nuevas, al caer, se descomponen en una mezcla de agua, mineral, vegetal y materia viva. Y así, poco a poco, se fueron formando los suelos.

Al ir evolucionando todo lo mencionado anteriormente, aparecieron los animales y las respectivas familias de animales. El denominador común de estas familias son las costumbres que perduran generación tras generación. De este modo, algunos animales se han adaptado a su ecosistema, y su ecosistema se ha adaptado a ellos. Se podría afirmar que no es un juego de suma cero. Bajo esta situación, salen todos ganando; el animal puede saciar su hambre y los vegetales pueden reproducirse más fácilmente.

Lo que parece indicar que cada especie tiene su lugar. No siendo ninguna inútil o dañina. Todas se equilibran.

Entonces, el Homo Sapiens, que como especie sólo tiene doscientos mil años de antigüedad (Brown, 1980), apareció y ha puesto en peligro el camino recorrido de más de 4 mil millones de años que tiene la Tierra. Aun siendo frágil, ha llegado a conquistar todos los medios y a ocupar territorios enteros, como ninguna otra especie había logrado anteriormente.

La Tierra, tras permanecer nevada durante más de 180.000 años, alcanzó un periodo con temperaturas más suaves, lo que permitió que el hombre llegara a establecerse (National Geographic, 2005).

Los hombres para asentarse, escogieron lugares húmedos dónde abundaba la caza, las plantas silvestres y la pesca. Sitios dónde se mezclaban la tierra, lo orgánico y el agua.

A día de hoy, parte de la población aún vive cerca de los recursos hídricos. Una de cada cuatro personas, aún viven como se podía vivir hace seis mil años. Sin ninguna otra energía que la proporcionada directamente por la naturaleza. Según La Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2014), a día de hoy unos 2.200 millones de personas viven de este modo. Es decir más que toda la población de los países ricos juntos. Este tipo de vida trae consigo una serie de características:

- La esperanza de la vida es corta.
- Ninguna o escasa ayuda por la tecnología.
- Cualquier cambio en la naturaleza afecta a la vida cotidiana.
- La educación es escasa.
- Los niños son la única riqueza, ya que el hombre necesita mano de obra para asegurar su subsistencia.

Con la aparición de la agricultura, también aparecieron los primeros excedentes alimenticios y las primeras fundaciones de ciudades y civilizaciones<sup>4</sup>. El ser humano aprendió a adaptarse a los distintos terrenos. Incluso cuando el suelo no era demasiado fértil y había escasez de agua, se lograron crear técnicas para poder cultivar.

Según la FAO (Food and Agriculture Organization), la agricultura continúa representando una de las actividades más relevantes a nivel mundial. Se estima que a

---

<sup>4</sup> [http://www.profesorenlinea.cl/universalhistoria/Revolucion\\_agricola.htm](http://www.profesorenlinea.cl/universalhistoria/Revolucion_agricola.htm)

aproximadamente la mitad de la población se dedican a trabajar la tierra y que más de tres cuartos lo hacen sin ayuda de maquinaria alguna.

Esta forma de trabajar la tierra, con el uso de los brazos como única herramienta, se sustituyó por el carbón, el gas y sobretodo el petróleo. Esto produjo que parte de la población se liberara del trabajo de la tierra.

Se podría pensar que con la introducción del petróleo, en las diferentes formas de producción, empezó la era del crecimiento desmesurado. Con el petróleo se ha llegado a conocer un nivel de confort al cual no se había llegado nunca antes.

Según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005), en los últimos 50 años se ha modificado la tierra más rápido que todas las generaciones anteriores.

Una vez que se alcanzó a este punto, todo se empezó a acelerar. Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Población (2013), durante los últimos 60 años la población del planeta se ha casi triplicado. Y más de dos mil millones de hombres se han ido a las ciudades. Por poner un ejemplo, en Shanghái solamente, se han construido unos tres mil rascacielos en 20 años, y todavía no se ha parado de construir.

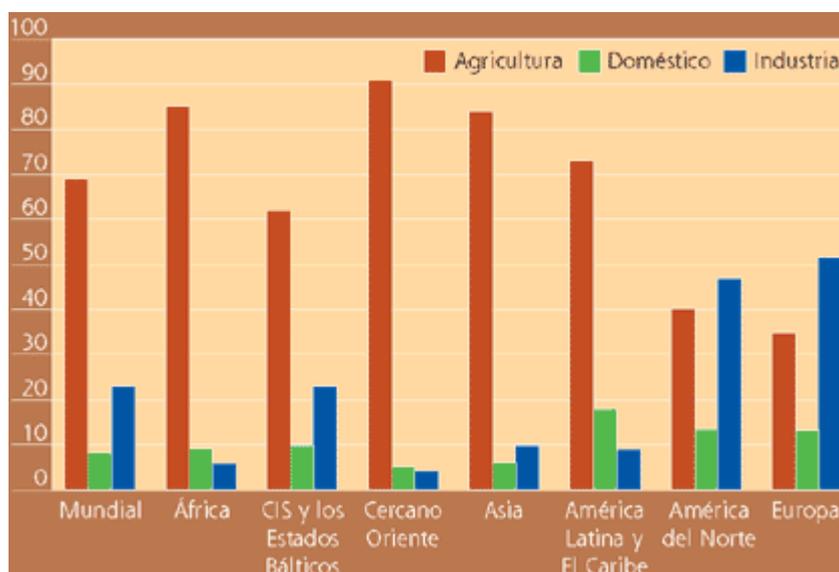
En la actualidad, 7 mil millones de personas, más de la mitad vive en las ciudades (Informe sobre el Desarrollo Humano, 2013).

Paulatinamente, las máquinas han ido reemplazando la mano de obra humana. Esto ha sido posible porque con un litro de petróleo se puede producir la misma energía que 100 personas durante 1 día completo (European Fusion Development Agreement, 2007). Pero no todos los campesinos poseen maquinaria. Por ejemplo, sólo el 3% de ellos poseen un tractor (Informe sobre el desarrollo humano, 2011). Sin embargo, la producción de los campesinos que poseen maquinaria, es la predominante en el planeta.

Según el Censo de Agricultura de 2013, en EE.UU. sólo quedan unos tres millones de granjeros, cuya producción de cereales podría alimentar a unas dos mil millones de personas. Tanto en EEUU, como en el resto de los países industrializados, la producción se transforma

primordialmente en comida para animales y en agrocombustibles<sup>5</sup>. Por otra parte, este modelo de explotación agraria utiliza el 70% del agua que consume toda la humanidad. En la siguiente figura podemos observar los usos que se le ha dado al agua en diferentes lugares del mundo.

Figura 2. Usos del agua extraída en diferentes zonas del mundo en 2011



Fuente: Depósito de documentos de la FAO (2011)

Al haber incrementado la producción, se han necesitado extensiones de terreno superiores, lo que a su vez ha provocado una mayor atracción de insectos. Para combatir esto, se crearon los pesticidas para exterminarlos. Poniendo así fin a las malas cosechas y a las amenazas de la hambruna. Pero la mayor parte de estos productos tóxicos se esparcen en el aire, en los suelos, sobre las plantas, en los animales, en los cursos del agua, en los océanos. Estas sustancias, paradójicamente, son nocivas para la especie humana a la que han salvado del hambre (Curl et al., 2003).

También se crearon los abonos. El abono dota de una mayor fertilidad a los cultivos. Con la introducción del petróleo en la agricultura, la producción ha incrementado radicalmente, tanto que ahora hay que gestionar los excedentes (Evenson, 1999). Según

<sup>5</sup> Los agrocombustibles son combustibles líquidos producidos a partir de materia prima vegetal, fundamentalmente cultivos agrícolas, a gran escala. Existen dos tipos principales: agroetanol, sustitutivo de la gasolina, producido a partir de caña de azúcar, remolacha, maíz, trigo o cebada, y agrodiésel, sustitutivo del gasóleo, producido a partir de oleaginosas como girasol, colza, palma, soja o jatrofa.

Griliches (1957), con el fin de incrementar la producción, las especies que están adaptadas a determinadas regiones se reemplazan por las variedades más productivas.

Un ejemplo esclarecedor del sistema de explotación agraria que utilizamos hoy en día es el de los viveros del desierto de Almería, que son el huerto de Europa. Una ciudad de verduras bien calibradas que espera cada día a los cientos de camiones que van a transportarlas a los supermercados.

Por otra parte, cuanto más crece la población de un país, más cantidad de carne es necesaria para satisfacer la demanda. Para poder satisfacer dicha demanda, cada vez es necesario fabricar carne más rápido. Para alimentar a los animales, se deben transportar toneladas de cereales cada día hasta las zonas de crianza.

Según la organización Water Food Print<sup>6</sup>, se requieren 100 litros de agua para producir un kilo de pasta, 4.000 para un kilo de arroz, 13.000 para un kilo de carne de res, sin contar el petróleo para la producción y el transporte.

La agricultura ha pasado, por tanto, de ser una industria basada en la mano de obra humana o animal, a estar basada en el petróleo. Ha permitido alimentar a un número dos veces mayor de seres humanos en el planeta, pero ha reemplazado la diversidad por la estandarización (Informe sobre el Desarrollo Humano, 2013). Se ha podido disfrutar de un confort inesperado, pero hace que nuestro modelo de vida sea completamente dependiente del petróleo. Aunque, se prevé que el fin del este petróleo barato se puede estar acercando (Roberts, 2004; Ballenita, 2004).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2007) el 80% de esta riqueza subterránea lo consume el 20% de la población del planeta. De continuar así antes del final del siglo, esta explotación desmesurada habrá agotado casi la totalidad de las reservas del planeta. Los astilleros fabrican en serie petroleros porta contenedores para responder a la demanda de la producción industrial globalizada. La mayoría de los bienes de consumo recorren miles de kilómetros entre los países que los producen y los que los consumen.

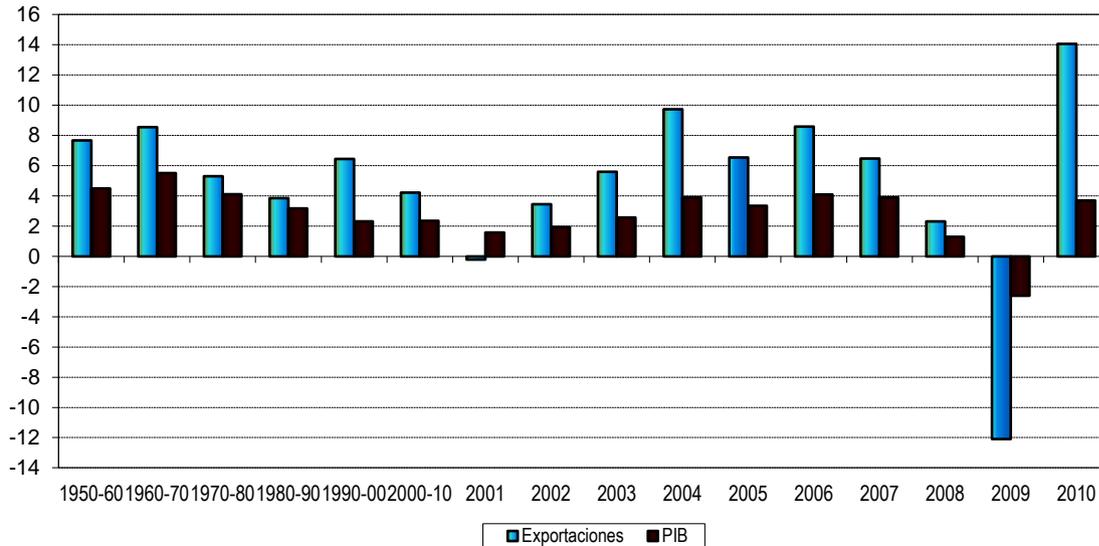
Desde 1950 los intercambios internacionales se han se han casi duplicado.

---

<sup>6</sup> <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>

El gráfico 1 muestra la evolución del volumen de exportaciones mundiales de mercancías y PIB de 1950 a 2010.

Gráfico 1. Volumen de las exportaciones mundiales de mercancías y PIB, 1950-2010



Fuente: OMC (Organización Mundial del comercio, 2010)

De todos estos intercambios, el 90% se realizan por la vía marítima, transportándose aproximadamente unos 500 millones de contenedores anualmente. Su destino son los grandes centros de consumo del mundo.

Desde 1950, el volumen de pesca ha pasado de 18 a 100 millones de toneladas por año, o sea, cinco veces más (FAO, 2014) El pescado es el alimento de base de 25 por ciento de la población mundial (UNESCO, 2006). Miles de barcos fábricas vacían los océanos. Tres cuartas de las zonas de pesca están agotadas, en declive, o al borde de estarlo (Pauly et al., 1998) Casi todos los peces de gran tamaño han desaparecido, porque no han tenido tiempo para reproducirse.

En los países desarrollados se estima que el consumo de agua está entre ochocientos y mil litros de agua por día y por persona. Según la FAO, la escasez de agua podría afectar a cerca de dos mil millones de personas en el mundo antes del 2025.

Además se deforestan bosques con fines productivos. Según la Coordinación de las Organizaciones Indígenas de la Amazonía Brasileña (2006), la selva está afectada por ganadería y cultivo de soja. El 95% de esta soja sirve para alimentar el ganado en los países de Europa y de Asia. Así se transforma una selva en carne.

Borneo, la tercera de las islas más grande del mundo ubicada en el sudeste de Asia, ha estado cubierta por un gran bosque hasta hace unas décadas (WWF<sup>7</sup>, 2005). Al ritmo actual de la deforestación, este bosque podría desaparecer completamente, antes de 10 años.

La causa principal de esta deforestación consiste en que en Borneo se decidió crear una industria de producción de aceite de palma (WWF, 2005), que es el aceite más consumido del mundo. Una gran parte del aceite de palma suple nuestra demanda de aceite de productos alimenticios. Pero también de productos cosméticos, de detergentes, y cada vez más de agro-combustibles. La diversidad del bosque se ha reemplazado por una sola especie: la palma de aceite. Para la población local es una fuente de empleo (WWF, 2005).

En la industria agrícola, el eucalipto constituye un foco de deforestación masiva (Brooker, 2006). El eucalipto se utiliza, en su mayor parte, para la elaboración de pasta de papel. Por eso a mayor incremento del consumo de papel, mayor es la explotación del eucalipto.

Un ejemplo de explotación de recursos al extremo podría ser el de la Isla de Pascua. Los pascuenses explotaron sus recursos hasta el final. Su civilización no sobrevivió a ello (Hotus, 1992).

Los habitantes de la isla de Pascua los sobreexplotaron hasta el agotamiento. Debido a esto tuvieron que lidiar con un alto empobrecimiento del suelo. Además, a causa de no tener madera para poder construir sus piraguas, no pudieron incrementar la pesca.

Fueron una de las civilizaciones más evolucionadas del Pacífico, disponían de agricultores y pescadores de gran habilidad pero fueron víctimas de la superpoblación y del agotamiento de los recursos. Esto derivó en conflictos sociales, revueltas y en hambre (Diamond, 2005).

Hay que tener en cuenta que desde 1950 la población mundial se ha casi triplicado, 2.518 millones en 1950 y en 2012 unas 7.055<sup>8</sup> millones de personas. Desde, 950 hemos modificado la Tierra, más que durante nuestros 200.000 años de historia.

---

<sup>7</sup> World Wildlife Fund for Nature. Es la mayor organización conservacionista independiente en el mundo. Su misión es detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el que los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza

Nigeria es el primer país exportador de petróleo del continente africano<sup>9</sup>. Sin embargo, el 70% de su población vive por debajo del umbral de la pobreza. El país posee riqueza, pero sus habitantes no tienen acceso a ella. La mitad de los pobres del planeta viven en países ricos en recursos.

Nuestra forma de desarrollo no ha cumplido sus promesas. En 50 años las diferencias de riqueza han aumentado como nunca. En la actualidad, la mitad de la riqueza mundial está en manos del 2% de los más ricos (OXFAM, 2014).

Estas desigualdades son las que provocan desplazamientos de personas de las cuales no se ha tomado realmente conciencia. La ciudad de Lagos tenía unos 665.000 habitantes en 1960<sup>10</sup>. En 2011 superó los trece millones de habitantes.

Lagos es una de las megalópolis que crece más rápido en el mundo. Estos nuevos ciudadanos son en su mayoría campesinos que han tenido que huir de sus campos a causa de las dificultades económicas, de la demografía y del agotamiento de los suelos. Este crecimiento urbano es algo novedoso porque lo motiva la pobreza, no la riqueza.

El hambre otra vez está aumentando. Casi 1000 millones de personas son víctimas de desnutrición en el mundo (FAO, IFAD y WFP, 2014).

En los basureros del mundo los más pobres surcan para poder sobrevivir mientras que seguimos excavando en busca de recursos que creemos indispensables. Cada vez buscamos más lejos. En territorios que hasta ahora habían estado a salvo. Y yacimientos que cada vez son más difíciles de explotar.

Según el estudio realizado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2013) el consumo de energía ha aumentado considerablemente los últimos años. Lo que conlleva que la polución aumente cada vez más. Al utilizar más energía, el crecimiento es más rápido y como consecuencia, la demanda de energía aumenta. Se pretende alimentar el crecimiento como un pozo sin fondo, teniendo que exigir cada vez más combustibles.

---

<sup>8</sup> <http://populationmatters.org/>

<sup>9</sup> [http://www.teinteresa.es/mundo/Nigeria-mayor-productor-petroleo-Africa\\_0\\_1133287590.html](http://www.teinteresa.es/mundo/Nigeria-mayor-productor-petroleo-Africa_0_1133287590.html)

<sup>10</sup> <http://www.census.gov/main/www/popclock.html>

La atmósfera se está calentando. Esta imagen hubiera sido imposible hace apenas unos años. Transporte, industrias, deforestación, agricultura. Se emiten cantidades gigantescas de dióxido de carbono. Molécula a molécula, se está trastornado el equilibrio climático de la Tierra. Todas nuestras miradas se han vuelto hacia Los Polos. En ninguna otra parte se ve de forma tan palpable el Cambio Climático tan anunciado.

El paso del noroeste que une a través de El Polo Norte, América, Europa y Asia se está despejando. El hielo de la Banquisa del Ártico se está derritiendo. Bajo el efecto del calentamiento la banquisa ha perdido el 40% de su espesor en 40 años. En verano su superficie disminuye cada vez más. Podría desaparecer antes del 2030. Algunos científicos predicen que esto ocurrirá para 2015 (Sindell, 2009).

Los rayos de sol que la superficie helada enviaba hacia el cielo, ahora penetran en el agua oscura y la calienta. El calentamiento se acelera. Según la Organización Meteorológica Mundial, la concentración de dióxido de carbono nunca había sido tan elevada desde hace cientos de miles de años.

El hombre nunca había conocido una atmósfera semejante. Nuestra explotación desmesurada de los recursos, amenazan la vida de las especies. Antes del 2050, un cuarto de todas las especies que viven en la tierra, podrían estar en peligro de extinción. En estas regiones polares, el equilibrio de la biodiversidad, ya está trastornado.

Alrededor del Polo Norte la banquisa<sup>11</sup> ha perdido el 30% de su superficie en 30 años (Richard, 2006). Además con el calentamiento acelerado de Groenlandia, el agua dulce de todo el continente se añade al agua salada de los océanos. Groenlandia retiene en sus hielos el 20% de las aguas dulces del planeta. Si estos se derritieran, el nivel de los mares subiría casi 7 metros. Sin embargo, no hay ninguna industria instalada allí. El casquete glacial de Groenlandia es víctima de las emisiones de gas de efecto invernadero que se producen en otros lugares de la tierra. Nuestro ecosistema no conoce las fronteras.

---

11 La banquisa o el hielo marino es una capa de hielo flotante que se forma en las regiones oceánicas polares. Su espesor típico se sitúa entre un metro, cuando se renueva cada año, y 4 o 5 m, cuando persiste en el tiempo, como ocurre en la región ártica más próxima al polo. Excepcionalmente se forman engrosamientos locales de hasta 20 m de espesor. En muchas ocasiones está constituida por bloques de hielo fracturados que han sido nuevamente soldados.

Estemos donde estemos, nuestras acciones tienen repercusiones en toda la tierra. La atmósfera de nuestro planeta es una sola y es indivisible y no solemos tener en cuenta que es nuestro bien común. El nivel del mar sube. La dilatación de las aguas bajo el efecto del calor ha causado una subida de 20 centímetros sólo durante el siglo XX. En la atmósfera, el trayecto de los grandes vientos se está modificando, lo que conlleva que el ciclo de las lluvias se esté alterado también. Esto a su vez provoca que la geografía de los climas cambie.

Se podría destacar que, a día de hoy, las 15 ciudades más grandes del mundo se levantan sobre las costas o los estuarios de los ríos. Con la subida de los mares, la sal invadiría la capa freática y privaría a los habitantes de agua potable.

A modo de ejemplo, el Kilimanjaro en África ha cambiado de aspecto. El 80% de sus glaciares han desaparecido. Los ríos ya no corren en verano, y esta escasez de agua afecta las poblaciones de la zona. Incluso en las cimas más altas del mundo, en el corazón de la cadena montañosa de Himalaya, la nieve y los glaciares están retrocediendo.

Estos glaciares tienen un papel esencial en el ciclo del agua, conservan el agua de las épocas de lluvia en forma de hielo y las restituyen al derretirse las nieves en verano. Los glaciares del Himalaya son las fuentes de los grandes ríos de Asia, por ejemplo el Ganges, Mekong, Yang-Tsé-tian, Indo, etc.

Otro efecto del aumento de temperatura se podría observar en Siberia. La cual, con una temperatura media de 0 C° permite que los suelos se mantengan congelados permanentemente. Este suelo es el *permafrost*<sup>12</sup>. Debajo de su superficie se encuentran bolsas de Metano.

El metano es un gas de efecto invernadero unas 20 veces más potente que el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Si este *permafrost* se fundiera el escape del metano provocaría un aceleramiento del efecto invernadero cuyas consecuencias nadie puede prever.

---

<sup>12</sup> El permafrost, permagel o permacongelamiento es la capa de hielo permanentemente congelado en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares, como es la tundra. Puede encontrarse en áreas circumpolares de Canadá, Alaska, Siberia, Tíbet, Noruega y en varias islas del Océano Atlántico sur como las Islas Georgias del Sur y las Islas Sandwich del Sur.

Según algunos estudios cómo los escritos por organismos como FAO<sup>13</sup> (2008), PNUD<sup>14</sup> (2006) o la USECO<sup>15</sup> (2006) se podría llegar a afirmar que a la humanidad sólo le quedan 10 años para invertir la tendencia y evitar llegar a un punto de no retorno.

Hemos creado fenómenos que no podemos controlar. Desde los orígenes, el agua, el aire, la materia, lo orgánico, han estado íntimamente unidos. Pero desde hace poco, nosotros estamos rompiendo esa unión. Algunos de los efectos que está llevando la gestión tan agresiva de los recursos naturales podrían ser:

- El 20% de la población mundial consume más del 80% de los recursos del planeta<sup>16</sup>.
- Los gastos militares son 12 veces más altos que la ayuda al desarrollo (Stockholm International Peace Research Institute, 2008).
- 5000 personas mueren diariamente a causa del agua insalubre. 1000 millones de personas no tienen acceso al agua potable. (Programme des Nations Unies pour le Développement, 2006).
- 1000 millones de personas padecen hambre (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008).
- Más del 50% de los cereales comercializados en el mundo se utilizan como alimento para animales y agrocombustibles (The State of Food and agriculture, 2008).
- El 40% de las tierras cultivables están degradadas (World Soil Information, 2011).
- 13 millones de hectáreas de bosques desaparecen anualmente. (The State of Food and agriculture, 2005).

---

<sup>13</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés FAO) es una organización específica de la ONU que conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Brinda sus servicios tanto a países desarrollados, como a países en vías de desarrollo; la FAO actúa como un foro neutral donde todas las naciones se reúnen como iguales para negociar acuerdos y debatir políticas

<sup>14</sup> El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), creado en 1965, pertenece al sistema de Naciones Unidas y su función es contribuir a la mejora de la calidad de vida de las naciones. Desde 1990, el (PNUD) publica el informe sobre desarrollo humano.

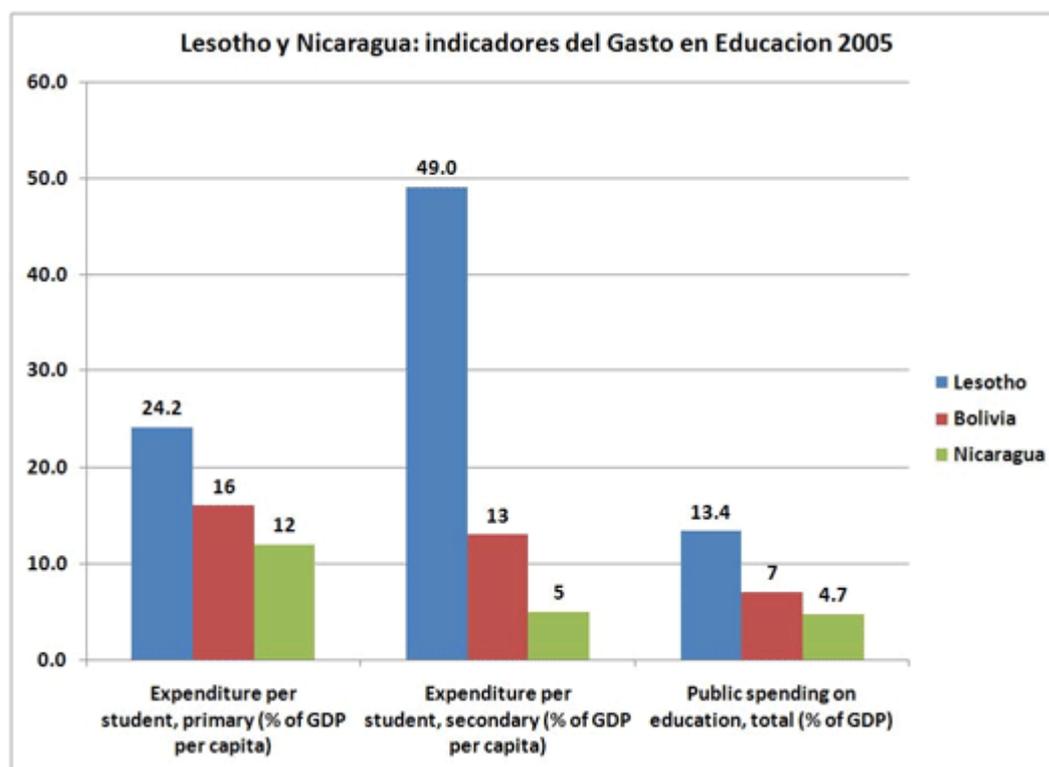
<sup>15</sup> La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en inglés *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, abreviado internacionalmente como Unesco, es un organismo especializado de las Naciones Unidas. Se fundó el 16 de noviembre de 1945 con el objetivo de contribuir a la paz y a la seguridad en el mundo mediante la educación, la ciencia, la cultura y las comunicaciones.

<sup>16</sup> <http://edition.cnn.com/US/9910/12/population.consumption/>

- Uno de cada cuatro mamíferos, un ave de cada 8 un anfibio de cada 3, están en peligro de extinción (International Union for Conservation of Nature, 2008).
- Tres cuartos de los recursos pesqueros están agotados, en decadencia o al borde de estarlo (FAO, 2007).
- La temperatura media en los últimos 15 años ha sido la más alta que jamás se haya registrado (NASA, 2013).
- La banquisa ha perdido el 40% de su espesor en 40 años (Centre américain de données sur la neige et la glace, 2004).
- Podrá haber 200 millones de refugiados climáticos antes de 2050 (Myers, 2005).

Aunque hay indicios de que poco a poco se estarían empezando a tomar ciertas medidas para paliar los efectos. Por ejemplo, como se indica en el siguiente gráfico, Lesotho, aun siendo uno de los países más pobres del mundo, utiliza un gran porcentaje de su PIB para invertir en educación.

Gráfico 2. Inversión en educación en Lesoto



Fuente: <http://www.lajornadanet.com/diario/opinion/2008/julio/291.html>

La Antártida, de ser fuente de obtención de carne y pieles, ha pasado a ser un continente prácticamente reservado a los científicos, debido a un tratado<sup>17</sup> firmado por 49 estados que lo convirtió en patrimonio de la humanidad.

Las aguas territoriales están protegidas por los gobiernos<sup>18</sup>.

Más del 13% de los continentes están ocupados por Parques Naturales<sup>19</sup>.

Se crean espacios y actividades con el fin de preservar las especies, los suelos y los paisajes. Por ejemplo, según el estudio publicado por Centro para la Investigación Forestal

<sup>17</sup> El tratado se firmó en el año 1959, y en 1991 se extendió. El Tratado recibe el nombre de Tratado Antártico, por el cual, la Antártida es un continente de paz y se considera Patrimonio de la Humanidad. En virtud a este Tratado, la Antártida no pertenece a ningún país.

<sup>18</sup> Tendrán la consideración de **Espacios Protegidos por Instrumentos Internacionales** todos aquellos espacios naturales que sean formalmente designados de conformidad con lo dispuesto en los Convenios y Acuerdos internacionales de los que sea parte España y, en particular, todos aquellos que se citan en el artículo 49 de la Ley 42/2007.

<sup>19</sup> <http://www.unesco.org.uy/mab/marco.html>

Internacional (CIFOR), en Corea del Sur los bosques quedaron devastados durante la última guerra. Gracias a un Programa Nacional de Reforestación, los bosques cubren de nuevo el 65% de la superficie del país, y del total del papel que usan, más del 75% es reciclado.

En Costa Rica se decidió abolir los gastos militares a favor de la preservación de su territorio. El país ya no cuenta con un ejército, prefiriendo invertir sus recursos en educación, ecoturismo y en la protección de sus bosques primarios.

Gabón, productor de maderas, impuso la tala selectiva. No más de un árbol por hectárea. Y tienen sellos que garantizan la buena explotación de los bosques.

Disponemos de una fuente de energía que se podría utilizar sin ningún tipo de límite, al menos durante los 5.000 millones de años próximos, ya que no produce efectos nocivos para el planeta (Aschwanden, 2007). Esta fuente de energía es el Sol.

La Tierra está unida al Sol, siendo su primera fuente de Energía. Los vegetales han logrado canalizar la energía solar, esto nos conduce a la siguiente pregunta: ¿no lo podrían hacer los hombres? El Sol proporciona en una hora y media la energía que consume toda la humanidad en un año.

Según el estudio World Energy Outlook 2013, aproximadamente, de toda la energía consumida, el 80% proviene de energías fósiles. Aunque se van realizando avances en algunos países como España, Estados Unidos, Sudáfrica, China, India y Alemania que son los primeros que han invertido en energías renovables.

Este trabajo va a estar centrado en el caso de España ya que es líder mundial en la producción energía solar mediante la tecnología solar (Protermosolar, 2011).

Teniendo en cuenta los datos que hemos ofrecido en este apartado, entendemos que es de gran relevancia analizar las posibilidades de optimización de energía solar en un país como el nuestro, que presenta unas condiciones de partida interesantes para producir y aplicar gran cantidad de este tipo de energía.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

Con el objetivo de determinar el marco conceptual, que se va a utilizar como base para el desarrollo de esta tesis, a continuación indicamos las razones por los que hemos escogido la Teoría de Recursos y Capacidades (Barney, 1991; Rumelt, 1991; Peteraf, 1993) como medio más adecuado para respaldar las hipótesis del modelo que presentamos. Además, como herramientas para caracterizar el sector vamos a utilizar el análisis PESTEL (Aguilar, 1967), las cinco fuerzas de Porter (1979) y el modelo de diamante de Porter (1990).

La identificación y estudio de los factores que determinan la competitividad de las empresas es uno de los temas principales de análisis de la Dirección Estratégica. Sin embargo, la tradición científica ha ido evolucionando en el campo de la estrategia, añadiendo nuevos enfoques y planteamientos a lo largo de los últimos años.

La comunidad científica, en relación al análisis de competitividad de las empresas oscila entre el estudio de los factores internos y los factores externos. En este sentido, y durante los últimos años, diversos autores como Barney (1991 y 2001), Peteraf (1993), Grant (2006), etc. se han centrado en analizar qué parte de los resultados provienen de los factores internos y qué parte de los factores externos.

La evolución en la explicación del análisis de los resultados se ha desplazado de forma progresiva desde el enfoque exclusivamente externo, es decir de variables procedentes de un entorno competitivo de la industria explicarían los resultados empresariales (Porter, 1980) hacia el enfoque interno, que asociarían los resultados de las organizaciones a sus recursos y capacidades (Rumelt, 1991).

El enfoque externo sitúa los factores determinantes en la estructura de la industria y la posición que ocupa la empresa dentro de ésta. Sería por tanto el grado de atractivo de la propia industria lo que explicaría los resultados obtenidos por las empresas.

El trabajo de Porter (1982), extraído del paradigma Estructura-Conducta-Resultados, dota de un papel fundamental a los factores externos, ya que los considera clave para explicar los resultados empresariales.

Schmalensee (1985), proporciona evidencia empírica, en relación al papel determinante que desempeña la industria al explicar los resultados empresariales. De este modo, sería suficiente ubicar a la empresa en una posición defendible en relación con las cinco Fuerzas Competitivas de Porter (1982) para conseguir resultados positivos.

Por consiguiente, los factores externos influyen por igual a todas las empresas que se encuentran en el mismo entorno competitivo. Por lo que se ven afectadas por las mismas condiciones, y a las mismas expectativas de rentabilidad (Navas, 2005). Sin embargo, la práctica competitiva presenta multitud de situaciones en las que las empresas ubicadas en el mismo sector económico obtienen resultados dispares.

La Economía Industrial, no obstante, no permite explicar las diferencias en resultados entre empresas que compiten en la misma industria, pero cuya existencia está empíricamente contrastada (Porter, 1987; Rumelt, 1991).

En este contexto, es donde ha cobrado mayor relevancia, desde la década de los noventa en la literatura sobre Dirección y Administración de Empresas, la Teoría de Recursos y Capacidades, que centra su atención en el análisis de los recursos de los que disponen las empresas.

La Teoría de Recursos y Capacidades de la empresa, surge en el seno de la Dirección Estratégica bajo la premisa fundamental de la existencia de heterogeneidad entre las empresas. En lo que a dotación de recursos y capacidades se refiere, esta heterogeneidad explicaría las diferencias de resultados entre las empresas.

La Teoría de los Recursos y Capacidades está fundamentada sobre tres ideas básicas (Navas y Guerras, 1998):

1. Las empresas son diferentes entre sí, debido a los recursos y capacidades que poseen en un momento determinado, en razón de las diferentes características de los mismos y que éstos no están disponibles para todas las empresas en las mismas condiciones.

2. Los recursos y capacidades tienen cada día un papel más relevante para definir la estrategia que cada empresa quiere desarrollar, frente a consideraciones derivadas del análisis externo.
3. El beneficio de la empresa es consecuencia, tanto de las características competitivas del entorno, como de la combinación de recursos que dispone.

Durante finales del siglo pasado diversos autores (Prahalad y Hamel, 1990; Amit y Schoemaker; 1993, Peteraf, 1993) asumen, desde el ámbito académico, que el estudio relativo a la generación de ventajas competitivas se debe enmarcar dentro del análisis estratégico interno: “Teoría de Recursos y Capacidades”.

Por otro lado, investigadores como Barney, (1991) y Porter (1987) abordan el análisis estratégico desde una perspectiva eminentemente interna, y atribuyen de forma preponderante la explicación de resultados a los propios factores internos de las empresas.

En relación con las energías renovables, existe en la actualidad una tendencia dominante, y compartida por la mayoría de la comunidad académica (Porter, 1980, Schmalense, 1985) que considera la tecnología como elemento fundamental en la posición estratégica de las organizaciones.

En este sentido, los resultados del estudio de Porter (2006), basados asimismo en la Teoría de Recursos y Capacidades, corroboran que las innovaciones en tecnología generan ventajas competitivas sostenibles en el tiempo, al apalancar y explotar recursos estratégicos existentes, e intangibles de las organizaciones.

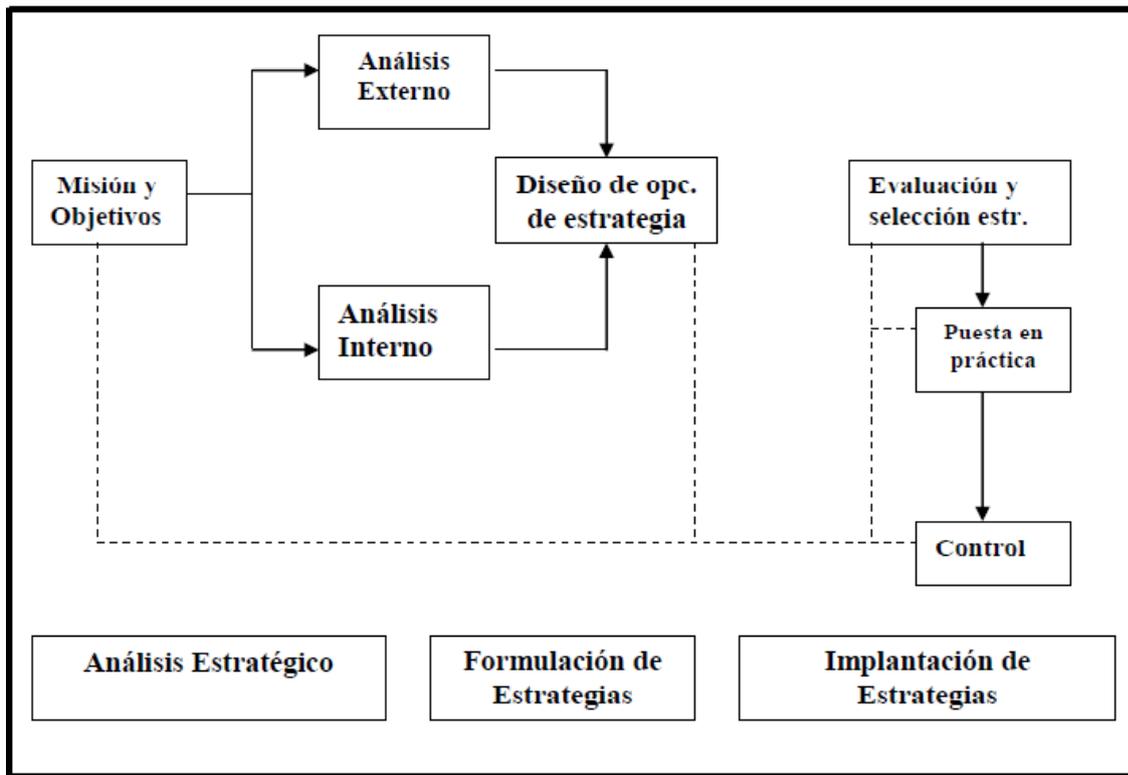
Estas ventajas competitivas se generarían, bien mediante una estructura inferior de costes, bien con precios más altos de venta (*premium prices*), o ambas simultáneamente, y/o mediante un mejor posicionamiento estratégico. Porter (2001) argumenta su explicación tomando como base el análisis interno de las organizaciones (Teoría de Recursos y Capacidades).

Los estudios de Johnston y Carrico (1988), Weill (1992), Mahmood y Mann (1993), Sethi y King (1994), Bharadwaj, *et al.* (1999), abogan que la creación y mantenimiento de ventajas competitivas derivadas de inversiones en tecnologías se deben a las influencias que ejercen estas tecnologías en el posicionamiento estratégico de las organizaciones. Estos estudios estarían, por lo tanto, también asociados al análisis estratégico interno (Teoría de Recursos y Capacidades).

Los estudios citados anteriormente avalarían, *a priori*, la elección del Enfoque de Recursos y Capacidades como el medio más adecuado para centrar nuestro trabajo de investigación. Por lo tanto, adoptamos como eje central para el desarrollo de este trabajo de investigación, que el marco teórico esté basado en el análisis estratégico interno, y explícitamente en la Teoría de Recursos y Capacidades.

En la figura nº 3 se puede observar donde se enmarca el análisis interno - Teoría de Recursos y Capacidades - dentro del Proceso de Dirección Estratégica.

Figura 3. Proceso de Dirección Estratégica



Fuente: adaptación de Guerras y Navas (2007)

La elección, además de los trabajos de investigación relacionados genéricamente con la tecnología, nos conduce a afirmar que el marco teórico más adecuado para estudiar las fuentes generadoras de ventajas competitivas mediante la implantación de tecnología en empresas productoras de energía solar se basan en la Teoría de Recursos y Capacidades. También estarían avaladas por los siguientes aspectos:

- La tecnología permite establecer uniones teóricas con los recursos específicos de las propias empresas, y de esta forma apalancar los recursos intangibles de las mismas.
- La tecnología influye también en la convergencia de la alineación de la propia estrategia de negocio.

- Tanto la tecnología como la innovación en tecnología, se integran en la planificación estratégica de las compañías productoras de energía solar como el elemento fundamental para la vida de la compañía.

El análisis PESTEL es una herramienta de gran utilidad para comprender el crecimiento o declive de un mercado, y en consecuencia, la posición, potencial y dirección del mismo. Esta herramienta fue desarrollada a partir del trabajo del consultor de negocio y profesor de universidad Francis Aguilar a finales de los años 60. Es una herramienta de medición de sectores y empresas. PESTEL está compuesto por las iniciales de factores **Políticos**, **Económicos**, **Sociales**, **Tecnológicos**, **Ecológicos** y **Legislativos** utilizados para evaluar el mercado en el que se encuentra un negocio o industria (Oxford Learning Lab, 2012; Rothaermel, 2012):

- **Políticos:** la participación y el apoyo del Gobierno; grupos de intereses especiales a favor y en contra de la industria o aspectos de la misma
- **Económicos:** factores tales como el costo de endeudamiento, déficit o superávit comerciales, la afluencia de clientes, etc.
- **Sociales:** factores tales como las preferencias culturales e históricas y los patrones de consumo, la mezcla étnica de los clientes, etc.
- **Tecnológicos:** factores como la innovación de productos, nuevas técnicas de comunicación, etc.
- **Ecológicos:** factores como la ecología local, preferencias de los interesados, las oportunidades potenciales de colaboración, etc.
- **Legislativos:** examen de las cosas como las leyes fiscales, reglamentos, acuerdos sindicales, etc.

Para realizar un análisis estratégico completo de la industria solar, además de la herramienta PESTEL, se ha decidido ilustrar el estudio del entorno externo mediante la herramienta de las cinco fuerzas de Porter (1979).

Esta herramienta se ha utilizado desde la publicación de Porter (1979) para hacer análisis sectoriales en numerosas ocasiones (Blair y Buessler, 1998, Porter, 2001; Marín Carrillo et. Al. 2004; A Yu, I 2004, Pines, 2006; Cheng, 2013)

Su argumento principal, es que si una organización no puede mantener una ventaja competitiva, fracasará. Si la competencia puede igualar las propuestas de valor de la organización, se fragmentará el mercado y disminuirá la rentabilidad de la empresa mediante el reparto de las ventas y el cambio de equilibrio entre la oferta y la demanda.

De esta premisa se puede concluir que una ventaja competitiva tiene que ser una situación dinámica. El entorno está en constante cambio. Las organizaciones deben realizar un análisis continuo de las fuerzas que dan forma a la industria y a la competencia. A su vez, el conocimiento que se obtiene de este análisis nutre a la compañía acerca de la mejor manera de posicionarse para mantener su posición de valor. En resumen, una evaluación estratégica del entorno externo da forma a la estrategia empresarial.

Las cinco fuerzas en el entorno de un sector se pueden aplicar al conjunto de todas las empresas que ofrecen productos o servicios que son sustitutos cercanos entre sí, serían las siguientes:

#### 1. Amenaza de nuevos competidores

Continuamente, en el entorno de una industria, van entrando proveedores, fabricantes, compradores y vendedores. Y puede que llegue el punto en que ninguno de ellos puede salga o que nuevos operadores puedan entrar. Por lo tanto, una evaluación del entorno debe analizar las barreras de entrada, así como facilidades de la disolución. Desde esta fuerza se analizan las amenazas contra las oportunidades, la atención se centra en una evaluación sobre lo fácil o difícil que puede ser para los nuevos operadores representan una amenaza. Esto requiere una revisión de muchos factores, tales como las necesidades de capital, la complejidad técnica y la

regulación gubernamental. Esto puede afectar a la estrategia del negocio de muchas maneras. Si la amenaza de nuevos entrantes es baja, por ejemplo, entonces la estrategia podría centrarse en superar a la competencia a través de eficiencias. Si la amenaza es alta al entrar un nuevo competidor, entonces el enfoque estratégico podría centrarse en la innovación y en el posicionamiento para el futuro.

## 2. Poder de negociación de los proveedores

Los compradores buscan maximizar su retorno sobre el capital invertido, buscando así el menor costo de los bienes. Los proveedores, por el contrario, tratan de obtener el mayor beneficio de los productos que se venden. Si hay relativamente pocos proveedores, podrían ser capaces de exigir mayores precios por los bienes que ofrecen a los compradores porque hay menos competencia. Por el contrario, si el número de proveedores es elevado, su poder de negociación se verá disminuido, por lo que se podrían poner en práctica estrategias compensatorias como la adquisición de las empresas minoristas para que puedan darse el lujo de vender materias primas a un precio más bajo con el fin de poder compartir en el comercio minorista beneficios posteriores.

## 3. Poder de negociación de los clientes

Esto es lo opuesto a la hipótesis del punto anterior. Es decir, los clientes podrían obtener menores precios de compra si hay pocos que compiten. Si hay muchos clientes tendrían que buscar otras estrategias para asegurar la optimización del precio de los proveedores. Por ejemplo, podrían obtener precios más bajos, ofreciendo comprar una gran parte de la salida de los proveedores con antelación en lugar de entrar a competir con las ofertas de los otros compradores en el futuro.

## 4. Amenaza de productos o servicios sustitutivos

Las empresas tienen la necesidad comprender qué productos o servicios se pueden ofrecer en una industria diferente que puedan sustituir a los que se ofrecen en la que ellas operan. Por ejemplo, el café podría ser sustituido por el té o un edulcorante artificial podría ser sustituido por azúcar. Por lo tanto, la amenaza de productos o servicios sustitutivos da

forma a la estrategia mediante la alteración de la oferta y la demanda dentro de un sector determinado.

## 5. Rivalidad de los competidores existentes

Por supuesto, el entorno fundamental que cualquier empresa debe considerar es la existencia de competidores en la industria actual. Si hay muchos competidores, una empresa podría buscar generar valor basándose en estrategias como la innovación. Pero si el número de rivales es reducido, se podrían favorecer otras estrategias como la promoción de la marca o la diferenciación de precios.

Al querer desarrollar un modelo de optimización la energía solar en España, hemos considerado que sería apropiado realizar un análisis de las ventajas competitivas que le podrían suponer a España, como nación, en el caso de aplicar dicho modelo. Para ello, vamos a aplicar el modelo de diamante de Porter.

Porter (1990) identificó cuatro factores o actividades que si están bien interrelacionados entre sí, pueden generar una ventaja competitiva para una nación. El estado de cada factor depende del otro, con lo que pueden reforzarse unos a otros. Aunque todos los factores gocen de una ventaja por sí mismos, no garantizan que una nación tenga una ventaja competitiva, dado que es necesaria la interrelación entre dichos factores. Además, esos factores se pueden estimular desde del Gobierno (Weiping y Shubin, 2002). Los factores que considera Porter (1990) son los siguientes:

1) **Condiciones de los factores.** Este factor hace referencia a la facilidad de la que dispone la nación para obtener mano de obra especializada o infraestructura necesaria para poder competir en un sector dado. La ventaja competitiva más significativa y sostenible se produce cuando una nación cuenta con los factores necesarios para competir en un sector determinado y dichos factores son, a la vez, avanzados y especializados.

2) **Condiciones de la demanda.** Porter se refiere a la naturaleza de la demanda interna de los productos o servicios que el sector produce. Los países logran ventajas competitivas en los sectores o segmentos donde la demanda interna brinda a las empresas locales un

conocimiento de las necesidades del comprador mejor que la que pueden tener sus rivales externos.

3) **Industrias de apoyo.** Este factor hace referencia a la presencia o ausencia en la nación de proveedores y sectores de apoyo cuya interacción influye para que el sector sea internacionalmente competitivo. Este factor genera lo que Porter denomina “clusters” de empresas competitivas internacionalmente, los cuales surgen de la relación cooperativa entre diferentes industrias, relacionadas de manera vertical u horizontal.

4) **Estrategia.** Corresponde a las condiciones vigentes en el país respecto a cómo se crean, organizan y gestionan las empresas de un sector, así como la naturaleza de la rivalidad existente entre ellas. Cuando la rivalidad interna entre las industrias es intensa, estas se ven obligadas a competir de forma más agresiva e innovadora, adoptando en consecuencia una actitud "global". Por ello, cuando se da una mayor rivalidad, las empresas tienden a expandirse a otros mercados con mayor prontitud que en aquellos países donde esta situación no existe.

## **2.1. Nota de carácter aclaratorio**

De forma meramente explicativa y sin que afecte de forma alguna al desarrollo al presente trabajo de investigación, ya que como hemos citado está basado en el “Enfoque de Recursos y Capacidades”, entendemos necesario mencionar la “Teoría de la Agencia”, a efectos de poder relacionar la empresa generadora de energía solar (agente) y el regulador o Gobierno Central (principal).

La delegación por parte del gobierno de la gestión integrada del suministro de energía a las empresas energéticas, se enmarca dentro de la Teoría de la Agencia, al encargar el Gobierno Central (principal) la producción y venta, en su nombre, del citado servicio a las empresas energéticas (agente).

El *riesgo moral* que asume, en este caso, el Gobierno Central (principal) delegando en la empresa energética (agente) no se centra tanto en los aspectos de calidad del servicio, sino en el incremento del precio del mismo.

En la Teoría de la Agencia, se entiende por “riesgo moral” la posibilidad de que el agente (gestor) busque objetivos personales en detrimento de los intereses del principal.

En este sentido la necesidad por parte del Gobierno Central (principal) de que las empresas productoras de energía (agente) estén reguladas se hace necesaria, ya que con este tipo de regulaciones, se pretende que el nivel de precios asumido por el consumidor final disminuya considerablemente, reduciéndose de este modo el *riesgo moral*.

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA**

#### **3.1 Introducción**

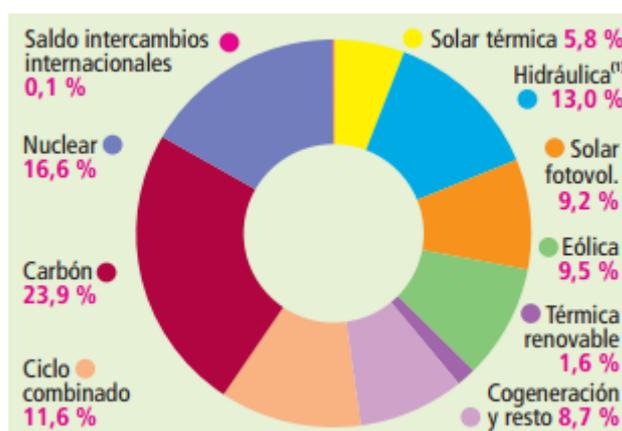
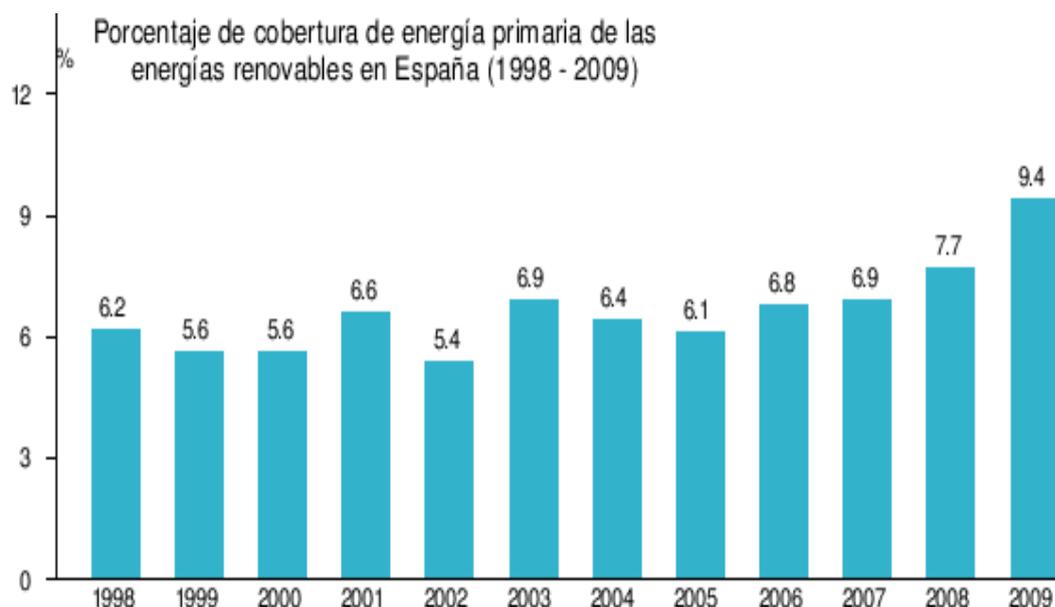
El sistema eléctrico, al considerarse un servicio de carácter social, se enmarca dentro de las actividades económicas reguladas por los Gobiernos en la mayoría de los países del mundo. El sistema eléctrico es también un elemento clave a la hora de influir en el deterioro medioambiental, producido por la emanación del monóxido de carbono que se genera en la combustión.

La energía solar para obtener eficiencias en relación a sus costes, debería estar sujeta a ciertas normas de competencia que simultáneamente deberían estar regladas bajo tutela nacional, con el fin de garantizar unos niveles de calidad del servicio, que fomente su generación.

Según el informe de Greenpeace (2010), la energía solar ha sido denostada durante largos periodos de tiempo por su falta de eficiencia. Esta falta de eficiencia no debería estar simplemente justificada por una determinada política de precios o por los impactos negativos de los subsidios. Dicho informe, asegura que con tecnologías solares disponibles hoy (termosolar y fotovoltaica) se podría generar electricidad equivalente a 45,3 veces la demanda eléctrica o a 8,32 veces la demanda energética total de la península en 2050, destacando la energía solar termoeléctrica, cuyo potencial de generación supone el 62,6% del total renovable.

Según el Plan de Fomento de las Energías Renovables (2000-2010), el objetivo para el año 2010 era la cobertura del 12% de la demanda de energía primaria mediante fuentes renovables. Como se observa en el gráfico 3, la participación de las energías renovables en los últimos años de los 90 y primeros de los 2000 aún dependían en gran medida de la energía (en función de si el año resultaba lluvioso o no), pero progresivamente aumenta su participación con el desarrollo de las otras tecnologías renovables:

Gráfico 3. Porcentaje de cobertura de energía primaria de las energías renovables en España (1998-2009)

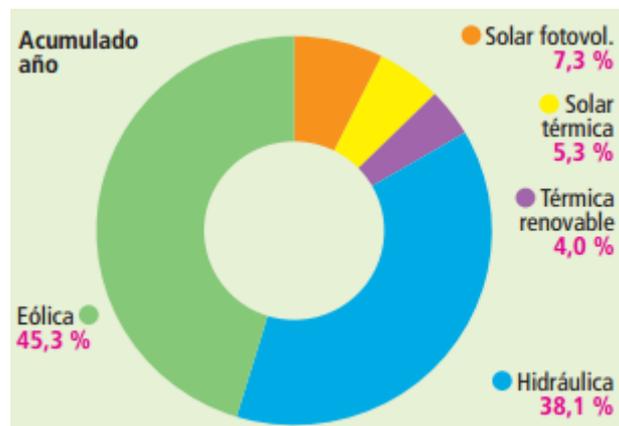
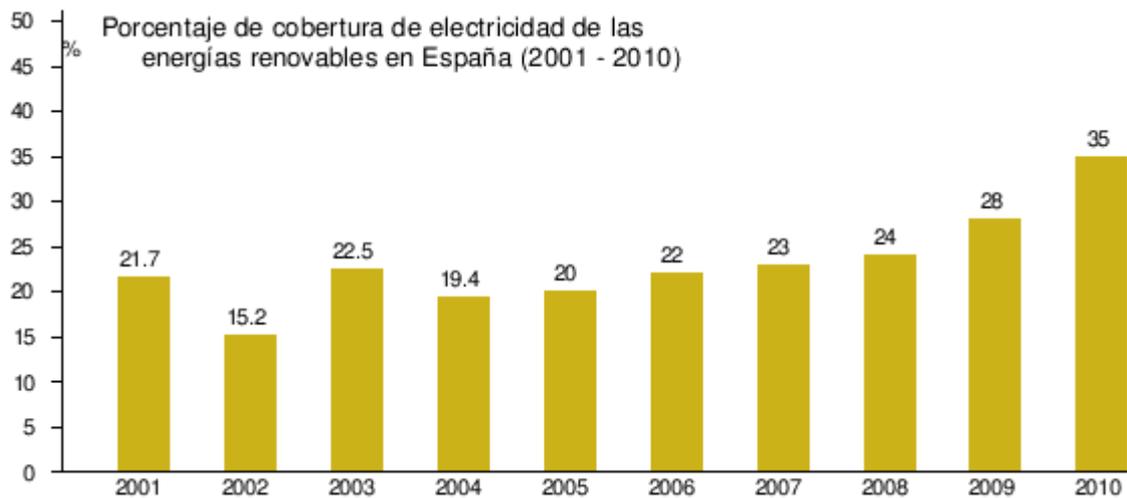


Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Agosto 2014)

El mismo plan antes mencionado, también fijaba como objetivo para el año 2010 ofrecer cobertura del 29,4% de la demanda de energía eléctrica mediante fuentes renovables, objetivo que se ha conseguido con creces, pues ese año se alcanzó el 35%.

Como se resaltaba también en el gráfico 3 referente a la energía primaria, se observa una dependencia de la energía hidráulica (años más o menos lluviosos) en disminución a medida que aumenta la participación de las otras energías renovables. En el gráfico 4 se muestra la cobertura de la demanda eléctrica:

Gráfico 4. Porcentaje de cobertura de la energía eléctrica mediante energías renovables en España (1998-2009)



Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2014)

La eficiencia energética debe estar relacionada con la rentabilidad global del sistema de energía y el impacto medioambiental, y no exclusivamente con la cobertura de costes. En este sentido, la eficiencia de un sistema eléctrico basado en la energía solar se debe ajustar a una serie de objetivos definidos *a priori*, tales como:

- Selección adecuada de objetivos en relación con las necesidades de la población
- Combinación de los factores productivos
- Asignación de recursos a la producción

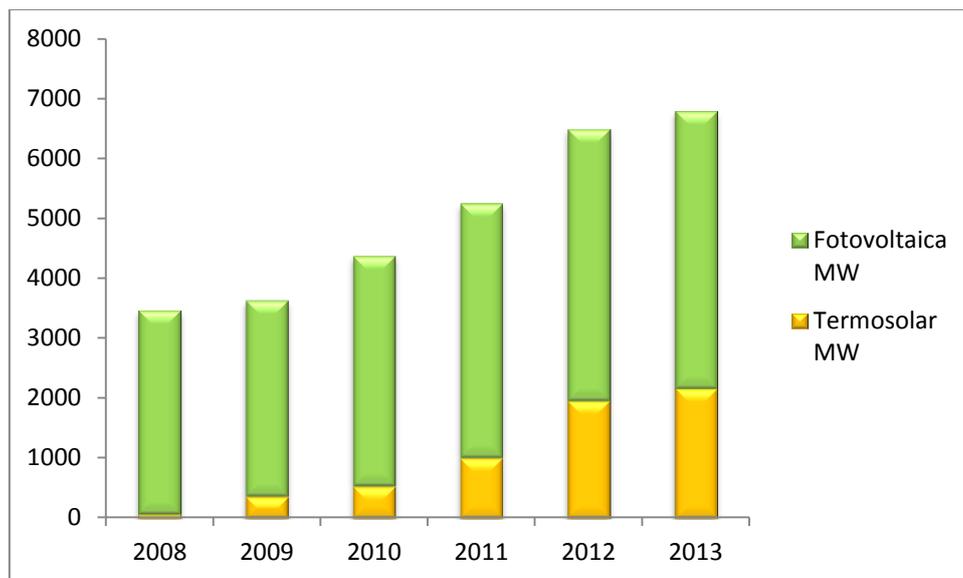
Según el Instituto de para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011), los recursos están ampliamente distribuidos en el territorio peninsular, por lo que podrían existir múltiples opciones de configurar un mix de generación de electricidad totalmente renovable (utilizando sólo un 5,3% del territorio y excluyendo todas las zonas catalogadas bajo alguna figura de protección ambiental, lo que equivale al 28% del territorio), e incluso sería técnicamente viable abastecer completamente la demanda energética total con fuentes renovables.

El Instituto de para la Diversificación y Ahorro de la Energía también sostiene que hay varias tecnologías capaces de generar por sí solas una cantidad de electricidad superior a la demanda prevista en 2050: solar termoeléctrica (35 veces), eólica terrestre (8 veces), solar fotovoltaica con seguimiento (5 veces), chimenea solar (3 veces), fotovoltaica en edificios (2 veces), eólica marina (1,2 veces), energía de las olas (1,1 veces).

El elevado potencial de las energías renovables contrasta con el Plan de Energías Renovables, aprobado por el Gobierno para llegar a cubrir con estas energías en un 12% de la demanda española de energía primaria para 2010. Incluso en energía eólica, la mayor apuesta del actual plan, la potencia que sería posible instalar, tanto en tierra como en el mar, supera en 53 veces el actual objetivo del plan.

Desde finales de los años 2000, la potencia instalada solar ha aumentado hasta alcanzar los 6.786 MW en 2013 y cubrir el 7,6 % de la demanda de energía eléctrica hasta julio de ese mismo año, tal y como se observa en el siguiente gráfico (según datos del informe mensual de CNE, julio 2013).

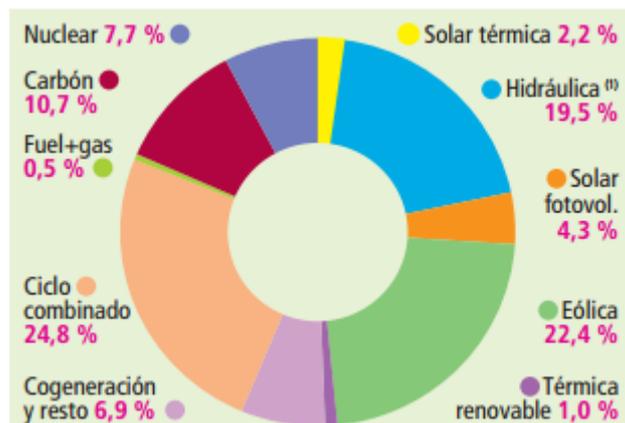
Gráfico 5. Potencia solar instalada en España



Fuente: Representación propia a partir de los datos mensuales de la CNE (2013)

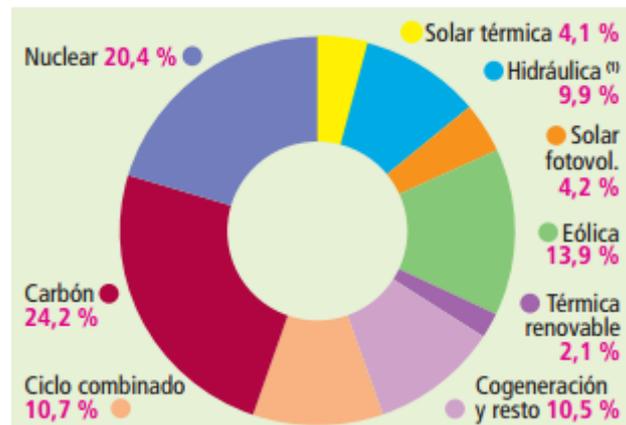
Los gráficos 6 y 7 muestran el mix energético por capacidad y el mix energético por generación respectivamente.

Gráfico 6. Mix energético de España por capacidad



Fuente: Red Eléctrica de España informe mensual. Agosto 2014.

Gráfico 7. Mix energética de España por generación



Fuente: Red Eléctrica de España informe mensual. Agosto 2014.

### 3.2 Análisis del sistema eléctrico español

Con el fin de poder investigar cómo optimizar la energía solar en España, es conveniente saber cuáles son las características que definen el sistema eléctrico español, y el porqué se produce el déficit en dicho sistema.

#### 3.1.1 Exceso de capacidad instalada

Debido al incremento de la capacidad instalada durante los últimos años y a la caída de la demanda, existe un gran exceso de capacidad instalada. A cierre de 2013, en España había una capacidad instalada de 102.281 MW (en la península), 556 MW más que el año anterior.

La mayor parte de los nuevos MW instalados corresponden a nuevas infraestructuras de origen renovable (300 MW de energía termosolar y 140 MW de fotovoltaica). De los 102.281 MW instalados, aproximadamente 59.000 son firmes (es decir, no dependen del viento ni del sol), mientras que la demanda punta apenas ha superado en los últimos años los 43.527 MW (sobre la definición de "Megavatio" o MW<sup>20</sup>).

### 3.2.2. Diversidad de tecnologías de generación, con gran peso de las renovables.

El desglose por tecnologías de producción de esa capacidad instalada se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. Potencia instalada por fuente en España a 31 de diciembre de 2013

Potencia instalada a 31 de diciembre	Sistema peninsular		Sistemas extrapeninsulares		Total nacional	
	MW	% 13/12	MW	% 13/12	MW	% 13/12
Hidráulica	17.765	0,0	1	0,0	17.766	0,0
Nuclear	7.866	0,0	-	-	7.866	0,0
Carbón <sup>(1)</sup>	11.131	0,2	510	0,0	11.641	0,2
Fuel/gas	520	0,0	2.979	2,4	3.498	2,0
Ciclo combinado	25.353	0,0	1.854	0,0	27.206	0,0
<b>Régimen ordinario</b>	<b>62.635</b>	<b>0,0</b>	<b>5.343</b>	<b>1,3</b>	<b>67.978</b>	<b>0,1</b>
Hidráulica	2.057	0,7	0,5	0,0	2.058	0,7
Eólica	22.746	0,8	153	3,1	22.900	0,8
Solar fotovoltaica	4.438	3,3	244	1,5	4.681	3,2
Solar termoeléctrica	2.300	15,0	-	-	2.300	15,0
Térmica renovable	979	2,7	5	61,6	984	2,9
Térmica no renovable	7.127	-1,6	121	0,0	7.248	-1,5
<b>Régimen especial</b>	<b>39.646</b>	<b>1,4</b>	<b>524</b>	<b>2,0</b>	<b>40.170</b>	<b>1,4</b>
<b>Total</b>	<b>102.281</b>	<b>0,5</b>	<b>5.867</b>	<b>1,4</b>	<b>108.148</b>	<b>0,6</b>

(1) A partir del 1 de enero de 2011 incluye GICC (Elcogás).

Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, Avance del Informe 2013)

La generación efectiva de energía eléctrica ascendió en 2013 a 260.160 GWh, cuya estructura por tecnologías fue:

Figura 5. Balance eléctrico anual por fuente en España a 31 de diciembre de 2013

<sup>20</sup> Partiendo del vatio (W), los sucesivos múltiplos, de 1.000 en 1.000, son KW (kilovatio), MW (megavatio) y GW (gigavatio). Así pues, la capacidad o potencia eléctrica instalada en la península puede expresarse como 100.000 MW o 100 GW. La cantidad de electricidad generada o consumida se expresa en esas mismas unidades, pero por hora. Así, por ejemplo, 1 KWh (kilovatio hora) es la electricidad consumida por una lámpara de 100W (=0.1KW) que permanezca encendida 10 horas.

## Balance eléctrico anual

	Sistema peninsular		Sistemas extrapeninsulares		Total nacional	
	GWh	% 13/12	GWh	% 13/12	GWh	% 13/12
Hidráulica	34.205	75,8	0	-	34.205	75,8
Nuclear	56.378	-8,3	-	-	56.378	-8,3
Carbón <sup>(1)</sup>	39.792	-27,3	2.591	-11,9	42.384	-26,5
Fuel/gas <sup>(2)</sup>	-	-	6.981	-7,4	6.981	-7,4
Ciclo combinado	25.409	-34,2	3.574	-8,8	28.983	-31,8
<b>Régimen ordinario</b>	<b>155.785</b>	<b>-10,6</b>	<b>13.147</b>	<b>-8,7</b>	<b>168.932</b>	<b>-10,4</b>
Consumos en generación	-6.241	-20,9	-771	-9,3	-7.012	-19,8
Hidráulica	7.095	52,8	3	-	7.098	52,8
Eólica	53.926	12,0	375	1,8	54.301	12,0
Solar fotovoltaica	7.982	1,9	415	12,6	8.397	2,4
Solar termoeléctrica	4.554	32,2	-	-	4.554	32,2
Térmica renovable	5.011	5,6	9	11,4	5.020	5,6
Térmica no renovable	32.048	-4,3	260	-5,1	32.309	-4,3
<b>Régimen especial</b>	<b>110.616</b>	<b>8,1</b>	<b>1.062</b>	<b>-4,1</b>	<b>111.679</b>	<b>8,1</b>
<b>Generación neta</b>	<b>260.160</b>	<b>-3,2</b>	<b>13.438</b>	<b>-7,8</b>	<b>273.598</b>	<b>-3,4</b>
Consumos bombeo	-5.769	14,9	-	-	-5.769	14,9
Enlace Península-Baleares <sup>(3)(4)</sup>	-1.266	-	1.266	-	0	-
Intercambios internacionales <sup>(4)</sup>	-6.958	-37,9	-	-	-6.958	-37,9
<b>Demanda (b.c.)</b>	<b>246.166</b>	<b>-2,3</b>	<b>14.704</b>	<b>-2,9</b>	<b>260.870</b>	<b>-2,3</b>

(1) A partir del 1 de enero de 2011 incluye GICC (Elcogás). (2) En el sistema eléctrico de Baleares se incluye la generación con grupos auxiliares. (3) Enlace Península-Baleares funcionando al mínimo técnico de seguridad hasta el 13/08/2012. (4) Valor positivo: saldo importador; Valor negativo: saldo exportador.

Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, Avance del Informe 2013)

Respecto a la cobertura de la demanda, la energía eólica es la que más demanda ha cubierto durante el año 2013 (21,1%) seguido de la energía nuclear (21%). Le siguen las centrales de carbón con una cobertura del 14,6% de la demanda, la hidráulica con un 14,4% y los ciclos combinados con un 9,6%.

Las energías renovables en 2013 cubrieron el 42,4 % de la demanda, un punto menos que el año anterior, en su conjunto.

Durante el 2013, las energías renovables han desempeñado un papel relevante en la producción global de electricidad del sistema con una especial contribución de la generación eólica.

En este sentido, en 2013 se han superado los valores máximos de producción alcanzados en años anteriores. El 6 de febrero a las 15.49 horas la producción eólica instantánea alcanzó los 17.056 MW (un 2,5 % superior al anterior máximo alcanzado en abril de 2012) y ese mismo día se superó el récord de energía horaria con 16.918 MWh. Así mismo, en los meses de enero, febrero, marzo y noviembre la generación eólica ha sido la tecnología con mayor contribución a la producción de energía total del sistema.

## *Grandes diferencias en los costes de las distintas tecnologías de generación*

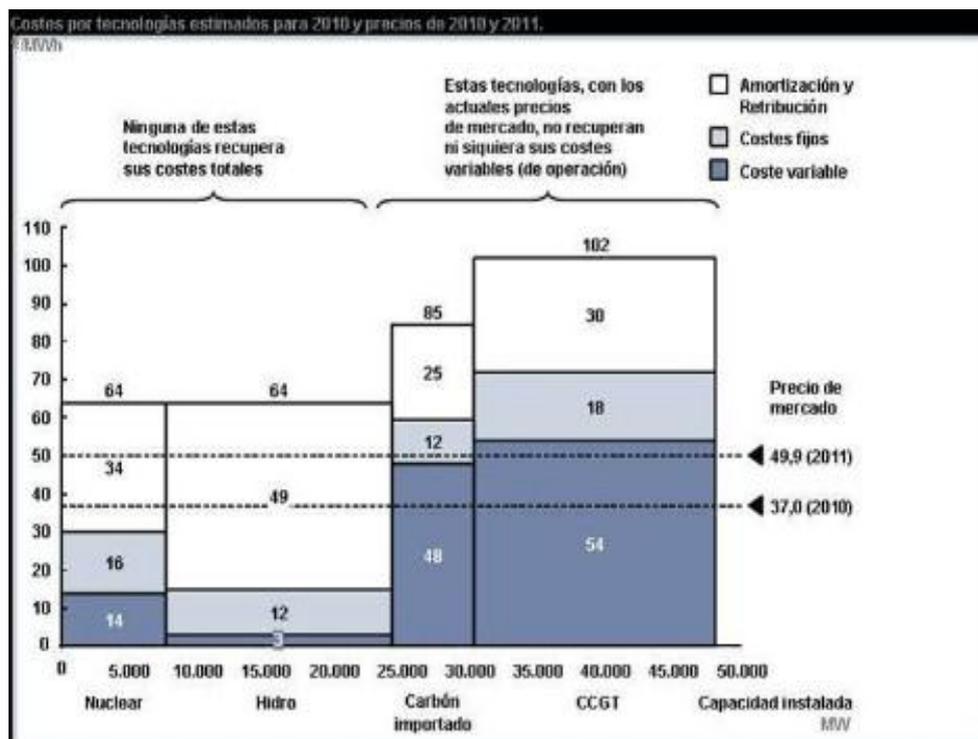
### **Los costes de generación de electricidad pueden dividirse en tres grandes grupos:**

1. Los "costes variables", que están directamente relacionados con la producción de electricidad (p.ej. consumo de gas natural por centrales de ciclos combinados). Un concepto relacionado es el de "coste marginal", esto es, el aumento del coste por MWh adicional producido, magnitud que, para simplificar, asimilaremos al coste variable por MWh.
2. Los "costes fijos" de funcionamiento, esto es, los costes operativos de una central que no están ligados a la generación eléctrica (p.ej. gastos de mantenimiento y funcionamiento de una central nuclear).
3. Los "gastos de amortización" (incluida la retribución) de los capitales invertidos en la central.

Los dos primeros tipos de coste responden a consideraciones esencialmente técnicas o de mercado (p.ej. el precio del combustible), mientras que el tercero es más subjetivo, pues refleja, además de la cuantía de la inversión inicial, su criterio y plazo de amortización contable y la rentabilidad exigida a los fondos invertidos.

Según Endesa (2012), la estructura de costes totales de las distintas tecnologías tradicionales es aproximadamente la siguiente:

Figura 6. Costes por tecnología estimados en 2010 y precios de 2010 y 2011



Fuente: Endesa (2012)

Según la figura 6, los costes variables/marginales por MWh producido (área en azul oscuro) son reducidos en la energía hidroeléctrica, 3 euros/MWh, y en la nuclear, 14 euros/MWh. Mientras que los más elevados corresponderían a las centrales térmicas que usan carbón importado, 48 euros/MWh, y las centrales de ciclo combinado de gas, en la actualidad, unos 54 euros/MWh

A estos costes variables habría que añadirles los costes fijos de operación y mantenimiento por MWh (área azul claro). Además, para poder calcular el coste total por MWh producido, a los costes de operación y mantenimiento habría que agregarles los costes de amortización de las inversiones.

Las productoras tradicionales no consideran que hayan amortizado sus centrales hidroeléctricas y nucleares, con lo que su coste medio total por MWh ascendería hasta los 64 euros, precio superior al precio medio fijado en el mercado mayorista o *pool*, que está en torno a los 50 euros/MWh.

### 3.2.3. Coexistencia de un mercado mayorista libre (pool) con un sistema de tarifas minoristas fijadas administrativamente

A partir de la aprobación de la Ley del Sector Eléctrico de 1997 la fijación de precios de la electricidad viene dada mediante una subasta diaria en el mercado mayorista, o *pool*, gestionada por el Operador del Mercado Eléctrico (OMEL), que fija para cada tramo horario un precio único aplicable a todas las transacciones.

La tendencia del precio ha estado, tradicionalmente, muy parejo a la media europea como se muestra en el gráfico 8. Tras un incremento del precio en el primer semestre de 2008, causado por la subida en el precio petróleo, el precio de la electricidad se estabilizó en torno a los 50 €/MWh de media.

Para la estabilización del precio de la electricidad ha contribuido la producción de electricidad a partir de fuentes renovables, ya que entran en las subastas con un precio 0 €/MWh lo que supone una reducción del precio "marginal" resultante de la subasta. Incluso en días de mucho viento, el precio del *pool* en determinadas franjas horarias ha llegado a ser nulo.

Gráfico 8. Comparativa del precio medio de la energía de España con el europeo



Fuente: Endesa (2011)

Por otra parte, aunque el precio de la electricidad en el mercado mayorista esté en línea con el precio medio europeo, el precio final que recae en el consumidor final es más elevado. Este se compone de dos elementos básicos:

- 1) El coste de producción de la energía eléctrica
  
- 2) Los "peajes de acceso"<sup>21</sup>. Estos pagos deberían cubrir exclusivamente los "costes logísticos" asociados con el transporte y la distribución de la electricidad. Pero, según queda estipulado en las normas vigentes, estos pagos también se destinan a cubrir otros "costes regulados", esto es, derechos de cobro legalmente reconocidos<sup>22</sup>. De los otros costes regulados distintos a los "costes logísticos" se podrían destacar:
  - Primas concedidas a la producción de electricidad a las fuentes de generación acogidas al "régimen especial" (energías renovables y la co-generación).
  
  - Anualidades para reembolsar déficit tarifarios de años anteriores.
  
  - Compensaciones del sobre-coste soportado por las compañías que suministran electricidad a zonas extra-peninsulares (Baleares, Canarias y Ceuta y Melilla).
  
  - Pagos por capacidad que son retribuidos a las empresas por mantener capacidad disponible, pero sin estar en funcionamiento, por si fuera necesario atender picos de demanda o evitar apagones.
  
  - Sobre-coste generado por la imposición del uso del carbón nacional, mucho más caro y con menos propiedades caloríficas que el importado.

Desde la liberalización del mercado eléctrico en 2009<sup>23</sup>, los usuarios pueden negociar bilateralmente con las empresas comercializadoras las tarifas. Los usuarios conectados en baja

---

<sup>21</sup> A pesar de lo que puede sugerir su nombre, los "peajes de acceso" no son un tanto alzado fijo independiente del consumo eléctrico, sino un coste o canon por KWh consumido. Un nombre acaso más esclarecedor para los profanos sería "costes logísticos y regulados".

<sup>22</sup> En el sector eléctrico se utiliza la palabra "coste" en un sentido muy lato -que va más allá del significado atribuido a ese término en Economía-, pues se aplica a cualquier pago o derecho de cobro con cargo a los ingresos producidos por los "peajes de acceso" (es decir, la parte de la tarifa que no corresponde al coste de la electricidad consumida). Para un economista resultaría más esclarecedor llamar "subvenciones" a muchos de esos supuestos "costes".

<sup>23</sup> Fases de la liberalización: Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico se separan las actividades reguladas (transporte y distribución) y las no reguladas (producción y comercialización). Las empresas eléctricas se ven obligadas a separar contable y jurídicamente esas actividades. Ley 17/2007, de 4 de julio, del Sector eléctrico, establece que la actividad de suministro a tarifa pasará a ser ejercido en su totalidad por las comercializadoras en libre competencia, en lugar de las distribuidoras que eran las encargadas hasta ese

tensión, con una potencia contratada inferior a 10 KW, pueden acogerse a la "tarifa de último recurso" (TUR), que se fija periódicamente por la Administración y es homogénea en todo el territorio nacional. Consta de dos componentes principales (cuyo importe es en la actualidad aproximadamente igual):

- El coste estimado de la energía eléctrica, determinado periódicamente en una subasta trimestral especial organizada por el Operador del Mercado Eléctrico (OMEL) y conocida como "subasta CESUR".
- Los peajes de acceso.

#### **3.2.4. Déficit Tarifario**

Las empresas distribuidoras ingresan los peajes de acceso que cobran a sus clientes en una cuenta administrada por la Comisión Nacional de la Energía (CNE), que con cargo a tales recursos efectúe los correspondientes pagos a los beneficiarios de "costes regulados".

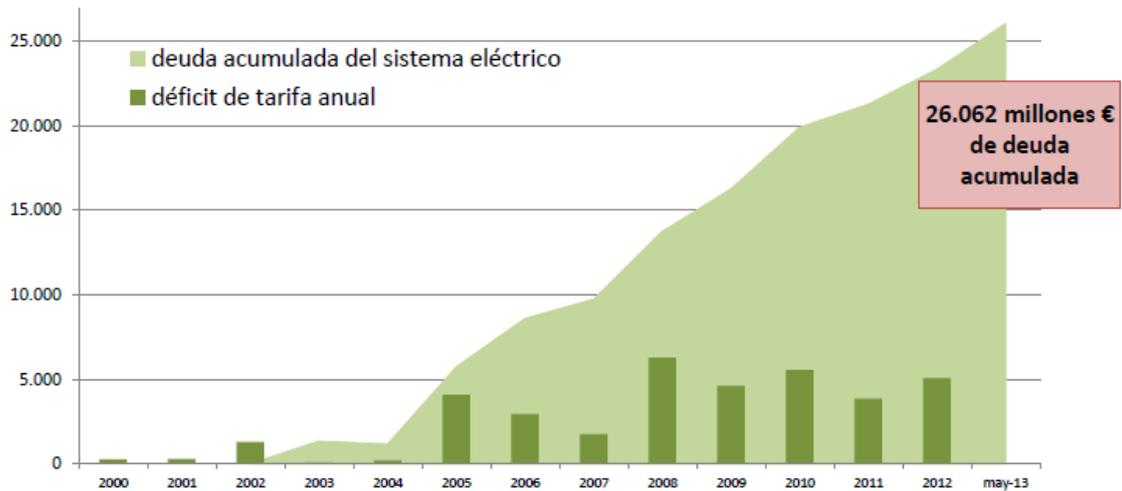
Históricamente, las previsiones de ingresos por peajes y costes regulados se mantenían en equilibrio, aunque ocasionalmente en las liquidaciones efectivas a finales de año se produjeran ciertos desajustes, muy modestos.

Sin embargo, desde principios de la pasada década (y, sobre todo, a partir de 2005), la reticencia de las autoridades políticas a elevar la TUR, por las razones que se expondrán más adelante, llevó a que los ingresos en la cuenta administrada por la CNE no fueran suficientes para satisfacer todos los costes regulados.

---

momento. Decreto 485/2009, de 3 de abril, regula la puesta en marcha del suministro de último recurso e introduce dos cambios importantes a partir del 1 de julio de 2009:1) Las empresas distribuidoras ya no comercializan directamente al cliente la electricidad. Esta actividad la realizan las empresas comercializadoras. 2) Las tarifas reguladas han desaparecido, a excepción de la Tarifa de Último Recurso (TUR) para suministros de baja tensión y potencia contratada inferior a 10 kW.

Gráfico 9. Evolución del déficit de tarifa acumulado en el periodo 2000-mayo 2013.



Fuente: Consejo de ministros del 12/07/2013, presentación “Reforma del sistema eléctrico”

Para cubrir ese desfase, diversas normas, la última de ellas, el Real Decreto-Ley 6/2010, han venido obligando a las compañías eléctricas (Endesa, Iberdrola, Hidroeléctrica, Gas Natural-Unión Fenosa y E-On) a ingresar en la citada cuenta administrada por la CNE los fondos precisos para cubrir el déficit tarifario, reconociéndoles como coste regulado el derecho a obtener su reembolso en 15 anualidades y un tipo de interés sobre el saldo vivo que ha estado entre el Euribor, sin margen alguno, y el 2%.

La actual clave de financiación del déficit tarifario es:

Endesa:	44,16%
Iberdrola:	35,01%
Gas Natural-UE	13,75%
Hidroeléctrica:	6,08%
E.On España:	1,00%

Las citadas compañías quedan, pues, obligadas de forma coercitiva a financiar un déficit.

Debido a esa preocupación, en 2009 con el Real Decreto Ley 6/2009 se creó un "Fondo para la Amortización de la Deuda Eléctrica" (FADE) que permitiría a las compañías ceder sus derechos para que el FADE los colocara en el mercado financiero con aval del Tesoro público. Con cargo al FADE se han titulizado hasta ahora unos 13.000 millones de euros de los 24.000 vivos, lo que se hizo en unas condiciones financieras extremadamente adversas, a unos tipos de interés fijos muy elevados, superiores a los reconocidos a las compañías eléctricas titulares de los derechos cedidos

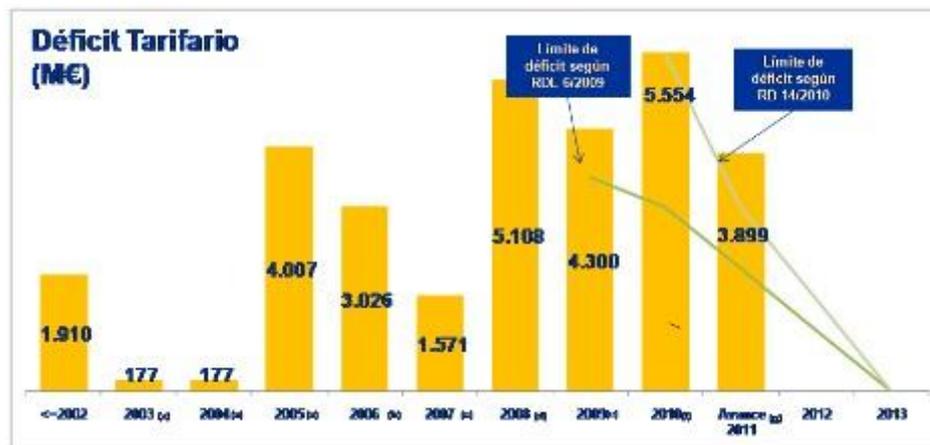
Desde un punto de vista jurídico-financiero esos derechos de crédito tienen una naturaleza singular: se consideran como activo en el balance de las compañías eléctricas o, tras su titulación, del FADE, pero su deudor es el llamado "Sistema Eléctrico", un ente abstracto carente de personalidad jurídica y de balance.

### **3.2.5. Causas del déficit tarifario**

El déficit tarifario surgió por primera vez el año 2000, como resultado de un ligero desajuste entre la previsión inicial de ingresos y costes y las liquidaciones efectivas, y tras alcanzar un valor significativo en 2002, volvió prácticamente a desaparecer durante los dos ejercicios siguientes.

Fue a partir de 2005 cuando, como muestra el gráfico 10, alcanzó valores anuales superiores a 5.000 millones de euros (esto es, casi el 0,5% del PIB) y un importe acumulado vivo a finales de 2011 próximo a los 24.000 millones de euros (es decir, casi el 2,5% del PIB).

Gráfico 10. Evolución del déficit tarifario



Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, Avance del Informe 2011)

El debate puso de manifiesto dos puntos de vista antagónicos sobre las causas del déficit.

#### *El punto de vista de los productores convencionales*

Para las empresas productoras tradicionales, el déficit tarifario ha sido consecuencia de la falta de adecuación de la TUR a los crecientes costes regulados, entre los que destacan las primas satisfechas a los generadores de energía en régimen especial y, en particular, de energías renovables.

El coste agregado de tales primas ha crecido con enorme rapidez y, en ausencia de modificaciones, podría hacerlo todavía más, como muestra el gráfico 11 (cifras en millones de euros).

Gráfico 11. Evolución de las primas al régimen especial.



Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, [Avance del Informe 2011](#))

Las compañías tradicionales señalan que mientras que en el período 2005-2010 las tarifas de acceso aplicables a los usuarios subieron un 58% (véase la cuarta columna de la figura 7), en ese mismo período el importe agregado de las primas del régimen especial subió un 473%, pasando de 1.246 millones de euros anuales a 7.134 millones de euros.

Figura 7. Comparativa 2005-2010 del incremento de las primas y el déficit tarifario

		2005	2010	Incremento	%Incr.	$\Delta D^*/\Delta PC$
Retribución RO por mercado	(M€)	11.786	7.058	-4.708	-40%	32%
Retribución RE por mercado	(M€)	3.040	3.072	32	0%	
<b>Total Coste energía</b>	(M€)	<b>14.806</b>	<b>10.130</b>	<b>-4.676</b>	<b>-32%</b>	
Retribución Distribución*	(M€)	3.881	5.272	1.391	36%	
Retribución transporte	(M€)	922	1.397	475	52%	
Primas Régimen Especial	(M€)	1.246	7.134	5.888	473%	
Anualidades déficit	(M€)	227	1.833	1.606	707%	
<b>Principales Costes Regulados</b>	(M€)	<b>6.276</b>	<b>15.636</b>	<b>9.360</b>	<b>149%</b>	
Tarifa de acceso media	(€/MWh)	31,9	50,3	18	58%	
Déficit acumulado	(M€)	6.274	25.789	19.515	311%	

Fuente: Liquidaciones ENE, REE y OMBL.  
(\*) no incluye ajuste de retribución alternarriana

Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, Avance del Informe 2011)

Los productores tradicionales no niegan que, en sus orígenes, el déficit tarifario estuvo ligado al aumento del precio de los hidrocarburos, y que en 2008 se vio incrementado por ese mismo motivo. Pero con posterioridad el precio de los hidrocarburos se redujo y, sin embargo, el déficit siguió creciendo.

Por eso afirman que, en la actualidad, el déficit tarifario tiene su principal raíz en los errores del Plan de Energías Renovables 2005-2010: el Real Decreto 436/2004 no reflejó en las tarifas el aumento previsto del coste de las primas del régimen especial; y, además, las medidas de fomento de las energías fotovoltaicas y termo-solar que se plasmaron en el Real Decreto 661/2007 estuvieron mal diseñadas.

En efecto, las autoridades de la época cometieron dos graves errores:

- La capacidad efectiva instalada acogida al régimen de primas resultó muy superior a la prevista;
- Las primas se fijaron sin tener en cuenta que se trataba de tecnologías poco maduras que todavía no habían aprovechado la "curva de aprendizaje" (pero que lo hicieron después con mucha rapidez, antes de que las autoridades reaccionaran y rebajaran las primas). Así, en energía fotovoltaica las autoridades previeron que se instalara una capacidad de generación de 480 MW y que las instalaciones produjeran durante 1.250 horas anuales. El precio garantizado ("*feed-in tariff*") se fijó inicialmente en 450 euros por MWh, actualizable en función del IPC (previéndose que la prima cubriera la diferencia entre ese precio y el precio variable del *pool*).

La generosidad de esas condiciones -especialmente a la vista del rápido abaratamiento de la tecnología- dio pie a una avalancha de instalaciones y "huertos solares", que se instalaron y autorizaron antes de que la normativa se modificara y las primas se redujeran. Eso llevó a que la capacidad instalada fuera de unos 4.000 MW y a que, mediante mejoras en la tecnología de seguimiento del sol, muchas instalaciones lograran producir energía durante unas 2.000 horas anuales.

Los huertos solares se financiaron, en muchos casos, con financiación bancaria y, lejos de concebirse como inversiones industriales sujetas al "riesgo y ventura" inherente a todo

proyecto empresarial, se concibieron como puras inversiones financieras para clientes de banca privada -lo que dio origen a la expresión "burbuja fotovoltaica"-. En energía termosolar, el objetivo de las autoridades fue lograr una capacidad instalada de 500 MW y que cobraran un precio de 340 euros/MWh, pero la capacidad pre-registrada ascendió a 2.500 MW (de los cuales, 1.000 están ya en explotación), con tecnologías de producción con mayor rendimiento y menores costes que el inicialmente previsto. A ese imprevisto aumento de explotaciones solares con derecho a prima se unió, tras el comienzo de la crisis económica en 2008, una drástica caída en el consumo de electricidad, lo que minoró la capacidad recaudatoria de las tarifas de acceso y elevó el déficit tarifario.

Como resultado de las primas a las energías de origen solar, los productores tradicionales señalan que<sup>24</sup>:

- Las primas a las energías renovables son en España muy superiores a las del resto de países de Europa, han llegado a ascender hasta 22,5 €/MWh
- Los productores de energía fotovoltaica y termo-solar reciben un porcentaje de las primas totales elevadísimo en proporción a su peso en la generación total de electricidad.
- En España el sector eléctrico (no el sector energético en su conjunto) cumple ya actualmente el objetivo del 20% de producción de energía renovable fijado por la Unión europea como objetivo para el año 2020. No tiene, pues, sentido que se siga subvencionando la instalación de nueva capacidad productiva en energías renovables, especialmente a la vista del actual exceso de capacidad.

Para los productores tradicionales, si no se adoptan medidas rápidas para frenar la entrada en explotación de nuevas plantas termo-solares ya pre-registradas -que se beneficiarían de unas primas fijadas en 2006-, la cuantía agregada de las primas a las energías renovables resultará insostenible.

---

<sup>24</sup> <http://www.libremercado.com/2012-02-23/iberdrola-exige-detener-la-construccion-de-nuevas-plantas-de-renovables-1276451004/>

### *El punto de vista de los productores de energía renovable*

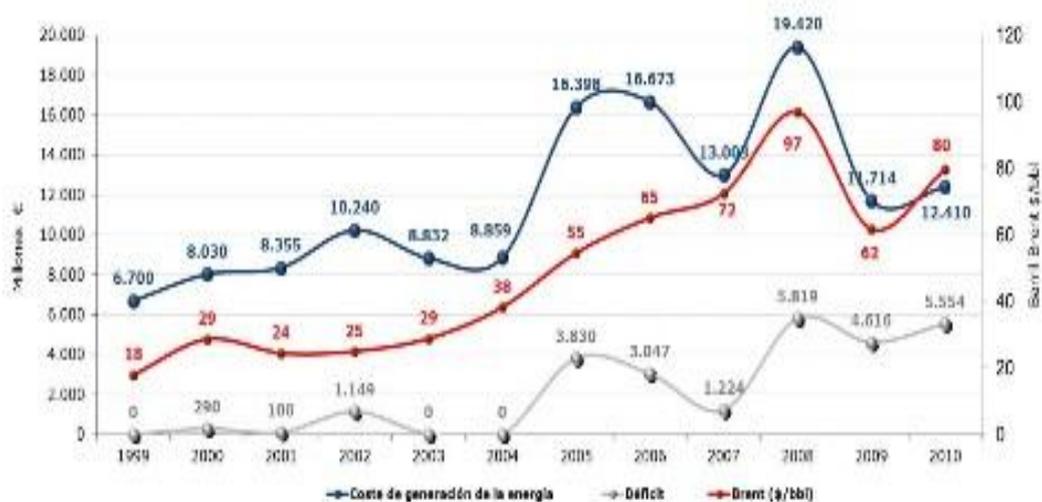
Los productores de energía renovable defienden que el déficit tarifario alcanzó importes muy elevados antes de que las primas a las energías renovables tuvieran una cuantía global apreciable, lo que muestra que su origen no estuvo en dichas primas, sino en la falta de adaptación de la tarifa eléctrica a las subidas en el coste de la generación de energía convencional, muy influido por el precio del petróleo (informe REE, 2011).

Destacan que a principios de la década de los 2000, cuando la demanda eléctrica crecía a un ritmo acumulativo del 4% anual, el objetivo de las autoridades era que la tarifa eléctrica disminuyera todos los años en términos reales, a un ritmo del (IPC-X).

Esa ambición, basada en la caída de precios que produjo el mecanismo de mercado del *pool* introducido por la reforma de 1997, quedó frustrada cuando el petróleo y el gas natural se encarecieron, de forma que la reticencia de las autoridades a trasladar a la tarifa eléctrica esa subida del precio de los hidrocarburos produjo en el año 2000 el primer déficit tarifario.

En apoyo de ese argumento constatan una estrecha correlación estadística entre la evolución del precio internacional del petróleo y la cuantía del déficit tarifario.

Gráfico 12. Evolución del coste de la energía y el déficit



Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, [Avance del Informe 2011](#))

Así pues, los productores de energías renovables niegan que las primas a las renovables sean la causan principal del déficit. Destacan que las primas a las renovables representan tan sólo un 15% (unos 25 euros/KWh) de la tarifa total.

Señalan, además, que a partir de 2010, al tiempo que se aprobaban medidas de reducción de los ingresos de las energías renovables -así como algunas medidas en contra de los productores tradicionales (como la financiación por las propias compañías eléctricas del "bono social" y de los planes de ahorro y eficiencia energética).

Se han adoptado otras medidas a favor de dichos productores tradicionales, como el aumento de la retribución a las empresas distribuidoras, la no deducción del sobre-coste atribuible a la asignación de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>o el aumento de los pagos por capacidad. El impacto económico que atribuyen a tales medidas es el siguiente:

Figura 8. Medidas de ajusta a renovables Vs medidas convencionales

Medidas de ajuste a Renovables		Ahorro Mill. C			
		2011	2012	2013	TOTAL
RDL 14/2010	Peaje a la generación	-35	-38	-41	-115
	Reducción horas FV	-740	-740	-740	-2.220
RD 1614/2010	Acuerdo edifica	-51	-65	-116	232
	Acuerdo termosolar	451	304	136	-891
RDI 1/2012	Paralización sector renovable (Pérdida gms. Desarrollo / euros)		ND	ND	ND
<b>Subtotal</b>		<b>-1.277</b>	<b>-1.147</b>	<b>-1.033</b>	<b>-3.458</b>
RD 1565/ 2010	Energía reactiva	110	119	126	-355
<b>Total</b>		<b>-1.387</b>	<b>-1.266</b>	<b>-1.159</b>	<b>-3.813</b>

Medidas convencionales		Mill. C				
		2010	2011	2012	2013	TOTAL
RDL 14/2010	Peaje a la generación		-113	-113	-113	-338
	Bono social		0	0	-150	-150
	Planes ahorro y eficiencia energética		-270	-250	-150	-670
	Acuerdo con empresas distribuidoras	+604				+604
RDL 6/2009	Derogación minoración derechos CO2	+923	+1.057	+1.027		+3.007
RD 134/2010	Ayuda fomento carbón nacional		+500	+500	+500	+1.500
ITC 3127/2011	Incremento pagos por capacidad		+332	+332	+332	+996
<b>Total</b>		<b>+1.527</b>	<b>+1.506</b>	<b>+1.496</b>	<b>+419</b>	<b>+4.949</b>

Fuente: REE (Sistema Eléctrico Español, [Avance del Informe 2011](#))

En términos netos, el conjunto de tales medidas ha entrañado una transferencia de rentas del sector renovable al sector convencional: mientras que se han reducido en 3.813 millones de euros los pagos a las renovables, los productores tradicionales han obtenido unas ventajas netas de 4.949 euros.

### 3.3. Tecnologías disponibles

En la actualidad, existen principalmente tres familias de tecnologías para aprovechar la energía solar:

#### 1) Fotovoltaica



Proyecto Showroom, El Salvador, perteneciente a YingliSolar

- 2) **Centrales solares termoeléctricas** (o centrales termosolares) para la generación de electricidad



Plataforma Solúcar, Sevilla, perteneciente a Abengoa

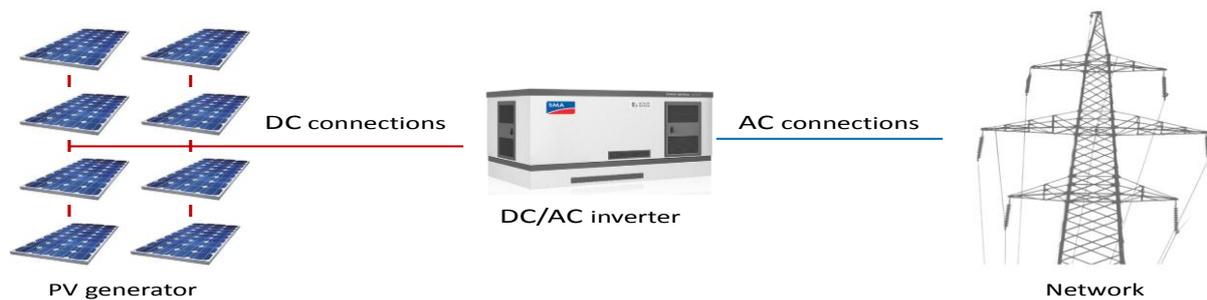


Majadas, Cáceres, perteneciente a Acciona

## 4. FOTOVOLTAICA

La tecnología fotovoltaica se basa en la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica a través de la utilización del efecto fotovoltaico en las células y la posterior conversión de la corriente continua (CC), generada por las células, en corriente alterna (CA) mediante un inversor.

Figura 9. Estructura básica de los sistemas fotovoltaicos



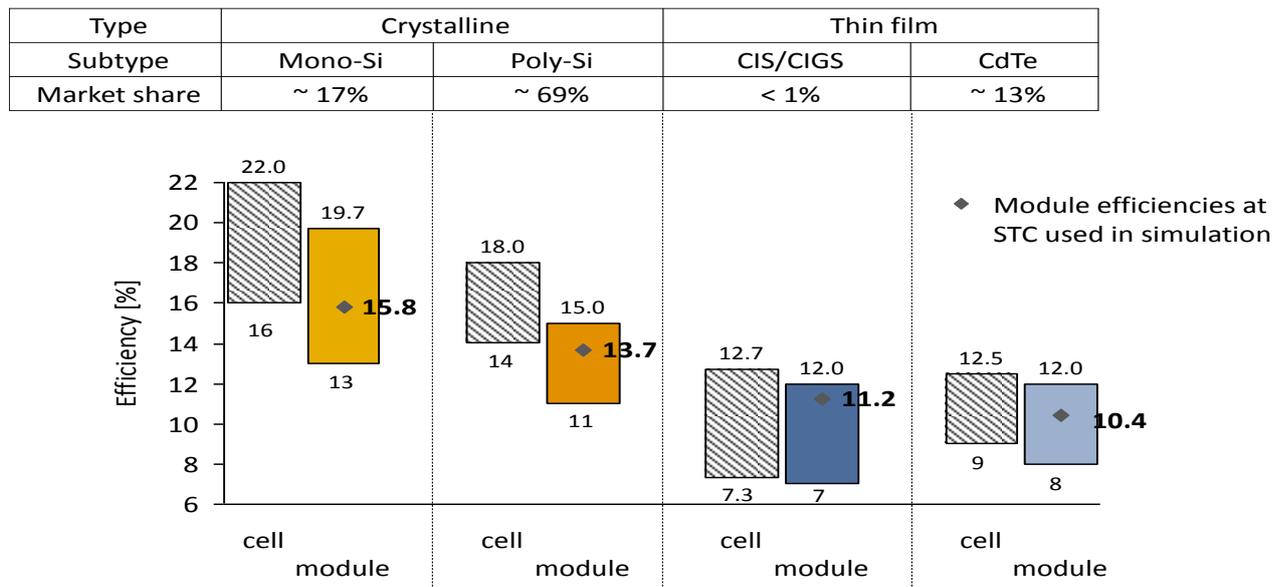
Fuente : EPIA 2014

Existen diferentes tipos de tecnologías de células fotovoltaicas y de tecnologías suplementarias que son estudiadas y desarrolladas continuamente.

Actualmente, las tecnologías predominantes son aquellas células basadas en el silicio: silicio policristalino (poly-Si) y silicio monocristalino (mono-Si) así como, las células de lámina delgada, en las que se incluyen las células de base de telurio de cadmio (CdTe) y las basadas en cobre (Germanium) y seleniuro (CIS/CIGS).

La figura 10 muestra las diferentes partes y rendimientos de las células y de los módulos fotovoltaicos. En términos operativos, las células basadas en silicio tienen una mayor experiencia acumulada, mientras que las células de lámina delgada acaban de alcanzar la madurez a nivel comercial a nivel industrial.

Figura 10. Rendimiento de las células y módulos de tecnologías fotovoltaicas dominantes



Fuente: European Photovoltaic Industry Association (EPIA) 2011, EPIA 2014, Lux Research Inc<sup>25</sup>

Además de las tecnologías de células fotovoltaicas basadas en silicio y de lámina delgada, se desarrollan otros conceptos innovadores para la tecnología fotovoltaica. Este es el caso de la tecnología de concentración fotovoltaica (CPV), una tecnología que tiene el potencial para competir tanto con la fotovoltaica tradicional como lámina delgada.

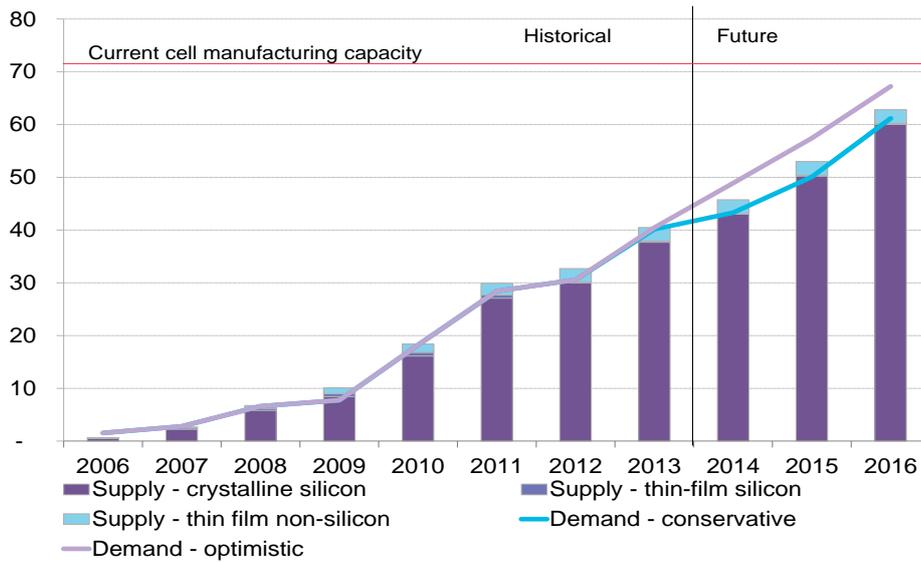
En la CPV, los rendimientos actuales de la célula están cercanos al 44%, y a eficiencia total cerca del 35%. A diferencia de otras tecnologías solares, CPV solamente puede convertir la Radiación Normal Directa (DNI por sus siglas en inglés).

En la PV tradicional, las ventajas principales son la facilidad relativa de los proyectos. Además, la instalación, mantenimiento y limpieza son más sencillas y económicas que en otro tipo de tecnologías. PV también se puede instalar en tejados para uso doméstico.

La fuerte caída de los precios del módulo y de los sistemas complementarios ha conducido a una fuerte penetración del mercado en los últimos años en los mercados energéticos. También, dependiendo de las condiciones de radiación y los costes de la electricidad, se ha podido alcanzar la paridad de red.

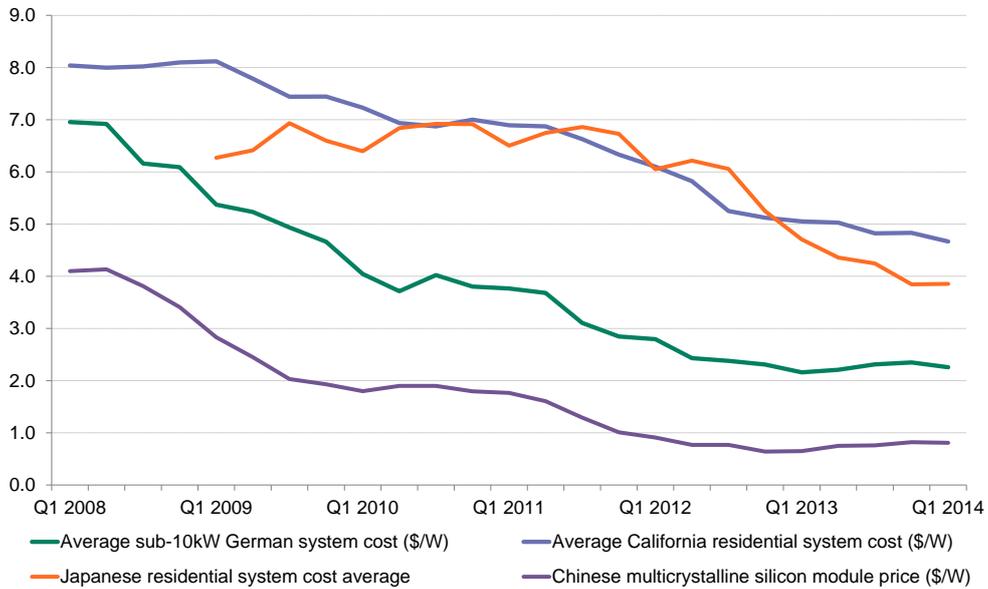
<sup>25</sup> Eficiencias del módulo bajo condiciones estándar de prueba (STC). Las condiciones son: radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>, masa de aire 1.5 global y la temperatura del módulo a 25 °C.

Gráfico 13. Oferta y demanda estimada de producción de células



Fuente: Bloomberg New Energy Finance

Gráfico 14. Inversión requerida en inversiones (\$/w)



Fuente: JPEC, California Solar Initiative, BSW-Solar, Bloomberg New Energy Finance

El principal inconveniente de la energía fotovoltaica es que es una fuente de energía intermitente, esto significa que cuando no recibe energía de su fuente de energía, en este caso el Sol, deja de producir. Y precisamente en la tecnología fotovoltaica los periodos de uso son

más bajos que en otras fuentes renovables, como son la termosolar o la eólica. La tecnología fotovoltaica no puede ser fácilmente combinada con sistemas de almacenamiento, ya que estos sistemas de almacenamiento tienen un alto coste.

Una de las ventajas de la tecnología fotovoltaica es la ausencia de piezas móviles que encarezcan la instalación y la operación y mantenimiento.

Las ventajas de los sistemas de almacenamiento son importantes, sin embargo los costes adicionales de la inversión deben estar relacionados con los riesgos, la operación y mantenimiento y producción.

Hay que tener en cuenta que en términos de capacidad instalada, la tecnología fotovoltaica es la que pueda crecer más en los próximos años. La capacidad instalada total de PV a finales de 2011 era de 70 GW mientras que a finales de 2012 era de 101 GW (Photovoltaik.org 2013).

En estos últimos años, el desarrollo fotovoltaico ha sido notable, con una caída en los precios de los módulos en un 25% por año. Esto refleja, por un lado, una mayor integración en la cadena de valor y una mejora en la automatización de los procesos de producción y por otro lado, el dominio de mercado de los proveedores chinos, con módulos de alta producción y bajo coste (Breyer y Gerlach, 2010).

## **4.1. Descripción de las tecnologías fotovoltaicas**

### **4.1.1. Tecnología basada en Silicio Cristalino**

El proceso de fabricación de los módulos fotovoltaicos basados en silicio cristalino (C-Si) comprende en general los siguientes pasos:

- 1) Purificación del silicio metalúrgico y obtención de polisilicio de grado solar
- 2) Fusión del silicio policristalino para formar lingotes y obleas (wafers)
- 3) Procesar la oblea para convertirlas en células (por lo general 15x15cm 3-4,5 W). Se aplica un revestimiento anti reflectante y metalización (añadir los contactos metálicos a la célula para que los electrones se puedan desplazar)

- 4) Ensamblaje de las células, conexión y encapsulamiento con materiales de protección y los marcos para aumentar la resistencia del módulo.

El silicio se utiliza de tres formas el silicio monocristalino (sc-Si), el silicio policristalino (mc-Si) y el silicio de cinta cristalizada (*Ribbon c-Si*)

A diferencia de las células de alto rendimiento monocristalino (sc-Si) (tabla 1), las células multi-cristalino (mc-Si) tienen una menor eficiencia debido a su estructura atómica aleatoria que afecta al flujo de electrones. Sin embargo son más baratas que las células monocristalinas.

Tabla 1. Objetivos y rendimiento de la tecnología PV.

	1980	2007	2010	2015-2020	2030+
Rendimiento del módulo (%)					
<b>Mono-c-Si</b>	≤8	13-18	13-19	16-23	25-40
<b>Poly-c-Si</b>			11-15	19	21
<b>Capas finas</b>	na	4-11	4-12	8-16	na
c-Si (cantidad de material utilizado, g/Wc)			7	3	<3
c-Si (grosor de la oblea, mm)			180-200	<100	na
Vida útil (años)	na	20-25	25-30	30-35	35-40
Tiempo de retorno energético (años)	>10	3	1-2	1-0.5	0.5

Fuente : EU SRA (2008), AIE (2010a), EPIA (2014)<sup>26</sup>

Un módulo de C-Si se compone generalmente de entre 60 y 72 células, con una potencia máxima nominal que va desde 120 hasta 300 Wp y un área de 1,4 a 2,5 m<sup>2</sup>.

Para lograr economías de escala y reducir costes de fabricación, la capacidad de producción de 500 a 1000 MW es actualmente la más común.

<sup>26</sup> Datos extraídos del reporte (Solar Photovoltaics, Technology Brief), IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E11 – January 2013

#### 4.1.2. Tecnologías alternativas de fabricación de células

Además de los procesos de fabricación convencionales de células fotovoltaicas, existen métodos de fabricación alternativos que obtienen altos niveles de rendimiento, por ello, habría que destacar:

- *Contactos enterrados (Buried contacts)*: en lugar de colocar el cableado y las barras de metal en el lado frontal de la célula, se colocan dentro de la célula con un corte realizado mediante láser. De este modo, se aprovecha más la superficie de la célula dado que la superficie es más grande y le permite captar más luz.
- *Célula de contacto posterior (Back contact cells)*: el contacto frontal de la célula se coloca en la parte trasera. El área de superficie de la célula se incrementa y las pérdidas por sombreado se reducen. Esta tecnología ofrece actualmente el mayor rendimiento comercial de células disponibles en el mercado
- *Pluto*: técnica desarrollada por Suntech, *Pluton*, tiene un proceso de texturización de la superficie de la célula que mejora la absorción de la luz del Sol, incluso con una radiación baja o indirecta.
- *HIT (Hetero junction with Intrinsic Thin Layer)*: desarrollado por Sanyo Electric, la célula HIT consiste en una capa fina de silicio monocristalino intercalada entre capas ultra finas de silicio amorfo. El uso conjunto de silicio amorfo y monocristalino mejora el rendimiento.

El principal desafío de la fabricación de células “c-Si” es la reducción de costes y mejora de rendimiento a través del aprendizaje (learning-by-doing) y el uso reducido de materiales.

Los altos precios del silicio en 2006 dieron lugar a una reducción del 30% de la cantidad de silicio utilizada en el proceso de fabricación (5-10 g actualmente). Esto fue posible gracias a la utilización de obleas muy delgadas, a automatización de procesos y el reciclado de residuos. El objetivo es alcanzar 3g o menos a 2030.

En cuanto al rendimiento, actualmente, el rendimiento teórico de las células de silicio cristalino (c-Si) está estimado en torno al 29%<sup>27</sup>. Este rendimiento se obtuvo utilizando métodos de laboratorio muy costosos. A escala comercial, rara vez los rendimientos superan el 20%.

Los rendimientos actuales de los módulos de silicio monocristalino (sc-Si) a nivel comercial están comprendidos entre el 13-19%. Se estima que podrían llegar al 23% en 2020 y al 25% en el largo plazo. La mayoría de los módulos comerciales, están compuestos a base de silicio multi-cristalino, debido al bajo coste de fabricación y ofrecen rendimientos entre el 12-15%<sup>28</sup>

#### **4.1.3. Tecnologías de lámina delgada (Thin-Film technologies)**

La tecnología de lámina delgada se basa en la deposición de una capa muy fina de material activo sobre un gran área de materiales de sustrato tales como acero, vidrio o plástico. La tecnología de lámina delgada utiliza pequeñas cantidades de materiales activos, y por ende, puede ser fabricada a menor coste.

Las tecnologías de lámina delgada generalmente son flexibles y no tienen marco, con lo que pueden adaptarse fácilmente a diversas superficies. Los módulos estándar suelen tener una capacidad de 60 a 120 Wp y un tamaño de entre 0,6 a 1m<sup>2</sup>. El rendimiento, de los módulos de lámina delgada son significativamente inferiores (4-12%<sup>29</sup>) respecto a los módulos de silicio convencionales.

El proceso típico de fabricación de las láminas delgadas comprende las siguientes etapas:

- 1) Revestir el sustrato con una capa conductora transparente (TCO: *Transparent Conducting Oxide*)
- 2) Deposición de capa activa mediante diversas técnicas (deposición química, o de vapor)

---

<sup>27</sup> [http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg)

<sup>28</sup> [http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg)

<sup>29</sup> [http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg)

- 3) Aplicación de tiras metálicas de contacto la parte posterior utilizando un trazado por láser. Que permite que los módulos estén conectados.
- 4) Encapsulación en un sobre de vidrio-polímero. La técnica Roll-to-roll (R2R) permite a los fabricantes crear rodillos de células solares flexibles reduciendo e tiempo de producción y de costes.

En los últimos años, la capacidad de fabricar a escala industrial, la planta tipo ha pasado de tener 50MW a cientos de MW en un año. Sin embargo, la industria de módulos de lámina delgada debe someterse a grandes cambios para poder competir con PV convencional basados en silicio cristalino (c-Si).

Tabla 2. Objetivos y rendimientos de las tecnologías de lámina delgada

	2010	2015-2020	2030-
<b>a-Si</b>			
<b>Rendimiento max (%)</b>	9.5-10	15	na
<b>Rendimiento comercial (%)</b>	4-8	10-11	13
<b>a-Si/<math>\mu</math>c-Si</b>			
<b>Rendimiento max (%)</b>	12-13	15-17	na
<b>Rendimiento comercial (%)</b>	7-11	12-13	15
<b>CdTe</b>			
<b>Rendimiento max (%)</b>	16.5	na	na
<b>Rendimiento comercial (%)</b>	10-11	14	15
<b>CI(G)S</b>			
<b>Rendimiento max (%)</b>	20	na	na
<b>Rendimiento comercial (%)</b>	7-12	15	18

Fuente: AIE (2010a), EPIA (2014)

### 1- Silicio amorfo (a-Si)

Las láminas de silicio amorfo (a-Si) están, generalmente, constituidas de silicio amorfo de 1 $\mu$ m de espesor (buena absorción de luz pero un flujo débil de electrones). Tiene costes bajos de fabricación pero también bajos rendimientos (4 - 8%<sup>30</sup>). Los mejores

<sup>30</sup> [http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg)

rendimientos de laboratorio son del orden de 9,5-10%. Entre las tecnologías de lámina delgada, la tecnología de silicio amorfo es la más utilizada por su bajo coste, pero debido a su bajo rendimiento tiene un futuro incierto.

## 2- *Silicio multi-unión (a-Si / $\mu$ -Si)*

Las láminas de silicio multi-unión (a-Si /  $\mu$ -Si) ofrecen un rendimiento más elevado que las láminas de silicio amorfo (a-Si). El material de base está combinado con otras capas activas, por ejemplo con silicio microcristalino ( $\mu$ c -Si) y silicio-germanio ( $\mu$ c-SiGe), para formar células en tándem (a-Si/ $\mu$ c-Si), que son células micro-morfadas e híbridas que absorben luz en una amplia gama de frecuencias. Este tipo de células puede llegar a rendimientos del 10%. El mayor rendimiento obtenido en laboratorio es del 12-13%

## 3- *Láminas con base de Teluro de cadmio (CdTe)*

Las láminas con base de teluro de cadmio (CdTe) son químicamente estables y ofrecen rendimientos del módulo relativamente altos (hasta un 11%). Tienen un coste bajo y son fáciles de fabricar mediante el uso de varias técnicas de deposición. El rendimiento depende, de manera significativa, de la temperatura de la deposición y del material del sustrato. Los rendimientos más elevados han llegado al 16,5% y se han obtenido a partir de depósitos de 600°C. El límite teórico de rendimiento es del 25%

## 4- *Lámina con base de Cobre, Indio, Galio y Selenio (CIGS)*

La tecnología CIGS tiene el mayor rendimiento de todas las tecnologías de lámina delgada (20,1% en laboratorio; 13-14% para los módulos prototipo y el 7-12% para los módulos comerciales). Sin embargo, el proceso de fabricación es más costoso y complejo que en otras tecnologías. La sustitución del Indio por otros materiales más baratos podría contribuir a reducir costes de esta tecnología.

## 4.2. Tecnologías fotovoltaicas emergentes

Una serie de nuevas tecnologías fotovoltaicas están en desarrollo con el potencial para obtener una mayor eficiencia y un menor coste en comparación con las tecnologías de silicio y de lámina delgada. Entre estas nuevas tecnologías se encuentran la concentración fotovoltaica (CPV), las células solares orgánicas, lámina delgada fotovoltaica termo-inorgánica (TPV).

La viabilidad de otras opciones depende del progreso, especialmente, de progreso de la ciencia en el estudio de materiales, la nanotecnología, la electrónica y a fotónica. En la tabla 3 se representan los rendimientos típicos de los prototipos en I+D.

Tabla 3. Objetivos y rendimientos de tecnologías emergentes

	2010	2015-2020	2030-
<b>CPV</b>			
<b>Rendimiento en laboratorio, %</b>	20-25 (40)	36 (45)	>45
<b>Áreas y objetivos del I + D</b>	Vida útil, rendimiento óptico (85%) sistemas de seguimiento, alta concentración, escalabilidad		
<b>Lámina delgada inorgánica</b>			
<b>Rendimiento en laboratorio %</b>	10.5	12-14 (15)	16-18
<b>Áreas y objetivos del I + D</b>	Deposición, interconexión, láminas ultra-finas, escalación		
<b>Células orgánicas (OPV, DSSC)</b>			
<b>Rendimiento en laboratorio %</b>	4 (6-12)	10 (15)	na
<b>Áreas y objetivos del I + D</b>	Vida útil (> 15 años), escalación industrial		
<b>Nuevas láminas</b>			
<b>Rendimiento en laboratorio %</b>	na	(>25)	40
<b>Áreas y objetivos del I + D</b>	Material, técnicas de deposición, comprensión de los efectos cuánticos, aumento de la escala a nivel laboratorio		
<b>Transformadores</b>			
<b>Rendimiento en laboratorio, %</b>	+10 %		
<b>Áreas y objetivos del I + D</b>	Nano materiales, estabilidad física, escalabilidad		

Fuente: Elaboración propia mediante datos de AIE (2010a), EPIA (2014)

### 4.3. Estructura de costes de sistemas fotovoltaicos

La estructura de costes de un módulo de silicio cristiano (c-Si) típicamente se distribuye de la siguiente manera: 45-50% de silicio, el 25-30% para la fabricación de células, del 25% al 30% para el ensamblaje de las células en los módulos. En la estructura de costes de un sistema de PV comercial, un 50-60% de los costes van a corresponder a los módulos fotovoltaicos, el 10% para el inversor, y el 23-32% corresponde a la instalación del BoP (Balance of Plant) y sobre el 7% para la ingeniería (EPIA 2014).

## 5. TERMOSOLAR

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.

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

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.

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:

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

## **5.1 Tecnología cilindro parabólica**

La tecnología cilindro parabólica, es la tecnología más extendida a nivel mundial, con más de 1250 MW en operación en España y 770 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.

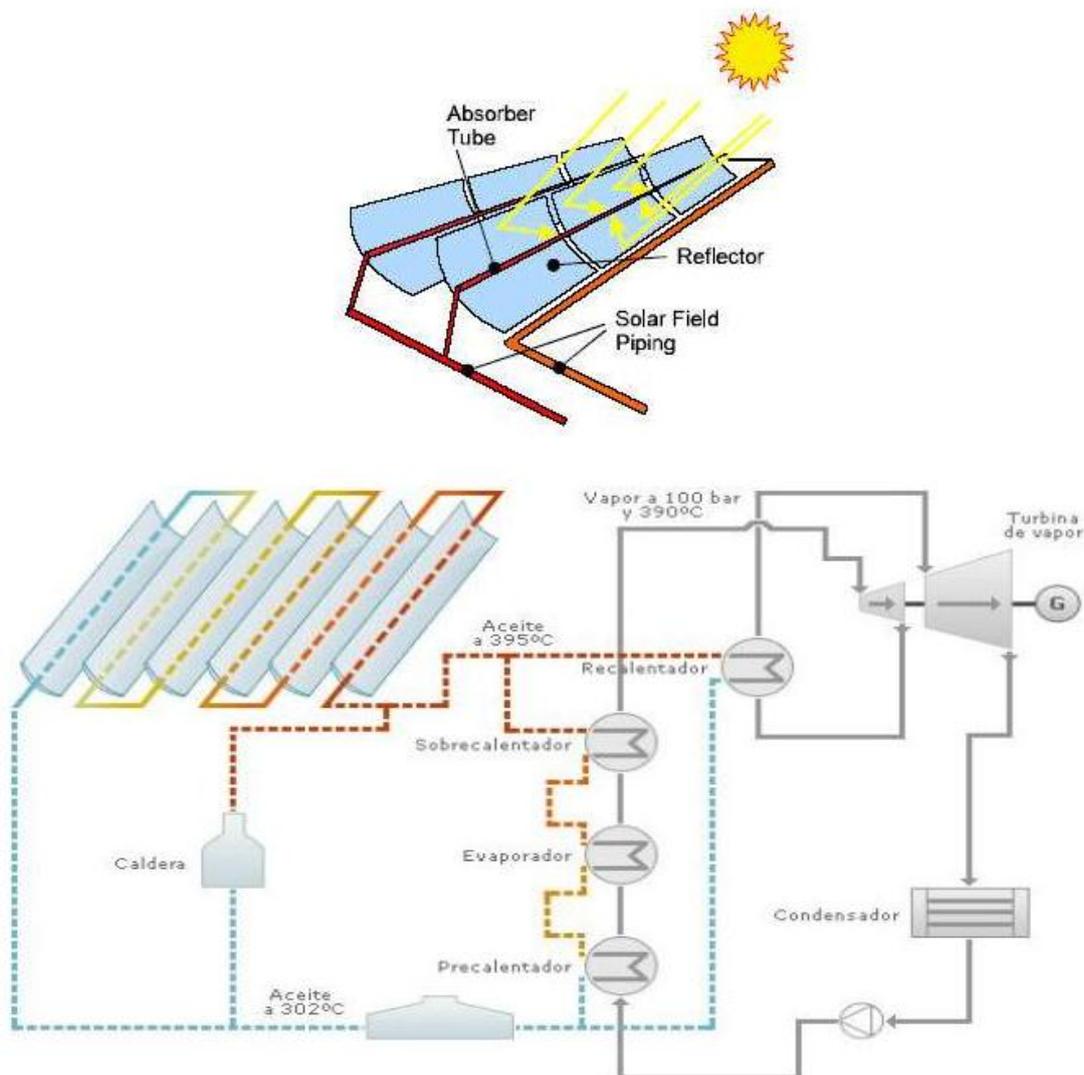
Aquí se calienta un fluido hasta aproximadamente 400°C y se utiliza posteriormente, bien para generar vapor que acciona una turbina conectada a un generador de electricidad, bien para calentar un sistema de almacenamiento consistente en dos tanques de sales fundidas. Alternativamente, existe también 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 calores 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 11. Esquema de tecnología termosolar cilindroparabólica



## 5.2 Tecnología de torre

Las centrales de torre o de receptor central utilizan cientos o miles (dependiendo del tamaño de éstos y de la potencia) de reflectores prácticamente planos 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.

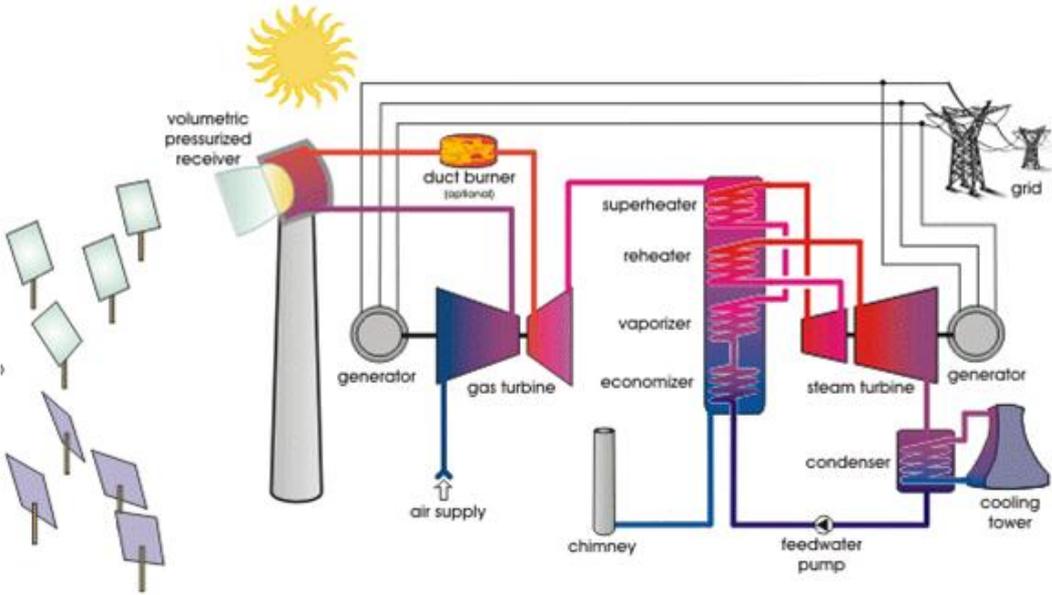
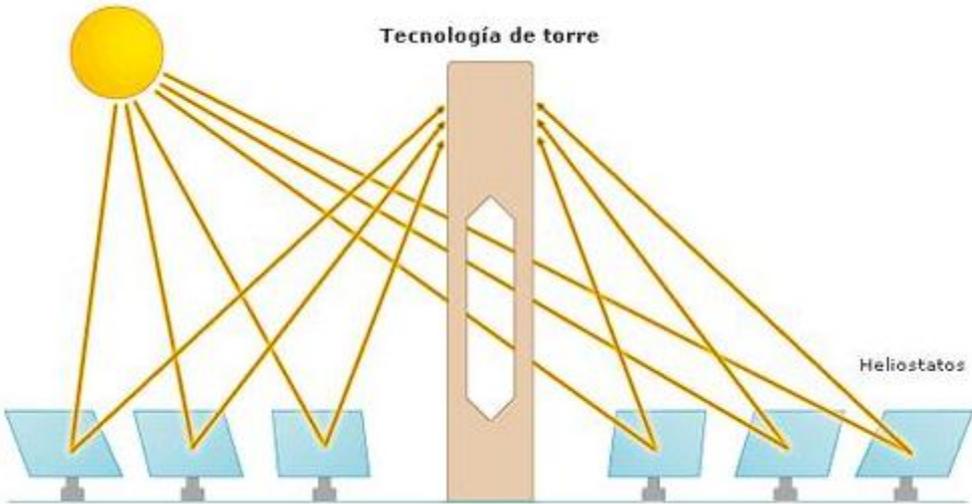
El rendimiento de estas centrales suele ser mayor que el de las de canal parabólico, ya que se consiguen temperaturas más elevadas de los fluidos, entre 500°C y 600°C, lo que da lugar a mayor rendimiento termodinámico y a su vez facilita también la capacidad de almacenamiento, disminuyendo el volumen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

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.

Figura 12. Esquema de tecnología termosolar de torre



### 5.3 Fresnel

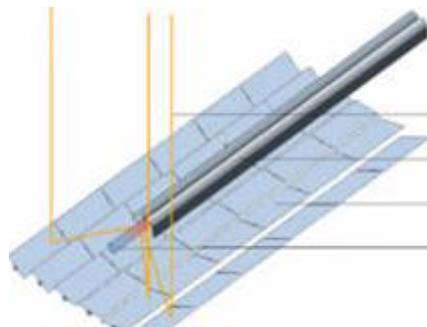
Las centrales de receptores tipo Fresnel también están constituidas en filas o lazos de reflectores solares; no obstante, en este caso son planos o con una curvatura muy pequeña. La radiación se refleja y se concentra en unos receptores ubicados sobre los espejos.

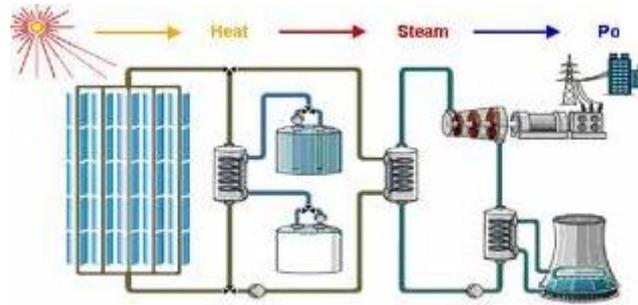
La principal ventaja de esta tecnología es que se facilita la generación directa de vapor, principalmente por tener el tubo absolvedor fijo, eliminándose la necesidad de fluidos para la transferencia de calor y los intercambiadores de calor.

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 unos 40% inferiores a los de canal parabólico para poder ser competitivos con esa tecnología.

Figura 13. Esquema de tecnología termosolar Fresnel





## 5.4 Disco 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.

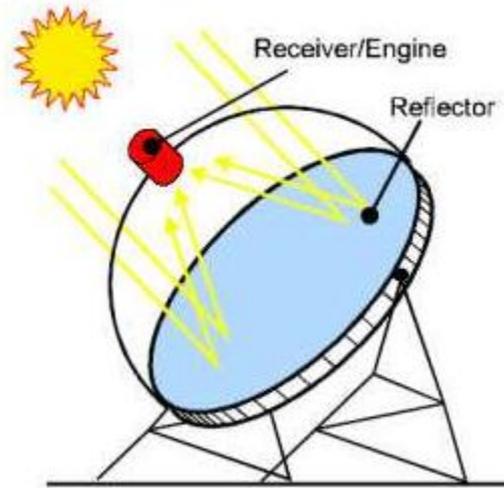
Los concentradores recogen la radiación solar directamente y la reflejan en un receptor que se ubica sobre el disco. La estructura gira siguiendo al sol para que se produzca la concentración de los rayos solares en el foco en donde se encuentra dicho receptor acoplado al motor.

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 14. Esquema de tecnología termosolar Disco Stirling



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.

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.

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 m<sup>3</sup>/ha\*año, mientras que un suelo agrario destinado a la agricultura en la cuenca del Guadalquivir consume alrededor de 600 000 m<sup>3</sup>/ha\*año en el caso de cultivos de maíz y 404 000 m<sup>3</sup>/ha\* año en el caso del algodón.

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.

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 150 GW, o de la fotovoltaica, que ya supera los 100 GW. La termosolar apenas supera los 2 GW y tiene, por tanto, un gran potencial de avanzar por la curva de aprendizaje.

## **5.5 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.

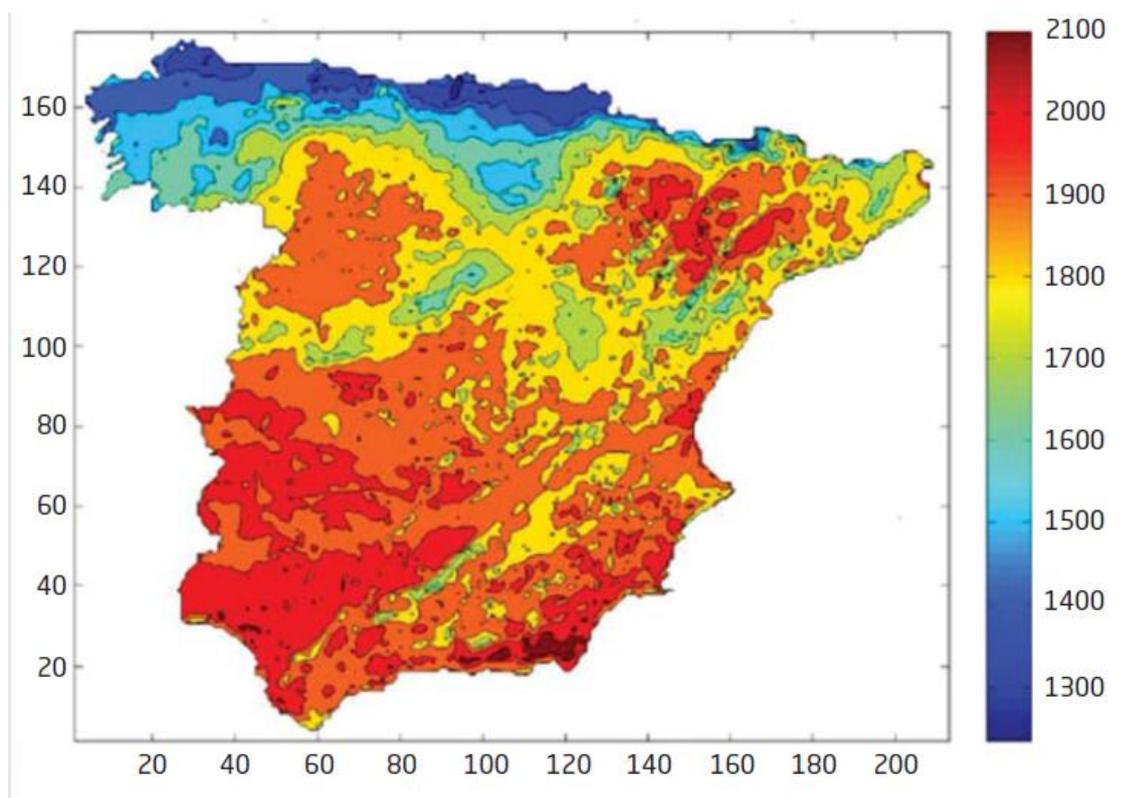
En este sentido, las regiones con mayor potencial son los desiertos del norte de África y Suráfrica, Medio Oriente, el noroeste de India, el sur de Estados Unidos, México, Perú, Chile, el oeste de China, Australia y el sur de Europa, aunque en nuestro país se dispone de

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 irradiación 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.

La siguiente figura muestra el nivel de irradiación solar en España (sin incluir las Islas)

Figura 15. Mapa de Radiación Directa Normal Anual (kWh/m<sup>2</sup>/año)



Fuente: borrador del PER 2011-2020.

Lo que hace que la energía termosolar sea una alternativa realista de abastecimiento de energía a corto medio- plazo es que es una energía gestionable (Protermosolar, 2010). Lo que significa que 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.

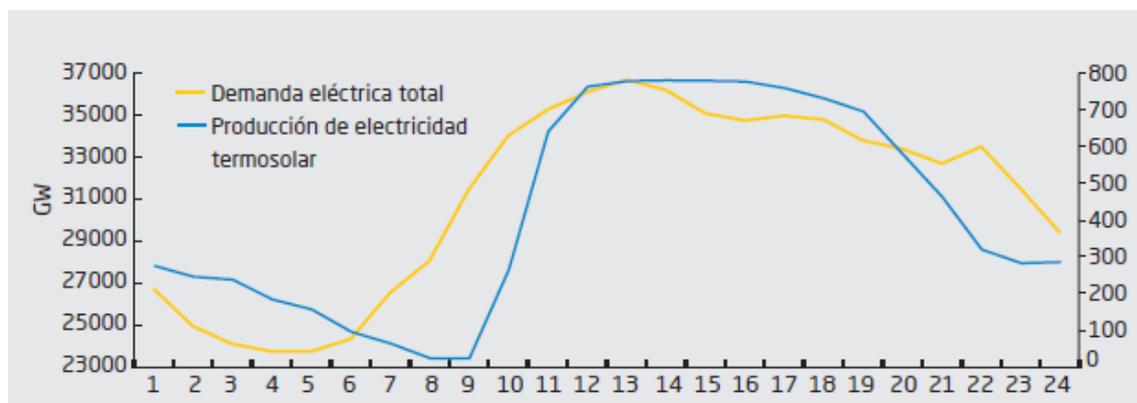
Esta característica dota a la solar termoeléctrica de una mayor flexibilidad que otras tecnologías renovables, contribuyendo así a facilitar la gestión del seguimiento de la demanda por parte del operador del sistema eléctrico.

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.

El gráfico 15 muestra un día cualquiera de verano donde se observa la generación del parque termosolar y como 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.”

Gráfico 15. Demanda eléctrica y producción termosolar el 28 de Julio de 2012



Fuente: Red Eléctrica de España

Según Protermosolar, la energía generada a partir de la tecnología termosolar podría llegar a considerarse 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, la facilidad de hibridación 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.

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, 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 (Deloitte, 2010).

La Agencia Internacional de la Energía prevé que aunque la mayor parte de la contribución de la solar termoeléctrica provendrá de centrales de un tamaño relevante conectadas a la 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.

## **6. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA SOLAR EN ESPAÑA**

### **6.1 Desarrollo de la industria solar Termoeléctrica en España**

A finales del año 2013, la potencia solar termoeléctrica instalada en España era de 2.304 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.

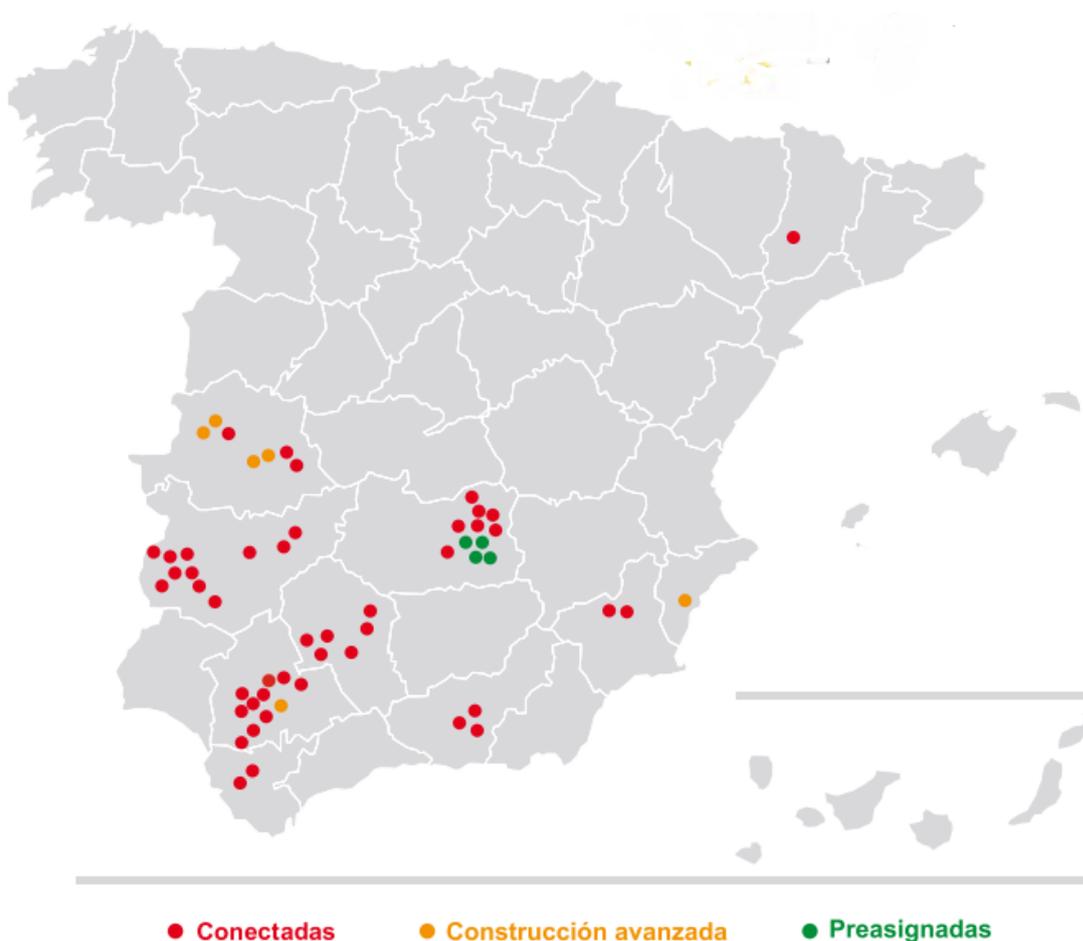
Es importante señalar que en 2012 entraron en funcionamiento 950 MW, aumentando la capacidad instalada cerca de los 1950 MW. Adicionalmente, se instalaron en 2013 350 MW llegando a una capacidad total instalada de 2300 MW convirtiéndose España en el país con más MW instalados a nivel mundial.

Prácticamente la totalidad de las plantas utilizan la tecnología cilindro parabólico. Existiendo, tres plantas de tecnología de torre, una de *Fresnel* de 1,4 MW y una híbrida con biomasa de 22,5 MW. 18 plantas cuentan con almacenamiento, que en su mayoría es de 7,5 horas.

La concentración de las plantas se encuentra donde existe un mayor recurso, por lo que las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha, Murcia y Alicante son las que contaban, a finales de 2013, con potencia instalada.

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

Figura 16. Mapa de plantas termosolares en España



Fuente: Protermsolar fecha 15/07/2013

Con el fin de ilustrar la competitividad de la industria, hemos considerado necesario realizar un análisis y clasificación de los factores que influyen en el entorno específico y en la determinación de cómo y en qué medida afectarán a la industria termosolar. Para este análisis hemos decidido, tal y cómo se ha explicado en el epígrafe 2 de este trabajo, que las herramientas que más se ajustan son la de las Cinco Fuerzas de Porter, puesto que relaciona la rentabilidad a largo plazo de una industria con la influencia de una serie de fuerzas:

- Amenaza de nuevos competidores
- Poder de negociación de los proveedores
- Poder de negociación de los clientes
- Amenaza de productos o servicios sustitutivos
- Rivalidad de los competidores existentes.

Y el modelo de diamante de Porter (1990).

La amenaza de que entren nuevos competidores en el sector termosolar podría considerarse como muy baja. Esto se debe a que se pueden identificar cinco barreras de entrada:

- Economías de escala: A mayor potencia instalada, mayor reducción de costes se obtienen. Por esta razón, las empresas que entraron en el sector desde el principio tienen una ventaja competitiva respecto a los nuevos competidores.
- No se puede realizar una diferenciación de producto real. La única forma que un nuevo competidor podría diferenciar su producto sería mediante la creación de una línea tecnológica. Lo que conllevaría una gran inversión en I+D.
- Las necesidades de capital son altas. Para poder acometer proyectos en la industria termosolar, es necesario realizar fuertes inversiones de capital, con lo que se necesitaría una estructura financiera sólida para tener acceso a fuentes de financiación.
- Complejo acceso a canales de distribución. Al ser una tecnología muy reciente, no hay demasiados proveedores, con lo que hay que aceptar muchas de las condiciones que ellos proponen.
- Importancia de la curva de aprendizaje. A mayor nivel de experiencia, mayores eficiencias y reducciones de costes se pueden obtener. Cuando entra un nuevo competidor, tendría que competir con empresas que ya tienen un recorrido y que presumiblemente serán más eficientes.

El poder de negociación de los proveedores es muy alto. Al ser componentes muy específicos los que se necesitan para la puesta en marcha de las plantas. Incluso en algunos componentes hay un proveedor único a nivel mundial. Con lo que los compradores tienen un nivel escaso de negociación con los proveedores. Aunque se han dado casos en los que empresas han comprado a los proveedores para asegurarse el suministro.

El poder de negociación de los clientes es casi inexistente, ya que el precio de la electricidad viene fijado por el Gobierno.

Amenaza de nuevos productos sustitutivos. Debido a que el Gobierno controla el sector de las energías renovables, y al tratarse de una industria muy intensiva en tecnología, la posibilidad de encontrarse con productos sustitutivos es baja o nula. Dado que la tecnología termosolar es la única tecnología renovable que es gestionable (ni a energía fotovoltaica ni eólica lo son), se podría llegar a argumentar que un producto sustitutivo podrían ser las

centrales de ciclo combinado de gas o de carbón, dado que tienen las mismas características para ser gestionadas. Como estas dos fuentes de generación no son renovables, hemos considerado que no tendría sentido considerarlas como sustitutivos puros.

La intensidad entre los competidores actuales es muy intensa, ya que España se ha consolidado como el país con más capacidad instalada en termosolar. Además en el mercado hay pocas empresas que se dediquen a este tipo de tecnología. Por orden de Megavatios instalados (en España), las empresas más relevantes del sector son<sup>31</sup> :

Abengoa: 681 MW

ACS: 400 MW

Acciona: 250 MW

Elecnor: 150 MW

Sener: 117 MW

Samca: 100 MW

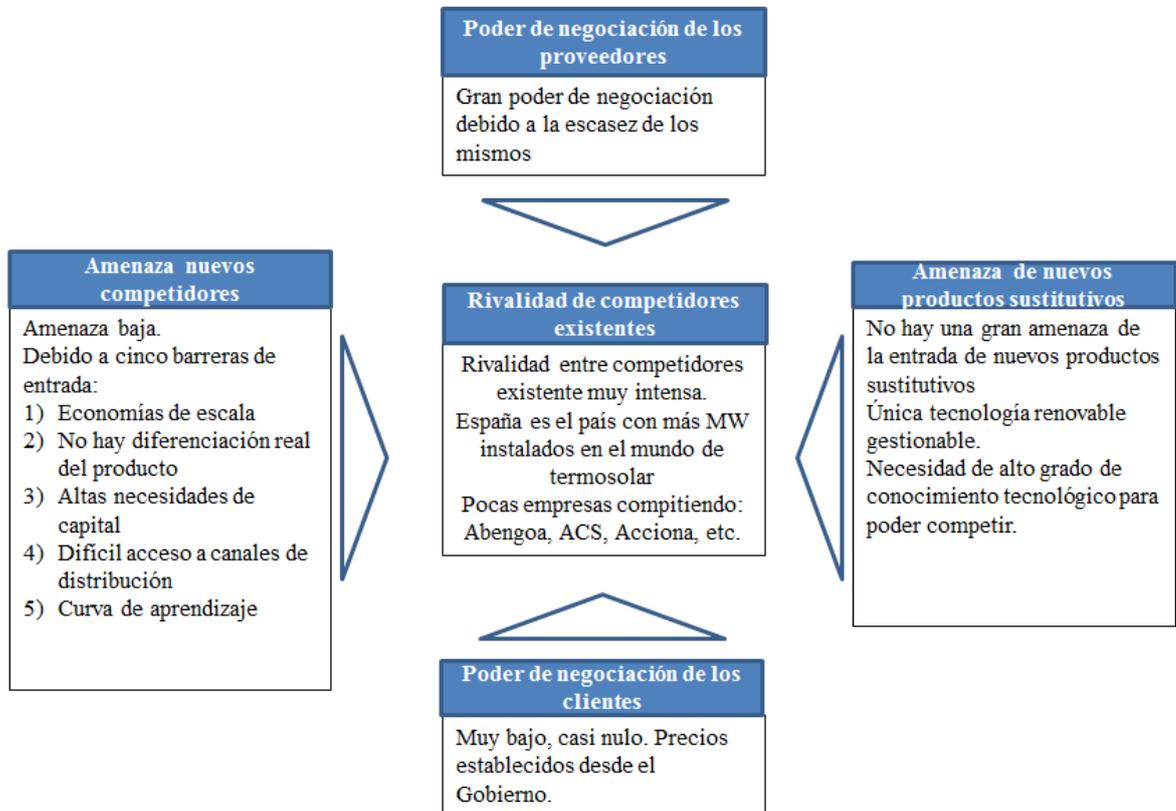
FCC: 100 MW

---

<sup>31</sup> <http://www.protermosolar.com/>

Resumen de las cinco fuerzas:

Figura 17 Modelo de las cinco fuerzas de Porter en el mercado termosolar



Fuente: adaptación de Porter (1979)

Como consideramos que la implementación de un modelo de optimización de la energía solar en España traería consigo una ventaja competitiva para el país, hemos tenido a bien analizar el sector mediante el diamante de Porter, como hemos señalado en el epígrafe 2. Este modelo se ha aplicado previamente en los trabajos de Porter (1990), Porter y Stern (2001), Weiping y Shubin (2002), Sledge (2005), etc:

- 1) **Condiciones de los factores.** La producción de la electricidad mediante la tecnología termosolar conlleva un proceso industrial, por eso, es necesario disponer de mano de obra cualificada. En este aspecto, España cuenta con un gran número de estudiantes de ingeniería egresados cada año, en el año 2013. Según el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 48.485 estudiantes se graduaron en ingeniería en el año 2013. Además, España cuenta con las empresas líderes en el

desarrollo tecnológico en el campo de la energía termosolar, como es el caso de Abengoa, fue la primera compañía española en el ranking de solicitud de patentes internacionales<sup>32</sup>. Esto aporta un valor añadido de gran relevancia.

- 2) **Condiciones de la demanda.** El consumo de la electricidad producida por las tecnologías solares en España, se fomentaba desde gobierno, ya que tenían asegurada la compra de la electricidad. Con lo que el sector estaba incentivado a invertir en I+D lo que permitió el desarrollo tecnológico de la industria. Lo que generó una demanda interna, incentivando las inversiones nacionales en vez de las extranjeras.
  
- 3) **Industrias de apoyo.** Este es el factor en el que se encuentran más carencias en el sector termosolar. Al ser una tecnología de reciente creación, se están utilizando componentes que no son específicos, por ejemplo las turbinas, y no se optimiza lo suficiente las plantas. Por este motivo, es importante crear una industria de apoyo al sector de la tecnología termosolar. Dado que reportaría beneficios, tanto a la industria como a los clusters que se creen en torno a la misma. Estos cluster se empezaron a desarrollar. Por ejemplo, la empresa asturiana suministradora de espejos Rioglass<sup>33</sup>, ha sido el proveedor de muchas de las plantas termosolares de tecnología cilindroparabólica construidas en España<sup>34</sup>.
  
- 4) **Estrategia.** La competencia entre las empresas ha sido muy intensa, sobre todo al inicio de la regulación. Ya que el Plan de Energías Renovables de 2005 fijó un cupo de 500 MW a cubrir con instalaciones de energía termosolar. Esto atrajo a 3 tipos de competidores que intentaban conseguir el máximo número de MW; tecnólogos, constructores y promotores. Debido a esta rivalidad ferviente entre los competidores, se han dado mejoras en costes y en eficiencias en un periodo muy corto de tiempo. En el Plan de Energías Renovables, se deroga el límite de 500 MW fijándolo en 2.500 MW con lo que la rivalidad interna ha seguido aumentando.

---

<sup>32</sup> <http://www.oepm.es/es/index.html>

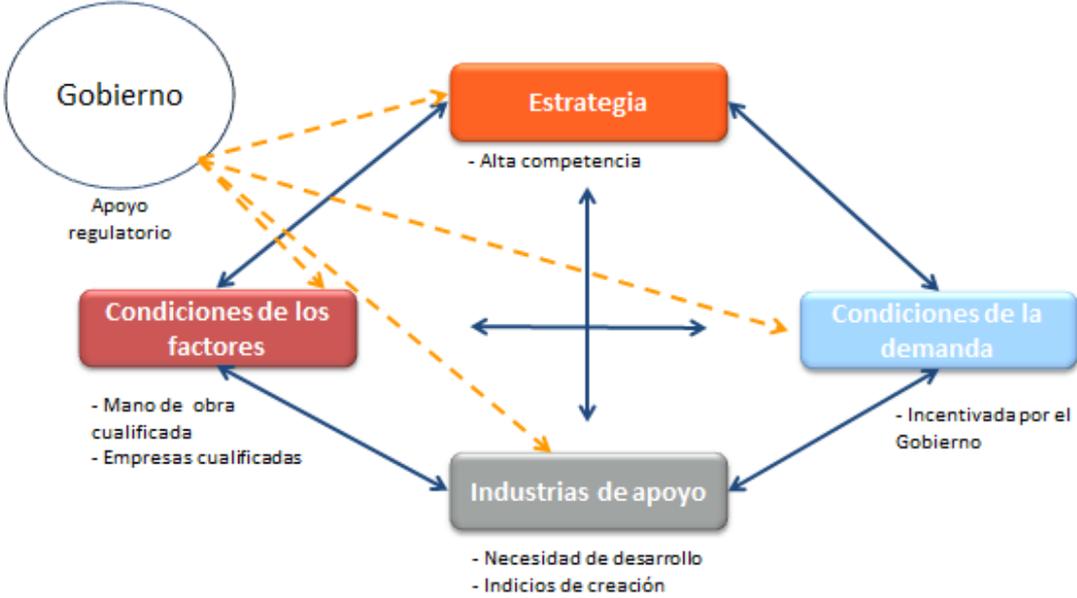
<sup>33</sup> [http://www.rioglassolar.com/v\\_portal/apartados/apartado.asp](http://www.rioglassolar.com/v_portal/apartados/apartado.asp)

<sup>34</sup> <http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/>

El papel que ha desempeñado el Gobierno para el desarrollo de esta industria ha sido fundamental, ya que ha facilitado un clima propicio para que las empresas se vieran incentivadas para investigar, desarrollar y construir plantas termosolares. Con la aprobación del RD 661, el Gobierno estableció una tarifa para la compra de la electricidad generada a partir de fuentes solares, a un precio más elevado que el precio de mercado. Dado que la generación de electricidad mediante estas fuentes, por el momento, tiene unos costes de generación más elevados que las fuentes tradicionales.

Resumen del modelo diamante de Porter:

Figura 18: modelo diamante de Porter en el mercado termosolar



Fuente: adaptación de Porter (1990)

## 6.2 Desarrollo de la industria solar fotovoltaica española

El sector fotovoltaico está caracterizado por una larga cadena de valor debido a las actividades que componen el proceso productivo, que van desde la extracción de la materia prima, silicio, hasta la explotación de la instalación de producción. A día de hoy se conocen diferentes procesos de producción, basados tanto en el polisilicio como en otros materiales. La Figura 19 muestra el proceso más común (Asociación de la Industria Fotovoltaica, 2008)

Figura 19. Cadena de valor de la industria fotovoltaica



Fuente: ASIF (2008)

El proceso se inicia con la extracción de la materia prima, silicio metalúrgico, desde su materia prima, la harina de sílice.

A este material se le somete a un proceso de purificación para obtener silicio metálico que esté dotado de propiedades semiconductoras. El proceso continúa con la producción de lingotes que a posteriori se cortan en capas finas.

El proceso (monocristalino, policristalino) y el tamaño del lingote son factores críticos para determinar la cantidad de energía producida por cada oblea una vez transformada en célula. Una vez cortado el lingote en obleas, estas se someten a varios procesos de tratamiento químico e impresión para transformarlas en células. Un módulo es el resultado de interconectar entre 12 y 60 células y sellarlas entre capas de plástico y cristal protectores para posibilitar su explotación en una instalación solar.

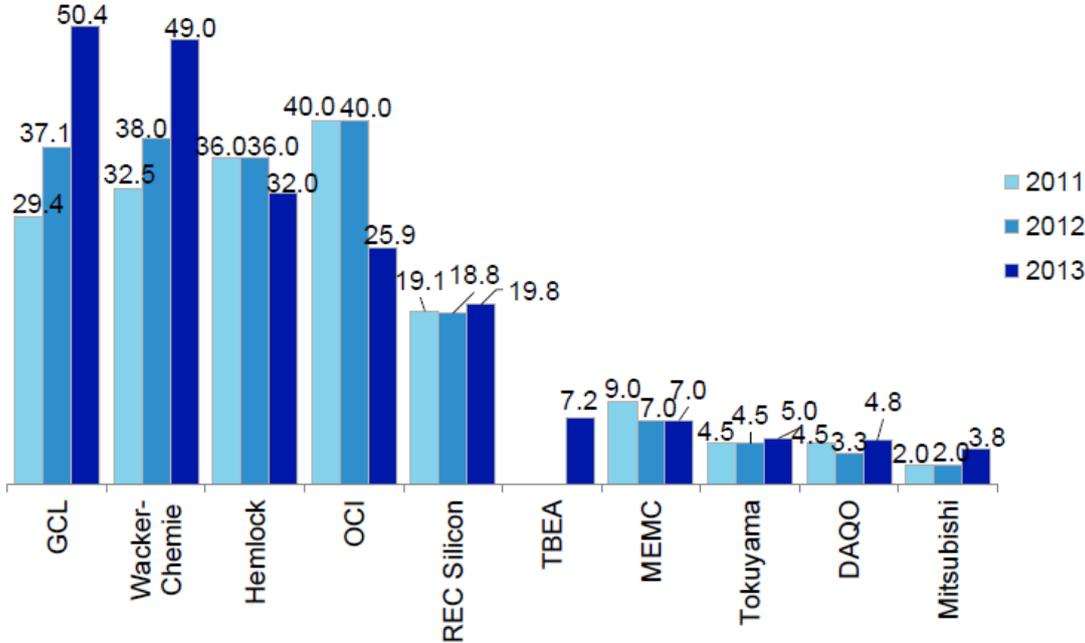
Una instalación solar fotovoltaica se compone de muchos otros elementos además de los módulos. Dichos elementos pueden llegar a constituir hasta un 40% de los costes totales

de la instalación. Entre estos elementos se incluyen componentes como inversores de corriente, estructuras de soporte y otros equipamientos eléctricos para la evacuación de la potencia desde los paneles hasta la interconexión con la red (Castro y Colmenar, 2012).

La industria solar fotovoltaica es una industria global. Actualmente el negocio de fabricación de polisilicio está dominado, en su mayor medida, por grandes grupos empresariales, que además de suministrar al sector fotovoltaico también proveen al sector de semiconductores. La escala mínima eficiente para este negocio se sitúa entre 125 y 250 MWp equivalentes de polisilicio, lo que ha resultado en que, históricamente, la industria de fabricación “aguas abajo” ha estado relativamente desconectada de la de producción de polisilicio, a excepción de los pocos productores que han apostado por integración “aguas abajo”.

El gráfico 16 muestra el ranking de productores de polisilicio en el periodo de 2011 a 2013.

Gráfico 16. Top 10 de productores de polisilicio en los años 2011-2013 (miles de toneladas)



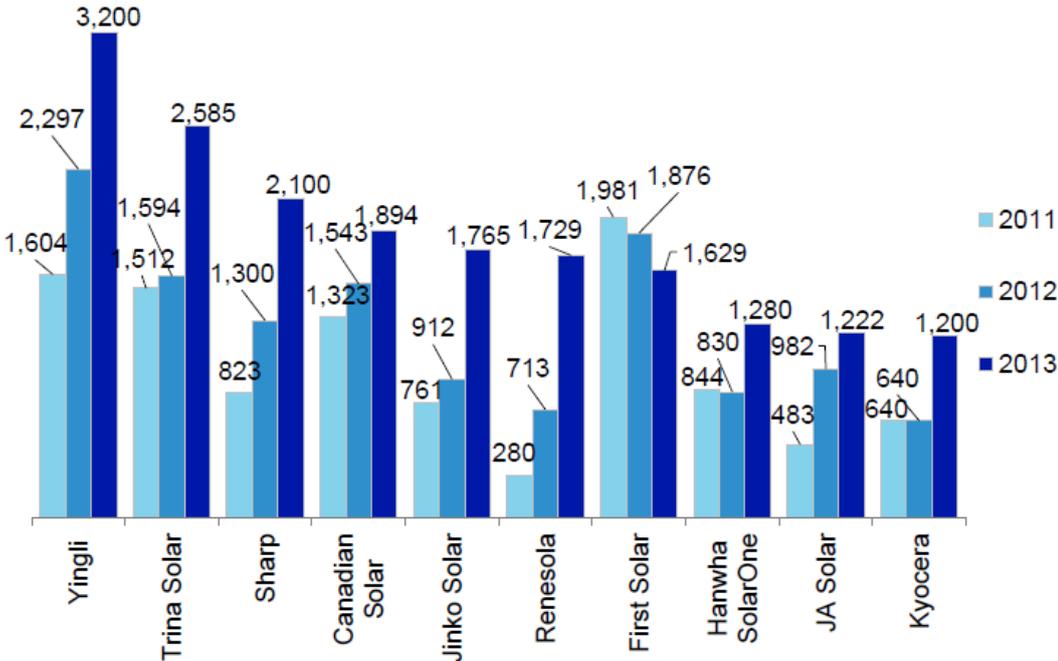
Fuente: PV production 2013 an all-Asian affair, Bloomberg New Energy Finance, 16 abril 2014.

A medida que bajamos por la cadena de valor, la industria del polisilicio se va fragmentando progresivamente. La estructura del mercado de lingotes y obleas está transformándose rápidamente con el crecimiento en las dimensiones de las células. La tendencia hacia células de mayor tamaño y menor espesor implica una creciente necesidad de inversión para adaptar el proceso productivo, lo que llevará a una consolidación del sub-sector en el futuro. El sector de fabricación de células o módulos tampoco ha escapado a los rápidos avances.

El sector de fabricación de células es un sector altamente concentrado, aunque con tendencia a la desconcentración. El motivo es que la escala óptima para la fabricación de células se ha mantenido estable al mismo tiempo que se producía un crecimiento significativo de la demanda.

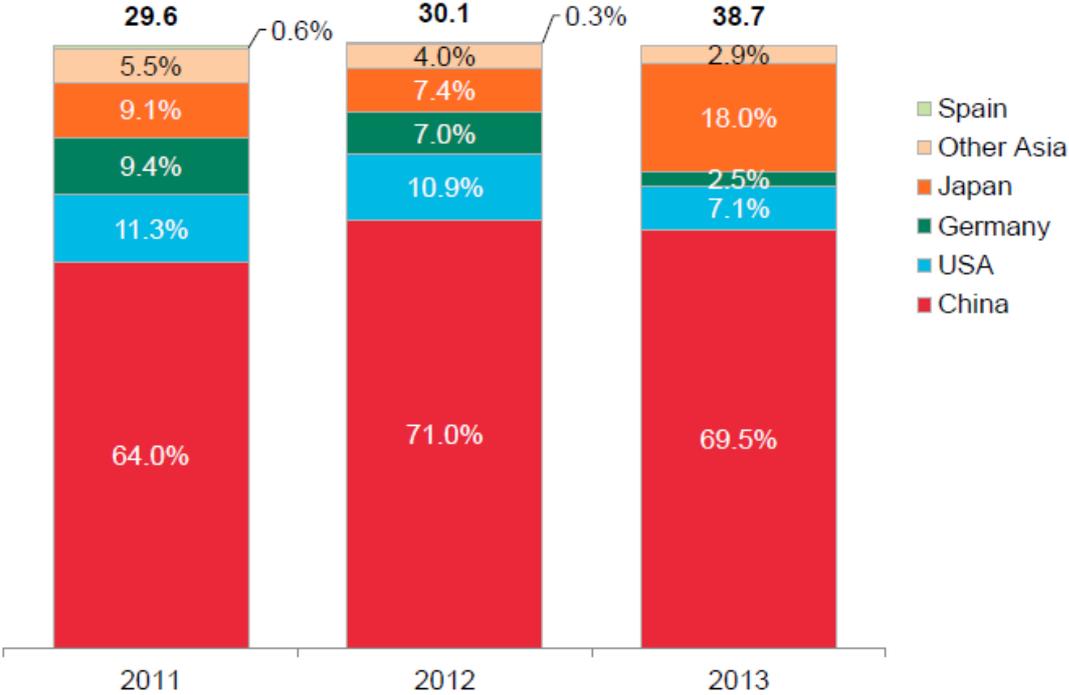
Las instalaciones más avanzadas tienen capacidades de producción que se sitúan como media entre 40 y 60 MWp/año, no obstante, el negocio de fabricación de módulos ha tenido una escala óptima muy inferior, entre 3 y 10 MWp/año. El mercado de los módulos fotovoltaicos está liderado por China tal y como muestran los gráficos 17 y 18

Gráfico 17. Top 10 de productores de módulos en 2011-2013 (MW)



Fuente: PV production 2013 an all-Asian affair, Bloomberg New Energy Finance, 16 abril 2014.

Gráfico 18. Producción de módulos por país 2011-2013 ( % GW)



Fuente: PV production 2013 an all-Asian affair, Bloomberg New Energy Finance, 16 abril 2014.

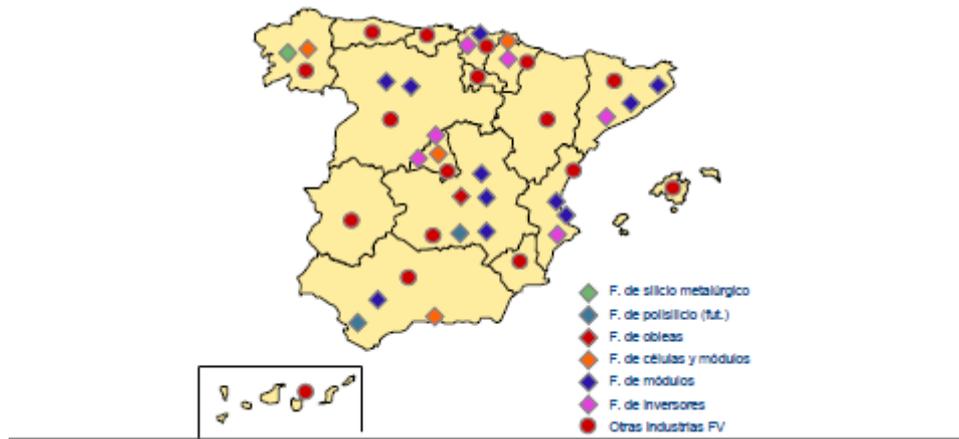
La base industrial local española refleja fielmente esta estructura global. Hasta hoy, las apuestas empresariales en España se han centrado en fabricación de células y módulos, a excepción de Isofoton, empresa que también está activa en la fabricación de obleas (en la actualidad la crisis por la que pasa, puede dar al traste con sus procesos de fabricación).

La industria española está inmersa en un proceso de integración vertical completa, reduciendo la dependencia del exterior a través de nuevos proyectos empresariales enfocados en la producción de silicio.

Esta integración vertical redundará también en una mayor estabilidad de nuestras compañías ante posibles escenarios futuros de precios de polisilicio.

La Figura 20 muestra la actividad empresarial desarrollada en España a fecha de hoy

Figura 20. Fábricas de componentes solares en España



Fuente: ASIF (2012)

### 6.3 Marco regulatorio

Como se ha hecho mención anteriormente, el sector energético depende completamente de las decisiones del regulador. Esta dependencia es mayor aun cuando se trata de las energías renovables, dado que al ser tecnologías nuevas y beneficiosas para todos los habitantes, necesitan un esfuerzo inicial extra.

Por eso es de vital importancia entender los cambios regulatorios que se han sucedido en materia energética en España.

El sector energético español está influido por dos regulaciones; en primer lugar la española, y en segundo por la política comunitaria europea.

#### 6.3.1. Normativa española

El régimen especial viene siendo regulado en España desde 1980, año en el que se promulgó la Ley 82/1980 de Conservación de la energía<sup>35</sup>. Esta Ley fue motivada por la necesidad de hacer frente a la segunda crisis del petróleo, y en ella, se establecían los

<sup>35</sup> [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1981-1898](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1981-1898)

objetivos de mejorar la eficiencia energética de la industria y reducir la dependencia de las importaciones. Dentro de este contexto, la Ley 40/9436 dejó consolidado el concepto de régimen especial como tal.

Basándose en los principios establecidos en la Ley 40/94, se publicó el Real Decreto 2366/1994, de 9 de diciembre, sobre producción eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables.

Se incluyeron en el régimen especial aquellas instalaciones de potencia menor o igual a 100MW incluidas en alguno de los cinco grupos siguientes: instalaciones renovables, de residuos, de biomasa, plantas de cogeneración, plantas que utilizan calor residual y centrales hidráulicas.

Estas instalaciones pueden ceder su energía excedentaria a la empresa distribuidora más cercana que tiene la obligación de adquirirla, siempre que sea técnicamente viable. El precio de venta de esta energía se fija en función de las tarifas eléctricas, dependiendo de la potencia instalada y tipo de instalación, constando de un término de energía además de los complementos correspondientes.

Con la publicación de la Ley 54/93, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, se diferencia los productores de energía eléctrica en régimen ordinario que desarrollan su actividad en el mercado de producción, de los productores acogidos al régimen especial, que deben tener una potencia instalada menor o igual a 50 MW.

Además se incluye en el régimen especial a las instalaciones de tratamiento y reducción de residuos en los sectores agrícola, ganadero y servicios con una potencia instalada de menor o igual a 25 MW.

Se establece para las instalaciones en régimen especial la posibilidad de incorporar su energía excedentaria al sistema, o participar directamente en el mercado de producción. En el primer caso, perciben el precio medio final que pagan los adquirentes, en el mercado organizado, más una prima. En el segundo caso, perciben, aparte de la prima, el precio marginal horario más la remuneración por garantía de potencia y servicios complementarios

---

<sup>36</sup> [http://www.cne.es/cne/doc/legislacion/NE\\_LSE.pdf](http://www.cne.es/cne/doc/legislacion/NE_LSE.pdf)

que les pueda corresponder. Asimismo, se les imputa, en su caso, el coste de los desvíos entre su tecnología casada en el mercado y su producción real.

Se establece un periodo transitorio para que las energías renovables alcancen el 12% de la demanda energética en España en 2010.

El Real Decreto 28/18 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración, establece la regulación concreta de la retribución de la energía vertida en régimen especial ajustándose en los indicado en le Ley 59/27. Dicho RDL establece que las primas deberán ser actualizadas anualmente en función de una serie de parámetros y revisadas cada cuatro años.

El Plan de Fomento de Energías Renovables (PFER) aprobado por el Gobierno el 30 de diciembre de 1999, establece los objetivos de crecimiento necesarios en cada una de las tecnologías consideradas como renovables, para que la producción de estas tecnologías represente el 12% de del consumo español de la energía en 2010.

Dada la nula participación de las instalaciones de régimen especial en el mercado bajo la aplicación del RDL 2818/98, el RDL 6/2000, de 23 de junio, de Medidas urgentes de Intensificación de la Competencia en mercados de Bienes y Servicios, estableció la obligación para las instalaciones de RD 2366/94 con una potencia superior a 50 MW, de participar en el mercado de producción.

Al mismo tiempo, fijó el objetivo de incentivar la participación en el mercado del resto de las instalaciones de régimen especial. También estableció la posibilidad de que estas instalaciones pudieran realizar contratos de venta de energía con comercializadores. Se estableció la cantidad de 0,009015 €/KWh. En concepto de garantía de potencia para aquellas instalaciones de régimen especial que participaran en el mercado.

El Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexiones de instalaciones fotovoltaicas de baja tensión a la red, simplificó las condiciones para la conexión de estas instalaciones a la red. Para el resto de instalaciones de régimen especial, sigue vigente la Orden del Ministerio de Industria y Energía del 5 de septiembre de 1985.

El Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción y adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida, desarrolla en RDL 6/2000, estableciendo la obligatoriedad de participación en el mercado para las instalaciones con potencia superior a 50 MW, que quedan incluidas en el régimen ordinario y se fija un mecanismo de acceso al mismo, tanto para aquellas que quedan obligadas a entrar como las que lo desean hacer voluntariamente.

Se establece un incentivo transitorio para las instalaciones de cogeneración que participan en el mercado. En función de su potencia y valor de la tarifa general del gas natural. Se permite la opción de contratación entre generadores de en régimen especial y comercializadores, percibiendo la prima correspondiente por la energía vendida. Por último, se establece una prima específica para las instalaciones que utilicen únicamente como energía primaria para la generación eléctrica energía solar térmica 12 cent€/KWh.

Con el Real Decreto 436/2004, de 12 marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, se establece un nuevo marco regulatorio para el régimen especial.

El titular de su instalación puede optar por vender su producción o sus excedentes de energía eléctrica al distribuidor, percibiendo por ello una retribución en forma de tarifa regulada, única para todos los periodos de programación, que se define como un porcentaje de la Tarifa Eléctrica Media o de Referencia (TMR) de cada año, o bien por vender dicha producción o excedentes directamente en el mercado diario, o a través de un contrato diario, percibiendo en este caso el precio negociado en el mercado, más un incentivo por participar en él más una prima, si la instalación en concreto tiene derecho a percibirla. Este incentivo y la prima también se definen genéricamente como un porcentaje de la TMR.

La revisión de primas y tarifas se realiza cada 4 años, a partir de 2006 y solo afecta a instalaciones nuevas. Se derogan el Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, y el Real Decreto 2818/98, de 23 de diciembre y se establece un período transitorio para las instalaciones acogidas al RD2366/94 (DT1ª RD436/04) y al RD2818/98 (DT2ª RD436/04), que tienen la

opción de mantenerse en el antiguo régimen económico que les corresponde. Por otra parte se obliga a ciertas instalaciones, a comunicar su programa de producción a la distribuidora correspondiente, pudiendo ser penalizadas cuando su desvío resulta mayor de un margen determinado, a partir del 1 de enero de 2005.

El 26 de agosto de 2005 fue aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros el Plan de Energías Renovables para el período 2005-2010. Las previsiones de la nueva normativa estiman en un 12,1% el consumo de energía primaria que será abastecido en el año 2010 por las energías renovables.

La nueva planificación sustituye al Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010, cuyos resultados han sido insuficientes, pues, a pesar de que en el período 1999-2004 el consumo global de energías renovables ha crecido en España en 2.700.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep o TOE), a finales del año pasado sólo se había cumplido el 28,4 % del incremento global previsto para la presencia de estas fuentes en el sistema energético español.

La Ley 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad, modifica normativa de diversos sectores, entre ellos, el sector energético. En lo relativo al régimen especial, establece que el Gobierno podrá autorizar primas superiores a las previstas para las instalaciones que utilicen como energía primaria, energía solar o biomasa (no entendiendo como biomasa los residuos sólidos urbanos ni los peligrosos).

Asimismo, se podrá determinar una prima que complemente el régimen retributivo de las instalaciones de producción de origen térmico del régimen ordinario cuando, además de utilizar el combustible para el que fueron autorizados, utilicen también biomasa como combustible secundario (co-combustión).

El Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico, modifica el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, con el objeto de racionalizar el incentivo de las cogeneraciones de más de 50 MW y para detallar aspectos del Real Decreto que faciliten la elaboración de la facturación de la energía adquirida y su admisión en el sistema de liquidaciones de actividades y costes regulados.

Modifica el artículo 28 del mismo Real Decreto, indicando que las instalaciones del régimen especial con potencia superior a 10 MW a las que se refiere el apartado 7 deberán estar asociadas a un centro de control, que actuará como interlocutor del operador del sistema.

Se modifica la tarifa de aquellas instalaciones de cogeneración que utilizan como combustible derivados del petróleo acogidas a la DT1<sup>a</sup> y DT2<sup>a</sup> del Real Decreto 436/2004 (Real Decreto 2366/94 y al Real Decreto 2818/94). Además, modifica el Real Decreto 2019/1997, estableciendo que los distribuidores de energía eléctrica deberán presentar ofertas económicas de venta de energía específicas por la parte de energía que estén obligados a adquirir al régimen especial no cubierta mediante sistemas de contratación bilateral con entrega física.

También, se modifica la Orden de 17 de diciembre de 1998, que permite el cobro de garantía de potencia a la producción vinculada a un contrato bilateral, siempre que se acredite la disponibilidad.

En el Real Decreto 1556/2005, de 23 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2006, se establecen las primas y las tarifas del régimen especial así como la Tarifa Eléctrica Media o de referencia.

El documento de Planificación de los Sectores de Electricidad y gas 2002-2011. Revisión 2005-2011, aprobado por el Consejo de Ministros el 31 de marzo de 2006, ha establecido unos objetivos nacionales de potencia instalada para las instalaciones de cogeneración y para las que utilizan las energías renovables, basados en el Plan de Energías Renovables 2005 – 2010 (PER). Cabe destacar el fuerte aumento del objetivo de la energía eólica y energía solar, así como una reducción en el objetivo de potencia instalada de biomasa.

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, obliga a la incorporación de instalaciones solares térmicas en todas las edificaciones donde haya consumo de agua caliente sanitaria, y a la incorporación de paneles solares fotovoltaicos en ciertas edificaciones del sector terciario. Estas medidas afectarán a los nuevos edificios y a aquellos que se rehabiliten en España.

La Resolución de 24 de mayo de 2006, de la Secretaría General de Energía, aprobó el Procedimiento de Operación 14.5, relativo a derechos de cobro y obligaciones de pago por garantía de potencia. En este Procedimiento se establece el criterio para calcular el cobro por garantía de potencia de centrales de energías renovables cuando hayan funcionado menos de 5 años, a partir del 1 de junio de 2006.

En el Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético, se elimina la necesidad de autoconsumo eléctrico de las plantas que utilizan la cogeneración, primando no sólo los excedentes eléctricos, sino toda la electricidad cogenerada, en sintonía con la Directiva 2004/8/CE, relativa al fomento de la cogeneración.

Se establece la posibilidad de que todas estas plantas (no sólo las menores de 10MW) sean retribuidas con el complemento de una prima por encima del precio del mercado durante 10 años desde su puesta en marcha. Se elimina la banda de retribución de las instalaciones de generación que utilizan las energías renovables, entre el 80 y el 90 por 100 de la tarifa eléctrica media.

Se desvincula la variación de las primas del régimen especial de la tarifa eléctrica media o de referencia. Se mantiene el régimen del Real Decreto 2366/1994, en tanto no se realice la revisión del régimen especial.

Finalmente, se ha de señalar que todas estas modificaciones tendrán efecto una vez se apruebe el desarrollo de lo establecido en el citado Real Decreto Ley, que se prevé se realice en el plazo de 6 meses desde la publicación de éste. Se deroga el artículo 8 del Real Decreto 1432/02, donde se establecían los límites de crecimiento de la tarifa eléctrica media o de referencia.

El Real Decreto 809/2006, de 30 de junio revisa la tarifa eléctrica a partir del 1 de julio de 2006, sin que las primas y tarifas del régimen especial se vean afectadas. El 1 de julio de 2006 la Tarifa Eléctrica Media o de referencia se incrementa un 1,38% sobre la tarifa que entró en vigor el 1 de enero de 2006, sin que las primas y tarifas del régimen especial se vean afectadas (Real Decreto 809/2006).

El Real Decreto 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir del 1 de enero de 2007, introduce las siguientes modificaciones:

- Ampliación del plazo de aplicación de la Disposición Transitoria Segunda del Real Decreto 436/2004.
- Se establece un incentivo para las instalaciones del grupo a.1.1 de más de 10 MW y no más de 25 MW definidas en el Real Decreto 436/2004.
- Se amplía plazo para adscripción a centros de control de instalaciones de potencia superior a 10 MW del artículo 28 apartado 7 Real Decreto 436/2004 hasta junio de 2007.
- Se faculta al Ministro de Industria, Turismo y Comercio para desarrollar los sistemas de garantía de origen de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables y de garantía de origen de la electricidad de cogeneración de alta eficiencia, derivados de las Directivas 2001/77/CE y 2004/8/CE.
- El gestor de la red de transporte atendiendo a criterios de seguridad de suministro, podrá establecer límites por zonas territoriales a la capacidad de conexión de las instalaciones de transporte y distribución de las instalaciones de producción de energía eléctrica

El 12 de mayo de 2007 fue publicado en el BOE el Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración. Mediante este Real Decreto se incorpora al derecho español el contenido de la Directiva 2004/8/CE (fomento de la cogeneración) y se desarrolla el artículo 6 de la Ley 24/2005 en lo relativo a la información al consumidor sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente.

El 26 de mayo de 2007 se aprobó el Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Así, se sustituye el Real Decreto 436/2004 y se establece un régimen económico transitorio para las instalaciones pertenecientes a su ámbito de aplicación. Además, el Real Decreto 661/2007 determina una prima para las instalaciones de potencia superior a 50 MW que utilicen energías renovables (con excepción de la hidráulica), las cogeneraciones y las instalaciones de co-combustión de biomasa y/o biogás.

Los cambios más significativos que este Real Decreto plantea frente a la regulación anterior, son los siguientes:

- La retribución del régimen especial no va ligada a la Tarifa Media o de Referencia. La actualización de las tarifas, primas y complementos irá ligada a la evolución de diversos factores (como el IPC o el precio del gas natural).
- Se establece una prima de referencia y unos límites superior e inferior para la generación procedente de renovables que participa en el mercado.
- Se establece un aval que deberán satisfacer las instalaciones de régimen especial al solicitar el acceso a la red de distribución. El aval era ya necesario en el caso de productores que se quieran conectar a red de transporte.
- Los nuevos parques eólicos deberán ser capaces de mantenerse conectados a la red ante una breve caída de tensión en la misma.
- Se permite la hibridación en instalaciones de biomasa y solar termoeléctrica.
- Obligación del régimen especial de potencia instalada superior a 10 MW a conectarse a un centro de control.
- Obligación del régimen especial a tarifa a presentar ofertas en el mercado de producción a precio cero por medio de un representante.
- Derecho del régimen especial a tarifa a que la distribuidora sea su representante para la participación en el mercado hasta el 31/12/2008. Los distribuidores empezarán a cobrar al régimen especial por este servicio un cargo de 0,5 c€/kWh a partir del 1/07/2008.
- Se aplicarán costes de desvíos a las instalaciones en régimen especial a tarifa que deban disponer de equipo de medida horaria.

El 1 de junio de 2007 fue publicada la ORDEN ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia. Según esta Orden, será la CNE el organismo responsable de la expedición y gestión, mediante un sistema de anotaciones en cuenta, de las garantías de origen de la electricidad generada de esta forma.

Se publicó el Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007. Según esta normativa la CNE deberá realizar una propuesta de regulación de condiciones de conexión de las instalaciones de régimen especial a

las redes de transporte y distribución. Además, se establece que, sin perjuicio de la prioridad de evacuación establecida, las instalaciones de régimen especial estarán sujetas, a efectos de restricciones técnicas, al Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico. Por último, según el Real Decreto 871/2007, el Operador del Sistema deberá elaborar una propuesta de revisión de los procedimientos de operación que desarrollen lo establecido en el Real Decreto 661/2007.

En julio de 2007 se publicó la Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. En ella se establece que el Gobierno, podrá determinar una prima para aquellas instalaciones de producción de energía eléctrica de cogeneración o que utilicen como energía primaria, energías renovables no consumibles y no hidráulicas, biomasa, biocarburantes o residuos agrícolas, ganaderos o de servicios, aun cuando la potencia instalada sea superior a 50 MW. Por otra parte, se acuerda modificar el Plan de Fomento de las Energías Renovables, para adecuarlo a los objetivos que ha establecido a este respecto la Unión Europea del 20% para 2020.

El 1 de agosto de 2007 se publicó el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.

En septiembre de 2008 se aprobó el Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para las instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

El citado Real Decreto clasifica las nuevas instalaciones en dos tipologías, según estén ubicadas en cubiertas (tipo I) o en suelo (tipo II). Dentro de las primeras existen dos subtipos: se diferencia aquellas instalaciones con potencia inferior o igual a 20 kW (tipo I.1) de aquellas con potencia superior a 20 kw. (tipo I.2.)

Se establece asimismo, unas convocatorias anuales, con cupos de potencia por tipo y subtipo. Para la primera convocatoria, la tarifa regulada será la siguiente:

Tipo I- Subtipo I.1. : 34 cent€/kWh

Tipo I- Subtipo I.2. : 32 cent€/kWh

Tipo II. : 32 cent€/kWh

En el caso de completar los cupos, en las siguientes convocatorias se reducirán las citadas tarifas de forma paulatina hasta alcanzar una reducción de un 10 % anual.

En 2009 se publicó el Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, donde se establece un registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones del régimen especial, dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La inscripción en el Registro de pre-asignación de retribución será condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Cuando, la potencia asociada a los proyectos inscritos sea superior al objetivo previsto, el régimen económico establecido en el citado Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, será de aplicación y se agotará con dichas instalaciones inscritas. En este caso, mediante acuerdo del Consejo de Ministros, a propuesta del Ministro de Industria, Turismo y Comercio, se podrá establecer restricciones anuales a la ejecución y entrada en operación de las instalaciones inscritas y la priorización de las mismas.

Por otra parte, se aprobó el Real Decreto 1011/2009, de 19 de junio, por el que se regula la Oficina de Cambios de Suministrador. En la citada norma se ha producido una modificación del Real Decreto 1578/2008 que regula la producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica. Según esta modificación, el límite que existía para inscribir proyectos o instalaciones de tipo I (instalaciones sobre tejado), se amplía de los 2 MW fijados hasta 10 MW. Por otra parte, en el citado Real Decreto, se fija como nueva fecha de comienzo de las liquidaciones de prima equivalente de régimen especial por parte de la CNE el día 1 de noviembre de 2009.

En 2009 se publicó la Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.

Por otro lado, se publicó el Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, que modifica los Reales Decretos 661/2007, 1578/2008 y 1110/2007. Esta nueva normativa introduce, entre otros aspectos, una nueva definición de modificación sustancial, el concepto de agrupación de instalaciones, fija nuevos requisitos respecto a adscripciones a centros de control y teledadidas, amplía a las agrupaciones fotovoltaicas la obligación de respuesta frente a huecos de tensión y modifica los requisitos de factor de potencia que deben ser cumplidos por las instalaciones de régimen especial. Asimismo, se reduce la prima en función de su clasificación a las instalaciones fotovoltaicas inscritas en convocatorias posteriores a la segunda de 2011. Se establecen regímenes económicos específicos para instalaciones experimentales e innovadoras de tecnologías eólica y solar termoeléctrica.

Posteriormente se aprobó el Real Decreto 1614/2010, de 7 de diciembre, que modifica determinados aspectos de las instalaciones de tecnología solar termoeléctrica y eólica, fijando un número máximo de horas equivalentes de funcionamiento con derecho a prima en las instalaciones con dichas tecnologías. Asimismo, se establece el paso de las instalaciones termosolares existentes al régimen de venta a tarifa durante un periodo de un año, la obligación de permanencia de las termosolares nuevas en dicho régimen durante su primer año de funcionamiento y la reducción en un 35% de la prima para las instalaciones eólicas acogidas al Real Decreto 661/2007 hasta 2013.

A finales de 2010 se ha publicado el Real Decreto-ley 14/2010, de 24 de diciembre, que establece medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico, modificando determinados aspectos de la ley 54/1997 del Sector Eléctrico, entre los que destaca la introducción del pago de un peaje a los productores tanto de régimen ordinario como de régimen especial. Asimismo, se introduce una limitación de horas equivalentes con derecho a prima para las instalaciones de tecnología fotovoltaica en función de su tecnología y zona climática según lo establecido en el en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Por otra parte, de forma transitoria hasta el 31 de diciembre de 2013, se limita las horas equivalentes con derecho a prima para las instalaciones fotovoltaicas acogidas al régimen económico del Real Decreto 661/2007, en función de su tecnología y con independencia de la zona climática a la que pertenezcan.

Para las mencionadas instalaciones fotovoltaicas acogidas al régimen económico del Real Decreto 661/2007 se amplía durante tres años (de 25 a 28 años) la tarifa establecida para los primeros 25 años de operación.

Más adelante se analizarán los últimos cambios regulatorios y los impactos que estos han tenido

### **6.3.2. Normativa comunitaria**

La apertura a la competencia propuesta en la Directiva Comunitaria 96/92/CE de 1996, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, estableció como objetivo la garantía del suministro respetando el medio ambiente.

En noviembre de 1997, La Comisión Europea adoptó la Comunicación sobre “Energía para el futuro: fuentes de energía renovables - Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios”, en el que se propuso doblar la cuota de participación de las fuentes de energías renovables en el consumo interior bruto de energía de la Unión Europea, marcando un objetivo indicativo del 12% para el año 2010, objetivo que fue transpuesto a nivel nacional en España y recogido en la Ley 54/1997.

La Resolución del Consejo de la UE de 18/12/97 sobre la estrategia comunitaria para promover la cogeneración, estableció el objetivo indicativo de doblar la cuota de la cogeneración referida a la generación bruta total en la UE en su conjunto, desde el 9% en 1997 al 18% en el año 2010.

En el marco del Protocolo de Kioto, adoptado en 1997, la Comunidad Europea se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 8% entre 2008 y 2012 respecto de los niveles de 1990. Este acuerdo comunitario obliga a España a no incrementar sus emisiones de gases de efecto invernadero por encima del 15% en los valores medios de los años 2008-2012 sobre los niveles de 1990.

Asimismo, la Comisión Europea, a través de su Libro Verde de noviembre de 2000, “Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético”, plantea las debilidades estructurales a las que se enfrenta Europa en los próximos años, apostando por objetivos de seguridad en el suministro, objetivos medioambientales, económicos y sociales. Propone el fomento de las energías renovables y de la cogeneración como energías necesarias para lograr el doble objetivo de reducir la dependencia energética y de limitar la emisión de gases de efecto invernadero. Asimismo, se estima que el uso de la cogeneración en el año 2010 podría triplicarse.

La Directiva 2001/77/CE, de 27 septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad, fija la cuota del 22,1% de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables sobre el consumo de electricidad de la Unión Europea en el año 2010 y, a su vez, establece que los Estados Miembros deberán crear mecanismos para garantizar el origen de la electricidad generada a partir de dichas fuentes, antes del 27 de octubre de 2003. Este objetivo del 22,1% a nivel comunitario se traduce en el caso de España en un 29,4%.

En junio de 2003, se publica la Directiva Europea 2003/54/CE relativa al mercado eléctrico interno, cuyo artículo tercero se refiere a la obligatoriedad de aportación de información por parte de los suministradores de electricidad acerca del origen y el impacto ambiental de su producto.

La Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo, establece un régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero con vistas a reducir dichas emisiones en la Comunidad de forma económicamente eficiente.

Con ayuda de este régimen, la Comunidad y los Estados miembros pretenden respetar los compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero contraídos en el marco del Protocolo de Kioto. Las instalaciones que realizan actividades en los sectores de energía, producción y transformación de metales férreos, industrias minerales, fabricación de

pasta de papel, papel y cartón están sujetas obligatoriamente a este sistema de comercio de derechos.

La Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004, relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE, tiene como objetivo establecer un marco común transparente para fomentar y facilitar la instalación de centrales de cogeneración en los lugares donde existe o se prevé una demanda de calor útil.

La Directiva obliga a los Estados miembros a garantizar que el origen de la electricidad producida a partir de la cogeneración de alta eficiencia pueda identificarse según criterios objetivos, transparentes y no discriminatorios establecidos por cada Estado miembro.

En la Comunicación de mayo de 2004 sobre la cuota de las energías renovables en la UE, se manifiesta que la mayoría de los Estados Miembros no van a poder alcanzar sus objetivos nacionales. Se estima que, si la tendencia actual se mantiene, la UE-15 alcanzaría una cuota del 18-19% de energías renovables en el consumo total eléctrico, en lugar del objetivo del 22% en el año 2010 previsto por la Directiva. Sin embargo, el análisis muestra que hay cuatro Estados Miembros que están en vías de lograr sus objetivos nacionales: Alemania, Dinamarca, España y Finlandia.

La Comunicación de la Comisión sobre el apoyo de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables COM (2005) 627 –final, evalúa la aplicación de la Directiva 2001/77/CE en los distintos Estados Miembros, concluyendo que no considera adecuado presentar un sistema europeo armonizado en esta etapa. Sí considera adecuado un enfoque coordinado para los sistemas de apoyo basado en la cooperación entre países y la optimización del impacto de los sistemas nacionales. Se determina que los sistemas más eficaces en el caso de la energía eólica son actualmente los sistemas de tarifas reguladas de Alemania, España y Dinamarca (feed in tariffs).

Comunicación de la Comisión, de 7 de diciembre de 2005, «Plan de acción sobre la biomasa». La presente Comunicación presenta una serie de medidas comunitarias con las que se pretende aumentar la demanda de biomasa, reforzar la oferta, eliminar los obstáculos técnicos y desarrollar la investigación.

El 21 de diciembre de 2006 se aprobó la Decisión de la Comisión por la que se establecen valores de referencia armonizados para la producción por separado de electricidad y calor, de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y el Consejo.

El 10 de enero de 2007, la cumbre de la Comisión Europea presentó una Propuesta de Guía a largo plazo de la energía renovable (COM(2006) 848 final), proponiendo alcanzar de aquí a 2020 un objetivo general vinculante del 20% de energías renovables sobre el consumo de energía primaria y un objetivo mínimo vinculante del 10% para los biocarburantes empleados en el sector del transporte en la UE.

En esa misma fecha, 10 de enero, se aprobó la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo (COM(2006) 849 final), acerca de la Acción de seguimiento del Libro Verde – Informe sobre el progreso de la electricidad renovable.

Es esta Comunicación se clasifica a los Estados Miembros en cuanto a la penetración de energías renovables en el mercado y las políticas aplicadas en este sentido. España se encuentra situada entre los 9 países que están teniendo una “buena actuación”. Textualmente, la Comunicación dice de España: “Fuerte aumento de la penetración de la electricidad basada en fuentes de energía renovables debido principalmente al crecimiento de la energía eólica. España es el segundo productor mundial de energía eólica y pone en práctica un acertado planteamiento de incorporación a la red de elevados niveles de capacidad eólica intermitente. Sin embargo, el fuerte aumento del consumo de electricidad eclipsa el impresionante nivel de despliegue de las fuentes de energía renovables”.

El 9 de marzo de 2007 el Consejo Europeo de Primavera, con el apoyo del Parlamento Europeo y de los Estados Miembros, acordó establecer un objetivo vinculante para que el 20% de su consumo energético de 2020 proceda de fuentes renovables, teniendo en cuenta la situación específica de cada Estado Miembro. También adoptó el compromiso de reducir al menos un 20% sus emisiones de gases de efecto invernadero en 2020 respecto a las de 1990, lograr un ahorro energético en ese año del 20% y que los biocombustibles alcancen el 10% en el conjunto de los combustibles (gasóleo y gasolina) de transporte consumidos en la UE.

## **7. ESTUDIO EMPÍRICO: Evaluación de la evolución e innovación de la energía solar en el sistema energético español**

En un mercado, en el que las necesidades energéticas van a continuar aumentando año a año (International Energy Agency, 2013) y cada vez más globalizado, la importancia del concepto de desarrollar un sistema de optimización de la energía solar adquiere cada vez más importancia, el cual tiende a estar más relacionado con los sistemas de innovación nacional, en los que se incluyen los diferentes agentes que participan; el Estado, productores, consumidores, competidores, universidades, etc.

En el caso de España, se decidió apostar por la innovación de la tecnología termosolar, ya que debido a los bajos precios de la tecnología fotovoltaica traídos desde China, es prácticamente imposible obtener una ventaja competitiva.

Según Cohen & Levinthal (1990), las empresas aumentan la capacidad innovadora mediante las redes de innovación en las que fijar vínculos con socios innovadores resulta ser tan importante como la propiedad del conocimiento. Aunque, la inversión en I+D realizada por las empresas se mantiene en un primer nivel por la importancia de la capacidad de absorción.

Lundvall (1985) entendió la innovación como un proceso social en el que diversas interacciones entre distintas partes se interrelacionaban entre sí. Para crear un sistema de innovación consistente es necesario fomentar la adquisición de conocimiento, para eso se necesita fijar normas y valores, que faciliten el flujo y la distribución del conocimiento.

Por consiguiente, la innovación surge mediante un proceso de desarrollo y aprendizaje más allá de los límites de las empresas. La innovación puede aparecer desde el desarrollo tecnológico y científico, hasta de la idea de un niño<sup>37</sup>.

Los gobiernos intentan estimular los sistemas de innovación nacionales mediante el desarrollo de políticas favorables al mismo (Lundvall, 1992; Nelson, 1997). Para los gobiernos, la creación y sostenibilidad de un sistema de innovación garantizar un flujo

---

<sup>37</sup> Diario ABC 23/08/2011: “Un niño de 13 años puede revolucionar la energía solar. El adolescente ha aplicado un famoso modelo matemático del siglo XIII y se ha inspirado en la disposición de las hojas de los árboles para cambiar la orientación de las células fotovoltaicas” <http://www.abc.es/20110823/ciencia/abci-nino-anos-puede-revolucionar-201108230749.html>

continuo de ideas y facilitar los vínculos que permitan un entorno de interactivo. Si a esto se le une la necesidad de los gobiernos a crear un sistema energético eficiente y sostenible, parece evidente que la innovación de la tecnología solar es necesaria para España.

Este escenario podría basarse en la relación productor – consumidor pero también puede ser compartido por potenciales competidores o entre entidades que generan conocimiento (investigadores-empresas) y aquellos que lo adoptan (las empresas). Cuando la industria, centros de investigación y el gobierno trabajan conjunta y eficientemente como un único sistema se le denomina triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

Para satisfacer esta necesidad, el gobierno español publicó en 2007 el primer Real Decreto (661) para poder satisfacer los retos planteados desde la Comisión Europea de producir en 2020 el 20% de la generación eléctrica mediante fuentes renovables. Esta iniciativa ha conseguido que se desarrollara un sistema de innovación de la tecnología termosolar que involucró a todos los agentes del sistema nacional de innovación hasta convertir a España en el líder mundial de desarrollo de esta tecnología.

De entre los factores que representan debilidades de nuestro sistema de innovación se propone analizar la relación del gobierno – empresa, ya que a pesar de los logros obtenidos gracias al RD 661 no han surgido proyectos de colaboración conjunta entre el gobierno y las empresas.

La capacidad de evolucionar de las empresas generadoras de tecnología termosolar, depende en gran medida de la capacidad innovadora de la economía española y de la normativa regulatoria promulgada por el gobierno para atraer la inversión tanto en I+D+i como de capital de multinacionales nacionales y extranjeras.

Para ello se realizará un estudio en profundidad tanto de la normativa actual en materia energética, como de la evolución que ha sufrido en los últimos años, de la tendencia que ha experimentado el sector y se utilizará el protocolo normalizado de *responsible partnering* propuesto por EIRMA (European Industrial Research Management Association) en 2009 para estimar la evolución de la innovación en el sector de la tecnología solar en España.

## **7.1 Metodología del estudio**

El constante cambio al que está sometido el ámbito empresarial, hace que tiendan a plantearse soluciones y teorías diferentes a las tradicionales, lo que estimula a la ciencia de la Economía de la Empresa hacia la búsqueda continua de nuevos modelos que encajen mejor a las nuevas realidades objeto de estudio de esta ciencia (Applegate, 1994).

La creación de nuevos modelos explicativos que sean radicalmente diferentes a los utilizados actualmente no siempre puede realizarse a través del empleo de metodologías tradicionales basadas en el planteamiento y contraste de las hipótesis, sobre la base de un marco teórico existente validado y vigente. Esto provoca que emanen nuevas metodologías que permiten crear nuevas teorías (Arias, 2003).

De este modo, el estudio de casos es un método de investigación válido para analizar una forma organizativa del sector eléctrico español que permita la introducción y desarrollo de la tecnología termosolar, de tal forma, que permita satisfacer las necesidades tanto de la sociedad como a las empresas que la desarrollan.

Esta herramienta analítica es extremadamente útil cuando el objeto de estudio no puede ser analizado de forma independiente respecto a su contexto, esto es, cuando se deben tener en cuenta un gran número de elementos y se requiere un elevado número de observaciones (Johnston et al., 1999). Es decir, cuando queremos comprender un fenómeno real considerando todas y cada una de las variables que tienen relevancia en él (McCutcheon y Meredith, 1993), como es el caso que objeto de la presente investigación.

### **7.1.1. Teoría fundamentada**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha optado por utilizar una metodología deductiva basada en la observación de la realidad con el objetivo de obtener un consenso generalizado que permitiese generar un modelo que facilite el desarrollo de la tecnología termosolar en España.

La metodología cualitativa que hemos seleccionado ha sido la Teoría Fundamentada (Grounded Theory), por ser un método de investigación ampliamente aplicado y validado en diversos campos de la investigación en las ciencias sociales, como son la Economía y otros relacionados con la conducta humana en diferentes organizaciones, grupos y otras configuraciones sociales.

Según Glaser y Strauss (1967) la Teoría Fundamentada (Grounded Theory) es un método de investigación en el que desde los datos surge la teoría. Es una metodología que permite identificar aquellos aspectos que son relevantes de una determinada área de estudio pudiendo extraer los procesos sociales básicos (Strauss y Corbin, 1990).

Con el uso de la Teoría Fundamentada, a través de diversos procedimientos, se genera una teoría explicativa de un determinado fenómeno estudiado mediante la inducción. Por esta razón, los conceptos y las relaciones entre los datos son producidos y examinados continuamente hasta la conclusión de la investigación.

Strauss y Corbin (1990) la consideran una metodología rigurosa para la investigación científica si se utiliza adecuadamente. Glaser (1992) asegura que la Teoría Fundamentada es útil para realizar investigaciones en campos relacionados con la conducta humana dentro de diferentes organizaciones, grupos y otras configuraciones sociales. Ya que el campo para la creación de un sistema de optimización de la energía solar es un proceso que se puede considerar como social, podemos afirmar que esta metodología puede aplicarse al estudio del mismo.

A pesar de que esta metodología se ha aplicado en estudios de índole sociológico, podemos encontrar diversos trabajos relacionados con otras áreas de conocimiento que la han aplicado. A modo de ejemplo, podemos encontrar aplicaciones sobre la innovación (Lowe,

1995), la gestión empresarial (Henwood y Pidgeon, 1995), la gestión turística y hotelera (Connell y Lowe, 1997), las fusiones de empresas (Lowe, 1998), la gestión directiva (Partington, 2000), la investigación en dirección de empresas (Locke, 2001), la creación de empresas (Douglas, 2004a, 2004b) o los sistemas de información (Goldkuhl, 2004; Bermejo Ruiz, 2012 ), por citar algunas aplicaciones.

En España podemos observar un creciente interés por el uso de esta metodología en diferentes áreas de trabajo; entre ellas podemos destacar: estudios sobre la innovación (Carrero, 1998; Orengo, 1999; Caro, 2001, Bermejo Ruiz, 2012); sociología (Quesada, 2001; Massot, 2001; Barrón, 2000); creación de empresas (Cuñat, 2005a, 2005b; b, 2006).

La aportación más reseñable de la Teoría Fundamentada hace referencia a su poder explicativo en relación a las diferentes conductas humanas dentro de un determinado campo de estudio.

El poder extraer modelos desde los datos obtenidos, pero no de los datos en sí mismos, convierten a esta teoría una metodología apropiada para conocer un determinado fenómeno social. Strauss y Corbin (1990) afirman que mediante la Teoría Fundamentada se puede llegar a profundizar en un fenómeno porque permite un mejor entendimiento de él. Aseguran que el aspecto cualitativo de esta metodología favorece el desarrollo de respuestas a fenómenos sociales respecto a lo que está ocurriendo y por qué.

En función de estos criterios hemos procedido a aplicar la Teoría Fundamentada a nuestra investigación mediante la observación del Sistema Energético español y su comportamiento. Hemos estudiado la legislación que tiene un impacto directo en este ámbito lo que nos ha permitido identificar una serie de incongruencias normativas, y por último, hemos realizado entrevistas en profundidad a expertos de dilatada experiencia en esta materia.

En relación con lo anterior, la Teoría Fundamentada encaja a la perfección con el objeto de la investigación propuesto, ya que el objetivo de esta tesis no es generar un método hipotético-deductivo, ya que lo que se pretende es indicar cuál sería la mejor manera de potenciar la tecnología solar en España.

### 7.1.2. Método Delphi

En el estudio del caso propuesto se pretenden identificar algunos patrones para la promoción de la tecnología solar en el sistema eléctrico español.

Como se ha indicado entre los promotores identificados, se ha considerado como el más adecuado por las características del sector energético español y el tejido empresarial el partenariado público – privado y su adecuación a modelo normalizado de responsable partnering de EIRMA (2009).

El estudio que se ha elegido es el de múltiples casos, puesto que es el que más se ajusta al modelo que se propone y se defiende. La razón principal para elegir un estudio formado por más de un caso, además de para poder reforzar su validez interna, se encuentra en la llamada replicación teórica, aspecto fundamental como mecanismo de validez externa, conociendo la opinión de los agentes que intervienen en el mismo.

Se han elegido seis casos. Autores como Eisenhardt (1989) confirman la adecuación de esta cifra al indicar que, en cualquier contexto, se considera recomendable utilizar un número de casos que no sea inferior a cuatro ni superior a diez.

A continuación se expone una breve descripción de los casos seleccionados para el estudio, además de un breve resumen de la dilatada experiencia profesional de los expertos con quienes se han mantenido las entrevistas en profundidad para la realización del método Delphi.

Tabla 4. Descripción D. Felipe Benjumea Llorente

<b>Entrevistado</b>	D. Felipe Benjumea Llorente
<b>Entidad</b>	Abengoa
<b>Actividad</b>	Abengoa (MCE: ABG.B/P SM /NASDAQ: ABGB) aplica soluciones tecnológicas innovadoras para el desarrollo sostenible en los sectores de energía y medioambiente, generando electricidad a partir de recursos renovables, transformando biomasa en biocombustibles o produciendo agua potable a partir del agua de mar

<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Presidente ejecutivo de Abengoa, de la Fundación Focus-Abengoa y del Consejo de Cooperación Universidad – Sociedad de la Universidad Loyola Andalucía y del Consejo Asesor de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación y Ciencia. Patrono de la Fundación Consejo España – Estados Unidos, Patronato de la Universidad Pontificia de Salamanca, Fundación CEDE (Confederación Española de Directivos y Ejecutivos), Fundación Escuelas Profesionales de la Sagrada Familia y Fundación Universidad Loyola Andalucía. Ha formado parte de los Consejos de Administración de Sociedad General de Cablevisión (1993-1996), de La Papelera Española (1987-1995), de Thyssen Industrie (1989-1993), de Hispano Inmobiliaria de Gestión (1989-1998), del Banco Santander Central Hispano (1990-2002), del Consejo de Iberia (2007-2010), de la Compañía Operadora del Mercado Español de la Electricidad (OMEL) (1998-2011), Garanair (2011) y Consejero de Iberia, LAE, Sociedad Anónima Operadora (2011-2012).</p>
---------------------------------	---

Tabla 5. Descripción Dr. José Domínguez Abascal

<b>Entrevistado</b>	Dr. José Domínguez Abascal
<b>Entidad</b>	Universidad de Sevilla
<b>Actividad</b>	Institución académica representativa del sector energético
<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Doctor Ingeniero Industrial (1977) por la Universidad de Sevilla. Becario postdoctoral Fulbright (1978) en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) e investigador asociado en esta misma institución (1979). Ha sido vicerrector de la Universidad de Sevilla (1990-1992) y director de su Escuela de Ingenieros (1993-1998). Premio Nacional de Investigación en Ingeniería “Leonardo Torres Quevedo” en 2004 y Premio Nacional de Restauración de Bienes Culturales en 2006. Universidad Loyola Andalucía.</p>

Tabla 6. Descripción D. Armando Zuluaga Zilbermann

<b>Entrevistado</b>	D. Armando Zuluaga Zilbermann
<b>Entidad</b>	Abengoa Solar
<b>Actividad</b>	Abengoa Solar desarrolla y aplica tecnologías solares de generación eléctrica a partir del sol, luchando contra el cambio climático, y contribuyendo al progreso de las comunidades en las que está presente, mediante tecnología termosolar principalmente, y fotovoltaica
<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Armando Zuluaga Zilbermann es consejero delegado de Abengoa Solar desde enero de 2014. Licenciado en Derecho por la Universidad de Granada, cuenta con un Máster en Derecho de la Unión Europea por la Universidad Carlos III de Madrid, y un EXECUTIVE MBA por la Escuela de Negocios San Telmo.</p> <p>Ha sido director general de Abengoa Solar en Estados Unidos (2012-2014), y con anterioridad fue vicesecretario general de Abengoa y secretario general de Abengoa Solar (2009-12), y director de la asesoría jurídica de Abengoa (2007-09).</p>

Tabla 7. Descripción Dr. Luis Crespo Rodríguez

<b>Entrevistado</b>	Dr. Luis Crespo Rodríguez
<b>Entidad</b>	Protermosolar/Estela
<b>Actividad</b>	Asociación de defensa de tecnología termosolar
<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Comenzó su actividad profesional en 1975 en la división Espacio de CASA, fundando el departamento de Energía Solar. En Interatom/Siemens (Alemania) participó en el diseño y posterior construcción del proyecto CRS de la AIE en Almería. En ASINEL llevó la dirección técnica de los proyectos hispano alemanes GAST (Central Solar de torre refrigerada con aire) y AWEC-60 (Aerogenerador de 1 MW). Posteriormente fue</p>

	<p>nombrado director del Instituto de Energías Renovables del CIEMAT promoviendo y dirigiendo proyectos de I+D en todas las formas de aprovechamiento de las E.R. en marcos nacionales e internacionales</p> <p>En 1990 dio un giro a su trayectoria hacia la gestión de la tecnología, primero desde una subdirección general del CDTI y posteriormente como D.G. de AENTEC. En 1992 es nombrado director de una Sociedad de capital riesgo privada orientada al desarrollo regional promoviendo 50 empresas, con un resultado global positivo de sus inversiones.</p> <p>En 2008 retorna de nuevo al sector de las E.R. asumiendo Secretaría General de PROTERMOSOLAR y, hasta junio de 2010, la Dirección del CTAER de Andalucía para su lanzamiento. Desde 2011 es a su vez presidente de ESTELA.</p> <p>Es también Profesor Asociado en la UPM en cursos y másteres relacionados con Energía y con Gestión de Empresas.</p>
--	--

Tabla 8. Descripción Dr. Eduardo Zarza Moya

<b>Entrevistado</b>	Dr. Eduardo Zarza Moya
<b>Entidad</b>	Plataforma Solar Almería
<b>Actividad</b>	Desarrollo de I+D de tecnología termosolar.
<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Ingeniero industrial y doctor en ingeniería industrial por la universidad de Sevilla. Actualmente trabaja en la Plataforma Solar de Almería, como responsable del área de I+D de sistemas de concentración solar, a cargo de 31 científicos.</p> <p>Ha trabajado durante los 28 últimos años en sistemas de concentración solar. Ha sido el director de proyectos de I+D, a nivel nacional e internacional, relacionados con la tecnología de concentración cilindro parabólica. Sus áreas específicas en el I+D son; la desalación de agua solar, colectores cilindro parabólicos y generación directa de vapor.</p> <p>Ha escrito 4 libros y más de 45 procedimientos internacionales relacionados con la energía solar. Es el principal revisor de varias revistas científicas y publicaciones (Solar Energy, SME</p>

	<p>Journal of Solar Energy Engineering, Applied Thermal Engineering, ENERGY - The International Journal y Chemical Engineering and Processing, y otras).</p> <p>Es miembro de AENOR para el desarrollo de una norma internacional de la tecnología termosolar.</p>
--	--

Tabla 9. Descripción D. José Alberto Saavedra

<b>Entrevistado</b>	D. José Alberto Saavedra
<b>Entidad</b>	National Renewable Energy Laboratory (NREL)
<b>Actividad</b>	Principal laboratorio de energías renovables dependiente de departamento de energía (DOE) de Estados Unidos
<b>Experiencia en el sector</b>	<p>Ingeniero industrial por la universidad de Badajoz.</p> <p>Ha basado toda su experiencia en el sector energético. Sus tres primeros años los pasó en Endesa dando apoyo a nuevas centrales eléctricas y a nuevas centrales fotovoltaicas.</p> <p>Los siete años siguientes los dedico al desarrollo de negocio de plantas termosolares en España, consiguiendo obtener cuatro plantas en Cáceres.</p> <p>Los dos últimos años los ha pasado en NREL como responsable del área de investigación de la tecnología termosolar.</p>

El método utilizado en el proceso de recogida de información se ha basado en la utilización de diversas fuentes de evidencia. La metodología que se ha aplicado es la denominada por Campbell y Fiske (1959), triangulación. Consiste en recoger e integrar la evidencia relativa a cada caso a partir de una variedad de métodos y fuentes de información complementarias, combinando metodologías para analizar un mismo fenómeno (Maxwell, 1998; Stake, 1994).

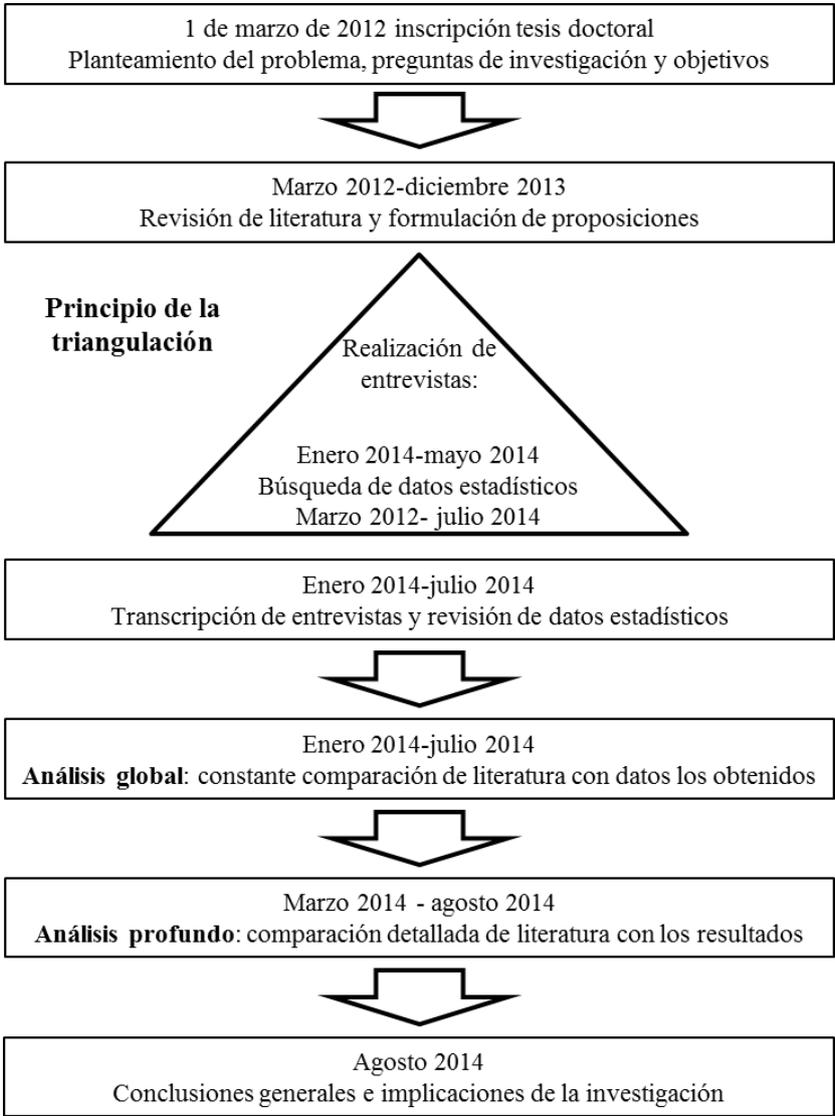
Los datos se han obtenido mediante entrevistas personales y por vía telefónica en profundidad, realizadas secuencialmente entre enero de 2014 y junio de 2014, con directivos

con una dilatada experiencia y gran prestigio profesional, y por tanto, expertos en la materia propuesta.

### 7.1.3. Cronología del análisis

La cronología del análisis desarrollado para la presente investigación queda reflejada en la siguiente figura:

Figura 21. Cronología del análisis



Fuente: elaboración propia.

#### **7.1.4. Herramienta de análisis DAFO**

Se decidió utilizar un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) como herramienta de análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del método Delphi.

Este análisis se aplica en los estudios prospectivos sobre dinámicas sociales participativas. Desde 1994 se está adoptando en Europa por grupos cada vez más numerosos con aplicaciones en muy diversos ámbitos sociales y económicos. Esta técnica alcanza en los últimos años una gran relevancia en la planificación estratégica y en el diagnóstico de necesidades. Esta metodología es útil cuando se pretende impulsar transformaciones estructurales y dinamizar el cambio, elaborar proyectos de acción, así como crear redes de colaboración (Colás y De Pablos, 2004).

La técnica DAFO metodológicamente se desarrolla en base a cuestiones que se plantean a grupos de expertos con el propósito de que diagnostiquen la situación presente, proyecten situaciones futuras y prevean acciones posibles considerando los condicionantes tanto en positivo como en negativo que rodea la temática a abordar. Tradicionalmente se concreta en preguntas que corresponden a criterios internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas).

Mintzberg et al. (1998) y Mintzberg y Lampel (1999) analizaron los distintos enfoques de desarrollo estratégico. De sus estudios identificaron nueve escuelas de pensamiento agrupadas en dos tipos.

- Prospectivas, en la que las asunciones normativas derivan de un planteamiento en el que el entorno es relativamente constante y el reto para el desarrollo estratégico es ajustarse al mismo. De este modo, los autores identificaron tres escuelas con estos criterios:
  - Escuela de diseño
  - Escuela de planificación
  - Escuela de posicionamiento

- Descriptivas, en las que el enfoque se deriva de descubrimientos empíricos o métodos o perspectivas disciplinarias. Conforme a estos criterios los autores identificaron seis tipos de escuelas.
  - Escuela del emprendimiento
  - Escuela cognitiva
  - Escuela del aprendizaje
  - Escuela cultural
  - Escuela política
  - Escuela ambiental

Para el objeto de nuestra investigación el planteamiento que más adecúa es el correspondiente al enfoque prospectivo.

El análisis DAFO denominado por Mintzberg et al. (1998) “modelo de la escuela de diseño” surgió de las obras de Philip Selznick (1957), Alfred Chandler (1962) y el grupo de Harvard Business School (Learned et al. 1965), entre otros. Este modelo se basa, por una parte, en una evaluación interna de las competencias, fortalezas y debilidades de la organización, y por otra, de una valoración del entorno exterior para determinar las oportunidades y las amenazas basadas en los cambios competitivos, económicos, sociales, del mercado o gubernativos. En este planteamiento las creencias y preferencias de los responsables, así como sus preferencias éticas, determinan el enfoque estratégico a seguir.

Una evolución de este modelo fue propuesta por Ansoff (1965) combinando el análisis DAFO con técnicas de presupuestación y planes operativos en los distintos niveles de las organizaciones, resultando la escuela de planificación, analizada por Mintzberg (1994). Este enfoque ha sido intensamente utilizado en el mundo empresarial durante la década de los setenta.

Con posterioridad, Porter (1980, 1991) centró el análisis en las fuerzas externas y la naturaleza del cambio de los competidores dentro del sector al que la organización perteneciese. Este modelo, conocido comúnmente como de las “Cinco Fuerzas” pertenece a la escuela del posicionamiento. El análisis propuesto por Porter consiste en determinar e identificar:

- La rivalidad interna entre los competidores existentes en la industria
- La amenaza de nuevos competidores
- El poder de negociación de los proveedores
- La capacidad negociadora de los clientes
- La amenaza de productos sustitutivos

Las empresas han de elegir entre las estrategias genéricas posibles para lograr ser un proveedor “low-cost” (de bajo coste), diferenciar su producto haciendo que sea único, alcanzar una elevada fidelización de sus clientes y focalizarse en mercados nicho.

El enfoque de Porter se ha desarrollado posteriormente por Hamel y Prahalad (1993, 1994) centrando el análisis en la industria como clave estratégica, enfatizándolo en las capacidades dinámicas. Conforme a este planteamiento el origen de las ventajas competitivas se encuentran en las competencias esenciales de la organización, siendo la gestión estratégica un proceso colectivo de aprendizaje que ayuda a desarrollar y explotar competencias diferenciadoras difíciles de imitar por los competidores.

Este planteamiento se ha reafirmado por otros autores como D’Aveni (1994), Brown y Eisenhardt (1998) y Galbraith y Lawler (1998), quienes han destacado la necesidad de desarrollar un diseño organizativo que favorezca el desarrollo flexible y la recombinación de estas capacidades.

Por tanto, la evolución a lo largo del tiempo del análisis DAFO hasta llegar al concepto de las capacidades dinámicas, nos permite garantizar su adecuación al propósito de nuestro análisis, tal y como se mostrará posteriormente en los epígrafes de resultados y conclusiones.

### **7.1.5. Cuestionario**

Para poder realizar las entrevistas se desarrollaron dos cuestionarios<sup>38</sup>; el primero sobre la evolución e impactos que ha tenido la energía solar en España, resaltando en mayor medida el papel jugado por la tecnología termosolar, con el título “Impacto y evolución de la energía solar en España. Dado que sobre esta materia no hay demasiados trabajos realizados,

---

<sup>38</sup> Ver anexo I

desarrollamos un cuestionario completamente novedoso, teniendo en cuenta la documentación revisada del sector y las recomendaciones de los profesionales expertos que han colaborado en esta investigación, que se ajustara a las necesidades de este trabajo. Dos de los expertos, me ayudaron a matizar el cuestionario, eliminando, añadiendo o matizando preguntas. El segundo cuestionario, también de elaboración propia, lo realizamos en base a lo establecido en el protocolo de Responsible Partnering de EIRMA. Se ha titulado el cuestionario como “Relevancia del fomento de la innovación en la energía solar”.

El fin de estos cuestionarios era indagar y conocer en profundidad el impacto que ha supuesto la introducción y desarrollo de la tecnología solar en España, en varios ámbitos de la economía, intentando relacionar la evolución que ha tenido la tecnología con el marco regulatorio del país, la posición de liderazgo mundial de las empresas tecnológicas de este sector en el mundo y las estrategias de investigación y desarrollo que han seguido las empresas para conseguir desarrollar esta tecnología, y por ende este mercado.

Se decidió realizar un cuestionario extenso y con preguntas abiertas debido a que el sector solar en España ha estado sometido a cambios regulatorios constantes, por lo que se ha considerado que sería más útil realizar preguntas abiertas para poder extraer conclusiones.

El cuestionario “Impacto y evolución de la energía solar en España” se estructuró en siete apartados con el fin de una visión completa de la influencia de la energía solar en España.

En el apartado 2, las preguntas se enfocaron de tal modo que se permitiera conocer la evolución que ha tenido la introducción de la energía solar en el mercado eléctrico español y el papel que ha jugado el marco regulatorio en el desarrollo de la tecnología. Se decidió darle un enfoque partiendo de una visión general del mercado eléctrico a hacer preguntas más concretas sobre cambios regulatorios, ya que se considera que para el desarrollo inicial de una tecnología de generación eléctrica renovable, es necesario que haya políticas que fomenten dichas energías, por no poder competir en un principio con fuentes de generación eléctrica tradicionales.

En el apartado 3, se ha intentado mostrar la situación actual de la energía termosolar y fotovoltaica en España. Para ello se ha hecho hincapié en los efectos que ha provocado el uso

de las tecnologías solares y qué papel ha tenido el Estado en el desarrollo de la tecnología. La relevancia de este apartado viene dada por lo indicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC) en el estudio *Tecnologías, Políticas y medidas para mitigar el Cambio Climático* (1996) en el que se destaca que para un desarrollo inicial de una nueva tecnología renovable, que consiga mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, el Estado deberá apoyar para que en un futuro sea competitiva con las fuentes fósiles tradicionales.

En relación con las orientaciones que surgen de la innovación tecnológica, las empresas deben organizar las transacciones de conocimiento con el entorno, actividad que se realiza por medio de tres estrategias posibles adquiriendo conocimiento (estrategia *outside-in*), integrándolo (estrategia *coupled*) o explotándolo (estrategia *inside-out*) (Lichtenthaler y Ernst, 2006).

Por ese motivo, en el apartado 4, las preguntas que se han hecho estaban orientadas a comprender el modo de monetizar el I+D tecnológico en las empresas, ya que se considera un pilar fundamental para poder seguir evolucionando y llegar a ser competitivos en el corto-medio plazo sin ayudas estatales.

Según describe Bhaskar Chakravorti (2004) en su libro “*The new rules for bringing innovations to market*” la implementación de una nueva tecnología en el mercado es un proceso arduo ya que siempre ha sido difícil que los clientes acepten las innovaciones. Si la adopción de una nueva tecnología por un agente depende de su adopción por otros participantes, debe producirse una modificación de comportamientos en todo el sistema antes de que el cambio pueda tener lugar. Es este aspecto nos quisimos centrar en el apartado 5 del cuestionario, describiendo las ventajas y desventajas de introducir la tecnología solar en un mercado dominado por fuentes energéticas tradicionales y asentadas.

La protección de la propiedad intelectual (IP) es un factor fundamental en las organizaciones intensas en tecnología. Gambardella (2005) sostiene que un tercio de las patentes europeas no se monetizan y Lambert y Ryan, (2008) demuestran que las empresas que tenían el 40% de todas las patentes de Estados Unidos generaban el 99% de las ganancias por licenciamiento de patentes.

En relación con esta información, el sexto apartado va dirigido a conocer la relevancia con que se considera a la IP y la evolución de las patentes en las la organizaciones de las personas entrevistadas.

El séptimo, y último apartado del primer cuestionario se centra en destacar el papel que ha jugado el Estado Español en el desarrollo de la tecnología solar en los últimos años.

En relación con el segundo cuestionario “Relevancia del fomento de la innovación en la energía solar”

Este cuestionario se considera de gran relevancia dado que la normativa que regula la generación eléctrica a partir de fuentes renovables se ha modificado ampliamente en los últimos dos años. Por eso, se quería resaltar la importancia que tiene el desarrollo tecnológico que ha experimentado el sector de la energía solar por parte del gran esfuerzo realizado por las empresas.

Para realizar este cuestionario, se ha tomado de base los resultados que se obtienen del informe COTEC 2013<sup>39</sup>:

- Las actividades de I+D en España , muestran la clara caída en 2011 de los recursos en 2011 el gasto español en I+D se redujo respecto a 2010 el 3,69%
- España, en 2011, alcanzó el décimo puesto en cuanto a inversión total y en inversión en I+D.
- Se han consolidado ciertos liderazgos tecnológicos internacionales en algunos ámbitos, entre los que se encuentra la energía solar.
- Han aparecido áreas de liderazgo emergentes en biotecnología, nuevos materiales o coche eléctrico, entre otras

Opuestamente a los datos de producción científica, los datos de competitividad son muy poco alentadores, ya que España durante 2 años consecutivos ha ocupado el puesto 36, 2011 y 2012, y el 46 en 2010. En el Índice global de competitividad 2012<sup>40</sup> ocupa el puesto 39 según el Institute for Manangement Development en su estudio “The World of

---

<sup>39</sup> Fuente: Informe COTEC 2013. Disponible en web: <http://www.cotec.es/>

<sup>40</sup> The Global Competitiveness Report 2012-2013.” World Economic Forum (2012).

Competitiveness Yearbook<sup>41</sup>” y en innovación, en “The Global Innovation 1.000<sup>42</sup>”, únicamente siete empresas españolas aparecen en el ranking de las empresas que más invierten en I+D en el mundo; Telefónica (102), Amadeus IT (288) Acciona (461), Almirall (473), Iberdrola (511), Grifols (572), y Abengoa (749).

El objetivo es alcanzar el 3% de inversión en I+D fijado por la estrategia europea 2020.

Según el informe COTEC 2013, para cumplir dicho objetivo, la estrategia de España en materia de innovación deberá solventar un conjunto de factores que actúan de forma negativa en la forma que las empresas españolas entienden la innovación y la cooperación:

- Baja consideración hacia el I+D+i como elemento fundamental para el desarrollo de la competitividad (59,8%).
- Escasa cultura de colaboración entre empresas y entre los centros de investigación (77,8%).
- Ausencia, prácticamente total, de cooperación entre las pymes para promover proyectos y actuaciones conjuntas en pro de la innovación (61%).
- Limitada promoción pública de grandes proyectos conjuntos entre empresas, universidades y centros de investigación (50%).

Esta situación descrita fue la que nos llevó a la creación del segundo cuestionario estructurado en siete apartados:

En el segundo apartado se pretende estudiar la influencia de los sistemas de innovación regionales y nacionales, como elementos fundamentales para la creación del conocimiento, y su alcance para la fijación de políticas (Lundvall, 1992; Nelson, 1997; Werger, 2003) para constituir un sistema de ciencia y tecnología en el que las empresas, el Gobierno y entidades públicas puedan trabajar de un modo conjunto y eficiente.

En el epígrafe tercero, se intenta analizar el alcance y resultados de la iniciativa para realizar proyectos de forma cooperativa para poder llegar a incrementar las capacidades científico-tecnológicas de las empresas desarrolladoras de tecnología Solar, así como

---

<sup>41</sup> The World Competitiveness Yearbook 2012

<sup>42</sup> Booz&Company 2013

incrementar la colaboración público privada según el programa Ingenio 2010. De este modo, el objetivo fue analizar si dicho programa ha sido útil para el desarrollo de redes colaborativas, o si por el contrario, ha resultado ser una camino hacia la externalización (outsourcing) de la I+D de las empresas (Mc Cormack et al., 2007).

En relación con el cuarto apartado, basándonos en los resultados de la Encuesta sobre la Innovación Tecnológica en las Empresas (ITE) 2012 las grandes empresas externalizan el 21% de su gasto de I+D, mientras que las pequeñas sólo el 12,5%, por ello las preguntas se dirigieron para intentar entender las causas que provocan estos índices tan bajos de colaboración entre entidades. Y si esto se replicaba en el ámbito del desarrollo de la energía solar.

En el apartado quinto las preguntas tenían como objetivo conocer la percepción por parte de las empresas del Sistema de Ciencia y Tecnología español (SCT) y su relación con los datos publicados por las ITE (2009) según las cual en las actividades en colaboración los colaboradores preferidos para la innovación son los proveedores (el 49,8% de las empresas), seguidos a distancia por las universidades (29,5%), centros tecnológicos (27,0%), consultoras (26,0%) y clientes (24,8%). Las menos citadas son las empresas competidoras (19,6%), empresas de su mismo grupo (19,1%) y organismos públicos de I+D (15,8%).

En este sentido nuestro interés se ha centrado en conocer si los canales de relación son los adecuados (Hagerdoon et al., 2000; Freeman, 1991), y por otro, si existen intereses comunes entre los distintos agentes que intervienen en el SCT (Alchian y Demsetz, 1972; Jensen y Meckling, 1976; Pfeffer, 1987).

Por último, las cuestiones planteadas en los epígrafes seis y siete se realizaron teniendo en cuenta que el principal óbice para la innovación suelen estar relacionado con la eliminación de barreras para la transformación productiva del conocimiento. Las organizaciones deben aprobar y adoptar prácticas de Responsible Partnering (EIRMA, 2009). La asociación responsable encamina las situaciones para que los participantes del sector público y privado hagan contribuciones significativas ante el eventual éxito de la investigación y colaborar en la mejora de la estructura en base a sus experiencias.

Las preguntas están dirigidas a conocer si los acuerdos de colaboración conjunta se adecúan a la metodología consensuada por la industria europea y reflejada en el protocolo de buenas prácticas publicado por EIRMA, en el que se contemplan los distintos aspectos que surgen del partenariado público privado.

## **8. CONCLUSIONES**

La fase de entrevistas ha permitido elaborar un diagnóstico por medio de la aplicación de un análisis DAFO que muestra el estado actual de la tecnología solar en España y cómo la perciben quienes están directamente relacionados con ella, lo que ha llevado a revelar aquellos puntos que suponen un serio riesgo para la sostenibilidad de, no sólo de la energía solar, sino también de todo el sistema eléctrico español, así como mostrar aquellas fortalezas que deben ser aprovechadas para poder generar nuevas oportunidades que permitan reforzar el sistema eléctrico y el apoyo al desarrollo de la tecnología termosolar, los aspectos jurídicos y producir mayores niveles de innovación y confianza contribuyendo a mejorar la competitividad de la economía española.

## Análisis DAFO

<b>Debilidades</b>	Costes mayores que los de una instalación convencional	<p>-Cambios regulatorios que modifiquen la forma de retribución de las plantas.</p> <p>-La rentabilidad de las plantas termosolares y fotovoltaicas viene limitada por los precios de la energía eléctrica y de la regulación vigente</p>	<b>Amenazas</b>
<b>Fortalezas</b>	<p>-Energía limpia, gestionable y con posibilidad de hibridar con fuentes tradicionales</p> <p>-Tecnología comercialmente probada</p> <p>- Promueve la seguridad de suministro</p>	<p>-Creación de puestos de trabajo, tanto en el sector de la ingeniería y construcción, para llevar a cabo los proyectos, como en el sector industrial con la fabricación de componentes y aerogeneradores, en la construcción y en el montaje de equipos.</p> <p>- Disminución de los precios del precio del pool eléctrico</p>	<b>Oportunidades</b>

### Amenazas

La amenaza más notable que han resaltado todos los expertos es la relativa a los cambios regulatorios. Aunque también se ha destacado que gracias al marco jurídico existente, se ha incentivado la inversión privada. Este marco regulatorio se ha desarrollado por varios motivos:

Hace 10 años existía una necesidad creciente de fuentes de energías alternativas a las convencionales:

- En ese momento se estaba produciendo un crecimiento cíclico pero continuo de la demanda de energía.
- Se consideraba que había una dependencia excesiva de combustibles fósiles concentrados en regiones con alto riesgo geopolítico.

- Gran volatilidad del precio de los combustibles fósiles.
- Se ha producido una creciente preocupación gubernamental y supra gubernamental (UE, ONU, etc.) por los efectos del cambio climático.

La mayor parte de los gobiernos asumieron compromisos ambiciosos (España aceptó su compromiso de alcanzar un porcentaje del 20% del consumo energético a partir de fuentes renovables en 2020) con el objetivo de:

- Reducir sus emisiones de carbono
- Aumentar la presencia de las energías renovables en su mix energético.

Para alcanzar esos objetivos se establecieron mecanismos para incentivar la inversión privada:

- Régimen de prima o tarifa regulada (plazo igual o superior a 20 años)
- Otros incentivos: complementos de energía fiscales, etc.

Los expertos también sostienen que sin la seguridad jurídica hubiera sido imposible financiar los activos y alcanzar los objetivos de inversión previstos para España.

Sostienen además que los inversores invirtieron en estos activos por sus similitudes, en términos económicos, con la inversión en infraestructuras tradicionales (carreteras, puertos, etc):

- Elevada inversión inicial. Los activos de generación de energía renovable requieren de una elevada inversión inicial que se ha reducido progresivamente ( curva de aprendizaje)
- Capacidad de medir los riesgos del proyecto (riesgo de mercado)
- Capacidad de endeudamiento (con y sin recurso). La madurez del mercado de “Project finance”<sup>43</sup> en España, ha acelerado la inversión privada y se ha creado una elevada visibilidad de los ingresos, ya que se aseguraban flujos de caja predecibles a más de 20 años.

---

<sup>43</sup> El "Project Finance" consiste en la financiación de un activo fijo, normalmente de vida limitada mediante la creación de una compañía independiente tanto legal como económicamente financiada con deuda sin recurso (y capital de uno o más patrocinadores) que financie únicamente el mencionado activo fijo.

Pero estos beneficios de la regulación se han visto diluidos al introducir constantes cambios en la misma. Los cambios más relevantes de regulación resaltados fueron los siguientes:

## **2010**

RDL 14/2010:

- Se limitan las horas de funcionamiento con derecho a prima
- Se establece un peaje transitorio de acceso a las redes de transporte y distribución de 0,5 €/MWh a satisfacer por todos los productores de energía eléctrica

RDL 1614/2010:

- Obligación de venta a tarifa regulada para las instalaciones termoeléctricas, durante al menos 12 meses
- Revisión del régimen económico de las instalaciones solares termoeléctricas

RDL 1565/2010

- Se limita el derecho a percepción de la prima para las instalaciones solares fotovoltaicas a 25 años de vida útil
- Se reduce la tarifa fotovoltaica para las instalaciones que entren en la primera convocatoria de pre-asignación.

## **2012**

RDL 12/2012

- Límite general deducibilidad gastos financieros: 30% del beneficio ajustado (EBITDA).
- Los gastos no deducidos se podrán compensar en periodos posteriores (18 años)

Ley 16/2012

- Se limita al 70% la deducibilidad de la amortización durante los años 2013 y 2014
- Los gastos no deducidos se podrán compensar en periodos posteriores (plazos 10 años)

#### Ley 15/2012

- Se crea el impuesto sobre el valor de la producción eléctrica: 7% sobre ventas

#### RDL1/2012

- Moratoria de las renovables: queda en suspenso el régimen de pre-asignación de retribución
- Se suprimen los complementos por eficiencia y por energía reactiva

### **2013**

#### RDL 2/2013

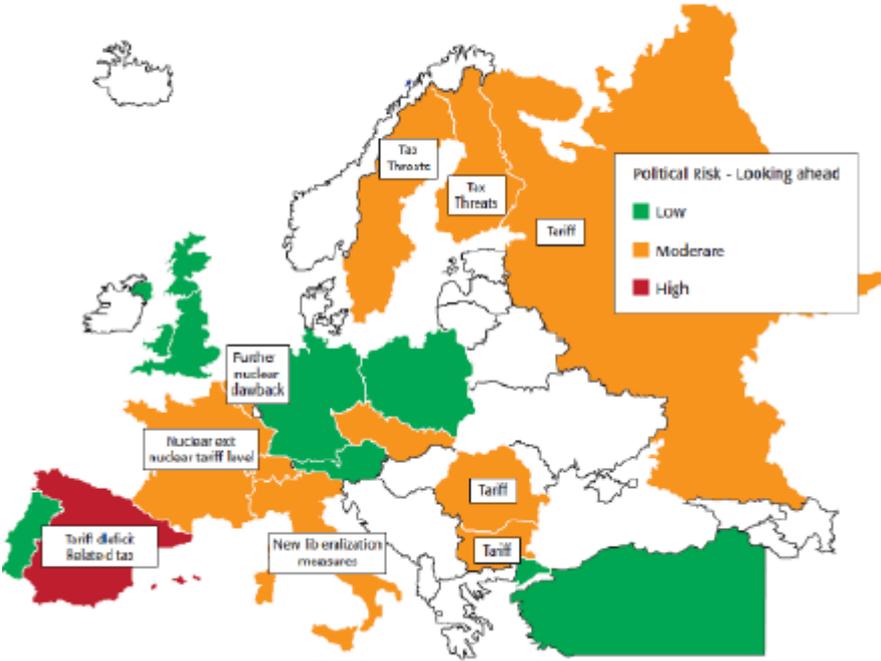
- Se suprimen la mayor parte de las primas a las energías renovables pero se mantiene la tarifa regulada, es decir, se elimina la opción “pool+prima” prevista en el RDL 661/2007
- Se revisa a la baja la actualización de tarifa (cambio de índice de actualización)

#### RDL 9/2013

Con este Real Decreto se ha modificado toda la regulación energética anterior. El cual los expertos consideran que está teniendo un efecto adverso, no solo para los inversores, sino también para la marca España.

Estas sucesivas reformas han empeorado significativamente la percepción del riesgo país de España. Como se puede observar en la figura 22, la percepción del riesgo en España es el más alto para las empresas de servicios públicos en Europa.

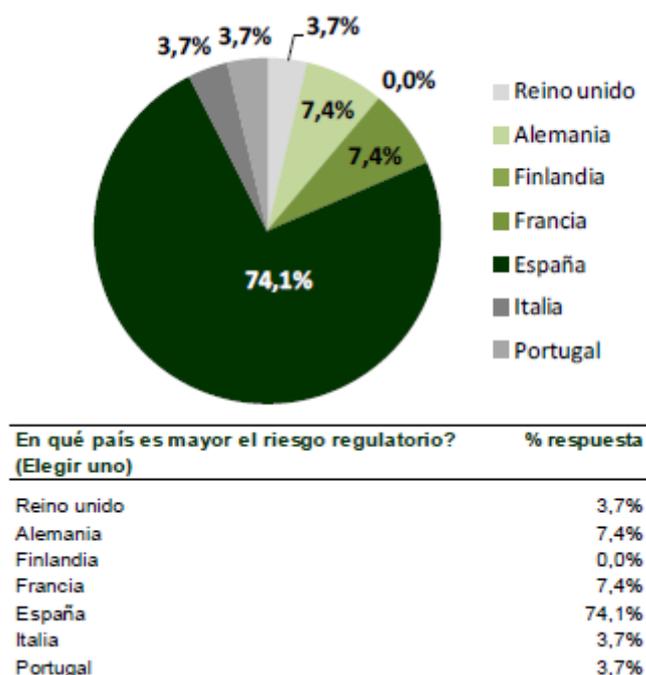
Figura 22. Mapa de riesgos para las empresas de servicios públicos europeas



Fuente: Exate BNP Paribas

Además se percibe a España como el país con mayor riesgo regulatorio de Europa

Gráfico 19. Encuesta sobre el riesgo regulatorio en Europa



Fuente: Nomura. Noviembre 2012

Estos cambios regulatorios no sólo afectan a las energías renovables, sino que también se extienden a toda la economía española por considerar a España un país con un marco regulatorio que no fomenta el desarrollo empresarial ni tecnológico.

El último cambio regulatorio, RDL 9/2013, ha modificado por completo la forma de retribuir a las plantas de generación eléctrica renovable. Los principales puntos son los siguientes:

- Además de la retribución por la venta de energía valorada a precio de mercado, las instalaciones podrán percibir una retribución específica compuesta por un término por unidad de potencia instalada, que cubra los costes de inversión de una instalación tipo que no puedan ser recuperados por la venta de energía, y un término a la operación que cubra, la diferencia ente los costes de explotación y los ingresos por la participación en el mercado de dicha instalación.
- Para el cálculo de la retribución específica se utilizarán los parámetros asociados a una instalación tipo, a definir por el MINETUR.

- La retribución es de aplicación desde el 14 de julio de 2013 ( se prevé que los ingresos del 2013 serán regularizados en 2014.
- A los efectos del cálculo de la retribución, en ningún caso tendrán en consideración los costes e inversiones que vengan determinados por normas o actos administrativos que no sean de aplicación en todo el territorio español. Además, sólo se tendrán en cuenta aquellos costes e inversiones que respondan exclusivamente a la actividad de producción de energía eléctrica.
- La rentabilidad girará, antes de impuestos, sobre el rendimiento medio en el mercado secundario de las Obligaciones del Estado a diez años, más un diferencial. Para las instalaciones que a fecha de la entrada en vigor del RDL 9/2013 tuviesen un régimen económico primado, la rentabilidad razonable girará, antes de impuestos, sobre el rendimiento medio en el mercado secundario de las Obligaciones del Estado a 10 años de los 10 años anteriores a la entrada en vigor del RDL 9/2013, incrementada en 300 puntos básicos.
- A partir de la entrada en vigor del RDL 9/2013, se elimina el porcentaje de bonificación (sigue aplicando la penalización) por la gestión de la energía reactiva y su pago y el complemento por eficiencia de las instalaciones de cogeneración.
- Quedan derogados el RDL 661/2007 y e RDL 1578/2008

Los ingresos de las instalaciones de régimen especial estarán constituidos por:

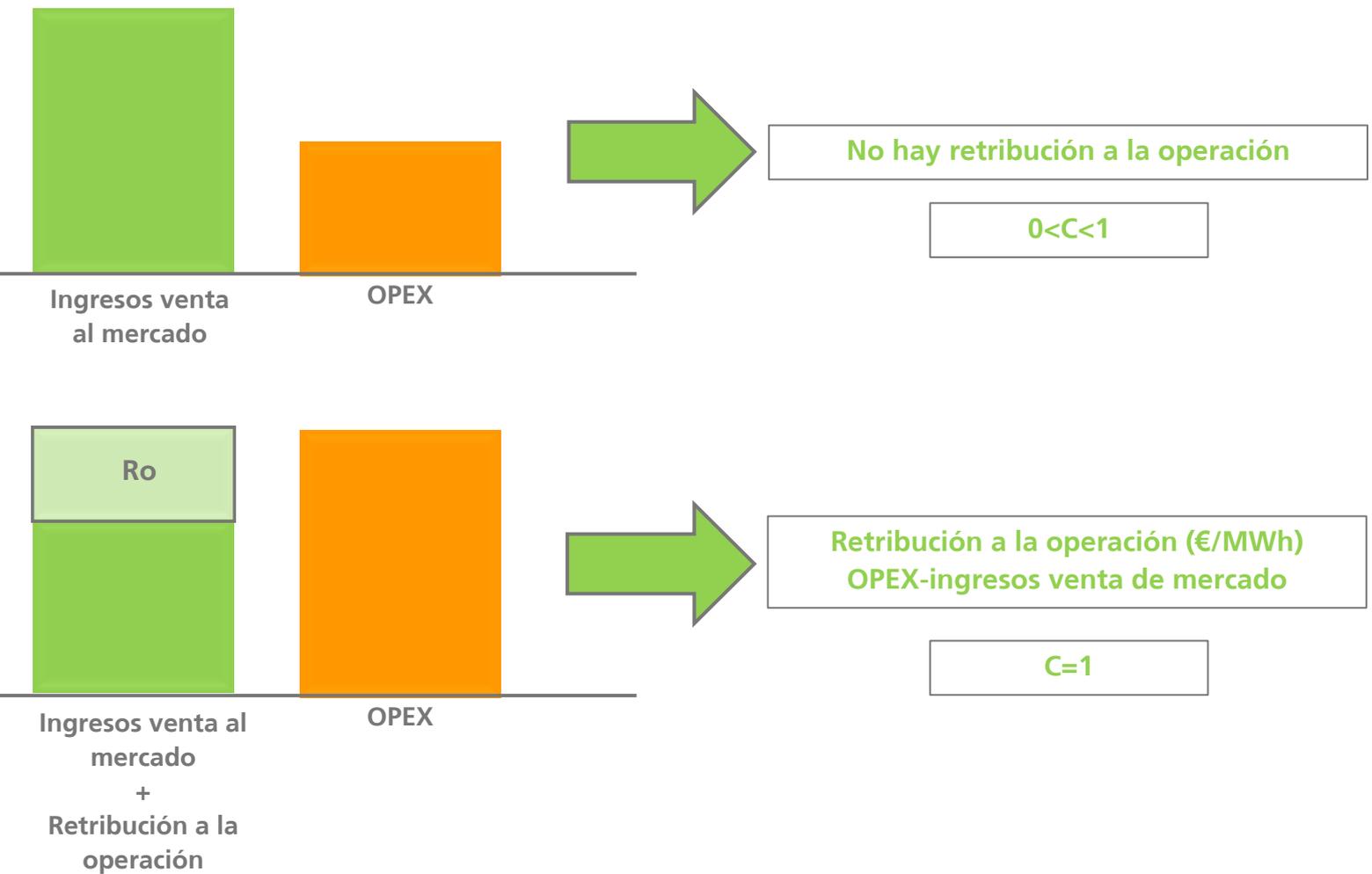
- Los ingresos procedentes de la venta de energía a precio de mercado (Pool)
- Los ingresos procedentes del régimen retributivo específico, en caso de que aplique dicho régimen, por la suma de dos términos: la retribución a la inversión y la retribución a la operación.
- $\text{Retribución total (€)} = \text{Retribución venta de energía a mercado (€)} + \text{Retribución específica* (€)}$

Retribución específica\* (€) = Retribución inversión\*\* (€) + Retribución operación\*\*\* (€)

Retribución inversión\*\* (€) = Potencia (MW) + Retribución por unidad de potencia (€/MW)

Retribución operación\*\*\* (€) = Energía (MWh) + Retribución por unidad de energía (€/MWh)

Retribución a la operación (Ro):



### Retribución a la inversión (Ri), sin retribución a la operación



### Retribución a la inversión (Ri), con retribución a la operación



Para el cálculo de la retribución específica, se considerará como rentabilidad razonable de una instalación, antes de impuestos, el rendimiento medio de las Obligaciones del Estado a 10 años durante los 24 primeros meses previos al mes de junio del año anterior a inicio del periodo regulatorio, incrementada en 300 puntos básicos.

Aquellas instalaciones susceptibles de ser instaladas en sistemas eléctricos aislados de los territorios no peninsulares podrían percibir un incentivo a la inversión por reducción del coste de generación si la retribución que perciben estas instalaciones (PM+RO+RI) es inferior

al 60% de dicho coste variable de generación. Dicho incentivo ascendería al 15% de la diferencia del coste variable de generación y la retribución percibida

El MINETUR ha aprobado para cada instalación tipo mediante orden ministerial los parámetros redistributivos necesarios para la aplicación de régimen retributivo específico:

- Retribución a la inversión por unidad de potencia
- Coeficiente de ajuste
- Retribución a la operación
- Incentivo a la inversión por reducción del coste de generación
- Vida útil regulatoria
- Número de horas equivalentes mínimo
- Límites superiores e inferiores del precio de mercado

Dichos parámetros variarán en función de:

- Tecnología
- Potencia
- Antigüedad
- Sistema eléctrico

Se establecen revisiones temporales de los parámetros retributivos

Cada periodo retributivo (6 años, primer periodo hasta el 31/12/2019) en función de:

- La previsión de ingresos por venta de la energía en el mercado
- Los costes de explotación
- Los valores de ajuste por desviación en el precio de mercado no considerado hasta la fecha
- Los costes variables de generación a efectos de la liquidación en los sistemas eléctricos de os territorios no peninsulares
- El valor de la tasa de retribución financiera y la de rentabilidad razonable

Cada periodo semiretributivo (3años) en función de:

- La previsión de ingresos por venta de la energía en el mercado
- Los valores de ajuste por desviación en el precio de mercado no considerado hasta la fecha

El precio de mercado interviene en el cálculo de la retribución a la operación y a la inversión. El MINETUR estimará un precio del mercado en el inicio del periodo regulatorio para el cálculo de dichas retribuciones. Si el precio se desvía en un determinado valor del estimado generará un derecho de cobro o una obligación de pago, denominada valor de ajuste por desviaciones en el precio del mercado (PM).

El valor de ajuste por desviación en el precio del mercado se calculará de forma anual obteniendo el derecho de cobro o la obligación de pago de cada año.

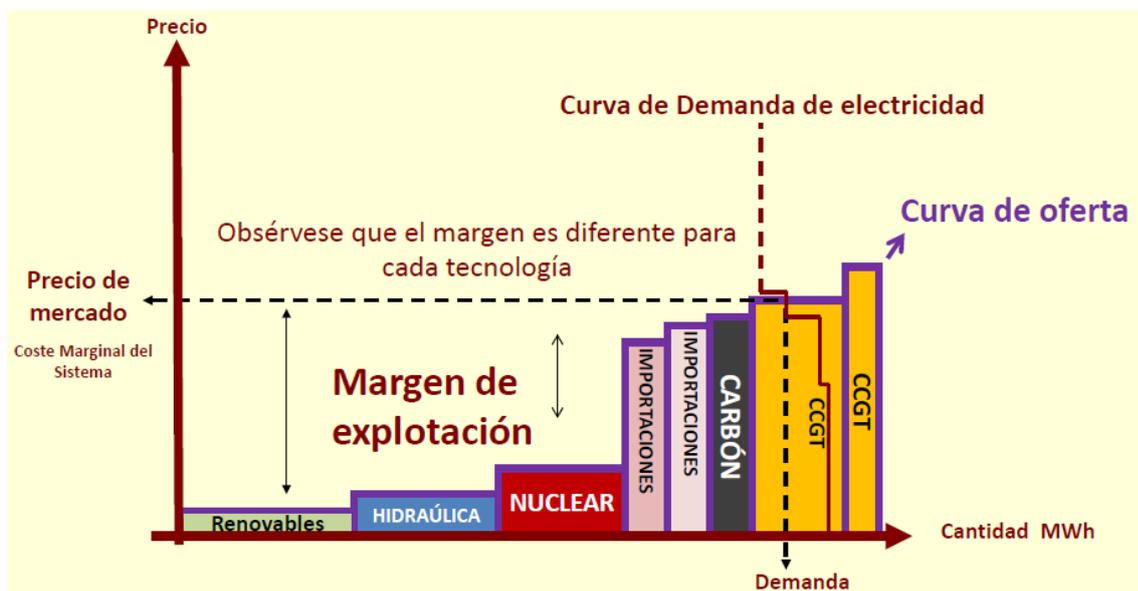
Además, para el cálculo, de la retribución a la inversión de las instalaciones tipo se considerará los valores de ajuste por desviación en el precio del mercado en el cálculo de valor neto de dicha instalación tipo.

Todas las instalaciones de régimen especial asumirán un “riesgo de mercado” mitigado por los mecanismos de corrección de los límites superiores e inferiores. Hasta la

fecha, solo aquellas instalaciones de régimen especial que elegían el esquema retributivo de “mercado + prima” asumían este riesgo.

Estos cambios regulatorios vienen dados bajo la premisa de reducir el déficit de tarifa, pero según los expertos entrevistados, el problema del déficit viene dado por la fijación de precios, ya que el precio que fija el mercado es el de la oferta de mayor coste. Como se indica en la figura 23.

Figura 23. Fijación del precio en el mercado eléctrico mayorista español:



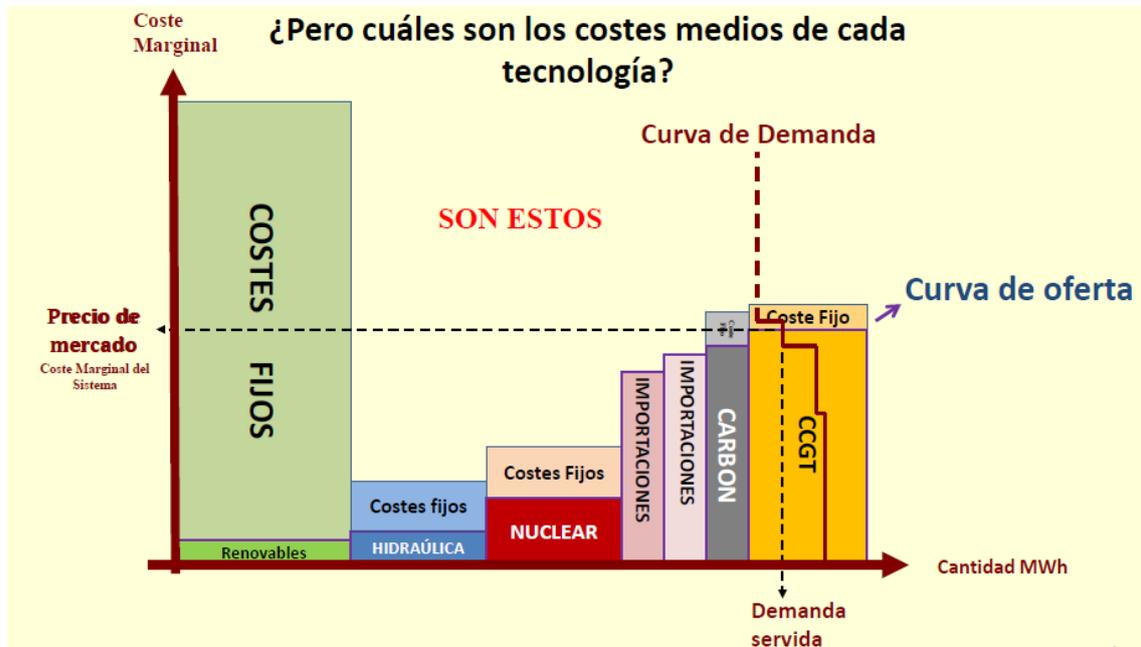
Fuente: elaboración propia

Las empresas ofertan su electricidad al coste variable de su producción. Las tecnologías tienen un orden de entrada al pool dependiendo del coste al que ofertan en la subasta diaria, excepto las energías renovables que tienen prioridad de entrada. Las hidráulicas y nucleares pueden entrar a precio cero debido a que las plantas hidráulicas tienen que verter agua cuando lo necesitan y las nucleares no pueden pararse.

El precio que fija el mercado es el de la oferta de mayor coste, por norma general, el precio del pool lo fija el precio de las centrales de ciclo combinado. Este precio es el retribuido al resto de tecnologías. Con lo que el precio retribuido al resto de tecnologías es muy superior al que ofertan.

Lo que no tiene en cuenta esta forma de fijación de precios es el coste fijo medio que tiene cada tecnología, que serían como indica en la figura 24:

Figura 24. Costes medios por tecnología



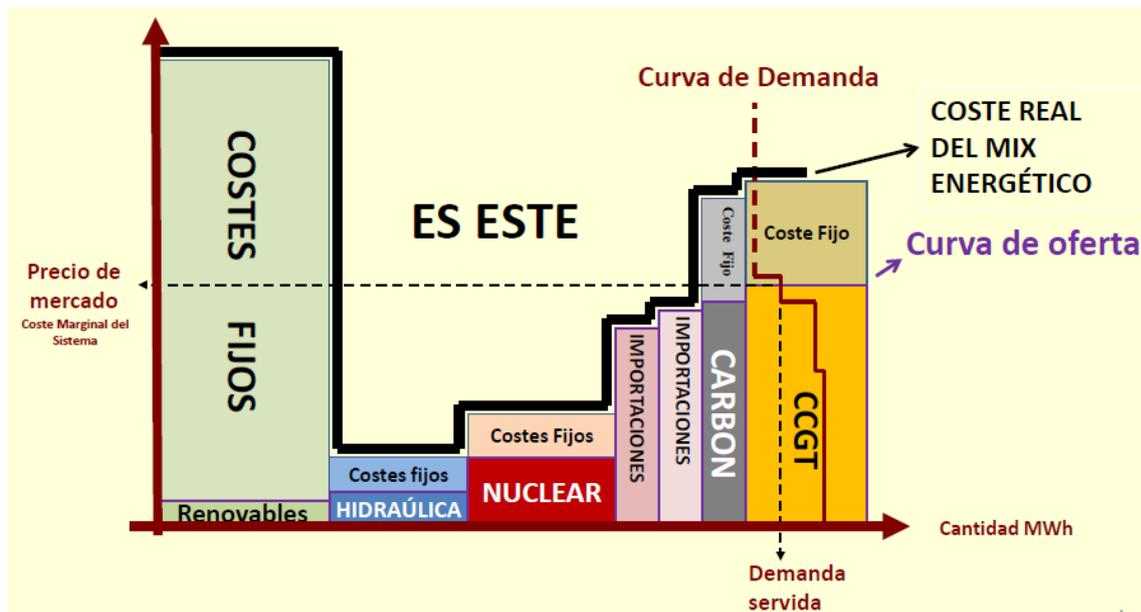
Fuente: elaboración propia

Por lo que se puede observar, cuando tenemos en cuenta los costes fijos de cada tecnología en algunos casos, como es en el de las renovables, carbón y ciclo combinado, la suma de los costes fijos más los variables superan los precios que deberían recibir del pool eléctrico. Por otro lado, la hidráulica y nuclear mantienen sus costes muy por debajo del precio que debería percibir.

Debido a esto, los consumidores en la factura de la luz pagan tanto las pérdidas como los beneficios. Por lo que se podría decir que se trata de un ejemplo de socialización de pérdidas y privatización de beneficios. Esto se puede observar fácilmente en la siguiente figura:



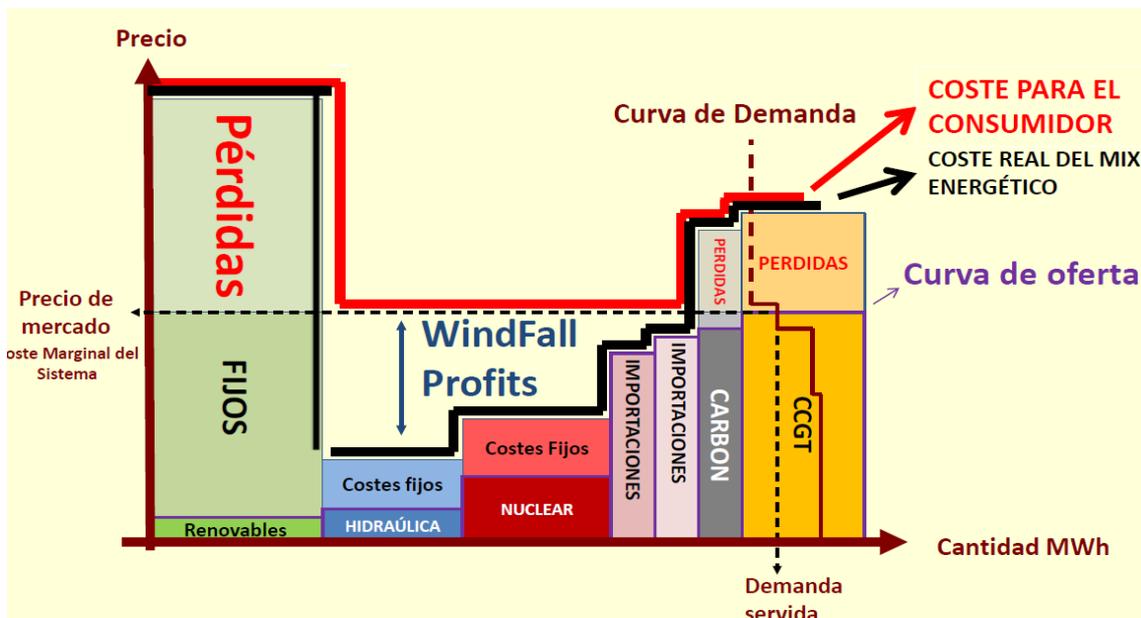
Figura 26. Coste real del mix energético



Fuente: elaboración propia

Por consiguiente, y según los expertos, los windfall profits o beneficios inesperados percibidos por las tecnologías nuclear e hidroeléctrica son los responsables principales del déficit tarifario y de los altos precios de la electricidad

Figura 27. Beneficios caídos del cielo (windfall profits)



Fuente: elaboración propia

## **Posibles soluciones del déficit tarifario**

Las entrevistas pusieron de manifiesto algunas ideas de cómo atajar el déficit:

- El sistema eléctrico debería verse como una pieza del sistema energético, y no atribuirle la responsabilidad exclusiva del cumplimiento por España de los objetivos medio-ambientales fijados por las normas comunitarias. La política del sector eléctrico debe ser parte del debate sobre el modelo energético en su conjunto.

- Desde esa visión integral del sistema energético, tendría sentido la creación de un recargo (céntimo verde) en el precio de la gasolina y otros combustibles que contribuya a "socializar" el desarrollo de las energías renovables, aportando, digamos, unos 500 millones de euros anuales para cubrir el actual déficit tarifario.

- El debate público distorsiona, a veces, la trascendencia práctica para los ciudadanos de la tarifa eléctrica: el gasto en electricidad representa para las familias en torno al 2,5% del presupuesto familiar (en promedio, unos 69 euros al mes).

- Sería peligroso para la reputación e imagen exterior de España la adopción de medidas que, sin base jurídica, restrinjan retroactivamente derechos ya reconocidos y atenten contra la seguridad jurídica. Sin perjuicio de tales coincidencias, las diferencias de opinión sobre el origen del déficit tarifario tuvieron su correspondencia en las medidas propuestas corregirlo.

Los expertos entrevistados sostienen que los productores tradicionales defienden, por razones de eficiencia en la asignación de recursos, el mantenimiento de la organización general del mercado establecida por la reforma de 1997 (aunque no se opondrían a la vuelta a un "Marco Legal Estable" que garantizara a cada tecnología la recuperación de sus costes totales de producción).

Proponen eliminar el déficit tarifario mediante las siguientes medidas específicas (adicionales a las comunes ya citadas):

- Un incremento de los peajes de acceso (del orden del 10% en el segundo trimestre de 2012 y de un importe similar a principios de 2013).

Como medidas complementarias de esa subida de tarifas defienden:

- Que los peajes tengan carácter progresivo;
- Que el límite de potencia para acogerse a la TUR se rebaje a 3KW (frente a los 10 actuales)

Señalan que, sin una subida de las tarifas de acceso, durante el período de 2012-2015 volverá a generarse un déficit tarifario adicional de unos 23.000 millones de euros.

- Aplicar al sector eléctrico el 100% de los ingresos por subastas de CO2
- Rebajar la retribución del servicio de interrumpibilidad de los grandes consumidores industriales de electricidad, equiparándolo al de garantía de potencia de las compañías eléctricas.

En tanto subsista el déficit tarifario, propugnan que no lo financien las compañías eléctricas, sino el ICO o el sistema bancario español. Como mal menor, si tuviera que seguir financiándolo el sector eléctrico, debieran hacerlo el conjunto de empresas generadoras, incluidas las renovables: no parece justo que las eléctricas convencionales tengan que financiar coactivamente un déficit tarifario producido por decisiones de política energética que benefician, en gran medida, a otras empresas.

Los expertos en energías renovables denuncian que existen una serie de ventajas hacia las eléctricas tradicionales que sólo responden a la inercia histórica y rechazan la visión de las energías renovables como las causantes del déficit energético, que, además en el caso de la energía termosolar es una tecnología recién llegada y no puede ser responsable de todos los males que se le atribuyen.

Desde su punto de vista, la fijación de precios en el mercado mayorista no se ajusta a un modelo competitivo porque:

- En las subastas especiales entre suministradores locales para abastecer zonas geográficas sujetas a restricciones técnicas en la red de suministro ("mercado de restricciones"), el poder de mercado de los oferentes les permite elevar artificialmente los precios.

- En las subastas especiales para fijar el precio de la energía incorporado a la TUR ("subastas CESUR"), el precio resultante supera sistemáticamente -hasta en un 10% - el precio de las subastas ordinarias.

- Las nuevas tecnologías renovables tienen derecho a un marco legal estable que les garantice una rentabilidad razonable durante el período de maduración de las inversiones ("sus 20 o 25 años"), como en 1987 el Marco Legal Estable previó para las eléctricas tradicionales.

A su juicio, "el modelo energético del siglo XXI debe estar basado en las energías renovables". Además, la existencia de un mix energético diversificado, con un elevado componente de energías renovables, obedece a un objetivo político de la Unión Europea (Roadmap 2050), de forma que la normativa debe fijar para cada tecnología un precio razonable que permita su desarrollo.

Tales precios deben tener presente la situación en la curva de aprendizaje de cada tecnología, la eólica comenzó, por ejemplo, hace ya 30 años, pero otras son más recientes, así como las múltiples externalidades positivas de las nuevas energías renovables (independencia energética, ausencia de contaminación, mejora de la balanza de pagos, liderazgo tecnológico internacional, aumento del empleo...).

Admiten, no obstante, que la normativa ha utilizado a veces criterios que frenaban la innovación. Así, si se establece un desfase de varios años entre la fecha de pre-inscripción de los proyectos y su efectiva puesta en funcionamiento, resultará inevitable que las tecnologías estén ya obsoletas cuando las instalaciones entren en funcionamiento.

- Las centrales nucleares e hidroeléctricas, que llevan en funcionamiento muchos años, no deben seguir beneficiándose de la diferencia entre el precio fijado en el pool y sus costes marginales, lo que les proporciona unos significativos beneficios extraordinarios o inesperados (windfall profits). A su juicio:

- Las compañías titulares de instalaciones hidráulicas han venido disfrutando del uso gratuito de un recurso público, como el agua, y obtenido ampliaciones hasta por 75 años de sus concesiones.

- Las inversiones en centrales hidráulicas y nucleares se han recuperado por las compañías eléctricas tradicionales mediante los llamados "Costes de Transición a la Competencia" (CTC), de forma que los consumidores no deben seguir pagando unos supuestos costes de amortización de tales centrales nacidos de un mero artificio contable.

Resulta llamativo, señalan, que los defensores de la energía nuclear subrayen su bajo coste de producción cuando critican la moratoria nuclear, pero le atribuyan un coste medio elevado cuando niegan la existencia de windfall profits.

Esos beneficios extraordinarios se vieron paradójicamente incrementados a partir de 2009, cuando se dejó de detraer a las centrales nucleares e hidráulicas el impacto alcista sobre el precio del pool de la internalización de los costes de emisión de CO<sub>2</sub> por las centrales eléctricas de carbón y ciclos combinados.

Tales beneficios aumentan también cuando se encarece el petróleo y sube el precio del pool, lo que resulta paradójico, pues los defensores de la energía nuclear afirman que las centrales nucleares "nos protegen del encarecimiento del petróleo".

En la versión extrema de este enfoque, las centrales nucleares e hidráulicas no debieran vender su producción al precio del pool, sino quedar sujetas a unos "contratos por diferencias" que les garantice un precio de venta fijo.

- La atención de los medios de comunicación se ha centrado casi exclusivamente en las primas a las energías renovables, especialmente a la vista de las iniciativas adoptadas para frenar su cuantía total, entre las que destacan:

- Real Decreto-Ley 14/2010, que redujo el número de horas de producción de energía fotovoltaica;

- Real Decreto 1614/2010, que instrumentó el acuerdo alcanzado con los productores de energía eólica y termosolar.

- Real Decreto-Ley 1/2012, que paralizó la instalación de nuevas instalaciones de energía renovable en régimen especial. Los productores convencionales, que disfrutaban también de

costes regulados menos visibles pero significativos. Además de las posibles distorsiones en el mercado de restricciones técnicas y de la subasta CESUR-, entre tales ventas destacan:

- Los nuevos pagos por capacidad introducidos en 2011, de los que pueden beneficiarse incluso las centrales hidráulicas;
- El exceso de costes de transición a la competencia (CTC) que ingresaron hasta la desaparición en 2006 de ese concepto. Su liquidación total sigue pendiente;

El pago, con cargo a la tarifa, del elevado coste financiero que ha tenido la titulización del déficit tarifario por el FADE, muy superior al coste del 2% imputado al déficit tarifario;

La compensación insular y extra-peninsular satisfecha a los suministradores de electricidad en Baleares y Canarias, calculada en base a metodologías de coste no contrastadas que, especialmente en el caso de las Baleares, no toman en cuenta la conexión eléctrica y por gas que ya existe con las islas.

Lo que se puede deducir de estas opiniones expertas es que a pesar de las diferencias de puntos de vista entre los productores convencionales y los de energías renovables, hubo acuerdo general en que el déficit tarifario ha generado un "boquete financiero" en el peor momento posible, en plena crisis financiera y de dificultades de financiación para España. Si no se ataja se convertirá en una genuina "pirámide financiera" (*Ponzi scheme*).

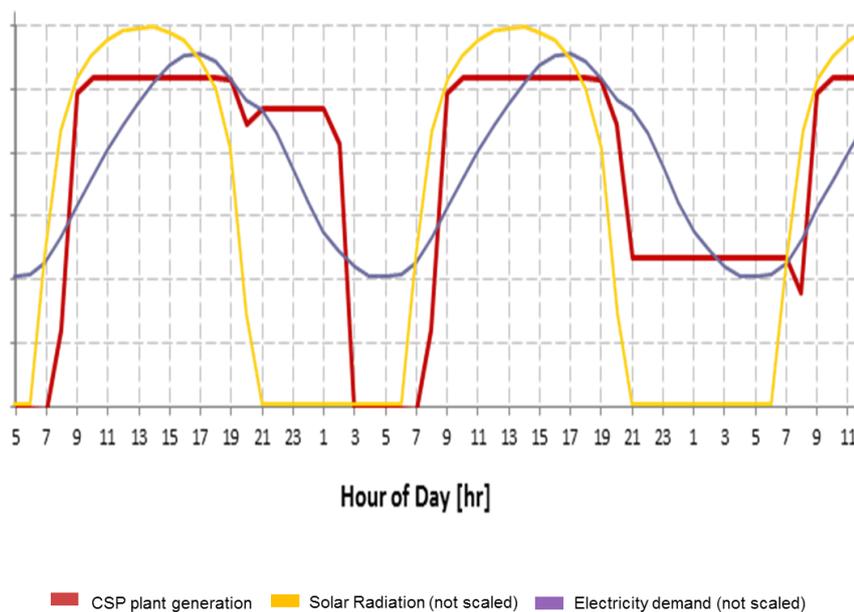
- Es preciso buscar soluciones de urgencia, sin que España pueda permitirse ambiciosos objetivos medioambientales concebidos en tiempos de abundancia. Se señaló que "España no puede permitirse actualmente pagar 350 euros por MWh para desarrollar ciertas tecnologías cuando el precio del *pool* está a 50".
- Resulta incongruente gravar la tarifa eléctrica con ayudas al carbón nacional, como hizo el Real Decreto 134/2010. Si subsistieran esas ayudas, debieran financiarse por el Presupuesto del Estado.
- Las reformas deben potenciar el juego de las fuerzas de mercado y perfeccionar el modelo introducido en 1997, sin pretender regresar al modelo histórico de "costes reconocidos".

## Fortalezas

### 1) Energía limpia y gestionable

Todos los expertos entrevistados coinciden en que la característica más relevante que distingue a la energía termosolar de otras tecnologías renovables es la gestionabilidad. Entendiendo la gestionabilidad como la capacidad de adaptar la producción a la demanda.

Gráfico 20. Gestionabilidad



Fuente: National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Como se puede apreciar en el gráfico 20 la producción de la planta termosolar se ajusta a la demanda, incrementando la producción cuando la demanda es más alta y disminuyéndola cuando la demanda decae.

Los expertos creen que los operadores de sistemas eléctricos consideran un factor clave a la gestionabilidad, y uno de los que más valor les genera. Esto es debido a que poder ajustar la generación a la curva de demanda trae como beneficio el poder suministrar a la red

la electricidad en los momentos de máxima generación con el consiguiente incremento del precio y de poder compensar los efectos de las fuentes intermitentes.

La energía termosolar se considera gestionable ya que no deja de generar de manera inesperada, gracias a la utilización del almacenamiento térmico.

Por otra parte, la energía termosolar tiene la ventaja de poder combinarse con plantas de otro tipo de generación, tanto de energía convencional como de energía renovable. Este tipo de plantas se denominan plantas híbridas. El fin de la hibridación es reducir la dependencia del combustible convencional y las emisiones de CO<sub>2</sub> de las plantas de generación de carbón y gas natural.

Planta solar + ciclo combinado de gas



Planta híbrida Hassi R'mel, Argelia perteneciente a Abengoa

## Planta solar + biomasa



Planta híbrida Borges, Cataluña perteneciente a Abantia

### 2) Tecnología comercialmente probada

Las primeras plantas de tecnología termosolar llevan más de 30 años en operación. Los primeros proyectos se desarrollaron en Estados Unidos. Estos proyectos se denominaron SEGS (Solar Energy Generating Systems). Se hicieron 9 plantas de esta tecnología.

Tabla 10. Detalles de plantas SEGS en EE.UU.

<b>Planta</b>	<b>Puesta en marcha</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Localización</b>
I	1985	13,8	Daggett
II	1986	30	Daggett
III&IV	1987	30	Kramer Junction
V	1988	30	Kramer Junction
VI	1989	30	Kramer Junction
VII	1989	30	Kramer Junction
VIII	1990	80	Harper Lake
IV	1991	80	Harper Lake

Fuente elaboración propia con datos obtenidos de <https://www.csp-world.com/cspworldmap>

Desde aquél momento, las plantas han experimentado importantes avances tecnológicos para reducir el coste y aumentar la productividad. El conocimiento del producto es lo suficientemente elevado como para asegurar que no se trata de una tecnología experimental, sino de una solución comercial adaptable según las necesidades de la demanda energética.

La tecnología fotovoltaica por su parte, con 110 GW en operación y plantas comerciales desde los años 80, se encuentra en el momento decisivo de su desarrollo, llegando por su coste a alcanzar a las fuentes de generación eléctrica convencionales en algunas zonas.

### 3) Seguridad de suministro

La diversificación del mix energético es uno de los aspectos más importantes en materia de política energética. Uno de los beneficios más importantes de la energía solar es la reducción de la dependencia del petróleo, gas y uranio de los países que no disponen de dichos recursos.

Asimismo la energía solar aumenta el porcentaje de energías renovables en el mix energético y en el caso de la termosolar aumenta la fiabilidad del sistema al ser gestionable.

España, es dependiente energéticamente en más de un 75 por ciento del exterior, por eso ha apostado por las energías renovables.

En la actualidad, las energías fósiles aportan el 80 por ciento del suministro mundial de energía aproximadamente. Siendo los principales países productores de petróleo Arabia Saudí (14 %), Rusia (12,7 %) y Estados Unidos (8,6 %) y los de gas natural son Rusia (20 %), Estados Unidos (12,9 %) y Canadá (4,7 %). La producción de carbón está dominada por China (46 %), Estados Unidos (13 %) y la India (7,5 %).

En relación con los datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en 2010 el consumo de energía mundial se incrementó hasta a casi los 13.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe). Ese mismo año, el petróleo suministró el 32,4 por ciento del consumo, el carbón el 27,3 por ciento, el gas natural el 21,4 por ciento, los biocombustibles y residuos el 10 por ciento, la nuclear el 5,7 por ciento y la hidráulica el 2,3 por ciento, mientras que las que las renovables, aportaron el 0,9 por ciento del consumo mundial de energía.

Desde la creación de la AIE en 1974, todos los países miembros deben contar con reservas suficientes para abastecerse durante noventa días en caso de una interrupción en el suministro, lo que suele suceder por fallos técnicos, condiciones climatológicas adversas o conflictos bélicos. Estas reservas se han utilizado en tres ocasiones: durante la Guerra del Golfo, en 1991; después de que los huracanes Katrina y Rita dañaran plataformas petrolíferas y refinerías en el Golfo de México, en 2005; y en respuesta a las continuas interrupciones de suministro debido a la guerra civil en Libia en 2011. En 2006 y 2009, Rusia decidió cortar el suministro de gas a Ucrania por diferencias entre ambos países, lo que provocó que muchos países europeos se quedaran sin gas. Por su parte, durante años, las naciones integradas en la

OPEP, controlaron los mercados internacionales de crudo con sus decisiones de "abrir o cerrar el grifo" para controlar los precios de sus exportaciones.

En España, del total de energía primaria consumida en 2011, el 44,9 por ciento procedió del petróleo; el 22,3 por ciento, del gas natural; el 11,6 por ciento, de la nuclear; el 9,6 por ciento, del carbón; el 5,6 por ciento, de la biomasa y los biocarburantes; el 4 por ciento de eólica, solar y geotérmica y el 2 por ciento, de la hidráulica. El año pasado, España importó petróleo de más de veinte países, entre los que destacaron Rusia, con el 15,3 por ciento del total; Arabia Saudí, con el 14,69 por ciento; Irán, con el 14,37 por ciento, y Nigeria, con el 13,25 por ciento. Por su parte, las importaciones de gas procedieron de doce países, encabezados por Argelia (37 %), Nigeria (19 %) y Catar (13 %).

La solar fotovoltaica genera alrededor del 10% por ciento de la electricidad que se consume en España y el sector calcula que podría cubrir toda la demanda nacional instalando equipos en el 1,1 por ciento del territorio, es decir, la mitad del terreno actualmente urbanizado. Los fotovoltaicos españoles tienen capacidad para fabricar 1.000 megavatios (MW) anuales y lideraron el sector hasta 2004, aunque desde entonces han perdido puestos desplazados por el auge de la industria alemana, japonesa, china o coreana.

Por otra parte, la tecnología termosolar generó el año pasado el 2 por ciento de la electricidad total, aunque los expertos afirman que con instalaciones que cubran unos 100 Kilómetros cuadrados se podría satisfacer toda la demanda nacional

## **Debilidades**

De las entrevistas mantenidas se ha identificado una principal característica de la tecnología termosolar que la hacen frágil, y debe considerarse como debilidad respecto a otro tipo de fuentes de generación eléctrica. Además, se podría afirmar que es una debilidad sistémica, dado que el sistema económico tiende a favorecer a las fuentes de generación más baratas sin tener en cuenta la repercusión que estas pueden tener sobre el medio ambiente.

Esta debilidad es que los costes de inversión, son más elevados que en las fuentes de generación tradicionales. Los costes relativamente altos de la inversión de la tecnología termosolar pueden hacer que la financiación de un proyecto sea difícil de obtener.

Para las plantas grandes, al menos de 50 MW, los costes de la inversión se encontrarían en un rango aproximado de 3.000 €/kW a 7.000 €/kW, dependiendo del tamaño del campo solar, del almacenamiento, mano de obra y costes del terreno.

La variedad tecnológica que engloba la tecnología termosolar hace difícil el seguimiento y la armonización de costes. Las puestas en marcha y financiaciones de plantas más recientes podrían servir como indicador de la tendencia que podrían estar siguiendo los costes. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la planta Solana de 280 MW, con seis horas de almacenamiento, se completó en 2013 con un coste aproximado de 5.500 €/kW. La planta Génesis de 250 MW, sin almacenamiento, se puso en marcha en 2014 con un coste aproximado de 3.900 €/kW.

En el medio plazo, se espera que los costes de inversión de las plantas termosolares disminuyan con mayor rapidez, con una curva de aprendizaje del 10% (es decir, que los costes se reduzcan un 10 por ciento cada vez que se doble la capacidad instalada). Esto podría permitir que los costes de inversión de una planta con seis horas de almacenamiento se pudieran reducir entre un 30-40 por ciento en 2020. Sin embargo, estas reducciones de costes se enfrentan a varios desafíos relacionados con el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, el campo solar, cuyo tamaño está vinculado a la cantidad de la potencia eléctrica, representa aproximadamente la mitad del coste de las plantas termosolares. Se están tratando de aumentar la eficiencia de conversión eléctrica, principalmente a través de las temperaturas y presiones más altas, con el fin de reducir el tamaño del campo solar. Para lograr esto se requiere la sustitución del fluido calo portador actual, hecho de aceite sintético, por generación directa de vapor o sales fundidas.

Aunque la medida más utilizada para medir el coste real de las tecnologías renovables es el conocido como LCoE (Levelized Cost of Energy). El LCoE es una medida que expresa la relación entre el coste de la energía por energía producida, o dicho de otra forma, es el precio mínimo al que deben de vender la electricidad las diferentes fuentes de generación para llegar al punto de equilibrio. Se expresa normalmente en \$/MWh. El cálculo del LCoE tiene en cuenta 4 variables en el numerador la inversión inicial, la operación y el mantenimiento y el coste de combustible utilizado para producir y en el denominador la producción obtenida en un año. Por lo que la fórmula quedaría de la siguiente forma:

$$LCoE = \sum \frac{\frac{I_t + O\&M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Dónde:

- $I_t$  = Inversión realizada en el año t
- $O\&M_t$  = Gastos de operación y mantenimiento en el año t
- $F_t$  = Gastos en combustible
- $E_t$  = Electricidad producida en el año t

Esta unidad de medida, defienden los expertos, que es más completa que medir simplemente la inversión entre la potencia, ya que el LCoE tiene en cuenta todos los costes, tanto los de operación y mantenimiento como los de la compra de combustible para hacer funcionar la planta.

El LCOE de la termosolar varía dependiendo de la ubicación, la tecnología, el diseño y la intención de uso de la planta. La información relativa a las tarifas y a los acuerdos de compra de energía (PPA por sus siglas en inglés) proporciona información indirecta en relación a los LCOE, aunque pueden diferir significativamente dependiendo del país. Las plantas españolas se han venido beneficiando, antes del cambio regulatorio anteriormente descrito, de una tarifa cerca de 280 €/MWh<sup>44</sup>, teniendo 40 por ciento de las plantas almacenamiento de siete horas. Los PPA firmados recientemente en los países más soleados están en menos de la mitad de ese nivel o incluso por debajo. Un ejemplo claro de esto sería el PPA firmado en la primera fase de la planta Noor1 en Ouarzazate, Marruecos, que quedó fijado en 150 €/MWh<sup>45</sup> para una planta de colectores cilindro parabólicos de 160 MW con el almacenamiento de tres horas.

---

<sup>44</sup> Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.

<sup>45</sup> [http://www.one.org.ma/FR/doc/pres/ONE\\_eng2009.pdf](http://www.one.org.ma/FR/doc/pres/ONE_eng2009.pdf)

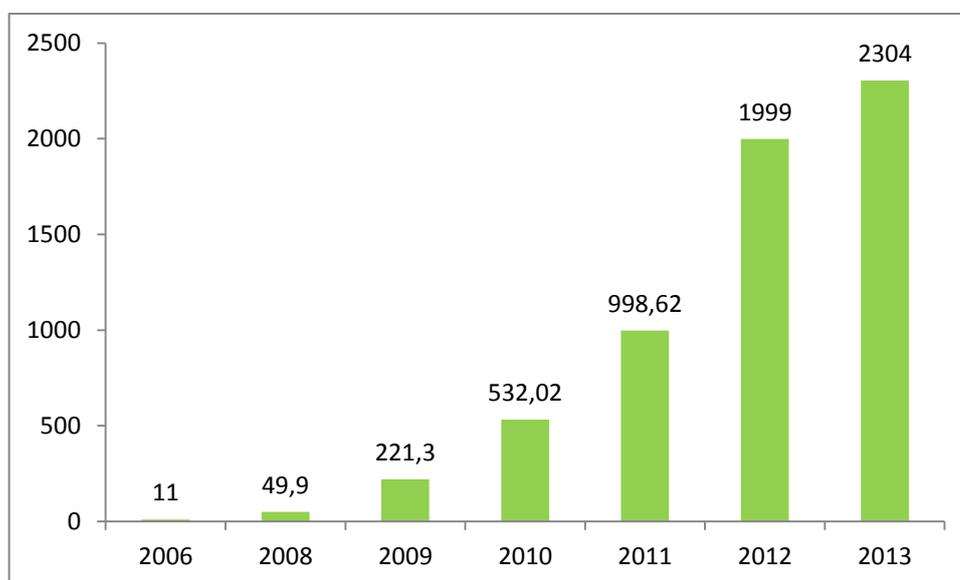
En el mediano plazo, se espera que el LCOE de la tecnología termosolar disminuya siguiendo la misma progresión que vaya siguiendo la reducción de costes de capital.

## Oportunidades

A la industria termosolar se la podría catalogar como una industria generadora de empleo.

Con el crecimiento que ha experimentado de la tecnología termosolar en España, se puede observar también que el número de empleos que ha creado en los últimos años ha sido directamente proporcional al número de MW que se han instalado.

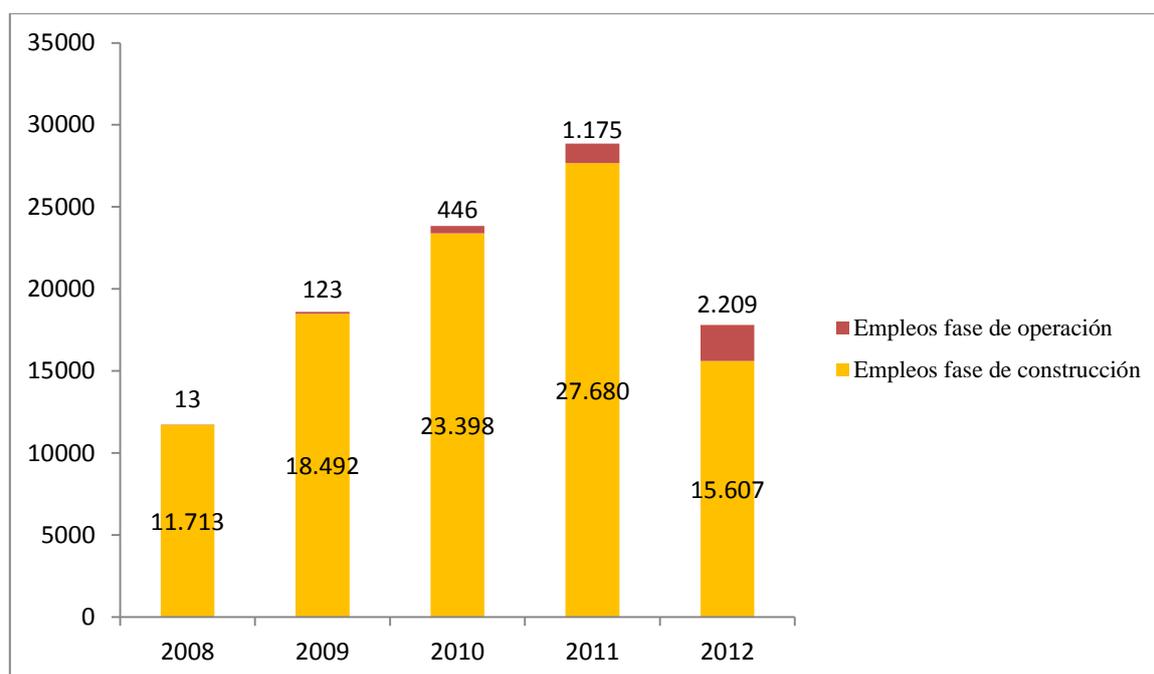
Gráfico 21. Capacidad instalada en España en MW



Fuente Elaboración propia mediante datos de CNMC

Tanto en la fase de construcción, donde se generan la mayoría de empleos, como en la fase de operación y mantenimiento, según el entrevistado Luís Crespo de Protermosolar, 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 serían los siguientes:

Gráfico 22. Creación de empleo en plantas termosolares en España



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de protermosolar.

<http://www.protermosolar.com/>

Según los expertos, en relación con la fase de instalación de la potencia el ratio es 40.1 empleos por MW/ año. Este dato incluye empleos en promoción, diseño, construcción, montaje, fabricación de equipos y otros componentes y en el resto de sectores económicos, con el siguiente desglose:

- 34% empleos promoción, diseño, construcción y montaje.
- 41% empleos en fabricación de equipos y componentes.
- 25% empleos resto sectores económicos.

Sin embargo, basándonos en esta información obtenemos un número muy elevado de empleos creados que no creemos que se corresponda con la realidad, por ejemplo para el caso tipo de un mercado de 3GW, cerca de 120,000 empleos creados. Esto es debido en su mayoría a los empleos derivados de la fabricación de componentes y otros sectores económicos.

Si redujéramos el cálculo únicamente a los empleos generados durante la promoción, diseño, construcción, montaje y explotación de la planta propiamente dicha, el ratio total

pasaría de aproximadamente 41 empleos /MW a unos 15 empleos/MW, lo que supone para un mercado de 3GW 45.000 empleos.

En relación con la fase de explotación de las centrales termosolares, si se emplea el ratio empleo/GWh que se dio en 2010, donde se crearon 446 empleos para una generación de 691.5 GWh, con un ratio de 0.64 empleos/GWh. A partir de este dato y de la relación potencia instalada frente a potencia generada 1,29 GWh/MW (691,5 GWh/532 MW), obtenemos un ratio de 0,83 empleados/MW en fase de operación.

Llegando a un consenso con los expertos, todos estimaron que durante la construcción de las plantas termosolares y en la posterior etapa de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de las mismas, se crearán entre 4 y 5 puestos de trabajo temporales por MW para la ejecución del proyecto y entre 1 y 2 permanentes por MW durante el periodo de explotación.

Además de la aportación a la generación de empleos, la tecnología termosolar ha realizado un gran aporte al PIB español. Según el experto Álvaro Zarza y Luis Crespo, la contribución al PIB que realizaron las plantas termosolares en 2012 fue la siguiente de 1.840 millones.

Tabla 11. Aportación de plantas termosolares al PIB español en 2012

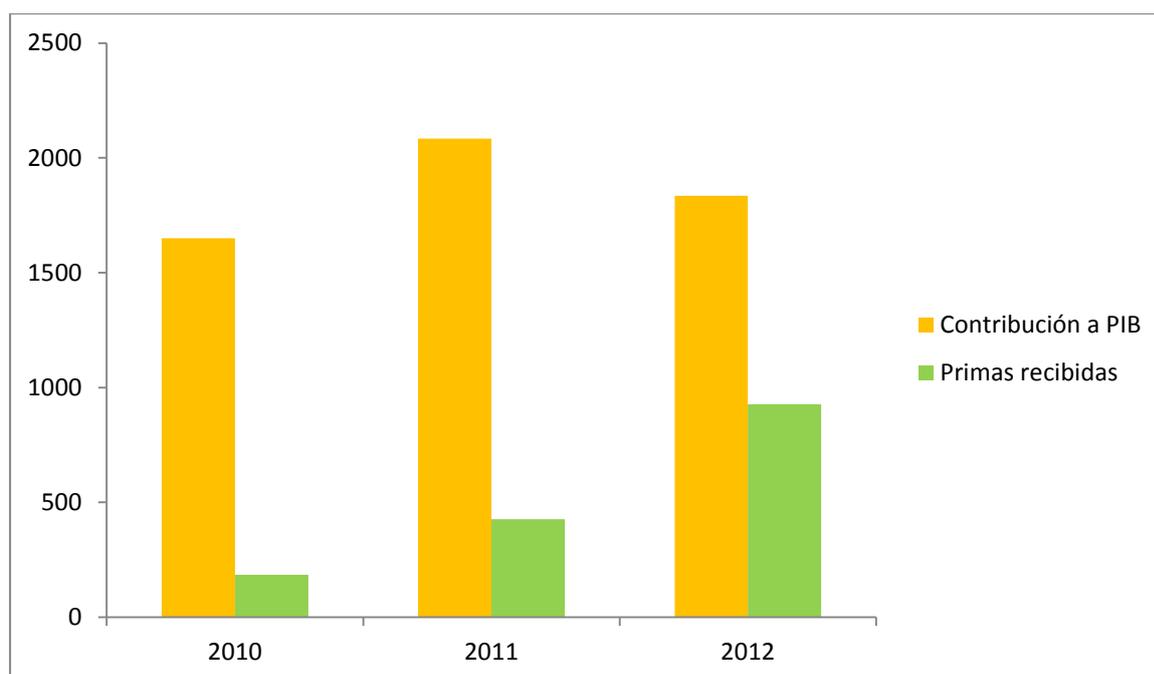
Potencia instalada	1.970 MW
Contribución al PIB	1.835 M€
Producción	3.432 GWh
Subsidios de desempleo evitados	132 M€
Emisiones evitadas	2,4 M t CO <sub>2</sub>
Ahorro en derechos de emisión	17 M€

Importaciones de combustible evitadas	131 M€
Contribución fiscal (Seguridad Social + IRPF + Impuestos de sociedades)	772 M€
Prima equivalente (liquidación CNE)	927 M€

Fuente: Elaboración propia desde datos de Deloitte 2012

Con lo cual, los expertos afirman que la aportación al PIB es mayor que las primas percibidas. Luego el impacto a nivel macroeconómico de las plantas termosolares en la economía es positivo.

Gráfico 23. Evolución de la contribución al PIB



Fuente: elaboración propia con datos de Protermosolar y REE

## **Reducción del precio del pool**

La energía solar, como todas las fuentes de generación renovable, está considerada como tomadora de precio en el mercado mayorista o “pool”

Los expertos aseguran que la energía solar abarata el precio final de la electricidad por que ofertan a precio cero y contribuyen al desplazamiento de la curva de oferta, expulsando a las energías más caras como son los ciclos combinados y el carbón. De esta manera, se consigue que el precio final se reduzca y que las grandes eléctricas se vean afectadas en su rendimiento.

Paralelamente, el hecho de que el precio de la luz sea más barato incrementa la partida de primas a las renovables. Esto se explica porque las renovables siempre reciben una cantidad fijada gracias al sistema de primas. Si la electricidad final es más cara la diferencia entre esa cuantía y la fijada por las primas es menor. Si el precio final se reduce, la diferencia es mayor y se deben pagar una mayor cantidad de primas.

## 9. CONCLUSIONES

Con lo analizado hasta el momento, y con la ayuda consensuada de los expertos entrevistados, se llega a la conclusión de que es necesario idear una hoja de ruta para los diferentes agentes que intervienen en el desarrollo de la energía termosolar en España con el fin de dinamizar el sector, y continuar siendo líderes a nivel mundial.

En esta hoja de ruta hay dos agentes primordiales que deben desempeñar un papel fundamental para poder generar un modelo de optimización de la energía solar. Por un lado estarían las empresas del sector, y por el otro el gobierno.

### **Empresas**

Como se ha venido haciendo durante toda la vida de la tecnología termosolar, las empresas han sido las que han hecho el mayor esfuerzo en I+D para poder convertir la tecnología termosolar en proyectos viables.

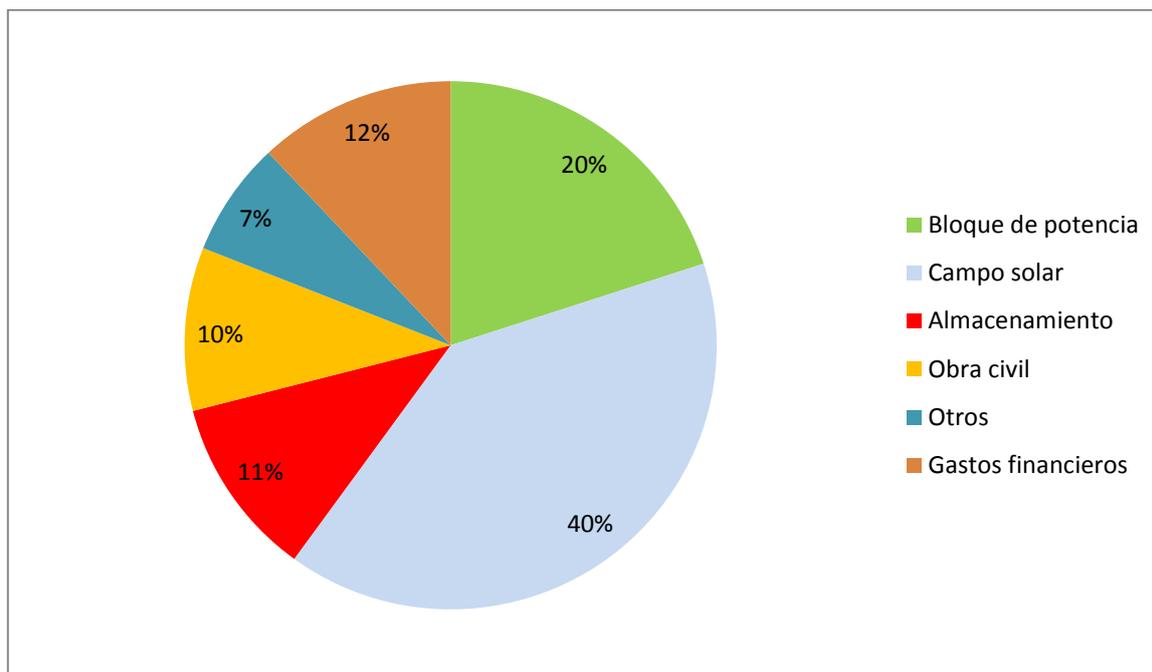
El objetivo fijado por los expertos del sector es que la energía termosolar sea competitiva con el ciclo combinado de gas en el año 2020.

Para que hacer esto posible hay dos tareas fundamentales que tienen que realizar, **reducir costes y mejorar la eficiencia de la tecnología.**

### *Reducción de costes*

El **coste de inversión**, actualmente, para las plantas termosolares, oscila entre 3,1 y 6,2 €/MWh dependiendo del coste de la mano de obra, el coste del terreno, del tipo de tecnología utilizada, y sobre todo del tamaño del campo solar y del tamaño del almacenamiento. Las plantas sin almacenamiento se encontrarían en la parte baja del rango, mientras que las plantas con un gran número de horas de almacenamiento se encontrarían en el extremo superior. En el gráfico 24 se muestra un desglose de los costes de inversión de una planta termosolar en España de 50 MW con 7 horas de almacenamiento. Estos costes de inversión son superiores a los de una instalación fotovoltaica, pero las plantas termosolares tienen una mayor producción por MW instalado.

Gráfico 24. Costes de inversión de una planta termosolar en España de 50 MW con 7 horas de almacenamiento



Fuente: elaboración propia

Los expertos afirman que los costes de inversión por vatio disminuyen en las plantas de tecnología cilindro parabólica en un 12% cuando pasan de 50MW a 100 MW y en un 20% cuando las plantas son de 200 MW. Los costes asociados con el bloque de potencia y otros (conexión a la red, BoP<sup>46</sup>) se deberían reducir entre un 20 y 25 por ciento cuando a capacidad se doble.

Los costes de inversión se espera que bajen entre un 10 y un 20 por ciento a medida que la competencia vaya aumentando entre los proveedores tecnológicos y se puedan producir los componentes necesario en masa. Por ejemplo, los proveedores de turbinas pueden producir bloques de potencia más eficientes.

Por lo tanto, para llegar a ser competitivo con el ciclo combinado de gas en 2020 los costes de inversión deberían reducirse en un 30 por ciento

Para las plantas de torre, la reducción de costes de inversión es más complicada de estimar, pero en general es mayor que en cilindro parabólica. Además, un incremento en la

<sup>46</sup> Balance of plant: cubre la obra civil, el montaje mecánico y el inversor.

eficiencia del 15 al 20 por ciento permitiría una reducción del 40% en la inversión de ciertos componentes de la planta, pero a nivel global supondría una reducción del 20 por ciento en los costes de inversión totales. La tendencia general de producir en masa espejos, traerá consigo una reducción de costes. Las expectativas de los expertos es que los costes de inversión se reduzcan entre un 40 y un 70 por ciento.

Tabla 12. Reducción de costes de inversión hasta 2025

<b>Tecnología</b>	<b>Ingeniería</b>	<b>Receptores</b>	<b>Sistemas de generación térmica</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Sistema de generación eléctrica</b>
<b>Cilindro parabólica</b>	32-36%	14-18%	26-30%	25-29%	8-12%
<b>Tecnología de torre</b>	41-45%	13-17%	18-22%	20-24%	5-9%
<b>Disco Stiring</b>	27-31%	25-29%	n.a.	n.a.	37-40%
<b>Fresnel</b>	35-39%	21-25%	23-27%	n.a.	3-7%

Los **costes de operación y mantenimiento** en una planta solar incluyen costes de operación de la planta, autoconsumos, agua y mantenimiento del campo solar. Las plantas de España (50 MW). Los costes de operación oscilan entre 9,7 y 22,3 €/MWh dependiendo de la tecnología. Según los expertos, la reducción de los costes de operación y mantenimiento se reducirán de la siguiente manera hasta 2025:

Tabla 13. Reducción de costes de operación y mantenimiento hasta 2025

<b>Tecnología</b>	<b>Costes de operación y mantenimiento</b>
<b>Cilindro parabólica</b>	18-22%
<b>Tecnología de torre</b>	15-19%
<b>Disco Stiring</b>	15-19%
<b>Fresnel</b>	18-19%

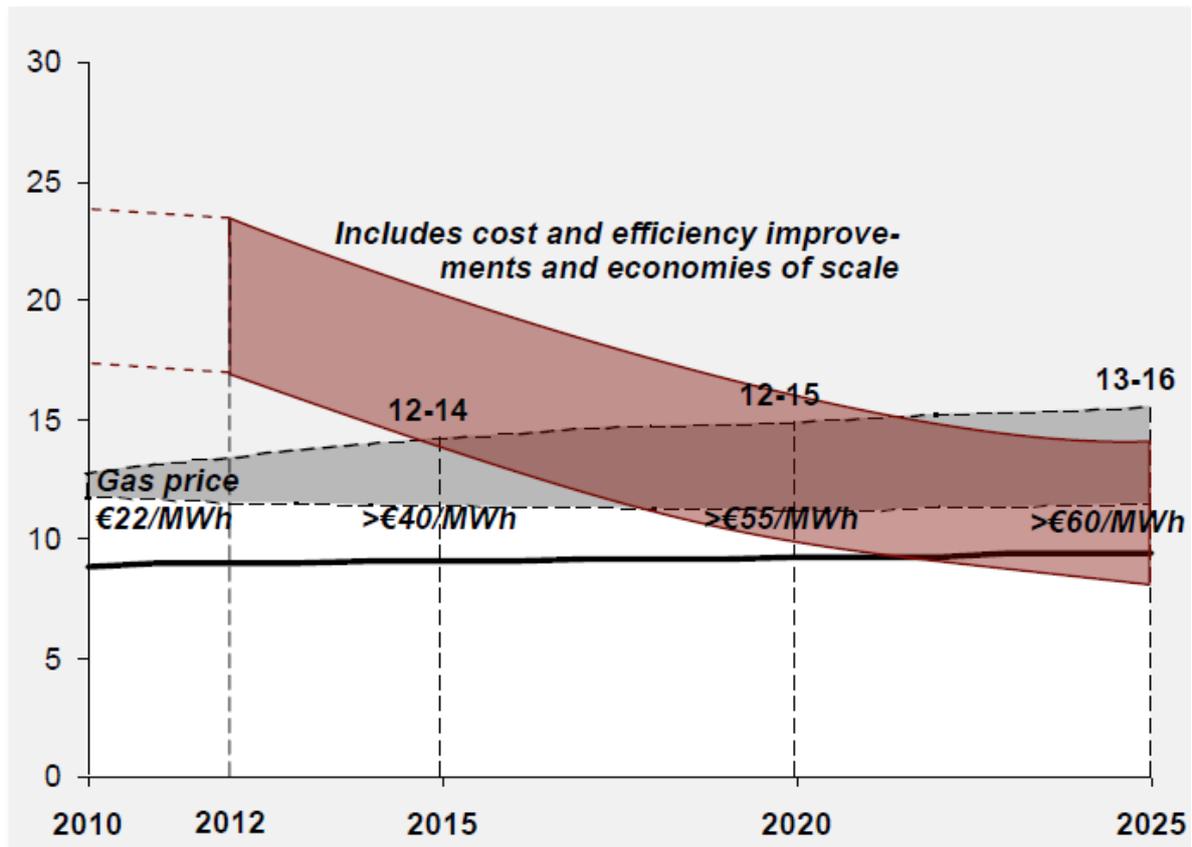
Fuente: elaboración propia

Los costes de financiación difieren de forma considerable de una tecnología a otra. Esto redundará en los costes de generación eléctrica y en los ratios esperados del retorno de la inversión. Las empresas tienen que acometer grandes inversiones para poder construir una planta termosolar, para ello, todas las empresas del sector han financiado sus plantas mediante la modalidad *project finance*.

El *Project finance* es un mecanismo utilizado para financiar proyectos de gran envergadura, en el que se utilizan los propios flujos de caja del proyecto para amortizar la deuda, y se utiliza el propio proyecto como garantía para cubrir el riesgo de impago. Esta modalidad de financiación conlleva un coste financiero elevado. Estos costes de financiación se irán reduciendo a medida que se vayan construyendo más plantas, dado que a confianza del sector, en este tipo de proyectos, se incrementará.

Los costes de generación, que como mencionamos antes la unidad de medida es el LCoE, actualmente son de 150- 225 €/MWh, dependiendo de la tecnología empleada. Para llegar a ser competitivo con el ciclo combinado, en el caso más pesimista, tendría que descender hasta 100 €/MWh. En la siguiente figura se muestra el camino que tendría que seguir el LCoE de la tecnología termosolar para ser competitivo con las fuentes renovables:

Figura 28. Comparación de costes de termosolar gestionable con fuentes convencionales en España (LCoE €/kWh)



Fuente: ESTELA, EPIA

Aunque actualmente la tecnología termosolar requiere inversiones de capital mayores que otro tipo de fuentes de generación eléctrica, ofrece mayores beneficios a largo plazo que cualquier otra fuente de generación debido a que no utiliza combustible de ningún tipo para su funcionamiento y debido a su gestionabilidad.

Además, los costes de la inversión inicial se reducirán a medida que las plantas vayan siendo de mayor tamaño, la competencia aumente, los equipos se puedan producir en masa, la tecnología mejore y las entidades financieras vayan ganando confianza en las plantas termosolares.

### *Mejorar la eficiencia de la tecnología*

Los avances tecnológicos permitirán a la tecnología termosolar despegar en la producción de electricidad y en la reducción de costes. Sobre todo, a través de alcanzar mayores temperaturas, las cuales brindarán mayores eficiencias. Otras tecnologías, aún en desarrollo, permitirán la producción de combustibles líquidos o gaseosos mediante la concentración solar.

Con el suficiente esfuerzo en I+D se podrían llegar a alcanzar los siguientes hitos:

1. Demostrar a generación directa de vapor en la tecnología cilindro parabólica
2. Optimizar grandes plantas de torre que utilicen sales fundidas como líquido caloportador y como almacenamiento
3. Producción en masa de discos Stirling
4. Demostrar el almacenamiento térmico en tres fases
5. Demostrar el funcionamiento de una planta de torre de vapor supercrítico
6. Demostrar el funcionamiento de una planta de torre con turbina de aire

Alcanzando estos hitos se alcanzaría un nivel más de competitividad de la tecnología termosolar.

Se tiene que realizar un esfuerzo continuo para reducir los costes, mejorar la eficiencia y producir en masa todos los componentes de las plantas de tecnología cilindro parabólico. Para ello, se requiere que se optimicen, por ejemplo, los espejos, o bien incrementando su efectividad o bien incrementado la apertura de los espejos.

Pero se deben de perseguir avances más fundamentales, por ejemplo la sustitución del actual líquido calo-portador de la tecnología cilindro parabólico, que es un aceite sintético costoso que limita la temperatura del vapor a unos 380°C. El reto es hacer la próxima generación de tecnología cilindro parabólico que utilice otros materiales como portadores de calor para que puedan producir temperaturas de vapor sobre los 500°C.

Se deberían desarrollar varias soluciones que puedan llegar a este cometido, como por ejemplo:

- Sales fundidas: a utilización de sales fundidas como líquido calo-portador simplificaría el almacenamiento, dado que el propio líquido serviría como almacenamiento. El problema que tiene es que las sales solidifican a 200°C, con lo que sería necesario un incremento en los costes de bombeo y calentamiento.
- La generación directa de vapor en los colectores cilindro parabólicos permitirían alcanzar mayores temperaturas de trabajo y reducir los costes de inversión, ya que evitaría la utilización de líquidos calo-portadores e intercambiadores de calor. Para que este tipo de colector aparezca en el mercado, sería necesario que se siga invirtiendo en ello para que llegue a nivel comercial, aunque habría que superar algunos escollos como la separación del agua y el vapor y diseñar modelos específicos de almacenamiento.
- Gas presurizado: se está probando actualmente en la plataforma solar de Almería. Sería necesario seguir trabajando en para mejorar la transferencia de vapor en los tubos receptores, y asegurar el control del campo solar, ya que es más complejo que el de los modelos estándar de aceite sintético

La tecnología de torre, que ya ha alcanzado temperaturas de trabajo mayores que la tecnología de colectores cilindro-parabólicos, puede incrementarlas aún más incluso, si se es capaz de mejorar las eficiencias de ciclo de potencia. Los costes del almacenamiento también pueden ser drásticamente reducidos con mayores temperaturas, lo que permitiría convertir más calor en electricidad y menos pérdidas debidas a limitar la capacidad de almacenamiento. Mayores eficiencias también significarían reducir el consumo de agua.

Las posibilidades de alcanzar mayores temperaturas deben ser exploradas mediante el uso de diferentes receptores.

Una opción podría ser el uso de un receptor super-crítico de Co<sub>2</sub>, como el que se usa actualmente en las centrales térmicas de carbón, el cual llega a eficiencias de entre el 42 al 46 por ciento. Pero esta tecnología se tiene que adaptar a las tecnologías solares.

Conceptos de torre de alta temperatura también incluyen aire atmosférico como fluido calo-portador, este diseño ha sido probado en Alemania. Este diseño ha llegado a alcanzar eficiencias del 25% aproximadamente.

Las torres con receptor de aire son un concepto completamente diferente al del resto de torres, ya que el aire presurizado se calentaría en el receptor y enviaría directamente a una turbina de gas. El exceso de calor se enviaría a un ciclo de vapor secundario que se utilizaría para un segundo generador. La eficiencia a la que han llegado estas plantas es del 35%, Abengoa tiene una planta piloto con este tipo de receptor en la plataforma Solúcar en Sevilla.

Respecto al almacenamiento, la mejor manera de incrementar los costes del almacenamiento es incrementar la temperatura, esto se debe que si el material utilizado puede alcanzar mayores temperaturas, se utilizaría la misma cantidad de material para mayor potencia calorífica. Se debería investigar en nuevos tipos de almacenamiento como en vidrio o en cerámica. También se podría añadir nano partículas a las sales fundidas para aumentar su rendimiento. El almacenamiento es un reto para las torres que utilizan generación directa de vapor. Pequeñas cantidades de vapor pueden ser almacenadas en acumuladores, pero es una metodología muy costosa.

En la tabla 14 se recogen las principales mejoras de eficiencia tecnológica que los expertos consideran para poder incrementar la competitividad de la tecnología:

Tabla 14. Principales eficiencias tecnológicas

<b>Tecnología</b>	<b>Colectores</b>	<b>Sistemas de generación térmica</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Sistema de generación eléctrica</b>
<b>Cilindro parabólica</b>	Tamaño de los espejos  Optimizar diseño de la estructura	Características de receptores  Otros fluidos caloportadores  Mayor temperatura de operación	Sistemas alternativos de almacenamiento	Eficiencia de la turbina
<b>Tecnología de torre</b>	Configuración de campo y optimizar tamaño de heliostatos  Optimizar sistemas de seguimiento	Otros fluidos caloportadores  Mayor temperatura de operación  Mejorar el ciclo de la tecnología	Sistemas alternativos de almacenamiento	Eficiencia de la turbina
<b>Disco Stiring</b>	Optimizar el diseño de la estructura  Optimizar el tamaño de los espejos		Desarrollo de almacenamiento	Eficiencia de la ingeniería y capacidad
<b>Fresnel</b>	Montaje automático de los espejos  Optimizar los espejos	Mayor temperatura de operación  Características de los espejos	Desarrollo de almacenamiento	Eficiencia de la turbina

Fuente elaboración propia

## Gobierno

La energía termosolar, a día de hoy, no es competitiva con el resto de tecnologías de generación eléctrica convencionales. Por eso, en el corto plazo, es necesario que reciba una serie de incentivos favorecidos por los gobiernos para que pueda despegar. En el caso de España, se decidió premiar la energía producida. Los productores podían elegir vender la

electricidad entre un precio fijado, tarifa 270 €/MW, o venderlo a precio de mercado añadiéndole una prima de unos 250 €/MWh, lo que garantizaba un mínimo de 250 €/MWh y un máximo de 340 €/MWh. Este sistema, ha demostrado ser muy efectivo a la hora de impulsar inversiones en la energía termosolar ya que disminuía el riesgo de la inversión considerablemente. Esto ha convertido a España en el líder mundial del sector.

Debido a los cambios regulatorios, explicados a lo largo de esta tesis, se ha visto que el sector de las energías renovables, entre las que se incluye la energía termosolar, ha sufrido un alto incremento de la incertidumbre. Lo que ha hecho que tanto la inversión en I+D como la construcción de nuevas plantas se pare.

Por lo tanto, para optimizar un modelo que sostenga la tecnología termosolar en el tiempo, el gobierno debe seguir las siguientes acciones para ayudar a dinamizar el sector en España:

1. Establecer un marco regulatorio equitativo que permita seguir desarrollando la tecnología termosolar hasta que sea competitiva por sí misma. O bien mediante primas o tarifas por la producción.
2. Evitar limitaciones de tamaños arbitrarios de plantas y a la posibilidad de hibridación, premiando sólo por la parte solar utilizada.
3. Agilizar los procedimientos de autorización de las plantas termosolares y las líneas de acceso.
4. Facilitar los terrenos adecuados, agua y accesos a la red.
5. Desarrollar incentivos para calor generado por tecnología termosolar.
6. Que el coste de Co2 sea repercutido a las eléctricas generadoras del mismo y no sea asumido por el Estado.

Apoyar el desarrollo de la tecnología termosolar es fundamental para generar confianza en los inversores, para ellos es necesario fijar un precio lo suficientemente alto como para garantizar una rentabilidad razonable. Como hemos resaltado anteriormente, en España la tarifa y la prima han demostrado su eficiencia a la hora de promover el desarrollo de la tecnología. Pero, es necesario estudiar con cuidado el nivel de las primas que se quieren dar. En este estudio deberían estar involucrados todos tanto productores como el gobierno para

acordar el nivel adecuado, porque un nivel demasiado bajo es ineficaz y uno demasiado alto ineficiente.

Además, los incentivos deben reducirse gradualmente para asegurar que la tecnología tiende a ser más eficiente, y las reducciones deben ser anunciadas con el suficiente plazo para dar tiempo a los productores a adaptarse. Además no debería de limitar el tamaño de las plantas, debido a que la ampliación del tamaño de las plantas es una forma de reducir costes en sí misma.

Aunque el Gobierno español controle el mercado eléctrico, sería recomendable que se planteara otras opciones que ayudaran a fomentar el desarrollo de la tecnología termosolar como por ejemplo; ofrecer terrenos adecuados, facilitar la conexión a la red o a los recursos hídricos, eliminación de ciertos impuestos, o dar facilidades de crédito.

Obtener los permisos y el acceso a la red son los máximos desafíos para la construcción de una planta termosolar nueva. Los habitantes cercanos no suelen oponerse a los permisos, aunque el aceite sintético y las sales fundidas se consideran como material peligroso. Antes de dar los permisos, también, se realizan informes de todos los impactos medioambientales, como por ejemplo; impacto en el hábitat de los animales, el uso del agua, el impacto visual y efectos de peligro de extinción de especies.

El gobierno debería actuar con decisión para simplificar los procedimientos y la obtención de permisos de las plantas de tecnología termosolar. El éxito de la termosolar depende de que los productores, gobierno y consumidores compartan una visión común.

Además los expertos creen que el gobierno español debería apoyar el I+D de la tecnología termosolar con las siguientes medidas:

1. Asegurar fondos sostenidos en el tiempo de apoyo a la investigación de la tecnología termosolar
2. Ayudar al desarrollo de nuevos receptores para tecnología de torre
3. Ayudar al desarrollo de nuevos fluidos caloportadores
4. Ayudar al desarrollo de nuevos sistemas de almacenamiento

Realizando esta serie de medidas, no sólo favorecerían desarrollo de la tecnología, sino también de la industria entera que serviría para generar empleo y riqueza al país, manteniéndonos líderes en el sector.

## **Modelo de optimización de la energía solar en España**

Según el análisis que se acaba de ofrecer, para poder desarrollar un modelo de optimización de la energía solar en España, y más especialmente, para seguir manteniendo el liderazgo mundial de la tecnología termosolar, lo primero que habría que hacer es dotar de solidez al marco regulatorio. Este marco regulatorio debería tener una doble función: permitir el desarrollo de la tecnología y atraer a inversores internacionales

El marco regulatorio debería de favorecer el desarrollo de la tecnología mediante dos vías:

- 1) Puesta en marcha de incentivos a la generación de electricidad producida por fuentes de generación solar: este incentivo tendría que venir en forma de prima o tarifa que bonifique la producción que provenga de las tecnologías solares. Pero estas tarifas o primas no pueden ser excesivas ni escasas. Si fueran excesivas, podrían tener un efecto contrario al desarrollo de la tecnología, ya que se podría generar una burbuja en la que se atrajesen a nuevos constructores con el único objetivo de obtener beneficio sin mejorar la tecnología. Y si fuera escasa no incentivaría a la inversión. Por eso, la tarifa deberá ser decreciente en los proyectos nuevos, para asegurar que la tecnología se va desarrollando. El Gobierno se ahorraría los gastos de las emisiones y se conseguiría un sistema eléctrico con generación limpia y gestionable.
- 2) Desarrollo de normativas que incentiven el I+D en las empresas generadoras de electricidad solar y de las empresas que desarrollen componentes. Desde la perspectiva operativa, esta opción podría tomar la forma de subvenciones directas o mediante programas específicos de desarrollo de I+D hasta que las tecnologías lleguen a ser competitivas con el ciclo combinado.

Tan importante es que se favorezca el desarrollo de la tecnología como que se cree un ambiente de seguridad financiera que genere la suficiente confianza para que los inversores nacionales y extranjeros se sientan lo suficientemente seguros como para poder invertir en nuestro país. Para ello, tiene que hacer un análisis realista de la situación de mercado eléctrico actual, y solventar las causas del déficit. Como hemos analizado anteriormente, la causa principal es la fijación de precios del mercado mayorista de electricidad. Una vez solventado este inconveniente, se podrá hacer un marco regulatorio en el que se recojan los dos puntos mencionados en el apartado anterior y lograr así un desarrollo de la tecnología termosolar.

Por otro lado, las empresas deberán tener como objetivo reducir costes e incrementar la eficiencia de la tecnología.

La reducción de costes debe venir por la vía de la mejora de reducción de costes de la inversión y reducción de costes de la operación y el mantenimiento. Estas mejoras las están realizando las empresas mediante la curva de aprendizaje, es decir, cuantas más plantas nuevas construyen y operan, son más eficientes.

A día de hoy, hay muchas maneras de reducir costes en la operación y mantenimiento. Pero hay una forma en particular, que además de ayudar a reducir costes, podría generar una industria en torno a ella. Esta sería el desarrollo de componentes específicos para las plantas termosolares. Actualmente, las plantas están utilizando componentes que no son específicos para esta tecnología, sino que son los mismos utilizados para plantas de ciclo combinado o de carbón. Este es el caso de las turbinas, las bombas o el interconexionado de tuberías. Si con el marco regulatorio se apoyara al sector, además de conseguir hacer competitiva la tecnología, se crearían nuevas industrias adyacentes que aportarían riqueza al país.

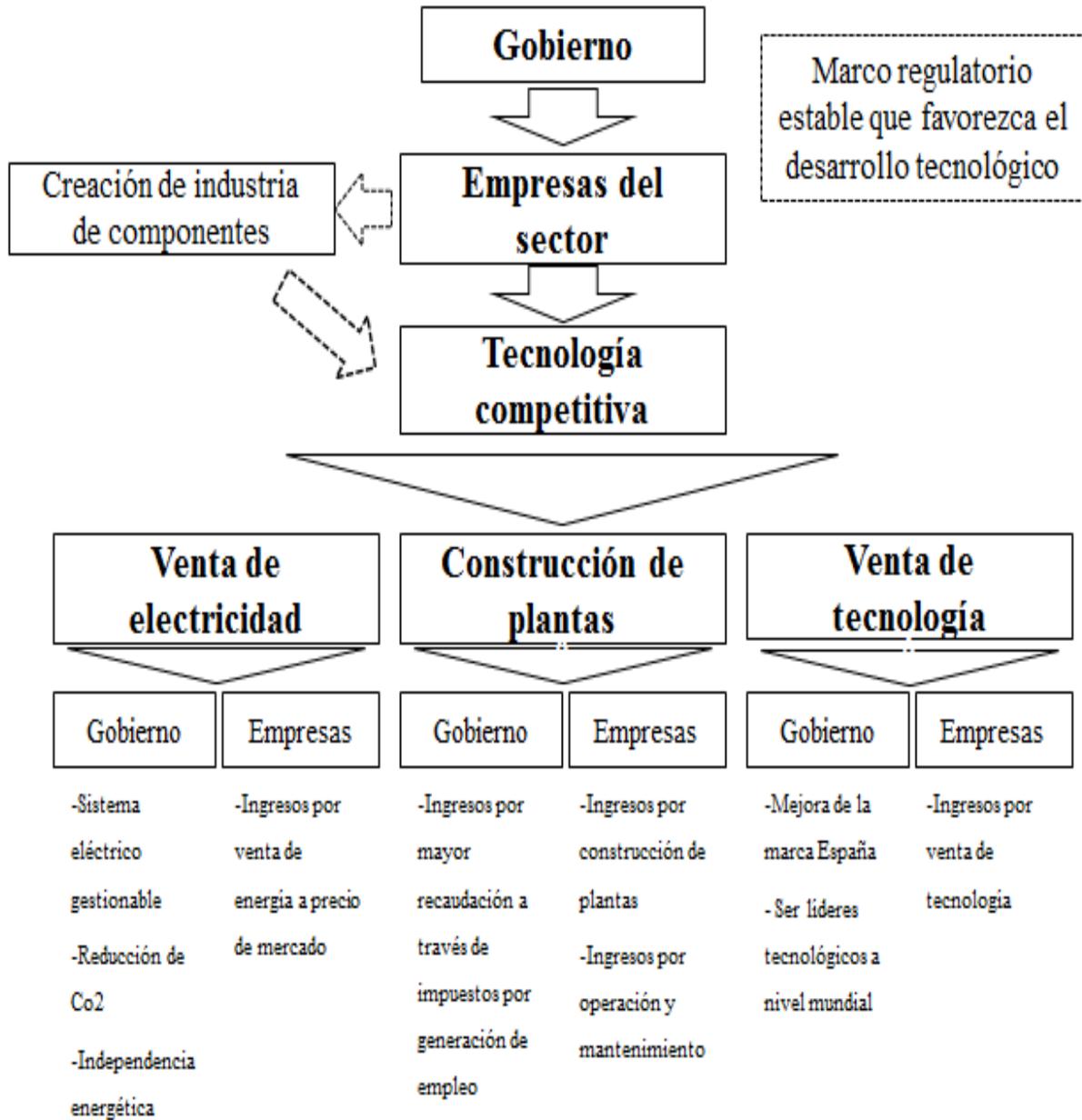
La eficiencia tecnología, como se ha analizado anteriormente, requiere de inversiones en I+D que permitan mejorar las tecnologías actuales. Si se hace correctamente, la tecnología termosolar llegará a ser competitiva con el ciclo combinado en 2020.

Una vez que se llegue al punto de obtener una tecnología competitiva se crearán una serie de beneficios tanto para el gobierno como para la industria y por ende en la sociedad. Estos beneficios se podrían resumir en tres:

- 1) Venta de electricidad limpia: la electricidad producida a través de la tecnología termosolar genera beneficio a las empresas generadoras por la venta de esa electricidad a precio de mercado. Pero además, este tipo de generación de electricidad es beneficioso para el gobierno ya que se tiene un sistema eléctrico gestionable, reduce la emisión de Co<sub>2</sub>, lo que conlleva que no habría que incurrir en un gasto para comprar derechos de emisiones y se obtendría independencia energética que también supondría un ahorro por evitar la compra de fuentes de generación fósiles a otros países. Además, se podría llegar a un acuerdo con la Unión Europea para poder generar electricidad limpia y gestionable desde España al resto de Europa.
  
- 2) Construcción de plantas: las empresas de sector se beneficiarían de poder construir plantas, pero además esto supondría mover la economía ya que para la construcción de las plantas, y para su posterior mantenimiento, se necesita personal. Esto a su vez recaería en beneficio para el gobierno ya que incrementarían la recaudación mediante impuestos.
  
- 3) Venta de tecnología: se exportaría la tecnología a otros países, generando beneficio para las empresas de sector, mejorando la marca España y consiguiendo ser líderes tecnológicamente a nivel mundial.

La figura 29 presenta y de modo resumido lo que a efectos de este trabajo hemos defendido como modelo de optimización de la energía solar en España.

Figura 29. Modelo de optimización de la energía solar en España



Fuente: elaboración propia

## Limitaciones

Hemos tenido en cuenta que las conclusiones de esta tesis se ven afectadas por factores que influyen en el resultado obtenido, y estos factores, por sí mismos, actúan a forma de limitación del modelo.

En primer lugar, la tecnología solar, particularmente la tecnología termosolar, apenas ha experimentado un gran desarrollo, y está en continua evolución. Por eso, para el desarrollo de esta investigación, ha sido necesario tener en cuenta la mejora de las tecnologías disponibles actualmente, y las mejoras que se tienen que realizar a las mismas para ser competitivos con el ciclo combinado de gas en 2020.

El propio método de investigación utilizado, Teoría Fundamentada, también cuenta con limitaciones intrínsecas. Estas limitaciones vienen dadas por el análisis de opiniones expertas, mediante las entrevistas en profundidad.

Los resultados obtenidos están sesgados por el investigador, ya que este elige la materia a estudiar, fija el marco teórico y dota de mayor y menor importancia las fuentes utilizadas para el estudio. Este sesgo se intenta paliar con el estudio de casos, ya que inyecta objetividad y fiabilidad al estudio. Aunque el estudio de casos puede tener como limitación el no haber escogido una muestra representativa de la población.

Aunque se intente obtener unos resultados lo más objetivos posibles, al trabajar con las opiniones y puntos de vista de los expertos entrevistados, la objetividad se puede ver reducida.

Influye también la subjetividad del momento en el que se realizaron las entrevistas, ya que estuvieron influidas por un entorno de gran incertidumbre por los continuos cambios regulatorios. Los que trajeron recortes generalizados a la energía solar, la constante reducción en los presupuestos generales del Estado en la partida de I+D, etc. Además, las preguntas del entrevistador pueden estar sesgadas, aun no siendo esta su intención.

Con el fin de paliar las limitaciones de estudio del caso, se ha seleccionado a expertos que representan a la tecnología solar, no solo a nivel nacional, sino también a nivel

internacional, para poder incrementar la objetividad lo máximo posible e intentar aportar el mayor valor añadido posible sin sesgar el resultado. Además se realizaron seis entrevistas con el fin de enriquecer la investigación y los resultados obtenidos en ella.

El último punto, y no menos importante, hay que resaltar la falta de un criterio uniforme en materia de energía renovable entre el gobierno, los productores tradicionales y los productores de energías renovables. Actualmente existe una divergencia de criterios que restringe la propia investigación.

### **Futuras líneas de investigación**

Como resultado de las conclusiones obtenidas en la presente investigación, y de las limitaciones encontradas en la misma, se plantean las siguientes líneas de investigación futuras.

A partir de los resultados obtenidos de forma consensuada con los expertos en este trabajo de investigación, se propone formular hipótesis que puedan ser validadas y utilizadas por la mayoría de los agentes que participan en el sector eléctrico español utilizando otras metodologías.

Los resultados obtenidos señalan que el desarrollo, en las primeras etapas, de la tecnología termosolar, depende de la relación entre los participantes en el mercado eléctrico, pero sobre todo en las decisiones del gobierno en materia energética. Por lo tanto se propone realizar un estudio, en el que se analice el papel del estado como dinamizador de tecnologías emergentes.

Esta tesis, se ha enmarcado en el desarrollo de la energía solar en España, pero se podrían plantear dos investigaciones de índole similar, mediante la utilización de la Teoría Fundamentada, la primera que sea el papel que asumiría España como exportadora de electricidad, al resto de Europa, con origen de tecnología solar. El segundo estudio que se podría hacer es la optimización de la energía solar en el mundo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- “. Mill Valley. CA: Sociology Press. California.
- A Yu, I (2004) “An Analysis of the Impact of the Internet on Competition in the Banking Industry, using Porter's Five Forces Model.” *International Journal of Management*, Vol. 21, No 4, p 514
- Aguilar F. (1967) “Scanning the business environment” Mcmillan.
- Alchian A.A. & Demsetz, H. (1972) “Production, information costs, and economic organization”, *American Economic Review*, Vol. 62 (December): 777-795.
- Amit, R. y Schoemaker, P.J.H. (1993), “Strategic Assets and Organizational Rent”, *Strategic Management Journal*, vol. 14(1), pp. 33-46.
- Ansoff, H. (1965) *Corporate Strategy*. McGraw-Hill, New York, NY. pp. 5-6
- Applegate L. M. (1994) “Managing in an Information Age: Transforming the Organization for the 1990s”, *Working Conference on Information Technology and New Emergent Forms of Organizations: Transforming Organizations with Information Technology*, North Holland, pp. 15-94.
- Aréchiga. H. (1996) “Los fenómenos fundamentales de la vida”. Siglo veintiuno editores. México.
- Arias, M. (2003) “Metodologías de investigación emergentes en economía de la empresa”, *Papers Proceedings 2003, XVII Congreso Nacional XIII congreso hispano-francés AEDM, Université Montesquieu Bordeaux IV, Bordeaux*, pp. 19-28.
- Asimov, I. (1980) “Las amenazas de nuestro mundo”. Orion. pp 57-65
- Ballenita, F. (2004). Crisis energética. El fin del petróleo barato. *El Ecologista*, 40, 20-23. Madrid. En: <http://www.ecologistasenaccion.org/revista/home.htm>
- Barney, J.B. (1986) “Organizational Culture: Can it be a Source of Sustained Competitive Advantage” *Academy of Management Review*, vol. 11, pp. 656-665.
- Barney, J.B. (1997) “Gaining and sustaining Competitive Advantage” Addison-Wesley, Reading. Massachusetts
- Barney, J; Arikan, A. (2001). Resource-based view: origins and implications. *The Blackwell Handbook of Strategic Management*, Hitt M, Freeman R, Harrison J (eds). Blackwell: Malden, MA., 124–188
- Barney, Jay B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, Vol.17, Pp. 99–120.

- Barrón, S. (2000) Transiciones familiares: La monoparentalidad femenina por divorcio. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- Benjumea, F. (2008) “El reto del desarrollo sostenible”. Revista de obras públicas. Junio 2008, N° 3.489
- Bermejo Ruíz. J.M. (2012) “De la investigación a la innovación: importancia de la gestión de la propiedad intelectual en el sistema científico-tecnológico español para la promoción de entornos colaborativos”. Tesis doctoral, URJC (Madrid).
- Bharadwaj, A.S., Bharadwaj, S.G. y Konsynski, B.R. (1999) “Information Technology Effects on Firm Performance as Measured by Tobins’ s *q*” *Management Science*, vol. 45, nº 6, junio, pp.1008-1024
- Black, Richard (2006). “Drástica’ reducción de la Banquisa Ártica”.*Science/Nature (BBC News)*. Consultado el 11 de enero de 2013.
- Blair, J. y Buessler, J. (1998) “Competitive Forces in the Medical Group Industry: A Stakeholder Perspective” *Health Care Management Review: Spring 1998. Volume 23. Issue 2. pp 7-27*
- Bonanno. A, Schlattl. H, Paternò L(2002) The age of the Sun and the relativistic corrections in EOS”. *Astronomy and Astrophysics*.390:1115-18.
- Borman, F.H. and G.E. Likens. (1970) "The nutrient cycles of an ecosystem." *Scientific American*, October 1970, pp 92-101.
- Breyer, Ch. & Gerlach, A. (2010) “Global overview on grid-parity event dynamics”. In Proceedings of the 25 “European PV Solar Energy Conference and Exhibition. 24-28 September 2012, Frankfurt, Germany.
- Brooker, M.I.H.; Kleinig, D.A. (2006). *Field Guide to Eucalyptus*. Melbourne: Bloomings.3<sup>a</sup>.
- Brown, S. L. & Eisenhardt, K. (1998) *Competing on the Edge: Strategy as Structured Chaos*. Harvard Business School Press, Boston.
- Brown, W M (1980), “Polymorphism in mitochondrial DNA of humans as revealed by restriction endonuclease analysis.” *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 77, 3609-9.
- Campbell, D. y Fiske, D. (1959) “Convergent and Discriminant Validation by the Multi-trait-Multimethod Matriz”, *Psychological Bulletin*, Vol. 56: 81-85
- Caro, F.J. (2001) Efectos de la Innovación y el cambio en la gestión y organización de las empresas informativas. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

- Carrero, V. (1998) Análisis Cualitativo de Datos: Aplicación de la Teoría Fundamentada (Grounded Theory) en el ámbito de la Innovación Organizacional. Tesis Doctoral. Universidad Jaume I (Castellón).
- Castro, M. & Colmenar, A. (2012) “Diseños de sistemas fotovoltaicos”, promotora general de estudios, Madrid.
- Catling, David C.; Zahnle, Kevin J. (2009) “Pérdidas en las atmósferas planetarias” Investigación y ciencia (Scientific American). Julio. Nº 394.
- Centro para la Investigación Forestal Internacional (2011) “Transición del Bosque en Corea del Sur: Realidad, Trayectoria y Causas”
- Chakravorti B. (2004) “The new rules for bringing innovations to market” Harvard business Review. Disponible en: <http://hbr.org/>
- Chandler, A. (1962) “Strategy and Structure: Chapters in the History of the Industrial Enterprise”. MIT Press, Cambridge, MA.
- Cheng, D. (2013) “Analyze the hotel industry in five competitive forces”. The Journal of Global Business Management. Volume 9. Number 3. October
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1990) “Absorptive-Capacity-a New Perspective on Learning and Innovation”, Administrative Science Quarterly, Vol. 35: 128-152
- Colás, P. y De Pablos, J (2004) “La formación del profesorado basada en redes de aprendizaje virtual: aplicación de la técnica dafo”, Revista digital Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, Salamanca.
- Connell, J. & Lowe, A. (1997) “Generating grounded theory from qualitative data: The application of inductive methods in tourism and hospitality management research”, Progress in Tourism and Hospitality Research, Vol. 3: 165-173.
- Crespo, L., Sobrino, J., Sánchez, F., Blanco, M.(2010) “La electricidad termosolar Una historia de éxito”, Protermosolar, Madrid.
- Cuervo García, R. (2010) “Energía Solar Térmica.” Fundación Confemetal
- Cuñat, R.J. (2005a) El Proceso de Creación de Empresas desde la perspectiva estratégica: Diseño de un modelo de actuación para la creación de empresas cooperativas de trabajo asociado en el País Valenciano. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Cuñat, R.J. (2005b) “La realidad de las nuevas cooperativas de trabajo asociado: de la idea a la consolidación”, Sociedad Cooperativa. Vol. 21: 23-26.
- Cuñat, R.J. (2006): “Consejos para la consolidación de una cooperativa de trabajo asociado”. Ed. Caixa Popular. Valencia.

- Curl CL, Fenske RA, Elgethun K.(2003) "Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets". Environ Health Perspect.
- D'Aveni, R. (1994) "Hypercompetition: Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering". The Free Press. New York.
- Darwin, C. (1872) "On the origin of species" (6<sup>a</sup> ed.). John Murray, Londres
- Diamond, J., (2005) "Colapso" Viking, Penguin Group, Nueva York, 70-102
- Douglas, D. (2004a) "Entrepreneurship Research and Grounded Theory. Some Methodological Reflections", European Conference on Research Methods in Business and Management, Reading University. UK.
- Douglas, D. (2004b) "Grounded Theory and the "And" in Entrepreneurship Research". Electronic Journal of Business Research Methods, Vol. 2: 59-68.
- Eisenhardt, K. (1989): "Building Theories from Case Study Research", Academy of Management Review, Vol. 14, n° 4: 532-550.
- Energy Information Administration, U.S. Department of Energy (2006) "World Consumption of Primary Energy by Energy Type and Selected Country Groups, 1980-2004".
- EPIA (2014) "Global market outlook for photovoltaics 2014-2018"
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (2000) "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations", Research Policy, Vol. 29 (2): 109-123.
- Europa Press (2010) [http://economia.elpais.com/economia/2010/07/12/actualidad/1278919975\\_850215.html](http://economia.elpais.com/economia/2010/07/12/actualidad/1278919975_850215.html)
- European Fusion Development Agreement (2007) "Energía: impulsando el mundo" Bavaria Druck, Munich, Alemania
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005) "Millennium Ecosystem Assessment General Synthesis Report: Ecosystems and Human Well-being" Island Press Washington, D.C pp 1-24.
- Evenson, R.E. (1999) "Economic impact studies of agricultural research and extension." New Haven, Connecticut, Estados Unidos, Yale University.
- Faber .H.B (1991) "Military Pyrotechnics". Washington, Government Printing Office. Capítulo 5. Military mirrors.
- FAO (2007) <http://www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=13755&Cr=FAO&Cr1/>
- FAO (2008) "The State of Food and agriculture"
- FAO (2014) "Fisheries and aquaculture emergency response guidance". Rome, 167 pp

- FAO, IFAD and WFP. (2014) “The State of Food Insecurity in the World 2014. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition.” Rome, FAO.
- FAO. (2011) “Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention”. Rome
- Field CB, Behrenfeld MJ, Randerson JT, Falkowski P (1998).” Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components”. Science (Washington D C), pp 237-240
- Fondo de las Naciones Unidas (2009): “2º Informe sobre Desarrollo Recursos Hídricos en el Mundo”, p.88-90
- Fondo de las Naciones Unidas para la población (2012) “Population Issues”. Disponible en <http://www.unfpa.org/issues/> Abril 2012.
- Freeman, C. (1991) “Networks of innovators: A synthesis of research issues”, Research Policy. Vol. 20 (5): 499–51.
- Galbraith, Jay R. & Lawler E.E. (1998) “The Challenge of Change. In Tomorrow’s Organization: Crafting Winning Capabilities in a Dynamic World”. Jossey- Bass. San Francisco.
- Gambardella, A. (2005). “Assesing the Market for Technology in Europe”, presentation al EPOOECD BMWA International Conference on Intellectual Property as an Economic Asset: Key Issues in Valuation and Explotation. 30 June – 1 July. Berlin.
- GEO4, PNUE (2007) “Programme des Nations Unies pour l'environnement”
- German Aerospace Center (DLR), 2006: “Trans-Mediterranean Interconection for concentrating Solar Power”.
- Glaser, B. G. (1992) “Basics of grounded theory analysis: Emerge vs. Forcing
- Glaser, B.G. & Straus, A.L. (1967) The Discovery of Grounded Theory: strategies for qualitative research. Aldine, New York.
- Goldkuhl, G. (2004): “Conceptual determination when developing a multi-grounded theory. Example and Defining ISD method”, European Conference on Research Methods in Business and Management. Reading University. UK.
- Grant, R.M. (2006). Dirección Estratégica: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones. Madrid: Civitas, (5ª ed.)
- Greenpeace (2010) “Renovables 2050: un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular”
- Gribaldo S, Brochier-Armanet C (2006). “The origin and evolution of Archaea: a state of the art”. Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. 361 (1470): pp. 1007–22.

- Griliches, Z. (1957) "Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change". *Econometrica*, 25 (4), pp. 501-522.
- Hagerdoon, J., Link, A. N., Vonortas, N.S. (2000) "Research partnerships". *Research Policy*, Vol. 29 (4-5): 567-586.
- Hamel, G., & Prahalad, C.K. (1993) "Strategy as Stretch and Leverage", *Harvard Business Review*, Vol. 71 (March-April): 75-84.
- Hamel, G., & Prahalad, C.K. (1994) *Competing for the Future*. Harvard Business School Press. Boston, MA.
- Hemschemeier, A. (2006). "The anaerobic life of the photosynthetic alga; Photofermentation and hydrogen production upon sulphur deprivation"
- Hotus, Alberto (1992) "Población indígena y medio ambiente. Isla de Pascua (Chile). Rapa Nui"
- Ibañez, M; Rosell, J. R; Rosell, J. I (2004)"Tecnología Solar". Paraninfo. Madrid.
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (2011) "Plan de energías renovables 2011-20", Madrid.
- International Energy Agency (IEA) (2013) "World Energy Outlook 2013", pp.55-93.
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs
- IPCC. (1996) *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático* Equipo de redacción principal: R.T. Watson, M.C. Zinyowera y R.H. Moss). IPCC, Ginebra, Suiza, 102 págs
- ISRIC(2011) "World Soil Information" ISRIC Report 2011/06, 42 pp
- IUCN (2008) "International Union for Conservation of Nature"
- Jensen, M.C. & Meckling, W.H. (1976) "A theory of the firm: Govenance, Residual Claims and Organizational Forms". *Journal of Financial Economics (JFE)*, Vol. 3 (4).
- Jesse M. Pines (2006) "The economic role of the emergency department in the health care continuum: Applying Michael Porter's five forces model to emergency medicine" *The Journal of Emergency Medicine*. Volume 30, Issue 4, May 2006, Pages 447-453
- Johnston, H.R y Carrico, S.R. (1988) "Developing Capabilities to Use Information Strategically" *Management Information Systems Quarterly*, abril, pp. 37-48.
- Johnston, W., Leach, M. y Liu, A. (1999) "Theory testing using case studies in business-to-business research", *Industrial Marketing Management*, Vol. 28: 201-213.

- Klaus-Peter Schröder (2008). "Distant future of the Sun and Earth revisited", MNRAS, 386, 155-163
- Kurokawa. K, Kato. K e Ishihara. S (2003)"Energy from the desert: Feasibility of very large scale photovoltaic power generation (VLS-PV) systems." Photovoltaic systems executive committee of the International Energy Agency.
- Lambert, J. y Ryan, P. (2008) Acacia Research Corp. at Singularity Research's Annual "Best of the Uncovereds" Conference Presentation. Septiembre 9, 2008.
- Learned, E.P., C.R. Christensen, K.R. Andrews & Guth, W.D. (1965) Business Policy: Text and Cases. Homewood, IL: Irwin.
- Lichtenthaler, U. y Ernst, H (2006) "Attitudes to externally organising knowledge management task: a review, reconsideration and extension of the NIH syndrome", R&D Management, Vol. 36(4):367-386.
- Locke, K. (2001) Grounded Theory in Management Research. Sage. London.
- Lowe, A. (1995): "The basic social processes of entrepreneurial innovation", International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research, Vol. 2: 54-55.
- Lowe, A. (1998) "Managing the postmerger aftermath by default remodelling", Management Decision, Vol. 36: 102-110.
- Lundvall, B. (1985). "Product Innovation and User-Producer Interaction", Industrial Development Research Series, N° 31, Aalborg University Press, Aalborg.
- Lundvall, B. (1992) National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning. Printer Publishers. London.
- Mahmood, M.A. y Mann, G.J. (1993) "Measuring the Organizational Impact of Information Technology Investment" *Journal of Management Information Systems*, verano, vol. 10, n° 1, pp. 97-122
- Marín Carrillo G, Marín Carrillo B. y Jiménez Castillo D. (2004) "Análisis de las fuerzas competitivas del sector agrícola de Almería" Boletín económico de ICE N° 2798. Marzo.
- Markus J. Aschwanden (2007). «The Sun». En Lucy Ann McFadden, Paul R. Weissman, Torrence V. Johnsson. *Encyclopedia of the Solar System*. Academic Press. p. 80
- Massot, I. (2001) Vivir entre dos culturas. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Maxwell, J. A. (1998) "Designing a Qualitative Study" en BICKMAN, L. y ROG, D. J. (eds.): Handbook of Applied Social Research Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA. Pp. 69-100.

- McCormack, A., Forbath, T. y otros (2007) *Innovation through Global Collaboration: A New Source of Competitive Advantage*. Harvard Business School. Boston, MA.
- McCormack, A., Forbath, T. y otros (2007) *Innovation through Global Collaboration: A New Source of Competitive Advantage*. Harvard Business School. Boston, MA.
- McCutcheon, D. & Meredith, J. R. (1993) "Conducting case study research in operations management", *Journal of Operations Management*, Vol. 11: 239-256.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2013): "Datos Básicos de Sistema universitario español: curso 2013-2014" Secretaría General Técnica.
- Mintzberg, H. & Lampel, J. (1999) "Reflecting on the Strategy Process", *Sloan Management Review*, Vol. Spring: 21-30.
- Mintzberg, H. (1983) *La naturaleza del trabajo directivo*. Ariel. Barcelona.
- Mintzberg, H. (1994) *The Rise and Fall of Strategic Planning: Reconceiving Roles for Planning, Plans, Planners*. The Free Press. New York, NY.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B. & Lampel, J. (1998) *Strategy Safari: A Guided Tour Through the Wilds of Strategic Management*. The Free Press. New York, NY
- Moro, M (2010) "Instalaciones solares fotovoltaicas". Paraninfo. Madrid.
- Myers, N. (2005) «Environmental Refugees: An emergent security issue», 13th Economic Forum. Prague, págs. 5. <http://www.osce.org/eea/14851>
- NASA (2013) <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/fig.A.txt> <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/fig.A2.txt>
- National Geographic (2005): *El origen del hombre*
- Navas, J.E. & Guerras, L.A. (1998) *La dirección estratégica de la empresa. Teoría y aplicaciones*. Cívitas. Madrid.
- Navas, J.E. (2005) "*El papel de los recursos intangibles de la empresa*", Madrid + Revista en [www.madridM+D.org](http://www.madridM+D.org)
- Nelson, R.R. (1997) "In search of useful theory of innovation", *Research Policy*, Vol.5: 36-37.
- Nelson, R.R. & Winter, S.G. (1997) "In search of useful theory of innovation", *Research Policy*, Vol.5: 36-37
- NSIDC (2004) "Centre américain de données sur la neige et la glace"
- Orengo, V. (1999) *El Análisis de la Innovación Tecnológica en las Organizaciones desde la Teoría Fundamentada (Grounded Theory)*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Organización de las Naciones Unidas (2014) "Human development report 2014: Sustain Human progress"

- Organización Meteorológica Mundial (2011) “Boletín sobre los gases de efecto invernadero”
- OXFAM (2014) “Gobernar para las élites: Secuestro democrático y desigualdad económica”
- Oxford Learning Lab (2012). PESTLE - Macro Environmental Analysis. Available at: [http://www.oxlearn.com/arg\\_Marketing-Resources-PESTLE---Macro-Environmental-Analysis\\_11\\_31](http://www.oxlearn.com/arg_Marketing-Resources-PESTLE---Macro-Environmental-Analysis_11_31)
- Partington, D. (2000) “Building grounded theories of management action”. British Journal of Management, Vol. 11: 91-102.
- Pauly D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R (1998) “Fishing Down Marine Webs” Science 6 February Vol. 279 no. 5352 pp. 860-863
- Peteraf, M.A. (1993) “*The Cornerstones of Competitive Advantage: A Resource-Based View*”; Strategic Management Journal, nº 14 ( 99), pp. 179-192.
- Peteraf, Margaret. (1993). The Cornerstones of Competitive Advantage: A Resource – Base View. In Strategic Management Journal, Vol. 3, Pp. 179-191
- Pfeffer, J. (1987) “A resource dependence perspective on intercorporate relations”. In M.S. Mizuchi & M. Schwartz (eds.), Intercorporate relations: The structural analysis of business. Cambridge University Press. New York. Pp. 22- 25.
- PNUD, (2006) “Programme des Nations Unies pour le développement”
- Porter M.(2002): “ La ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior” Ed: Patria.
- Porter, M (2001) “Strategy and the internet” Harvard Business Review. Marzo.
- Porter, M. (1979) How Competitive Forces Shape Strategy. In Strategy: Seeking and Securing Competitive Advantage. C.A. Montgomery and M.E. Porter (eds.). Harvard Business School Press. Boston, MA.
- Porter, M. (1980) “Competitive Strategy” Free Press, New York, NY.
- Porter, M. (1982) “Estrategia Competitiva” C.E.C.S.A. Mexico.
- Porter, M. (1985) “Competitive Advantage” Free Press, New York, NY.
- Porter, M. (1987) “Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior”, C.E.C.S.A. Mexico.
- Porter, M. (2001) “Strategy and the Internet” *Harvard Business Review*, Nº 6358.
- Porter, M. (2006) “Gestionar con imaginación” Lideres del management. Barcelona Av. Diagonal, 662. Ediciones Deusto.

- Porter, M. E. (1990). New global strategies for competitive advantage. *Strategy & Leadership*, 18(3), 4-14.
- Porter, M. y Millar, V. (1985) "How Information gives you Competitive Advantage" *Harvard Business review*, (julio-agosto), pp. 149-160
- Porter, M., & Stern, S. (2001). Location matters. *Sloan Management Review*, 42(4), 28-36.
- Prahalad, C.K. y Hamel, G. (1990), "The core competence of the corporation", *Harvard Business Review*, nº 69 (4), pp.79-91.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2013): "Informe sobre el desarrollo humano: Sostenibilidad y equidad Un mejor futuro para todos"
- Puget, P., Chenu, C., Balesdent, J. 1995. Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European Journal of Soil Science* 46: 449-459.
- Quesada, M. (2001) Hacia un Modelo metodológico interpretativo de las prácticas de consumo: un estudio de caso para la elaboración de un modelo sobre el proceso de adquisición de equipamiento informático doméstico. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona
- Roberts, P (2004): "El fin del petróleo" Ediciones B, S.A
- Rothaermel, F. T. (2012). *Strategic Management: Concepts and Cases*. McGraw-Hill/Irwin, p. 56-61
- Rumelt, R (1991) "How much dose industry matter?" *Strategic Management Journal*, vol. 12(3), pp. 167-185.
- Sackmann. I; Arnold. I; Kathleen, E(1993)" Our Sun. III. Present and Future" *Astrophysical Journal* v.418, p.457
- Scandolo. S. y Jeanloz. R. (2004) "El interior de los planetas". *Investigación y Ciencia* nº de Septiembre.
- Schmalensee, R. (1985) "Do Markets Differ Much" *American Economic Review*, nº 75(3), pp.341-351
- Selznick, P. (1957) "Leadership in Administration: A Sociological Interpretation". Row & Peterson. Evanston, IL.
- Sethi, V. y King, W.R. (1994) "Development of Measures to assess the Extent to Which an Information Technology Application Provides Competitive Advantage" *Management Science*, vol. 40, nº 12, diciembre, pp. 1601-1627.
- Shindell et al. (2009) "Improved Attribution of Climate Forcing to Emissions". *Science* vol 326: pp. 716-718

- SIPRI Yearbook, (2008) “Stockholm International Peace Research Institute”
- Sledge, S. (2005). “Does Porter's diamond hold in the global automotive industry?”. *Advances in Competitiveness Research*, 13(1), 22.
- Sorokin, Y.I. (1995). “Coral reef ecology”. *Ecological studies*, v. 102. Springer ed. 465 pp
- Stake R. E. (1994) “Case Studies”, en DENZIN, N. K. y LINCOLN, Y. S. (eds.): *Handbook of Qualitative Research*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA. Pp. 236-247.
- Termosolar (2011) “Impacto macroeconómico Del Sector solar termoeléctrico en España”.
- U.S department of Agriculture (2007) “Census of Agriculture”
- UNESCO(2006) “Desertificación y zonas áridas”
- UNFA-[http://www.unfpa.org/swp#ref\\_state-of-world-population-2013](http://www.unfpa.org/swp#ref_state-of-world-population-2013)
- Weill, P. (1992) “The relationship between investment in information technology and firm performance: A Study of the valve manufacturing sector”, *Information Systems Review*, nº 4, pp. 307-333
- Weiping, C., & Shubin, Z. (2002). New Trends of Overseas Competitiveness Theory-Blemish and Improvement of Michael Porter's Diamond Model.*International Economics and Trade Research*, 18(3), 2-4.
- Weiping, C., & Shubin, Z. (2002). New Trends of Overseas Competitiveness Theory-Blemish and Improvement of Michael Porter's Diamond Model.*International Economics and Trade Research*, 18(3), 2-4.
- Werger, G. (2003) “Evolutionary markets and the design of institutional policy”, en Pelikan, P. & Werger, G. (eds.) *The Evolutionary Analysis of Economic Policy*. Edward Elgar,
- WWF Alemania, Borneo: Isla del Tesoro en Riesgo, junio de 2005
- WWF: Borneo's Lost World: Newly Discovered Species on Borneo; escrito por Pio D. y D'Cruz R. (ed) para WWF, Abril 2005



2.4 Posibles soluciones para atajar el déficit de tarifa

†  
*En relación con el RD 661, en el cual se establecieron las tarifas a las energías renovables, en la cual se incluye la energía solar. Podría indicar*

*2.5 Porcentaje que considera del impulso aportado al sector*

.....%

2.6 Aciertos de este Real Decreto

2.7 Errores de este Real decreto

<p>2.8 ¿Cómo cree que afectará a la energía solar, tanto a la fotovoltaica como a la termosolar, el último cambio regulatorio que aprobó el Gobierno <b>RDL 9/2013</b>?</p>	
<p><b>3 Valoración situación actual de la energía Solar en España</b>  <i>El estudio “Impacto macroeconómico del Sector de Energía Solar Termoeléctrica durante el año 2012 en España” realizado por Deloitte, destaca que España es líder mundial en la tecnología termosolar y que dicha tecnología ha aportado 1.835 millones de euros al PIB evitando la emisión de 2,4 millones de toneladas de CO2. Actualmente hay instalados 2.204 MW. Teniendo en cuenta esta contextualización,</i></p> <p>3.1 ¿Cree usted que el Gobierno Español debería potenciar la energía solar termoeléctrica como ventaja para el país? ¿Por qué?</p> <p>3.2 ¿Cómo ha afectado la penetración de la energía solar en el precio de la energía del mercado mayorista?</p> <p>3.3 ¿Cómo ha afectado la penetración de la energía solar en el precio la factura de la luz?</p> <p>3.4 ¿Qué dificultades encuentra para consolidar el sector? ¿Cómo pueden reducirse?</p> <p>3.5 ¿Cuándo espera que se produzca un nuevo desarrollo de la energía termosolar en España?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Corto plazo</li> <li><input type="checkbox"/> Medio plazo</li> <li><input type="checkbox"/> Largo plazo</li> </ul> <p>3.6 ¿Cree que el desarrollo de esta tecnología tiene que venir liderado por el Gobierno, empresas privadas o mediante la colaboración ambas entidades? ¿Por qué?</p> <p>.....</p> <p>3.7 ¿Qué ventajas ofrece la tecnología termosolar respecto a otras tecnología renovable?</p> <p>.....</p>	

<p>3.8 ¿Qué ventajas le puede aportar al país el uso de esta tecnología?</p>	
<p><b>4 Sistema de implementación de nuevas tecnologías</b>  <i>El avance tecnológico es un pilar fundamental en la producción de electricidad mediante fuentes renovables, por eso, desearíamos conocer en más detalle como adquieren la información procesos de innovación, cómo de importante es esta información para la innovación, y en qué modo adquiere y explota la información. Ya que esto es relevante para poder monetizar el I+D.</i></p> <p>4.1 ¿Cuál es la información más relevante para proyectos de energía termosolar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Información del mercado †</li> <li><input type="checkbox"/> Información científico - tecnológica †</li> <li><input type="checkbox"/> Otro tipo de información (Indicar cuál)..... †</li> </ul> <p>4.2 ¿Dónde obtiene la información para esos proyectos de I+D? (por favor, seleccione las que considere que son las tres fuentes más importantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Alianzas estratégicas</li> <li><input type="checkbox"/> Usuarios avanzados</li> <li><input type="checkbox"/> Proveedores avanzados †</li> <li><input type="checkbox"/> Universidades e institutos de investigación †</li> <li><input type="checkbox"/> Firmas de consultoría †</li> <li><input type="checkbox"/> Adquisición de compañías †</li> <li><input type="checkbox"/> Redes informales de I+D †</li> <li><input type="checkbox"/> Conferencias y literatura †</li> <li><input type="checkbox"/> Vigilancia de mercados †</li> </ul> <p>4.3 ¿Cómo y cuándo decide su organización comenzar y financiar proyectos de I+D internos como un nuevo desarrollo de negocio o proyecto de capital riesgo corporativo?</p> <p>.....</p> <p>4.4 ¿Disponen de otras herramientas que las utilizadas normalmente para evaluar los proyectos de I+D para valorar el desarrollo de nuevos negocios o los proyectos de capital riesgo corporativo antes de que la compañía decida hacer inversiones adicionales?</p> <p>.....</p> <p>4.5 ¿Cómo localiza su empresa nuevos proyectos externos prometedores en los que estén interesados?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Explorando el entorno †</li> <li><input type="checkbox"/> Mediante la información de sus socios †</li> <li><input type="checkbox"/> A través de fondos de capital riesgo</li> <li><input type="checkbox"/> Otros, nómbrelos... †</li> </ul> <p>4.6 ¿Tiene su empresa participaciones minoritarias en otras compañías o comienza a tener proyectos de capital riesgo corporativo?</p>	

<p>.....</p> <p>4.7 ¿Quién se responsabiliza de informar del progreso de cada proyecto externo? ¿Disponen de otro tipo de herramientas para evaluar el valor de los proyectos externos antes de realizar inversiones complementarias?</p> <p>.....</p> <p>4.8 ¿Ha desarrollado su empresa algún mecanismo para mostrar el valor de las plantas de tecnología termosolar a sus accionistas?</p> <p>.....</p>	
<p><b>5 <i>Ventajas e inconvenientes de la implementación de nuevas tecnologías</i></b> <i>La innovación requiere un tipo de empleado y directivo diferente al de una típica unidad de negocio operativa, especialmente en aquellas en las que cooperan con distintas compañías para las actividades de I+D y aquellas otras que explotan de diferentes maneras sus propias tecnologías e IP.</i></p> <p>5.1 ¿Qué influencia ha tenido en el mix energético la tecnología termosolar? ¿Y la fotovoltaica?</p> <p>.....</p> <p>5.2 ¿Qué efecto ha tenido la energía solar en la lucha contra el cambio climático en España?</p> <p>.....</p> <p>5.4 ¿Cómo ha influido a la marca España el uso de la energía solar?</p> <p>.....</p> <p>5.5 ¿Cómo ha influido la inclusión de la energía solar en los agentes que ya estaban establecidos?</p> <p>.....</p> <p>5.6 ¿Cuál ha sido el efecto de incluir la energía solar en los costes del sistema eléctrico español para el consumidor final?</p> <p>.....</p> <p>5.7 ¿Hasta qué punto considera que es necesario ayudar a la energía solar vía ayudas gubernamentales? ¿En qué periodo de tiempo considera que se podría llegar a prescindir de dichas ayudas?</p> <p>.....</p> <p>5.8 ¿Qué beneficios ha supuesto la energía solar a los consumidores finales?</p> <p>.....</p>	
<p><b>6 <i>Protección tecnológica</i></b> <i>En esta sección deseáramos conocer el papel de las patentes y otros derechos de propiedad intelectual que aplican en su empresa sobre la energía solar.</i></p> <p>6.1 ¿Cuál es el rol de las patentes y otros derechos de propiedad intelectual en su empresa?</p> <p>.....</p>	

<p>6.2 ¿Cuál es el número de patentes de su empresa en la actualidad?  ..... patentes</p> <p>6.3 ¿Ha habido cambios en la solicitud de número de patentes en los últimos cinco años?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> El número permanece estable †</li> <li><input type="checkbox"/> El número de solicitudes se redujo ligeramente</li> <li><input type="checkbox"/> El número de solicitudes se redujo sensiblemente.†</li> <li><input type="checkbox"/> El número de solicitudes incrementó ligeramente.†</li> <li><input type="checkbox"/> El número de solicitudes incrementó sustancialmente. †</li> </ul> <p>6.4 ¿Existe alguna variación en el modo en que la compañía percibe las patentes, en los últimos cinco años:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay cambios †</li> <li>• Sí, los hay: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La compañía ve a las patentes más/menos como un modo de proteger su tecnología y la IP</li> <li>• La compañía licencia su tecnología e IP a terceros más/menos La compañía adquiere licencias de terceros más/menos</li> <li>• El uso de patentes por otras compañías para crear innovaciones en más/menos</li> <li>• La compañía utiliza licencias cruzadas más/</li> <li>• La empresa permite a las spin-off creadas usar las patentes libremente o de una manera controlada</li> </ul> </li> </ul> <p>6.5 ¿Qué otros derechos de propiedad intelectual son importantes para el I+D en su empresa?  .....</p> <p>6.6 ¿Existen normas o principios de derechos de propiedad intelectual que faciliten las estrategias de negocio en una economía globalizada?  .....</p>	
<p><b>7 Las relaciones con el sistema nacional de innovación y las políticas de innovación</b></p> <p><i>El tipo de entorno institucional afecta de forma directa al modo en el que las empresas conciben e implementan las energías renovables entre las que se encuentra la energía solar. Los países de la Unión Europea están muy interesados en los nuevos desarrollos en las empresas con negocios globales y las estrategias de innovación y desean poder conocer cómo los instrumentos de políticas de energías renovables influyen en el desarrollo de las mismas.</i></p> <p>7.1 ¿Qué considera que puede hacer el Gobierno o la Comisión Europea para</p>	

<p>facilitar la implementación de la energía solar?</p> <p>Las preguntas de referencia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo está estimulando el gobierno el I+D en el ámbito de la energía solar?</li> <li>• ¿Es este enfoque adecuado para estimular la energía solar discutida en esta entrevista?</li> <li>• ¿Observa importantes barreras para la energía solar en términos de la actual política de innovación?</li> <li>• ¿Está la política de innovación aún orientada a proyectos al nivel de firma individual?</li> <li>• ¿Estimula el gobierno suficientemente la creación de un clima atractivo de negocio?</li> <li>• ¿Cómo valora el gobierno los proyectos de innovación que generen mayores beneficios para las organizaciones extranjeras aunque las empresas innovadoras o institutos de investigación estén situado dentro las fronteras del país?</li> <li>• ¿Cómo estimular la energía solar? Distinguir entre fotovoltaica y termosolar</li> </ul> <p>7.2 ¿Qué instrumentos de política de I+D utiliza su empresa para el desarrollo de este sector? .....</p> <p>7.3 ¿Qué otras políticas gubernamentales son necesarias, en su opinión, para realizar I+D en el sector solar? .....</p> <p>7.4 ¿Cómo considera que es el marco institucional en el país para la disponibilidad y movilidad entre empresas de capital humano? .....</p> <p>7.5 En su opinión, ¿cómo es el escenario institucional para a la financiación externa de nuevos negocios y empresas? ¿Es fácil financiar nuevas ideas? ¿En qué nivel de desarrollo? .....</p> <p>7.6 En su opinión, ¿cómo considera que afecta el entorno institucional a los derechos de propiedad intelectual de las empresas tecnológicas? .....</p>	
<p><b>8 <i>Otros aspectos de la energía solar no planteados en este cuestionario.</i></b></p> <p>8.1 ¿Qué otras dificultades o barreras considera que podría haber en España a la hora de construir plantas de energía solar? .....</p>	
<p>1. El desarrollo de energía solar está íntimamente relacionado con los</p>	

<p>sistemas de innovación nacional y regional, en el cual se incluyen clientes, proveedores, competidores, universidades, entidades gubernamentales, etc.</p> <p>1.1 <i>¿Cree que el diseño actual de clusters y parques tecnológicos, favorece la interacción entre los agentes implicados?</i> .....</p> <p>1.2 <i>¿Cuáles son los motivos por los que considera que los clusters y parques tecnológicos promueven la interacción de los agentes implicados?</i> .....</p> <p>1.3 <i>¿Podría identificar algún otro tipo de impulso político a la energía solar?</i> .....</p>	
<p>2. Los sistemas de I+D regionales y nacionales resaltan los vínculos interorganizativos como base para la creación y difusión del conocimiento y ha sido de gran influencia como fundamento para el desarrollo de políticas (Lundvall, 1992; Nelson, 1993)</p> <p>2.1 <i>¿Considera adecuado el actual marco legislativo para crear nodos en el Sistema de Ciencia y Tecnología (SCT) español que garantice un entorno interactivo y favorezca el flujo continuo de ideas en el ámbito de la Energía Solar?</i> .....</p> <p>2.2 Desde este año, se plantea un nuevo escenario en España con la fijación del horizonte 2020 (Es el programa que financia proyectos de investigación e innovación de diversas áreas temáticas en el contexto europeo, contando con casi 731 M€ para el periodo 2014-2015 para energías poco intensivas en CO2) <i>¿podría identificar las bondades de esta ley de cara a la creación de nodos de SCT y qué lagunas plantea?</i> .....</p> <p>2.3 <i>¿Qué mecanismos legales podría identificar para la promoción de la energía solar?</i> .....</p> <p>Cuando la industria, la universidad y el gobierno trabajan de un modo conjunto y eficientemente como un único sistema se le denomina triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000)</p> <p>2.4 Según su punto de vista, <i>¿los esfuerzos realizados por parte del gobierno en el SCT español, ha favorecido este acercamiento al trabajo conjunto conforme a la triple hélice en los últimos cinco años en el ámbito de la energía solar?</i> .....</p>	
<p>3. El <b>programa Ingenio 2010</b> ha sido una iniciativa para favorecer la realización de grandes proyectos en cooperación que incrementen las capacidades científico-tecnológicas de las empresas y de los grupos de</p>	

investigación nacionales, aumentar la colaboración público-privada, crear y consolidar empresas de base tecnológica y fomentar la inserción de doctores en el sector privado.

3.1 *Estos instrumentos a efectos empresariales ¿son lo suficiente atractivos como para transmitir los beneficios que proporcionan la colaboración entre empresas y público – privada en el sector de la energía solar?*

.....

3.2 *¿Podría indicar cuáles son los beneficios particulares que persigue mediante la aplicación de prácticas colaborativas?*

.....

3.3 El programa **Avanza2 Competitividad I+D+i**, establece como criterios de adjudicación la cooperación de grandes empresas, pymes, centros de investigación públicos (participación del 5%) y la participación de usuarios finales.

3.4 *¿Qué percepción tiene de la cooperación?, ¿Podría distinguir las prácticas colaborativas, o de cooperación, del outsourcing o subcontratación en su sector?*

.....

3.5 *¿Considera que este sistema de financiación de la I+D+i promueve la energía solar, o por el contrario, fomenta la externalización de actividades de I+D?*

.....

En este contexto considera más adecuado la reformulación propuesta en el programa **CDTI Innpronta**, en el que se propone un enfoque integrador ciencia-tecnología-empresa en los proyectos donde será necesaria la participación relevante de, al menos, dos organismos de investigación con una participación mínima del 15% del total del presupuesto y consorcios empresariales, o bien, las agrupación de interés económico (AIE) constituidos por, como mínimo, cuatro empresas independientes entre sí, de las cuales al menos una de ellas ha de ser grande o mediana y otra ha de ser PYME.

3.6 *Esta alternativa de financiación de propuestas colaborativas de I+D, ¿es más adecuada para estimular la participación de la gran empresa, pyme y el SCT español?*

.....

3.7 *De su experiencia se puede desprender la conclusión de que Organismos Públicos e Investigación y universidades públicas desean tomar parte en propuestas colaborativas asumiendo el riesgo en su participación alícuota en el proyecto?*

.....

<p>4. Como planteamiento de una mejora de las prácticas del I+D, en el sector de la energía solar, desearíamos conocer los motivos por los cuales según la Encuesta sobre la Innovación Tecnológica en las Empresas (ITE) 2012 la <b>I+D en las pequeñas</b>, que dedican casi el 36% de su gasto a innovación (57,46% en I+D interna y 21,07% en I+D externa), mientras que en las <b>grandes</b> el peso total de la I+D es del 28% (74,94% en I+D interna y 21,06% en I+D externa).</p> <p>4.1 <i>¿Qué causas podría identificar como promotores para que la I+D se desarrolle internamente de un modo mayoritario?</i>  .....</p> <p>4.2 <i>¿Considera que estos datos actúan como factor determinante para no contemplar el SCT español como elemento de promoción de la innovación?</i>  .....</p> <p>En relación con los datos anteriores es llamativo como empresas como Apple, que en 2010 dedicó el 3,1% de su facturación a I+D figura como la número 1 en innovación o GE que dedica el 2,1% de su facturación a I+D y considerada como la cuarta empresa más innovadora.</p> <p>4.3 <i>¿Considera que las empresas con mejores resultados económico-financieros en los ámbitos de termosolar y fotovoltaica destacan por sus fortalezas en dos áreas clave: la capacidad para ejecutar proyectos y para desarrollar y aplicar tecnología propia?</i>  .....</p> <p>4.4 <i>Dominar las capacidades ligadas a la comercialización de energía de procedencia solar, ¿implica disponer de fortalezas en otras facultades relacionadas con la producción, la capacidad logística, de ventas, de marketing o de recursos humanos?</i>  .....</p> <p>4.5 <i>¿Considera que estas capacidades deben estar alineadas con la estrategia de la empresa, de modo que las ideas, los nuevos productos y servicios, su producción y puesta en el mercado aprovechen y sean coherentes al máximo con el posicionamiento y las fortalezas generales de la empresa?</i></p>	
<p>5. En las <b>actividades en colaboración los colaboradores preferidos para la innovación son los proveedores (el 49,8% de las empresas)</b>, seguidos a distancia por las universidades (29,5%), centros tecnológicos (27,0%), consultoras (26,0%) y clientes (24,8%). Los menos citados son las empresas competidoras (19,6%), empresas de su mismo grupo (19,1%) y <b>organismos públicos de I+D (15,8%)</b>.</p>	

5.1 *¿Encuentra que los esfuerzos investigadores del Sistema de Ciencia y Tecnología (SCT) están poco dirigidos a los requerimientos de las empresas?*  
 .....

5.2 *¿Se interpreta al SCT como un órgano poco flexible y adaptado a las necesidades de mercado?*  
 .....

5.3 *¿De qué manera consideraría que el SCT podría aproximarse a la realidad empresarial española para mejorar sus índices de competitividad?*  
 .....

5.4 *¿Se encuentra entre sus prioridades de innovación, la comercialización de desarrollos e invenciones desarrollados por los Organismos Públicos de Investigación (OPIs) o universidades?*  
 .....

5.5 *Si es así, ¿cómo accedería a ellas?*

	Irrelevante				Importancia crítica
	1	2	3	4	5
(a) La necesidad de una estrecha supervisión y control de la I+D					
(b) El riesgo de carencias de información					
(c) La necesidad de tener I+D próximo al mercado doméstico					
(d) Las economías de escala en la I+D					
(e) Los costes de coordinación y comunicación					
(f) Las políticas gubernamentales					
(g) Otras:					

5.6 *¿Es adecuado el canal utilizado en la actualidad?*  
 .....

5.7 *¿Cuáles son los factores detractores para la cooperación en I+D de su empresa con otras entidades OPIs, universidades, etc...?*

6. El principal óbice para la innovación suelen estar relacionado con la eliminación de barreras para la transformación productiva del conocimiento. Las organizaciones deben aprobar y adoptar prácticas de **Responsible Partnering** (parteneriado público – privado) La asociación responsable encamina las situaciones para que los participantes del sector público y privado hagan contribuciones significativas para el eventual

éxito de la investigación y colaborar en la mejora de la estructura en base a sus experiencias.

6.1 *¿Cómo accede a los potenciales colaboradores en el proceso de innovación?*

	Irrelevante				Importancia crítica
	1	2	3	4	5
(a) Publicaciones					
(b) Patentes					
(c) Conferencias					
(d) Seminarios					
(e) Proyectos internacionales					
(f) Intermediarios					
(g) Alianzas					
(h) Otros:					

6.2 *¿Considera que los canales para que las empresas puedan comunicarse con las OPIs y SCT en general, están bien definidos y son accesibles?*

.....

6.3 *¿Es sencillo acceder a grupos interesados en la investigación colaborativa?*

.....

6.4 Como instrumento de la política de desarrollo de investigación conjunta y transferencia del conocimiento, *¿consideraría adecuado que cada organización publicase de un modo accesible (p.e. en el sitio web de la entidad) sus políticas en relación a estas actividades, identificar claramente a las personas de contacto y las funciones que desempeñan?*

.....

6.5 Como paso previo a la formalización de un acuerdo de investigación conjunta, *¿considera relevante establecer que se propone lograr con la colaboración propuesta y qué intereses y motivaciones tiene cada una de las partes por participar?*

.....

6.6 La asignación de roles entre los socios debe tener en cuenta las competencias, experiencias y la organización interna. *¿Considera relevante que queden reflejadas las fortalezas expresadas por una mayor comprensión de las condiciones de mercado y de los riesgos y responsabilidades del negocio?*

.....

6.7 En el sentido contrario, *¿piensa que debería ser la OPI quien por su mayor conocimiento de los aspectos problemáticos del desarrollo y capacidad para reconocer otras oportunidades que la empresa no haya*

*considerado, sea quien asuma el desempeño de estas responsabilidades?*

.....

6.8 La investigación conjunta suele ser a más largo plazo o de una duración más indeterminada que un contrato de desarrollo, por tanto, hay que reconocer que las partes disponen de un conocimiento previo es la justificación previa para establecer el acuerdo de colaboración.

*¿Representa un elemento de interés para las partes establecer cuánto de este conocimiento debe de estar disponible y en qué términos?*

.....

6.9 *¿Qué elementos contempla como fundamentales para establecer un acuerdo de investigación colaborativa?*

	Irrelevante				Importancia crítica
	1	2	3	4	5
(a) Descripción de la colaboración definitiva documentando qué es lo que está realizado					
(b) Las normas de conducta (incluyendo el desarrollo y la ejecución)					
(c) Las disposiciones normativas aplicables al acuerdo					
(d) Indicar la propiedad y el derecho de uso					
(e) La gestión de la IP					
(f) El estado del arte previo					
(g) Otros:					

7. Existen una serie de informaciones genéricas en todo acuerdo de colaboración conjunta como es la definición, identificación de las partes, objetivos y selección de socios. En la definición suelen incluirse conceptos como afiliados, tecnología o la propiedad intelectual. Sin embargo, hay otros elementos que deben ser recogidos como:

7.1 En todo acuerdo debe contemplarse la opción de revelaciones accidentales, para evitarlas, *¿identifican los documentos confidenciales y establecen canales para el intercambio de información confidencial?*

.....

7.2 Al establecer el marco de colaboración *¿determina el término de la materia, tecnología, mercados y objetivos?*

.....

7.3 Al determinar los recursos necesarios *¿se especifican otras necesidades para la realización del proyecto, como suele ser el caso del personal, equipamiento o materiales?*

.....

7.4 Para la financiación y la determinación de los precios es necesario establecer unos principios para compensar la investigación realizada por una OPI, para calcular las contribuciones financieras, determinar las condiciones de pago y realizar la revisión de precios. *Para determinar el criterio de cálculo ¿tiene en cuenta?*

	Irrelevante				Importancia crítica
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
(a) El uso que las partes esperan hacer de los resultados					
(b) Los beneficios y derechos que cada parte se reserva					
(c) Una contribución razonable a los costes generales					
(d) Los costes de infraestructura de las instalaciones que la IPO pone a disposición del proyecto					
(e) Otros:					

7.5 De los siguientes factores, *¿cuáles considera más relevantes para la coordinación y control de un acuerdo de colaboración?*

	Irrelevante				Importancia crítica
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
(a) El establecimiento de los roles de responsabilidad de los líderes del proyecto					
(b) Establecer el contenido y el calendario para los informes periódicos intermedios y los finales					
(c) Definir los organismos de coordinación y de las funciones administrativas					

(d) Establecer un adecuado plan de coordinación que permita la definición de un protocolo en caso de producirse fallos						
(e) Definir un proceso de arbitraje						

7.6 El interés por publicar los resultados de interés científico es una consideración esencial para las universidades y OPIs. *¿Qué mecanismo establece para no retrasar las publicaciones sin afectar por ejemplo, a la solicitud de la patente de protección? ¿Cómo contempla la inclusión de información confidencial que pertenezca a otras partes del proyecto?*  
.....

7.7 El derecho de acceso a la información precedente es un factor crítico ya que es lo que permite garantizar su titularidad para la concesión de licencias para el uso estipulado y que su conocimiento no incumple los derechos de terceros por ser divulgados *¿Cómo se plantea definir las condiciones y restricciones que regulan esta información?*  
.....

7.8 La propiedad de los resultados es un elemento de gran interés para las partes. *¿Contempla la opción de la utilización conjunta de las invenciones y la IP resultante, permitiendo a todas las partes el licenciamiento de manera individual?, o por el contrario, ¿es favorable a que una de la partes tenga el derecho exclusivo del uso de los resultados, conservando la otra la propiedad?*  
.....

7.9 En cuánto a las patentes y otros derechos de propiedad intelectual *¿Cómo regula las invenciones conjuntas? ¿Establece que una de las partes sea la responsable de defender las patentes y perseguir los incumplimientos?*  
.....

7.10 La asociación responsable tiene como objetivo asegurar el máximo beneficio en el uso del conocimiento que se ha generado parcialmente con fondos públicos. Para garantizar este objetivo *¿establece licencias de no exclusividad? o ¿se conceden licencias exclusivas al socio en aquellos usos en los que demostrase un especial compromiso en su desarrollo?*  
.....

7.11 *Contempla otros tipos de compensaciones como comisiones por las licencias, royalties o participación en beneficios? u otras formas de compensación ¿cómo la utilización de los equipos de las otras partes para el proyecto, la publicación de resultados o nuevas colaboraciones?*  
.....

7.12 Para concluir, al establecer un acuerdo de colaboración conjunta *¿contempla la opción de la utilización de los resultados con fines*

<i>educativos o de investigación por parte de las OPIs?</i> .....	
--	--