

Análisis del sector de la energía geotérmica en España



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Índice

1	Introducción	3
2	Energía geotérmica para generación eléctrica	7
2.1	Mercado mundial	7
2.2	Mercado en España	8
2.3	Actividad económica generada	10
2.4	Empleos generados	12
2.5	Balance económico esperado en las cuentas públicas	14
3	Energía geotérmica para generación térmica	17
3.1	Mercado mundial	17
3.2	Mercado en España	17
3.3	Actividad económica generada	19
3.4	Empleos generados	21
3.5	Balance económico esperado en las cuentas públicas	23
4	Posicionamiento tecnológico de la energía geotérmica en España y situación de la I+D+i	25





Introducción

La geotermia es la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie del terreno. Es una eficiente fuente de energía renovable y, por lo tanto, limpia y autóctona, que puede explotarse prácticamente en cualquier lugar, en función del tipo de recurso geotérmico que se aproveche.

Los recursos geotérmicos pueden **clasificarse en base a su temperatura**. Entre ellos se distinguen:

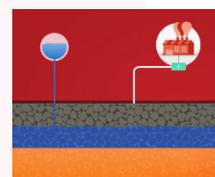
- **Recursos geotérmicos de alta temperatura**, de más de 150 °C. De ellos se obtienen agua y vapor a muy alta presión y temperatura, por lo que se utilizan preferentemente para generar energía eléctrica.

Las centrales geotérmicas en las que se produce electricidad se emplazan habitualmente sobre yacimientos geotérmicos (coincidencia de un acuífero con una zona del terreno que está a alta temperatura), de los que se extrae el agua y el vapor a alta entalpía, que se aprovecha mediante una turbina para generar electricidad. Una vez extraída la energía, el agua se devuelve al yacimiento geotérmico con objeto de asegurar la sostenibilidad y perdurabilidad del mismo.

En ocasiones, aunque no exista un acuífero, se puede crear un yacimiento geotérmico inyectando agua en una zona del terreno que esté a alta temperatura, lo que permite aprovechar este recurso geotérmico en muchos lugares donde hasta ahora no era viable, ampliando la explotación de recursos geotérmicos de alta temperatura a áreas geográficas e incluso países en los que no han existido yacimientos geotérmicos convencionales. Esta técnica se denomina geotermia estimulada o sistemas geotérmicos estimulados (*EGS-Enhanced Geothermal Systems*).

- **Recursos geotérmicos de media-baja temperatura**, de entre 30 y 150 °C. Se utilizan directamente para proporcionar calefacción y agua caliente en pueblos y ciudades, además de en balnearios y otras industrias, especialmente en invernaderos y piscifactorías. Asimismo, en algunos casos pueden emplearse para producción eléctrica (haciendo uso de determinadas tecnologías que permiten generar electricidad a partir de recursos geotérmicos de temperaturas inferiores a las comúnmente explotadas).

- **Recursos geotérmicos someros o de muy baja temperatura**, de menos de 30 °C. Aprovechan tanto el calor que se genera bajo la corteza terrestre, como el calor del sol que se absorbe. Se utilizan principalmente para climatizar, es decir, proporcionar calefacción y refrigeración, además de agua caliente a edificios y viviendas. Su funcionamiento se basa en la temperatura del interior del terreno, que se mantiene constante durante todo el año, permitiendo que el intercambio de calor se produzca en condiciones prácticamente estables en todas las estaciones. El circuito de intercambio subterráneo extrae calor del terreno y con una bomba de calor lo trasmite al edificio en invierno, calefactándolo. Por el contrario, en verano el edificio se refrigera al cederse calor al terreno a través del mismo circuito de intercambio. La bomba de calor, al funcionar sin combustión, no produce humos ni contaminación, es segura y requiere muy bajo mantenimiento.





En función de la aplicación energética que se haga, la energía geotérmica puede clasificarse en dos grandes grupos. Cada una de estas aplicaciones utiliza un tipo de recurso geotérmico diferente:

- **Generación eléctrica y termoeléctrica.** La energía geotérmica para generación eléctrica o generación eléctrica y térmica en una misma instalación, aprovecha recursos geotérmicos de alta temperatura (superior a los 100 °C), que en general se encuentran en forma de fluidos subterráneos calientes, para generar electricidad y cogenerar. Estos recursos habitualmente están disponibles en yacimientos geotérmicos profundos, generalmente por debajo de los 1.500 metros. Este tipo de geotermia se conoce como geotermia profunda y también como geotermia de media o alta entalpía.
- **Generación térmica.** La energía geotérmica para usos térmicos –calefacción, refrigeración y ACS (agua caliente sanitaria)– puede obtenerse directamente del recurso geotérmico (por ejemplo de un manantial termal) o bien puede obtenerse al aprovechar la diferencia de temperatura existente entre el subsuelo y el ambiente mediante una bomba de calor y un intercambiador de calor enterrado, pudiendo generar calor y frío indistintamente. Utiliza recursos geotérmicos por debajo de 100 °C, localizados a profundidades de hasta 1.000 m. Este tipo de geotermia se conoce como geotermia somera, geotermia de baja entalpía en el caso de usos directos y geotermia de muy baja entalpía para el caso de sistemas de intercambio geotérmico.

De acuerdo a lo expuesto, los diferentes tipos de recursos geotérmicos se pueden clasificar en 4 categorías dependiendo de su temperatura. Ésta determinará sus posibles usos, tal y como se ilustra en la siguiente tabla:

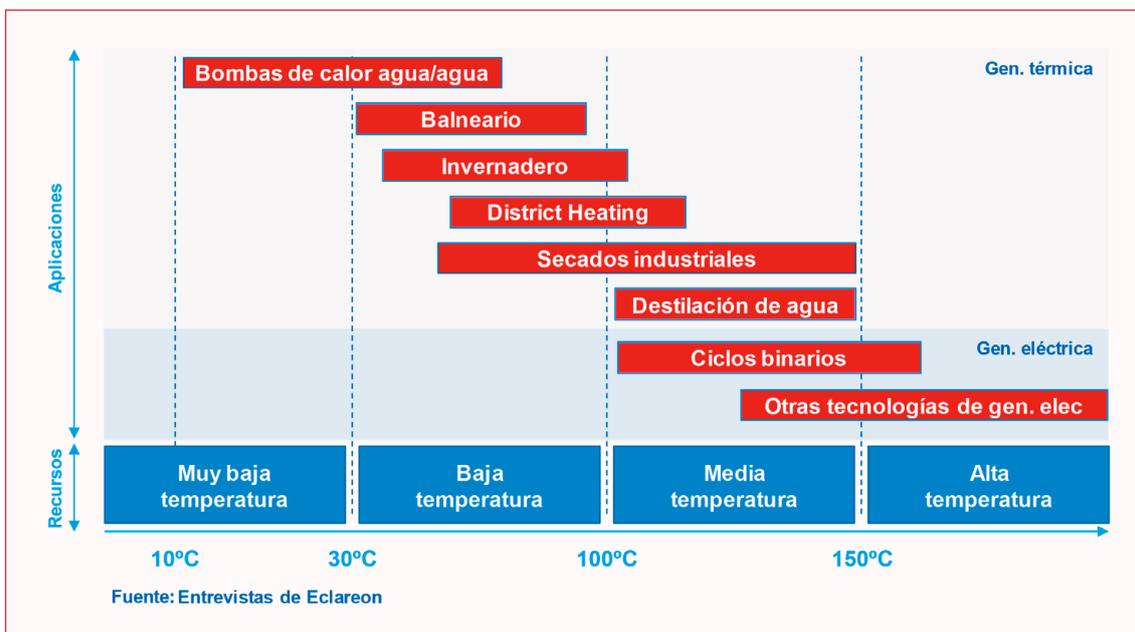


Tabla 1: Principales recursos geotérmicos y sus posibles usos.

En función del recurso disponible y de las aplicaciones geotérmicas existen diferentes tipos de tecnologías para su aprovechamiento, tanto para generación eléctrica como para térmica:

- **Generación eléctrica y termoeléctrica:** Existen 3 tipos principales de plantas geotérmicas para generación eléctrica y cogeneración en función de las características y naturaleza del fluido geotermal disponible, así como de su profundidad. Éstos se representan en el siguiente gráfico.

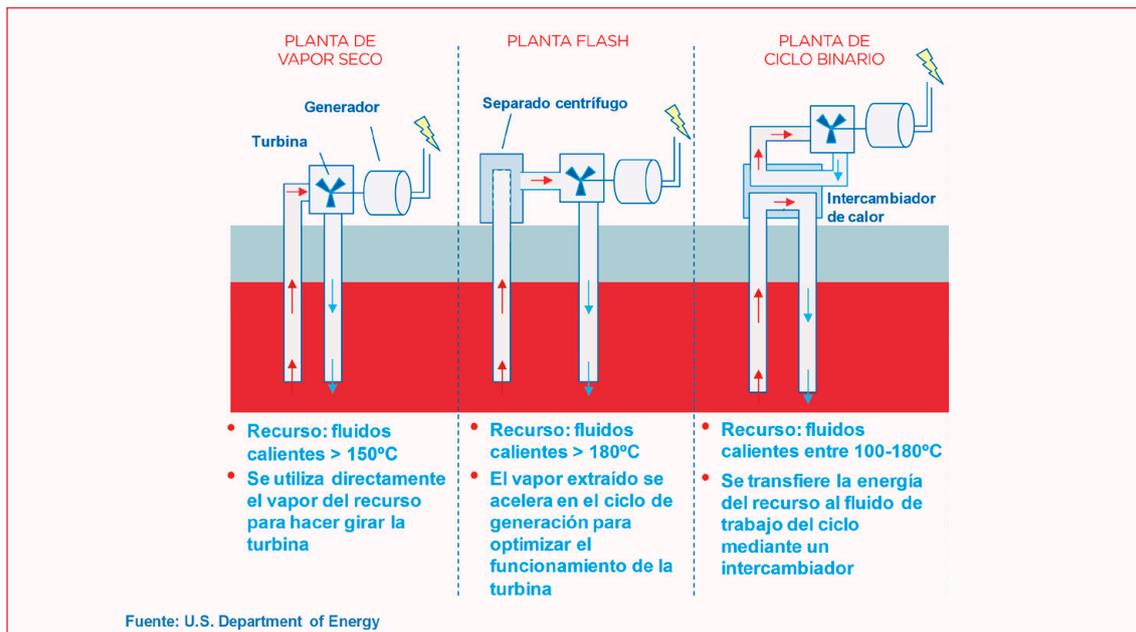


Figura 1. Descripción de las principales tecnologías geotérmicas para la generación eléctrica.

Algunas de estas tecnologías pueden combinarse entre sí para aumentar el rendimiento del recurso geotérmico que se aprovecha en cada caso. Así, en los últimos años se han visto instalaciones de tipo doble y triple flash, EGS-binario, etc.

- Generación térmica:** Los fluidos geotérmicos de media y de baja temperatura pueden ser utilizados para la obtención directa de calor. Cuando la temperatura del recurso geotérmico es inferior a 30 °C su aprovechamiento para generar calefacción y refrigeración en edificios recurre, en la mayoría de los casos, al uso de bomba de calor. Se han desarrollado diversas tecnologías para aprovechar el calor del subsuelo en función de la accesibilidad al recurso geotérmico. Todas ellas se pueden clasificar en dos tipologías principales: los circuitos abiertos, donde se capta agua de un acuífero para su aprovechamiento; y los circuitos cerrados, en los que se instala un intercambiador en el terreno para el aprovechamiento energético. La siguiente figura recoge estas tipologías y algunos de los principales subtipos.



Figura 2. Tipos de intercambiadores geotérmicos más comunes.



No obstante, en algunos casos es posible aprovechar directamente el calor del recurso sin pasar por una bomba de calor asociada a un intercambiador geotérmico. A esto se le conoce como geotermia para usos directos y se utiliza tradicionalmente en balnearios, invernaderos y piscifactorías.

Un proyecto geotérmico, independientemente de la energía final deseada, siempre presenta las siguientes fases de ejecución:



Figura 3. Tipos de intercambiadores geotérmicos más comunes.

En cambio, la duración de las fases sí varía dependiendo del tipo de instalación:

- Para instalaciones de generación térmica, la realización de las tres fases citadas en la figura anterior puede tardar entre una semana y algunos meses, dependiendo del tamaño de la instalación y de la dificultad de acceso al recurso disponible.
- En el caso de instalaciones de generación eléctrica, se suelen necesitar de tres a cinco años para desarrollar un proyecto. Además de las fases típicas hay que añadir una fase previa de desarrollo que puede extenderse entre 8 y 12 meses hasta obtener los permisos correspondientes (de exploración, entre otros) y hacer el primer estudio de viabilidad.





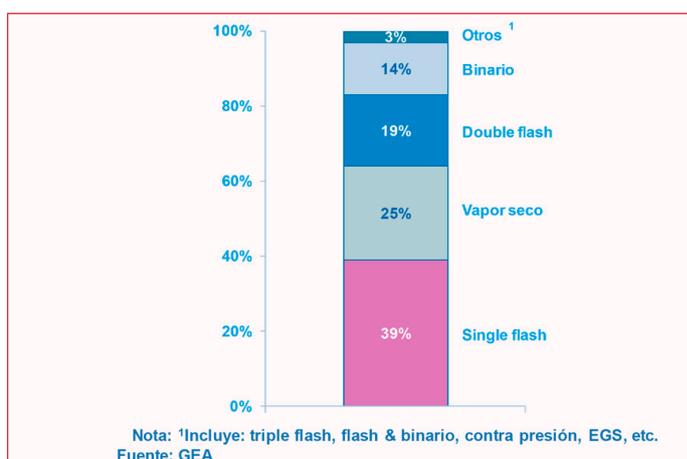
Energía geotérmica para generación eléctrica

2.1 MERCADO MUNDIAL

La potencia mundial acumulada de energía geotérmica para generación eléctrica en 2012 alcanzó los 12,5GW, según datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA¹) y del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC²). El sector es optimista en cuanto al crecimiento esperado a medio y largo plazo, y estima una TACC³ de casi un 8%, lo que se traduce en una potencia instalada acumulada de 65,7 GW en 2030 a nivel mundial.



Figura 4. Evolución anual esperada del mercado mundial de la energía geotérmica para generación eléctrica



Con respecto a la distribución del mercado mundial en función de la tecnología considerada, la Asociación de Energía Geotérmica de Estados Unidos (GEA⁴) proporciona la siguiente información correspondiente al año 2012:

Figura 5. Distribución de la potencia instalada a nivel mundial acumulada a finales de 2012 por tecnología.

1 *International Energy Agency*

2 Del inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change

3 Tasa anual de crecimiento compuesto

4 Del inglés: Geothermal Energy Association of U.S.



La importante presencia actual de la tecnología de vapor seco se debe principalmente a su relativamente baja inversión inicial respecto a otras tecnologías de aprovechamiento del recurso geotérmico de alta entalpía. Sin embargo, se espera que en el futuro las tecnologías de tipo flash y ciclos binarios sean predominantes en la distribución de la potencia mundial.

2.2 MERCADO EN ESPAÑA

En España no se ha instalado ninguna planta de generación eléctrica hasta la fecha debido fundamentalmente a la complicada situación que ha atravesado el sector eléctrico español y a la inversión en la primera fase de la promoción de este tipo de instalaciones, vinculada al riesgo asociado a la identificación del recurso, que requeriría apoyo del sector público y privado. Entre los años 2009 y 2010, gracias a una bajada de los costes de instalación y a mejoras técnicas, algunas empresas comenzaron a interesarse por el mercado nacional. Entre otros estudios llevados a cabo por iniciativa privada, se realizó una estimación del recurso geotérmico disponible en España⁵ y de las tecnologías que serían más adecuadas para aprovecharlo, con objeto de desarrollar el sector en España.

	Tipo de recurso	Temperatura	Potencial estimado	Tecnología más apropiada
Península	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrotermal • Petrotérmico 	<ul style="list-style-type: none"> • Media temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.500 MW¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Binario • EGS
Canarias	<ul style="list-style-type: none"> • Volcánico 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 MW 	<ul style="list-style-type: none"> • Flash • Binario

Nota: ¹A futuro, gracias a mejoras en las tecnologías de ciclo binario y EGS, se espera poder aprovechar temperaturas de recursos más bajas y así aumentar el potencial de la tecnología
Fuente: GEOPLAT; Entrevistas de Eclareon

Tabla 2: Potencial del mercado español por tecnologías y localización.

Las Islas Canarias se distinguen del resto del territorio peninsular español por la presencia de un recurso geotérmico de alta temperatura de naturaleza volcánica. Éste es el único recurso geotérmico que podría ser aprovechado con tecnología flash en el mercado español, al ser la tecnología más común para el aprovechamiento del recurso geotérmico de alta temperatura. En la península, el potencial de aprovechamiento de recursos geotérmicos estimado puede aumentar en los próximos años debido a mejoras en las tecnologías de ciclo binario que se espera permitan aprovechar recursos de media y baja temperatura para generar electricidad.

El recurso geotérmico para generación eléctrica disponible en España se encuentra situado en zonas profundas, lo que eleva la profundidad de perforación de los pozos respecto a la media mundial del sector. Este factor está directamente relacionado con los costes de instalación de las plantas.

El sector espera una bajada significativa de los costes asociados a la fase de perforación a medio plazo, debido principalmente al desarrollo y mejora de sistemas de perforación similares a los utilizados en la extracción del gas de esquisto o shale gas⁶ (por ejemplo, técnicas de perforación láser).

⁵ Documento de Visión a 2030. Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (2010). Enlace: http://www.geoplat.org/setup/upload/modules_docs/content_cont_URI_701.pdf

⁶ Dado que el coste de la fase de perforación es la partida más significativo del CAPEX, se esperan reducciones totales de hasta el 30% en los próximos 20 años.

La evolución estimada de los costes nivelados de la energía (LCOEs⁷) de las diferentes tecnologías en España se ilustra en la siguiente figura.

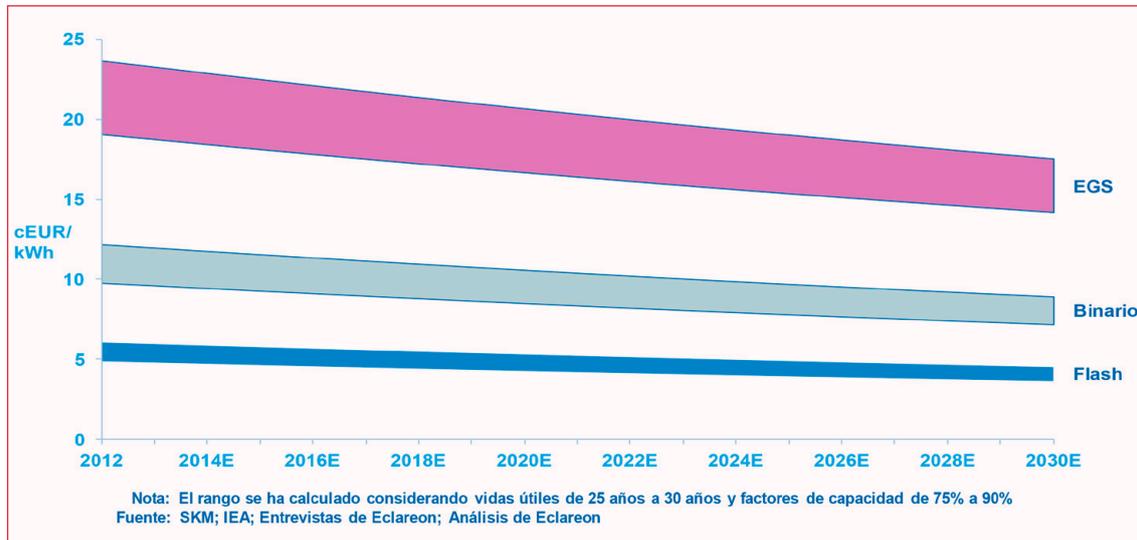


Figura 6. Evolución estimada de los LCOEs de las diferentes tecnologías geotérmicas para generación eléctrica en España.

Se observa que, dado el reducido valor del LCOE de la tecnología flash, esta tecnología podría competir directamente en el mercado mayorista de electricidad frente a otras fuentes de generación convencionales. Sin embargo, tal y como se refleja en la Tabla 2, el potencial de esta tecnología es limitado en España, estando su desarrollo circunscrito fundamentalmente a Canarias. Por el contrario, a día de hoy, las tecnologías de ciclo binario y EGS todavía no podrían competir directamente en el mercado eléctrico convencional y necesitarán un apoyo regulatorio para su desarrollo (ver el capítulo Balance económico).

Actualmente existe una actividad relativamente baja en el mercado español de geotermia para generación de electricidad. Según datos de la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia –GEOPLAT– desde 2009, empresas privadas solicitaron aproximadamente 50 permisos de exploración para la identificación e investigación de recursos geotérmicos. Muchos de ellos se mantienen en estado de espera de una señal por parte del regulador, que permita a las empresas retomar sus iniciativas. Expertos consultados del sector estiman que podrían instalarse en Canarias plantas de tipo modular utilizando la tecnología flash a partir del año 2018-2019 y que, a largo plazo, el mercado estará segmentado entre un 55% de plantas flash (de 20 MW cada una)⁸, un 40% de ciclo binario (de 20 MW cada una) y un 5% de plantas EGS (de 10 MW cada una). A continuación se muestra el gráfico que representa la evolución esperada del mercado.

⁷ *Levelized Cost of Energy*. El LCOE se define como el coste unitario (€/kWh) de construcción y operación de una planta de generación eléctrica teniendo en cuenta las amortizaciones y el factor de utilización. La fórmula para analizarlo es la siguiente:

$$LCOE = \sum_{t=1}^n \frac{\frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\frac{E_t}{(1+r)^t}} \cdot \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] \text{ donde}$$

- t* es tiempo de vida estimada de la instalación
- I* es inversión inicial
- M* es costes de operación y mantenimiento
- F* es costes de combustible
- r* es tasa de descuento
- E* es la electricidad generada
- n* es vida económica del proyecto

⁸ Se asume que toda la potencia de plantas flash y el 30% de las plantas de ciclo binario se instalarán en Canarias.

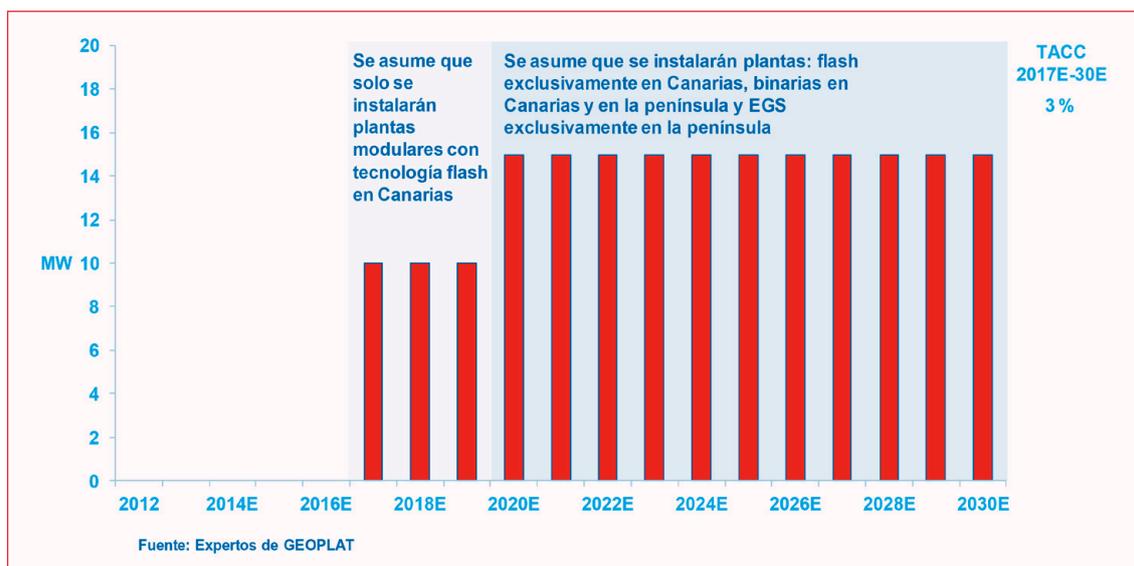


Figura 7. Tamaño estimado del mercado anual español a 2030⁹.

2.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA GENERADA¹⁰

En el presente apartado se muestra la actividad económica generada por el sector de la geotermia para generación eléctrica en España. Este indicador se calcula minorando el valor del mercado español con las importaciones del sector y añadiendo las exportaciones que generan las empresas basadas en España.

Los actores del sector geotérmico de alta entalpía español son mayoritariamente grandes empresas (utilities, constructoras, etc.), incluyendo alguna extranjera, que ven en España un potencial de desarrollo a medio y largo plazo. En proyectos de geotermia profunda se pueden distinguir **3 clases principales de actividades realizadas por diferentes tipos de empresas**¹¹.

- **Exploración:** realizada en gran parte por empresas españolas.
- **Perforación:** realizada en su mayoría por empresas extranjeras.
- **EPC¹² de la planta**, distinguiendo entre:
 - Bloque de potencia: suministrado exclusivamente por empresas extranjeras.
 - Tuberías: suministradas por empresas españolas y/o extranjeras.
 - Ingeniería e instalación: realizadas en gran parte por empresas españolas.

Analizando el valor que podrían aportar las empresas españolas actualmente a un proyecto de geotermia profunda, se concluye que sobre el 40% del mismo sería capturado por empresas nacionales. Los expertos consultados destacan que, a medida que el mercado se desarrolle en España, este número podría alcanzar el 50%.

⁹ La potencia instalada estimada representa una media razonable para los dos periodos (2017-2019 y 2020-2030 ambos incluidos).

¹⁰ En este apartado no se considera el valor aportado por la actividad de venta de electricidad, es importante destacar que, aun mostrando órdenes de magnitud similares, este indicador no puede asimilarse al PIB generado en el sector.

¹¹ Ya que todavía no se ha realizado ninguna instalación de este tipo en España, la siguiente información se estima en base a entrevistas con empresas representativas del sector.

¹² *Engineering, Procurement and Construction.*

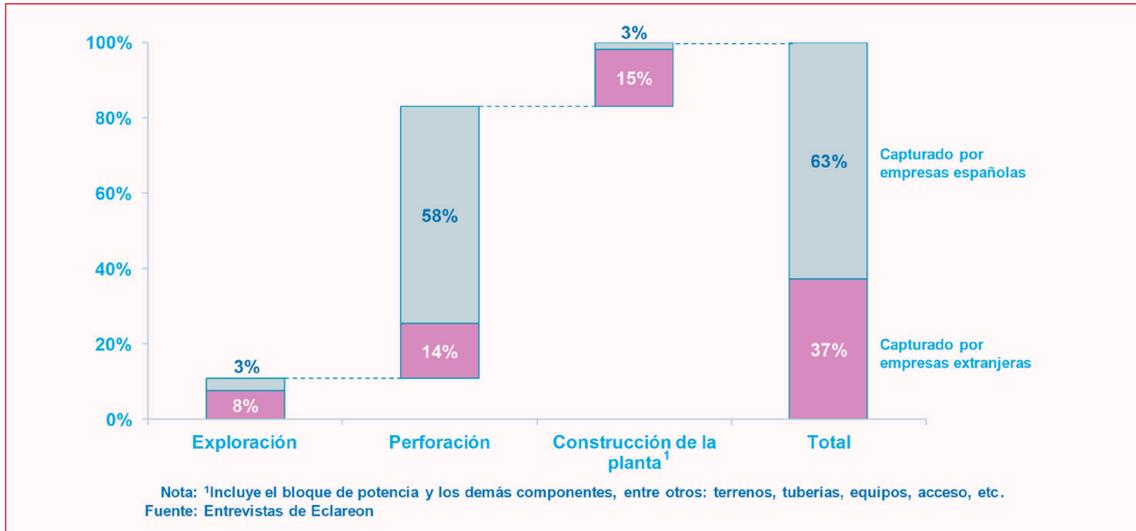


Figura 8. Desglose de los costes de inversión y porcentaje capturado por empresas españolas.

Respecto las exportaciones, se estima que las empresas españolas pueden aportar esencialmente los servicios de ingeniería e instalación del EPC, además de otros servicios como la ejecución de los sondeos y las perforaciones, etc.) para plantas con tecnología flash de un tamaño limitado (20 MW). A este respecto, el enfoque principal del mercado se está desarrollando en Latinoamérica. De acuerdo con los expertos consultados, las empresas españolas podrían capturar más del 40% del valor de la inversión de este tipo de plantas, lo que impacta muy positivamente en la actividad económica nacional generada.



Figura 9. Actividad económica generada estimada aportada por el sector de la geotermia profunda durante el período 2012-2030.



Gracias a las buenas expectativas sobre la evolución de los mercados extranjeros y al comienzo de la actividad en el mercado nacional, se estima que la actividad económica generada aportada por el sector en España podría alcanzar los 142 millones de euros en 2030 con una TACC¹³ del 5% sobre el período 2012-2030.

2.4 EMPLEOS GENERADOS

El número de empleos generados por la geotermia profunda es especialmente significativo durante la fase del EPC, que se extiende entre 4 y 5 años. El desarrollo de un proyecto convencional y el número de empleos que genera se pueden desglosar como ilustra la siguiente figura.



Figura 10. Desarrollo de un proyecto de 20 MW y número de empleos generados¹⁴.

Según este esquema, las estimaciones de mercado para el escenario 2030 consideradas en este informe implican la creación de 13.300 empleos a tiempo completo durante el período 2012-2030, entre empleos directos e indirectos¹⁵.

En el siguiente gráfico se puede observar el número de empleos generados anualmente por el sector de la geotermia para generación eléctrica.

¹³ Tasa anual de crecimiento compuesto

¹⁴ Número de empleados a tiempo completo durante todo un año. Si existieran trabajadores a tiempo parcial se contabilizarían como la fracción correspondiente.

¹⁵ Se ha calculado el número de empleos indirectos en base al ratio del 39,6% utilizado según el informe de APPA 'Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España (datos 2012)'.

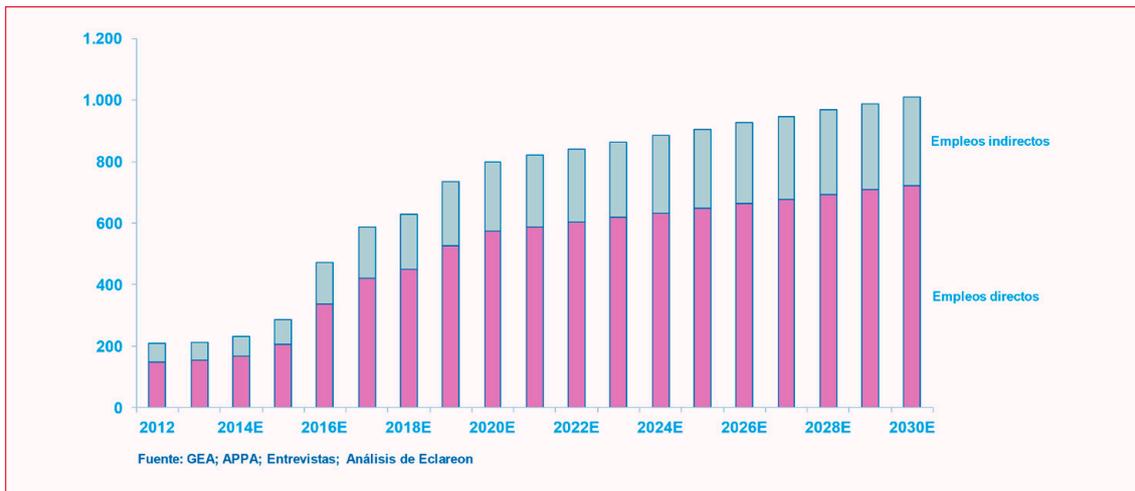


Figura 11. Estimación del número de personas empleadas anualmente por el sector de geotermia para generación eléctrica en España a 2030.

A continuación se muestra la estimación de la distribución de empleos directos por cualificación sobre el período 2012-2013.

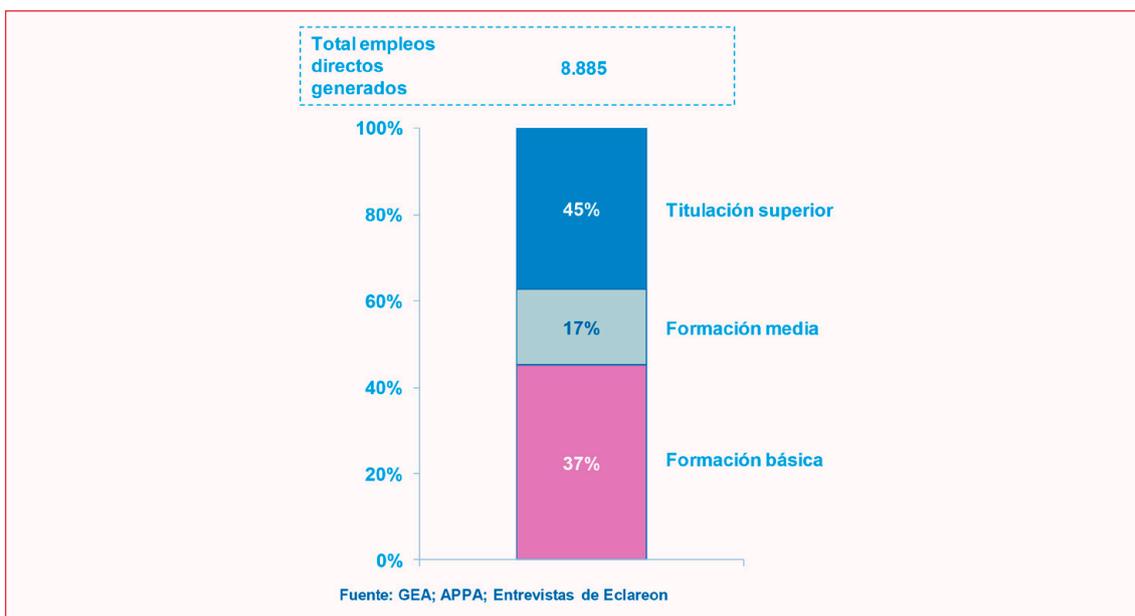


Figura 12. Empleos directos generados durante el período 2012-2030 por titulación.



2.5 BALANCE ECONÓMICO

Dado el valor de coste nivelado de la energía (LCOE) de las tecnologías para generación eléctrica (Figura 6), se asume que el sector necesitará cierto apoyo económico para incentivar el despegue del mercado en España.

Se han identificado **dos posibles vías de apoyo para el desarrollo de la tecnología**, a través de:

- **Subvenciones, préstamos blandos o seguros** durante las primeras fases del proyecto (es decir, para la fase de identificación del recurso geotérmico), en las que el riesgo es elevado. Para ilustrar esto último, la siguiente figura muestra la evolución del riesgo y las inversiones necesarias, dependiendo del avance del proyecto.

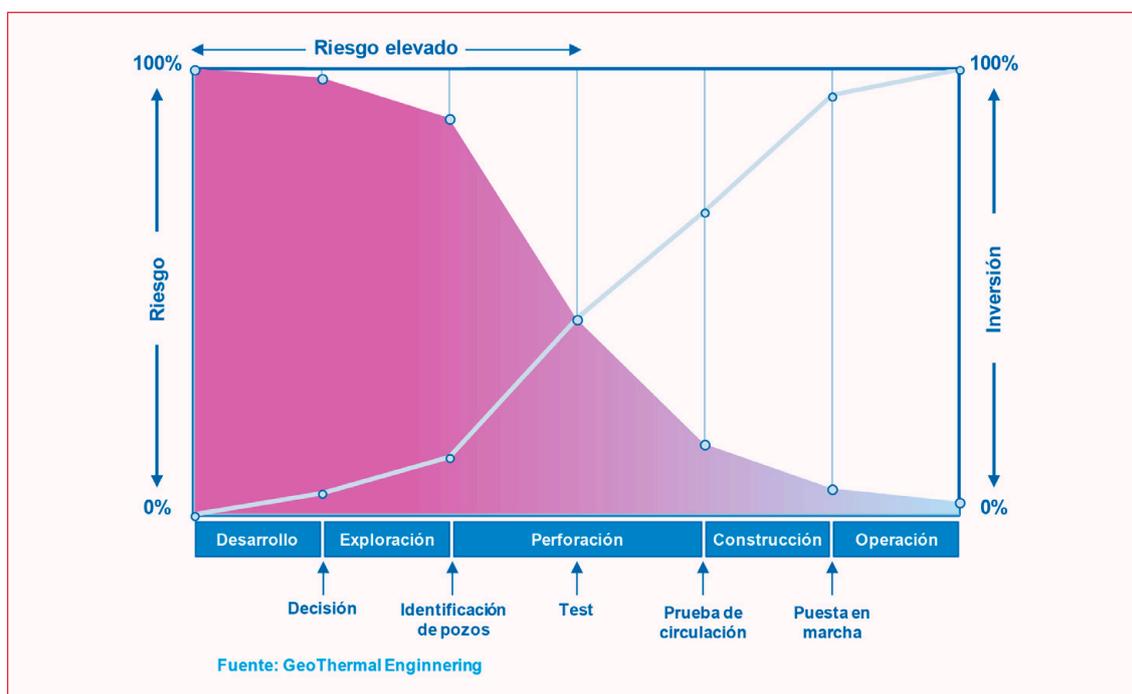


Figura 13. Relación entre riesgo e inversión en proyectos de geotermia para generación eléctrica.

- **Retribución a la inversión y a la operación**, como el resto de tecnologías renovables, que permita al inversor obtener una rentabilidad razonable con el proyecto de geotermia.

Para el cálculo del apoyo estimado necesario en el desarrollo de la tecnología geotérmica de alta entalpía, se ha escogido la opción tradicional de una tarifa regulada de compra de electricidad. Aunque actualmente no está vigente este sistema retributivo en España y se considera una medida regulatoria muy improbable a corto y medio plazo, este cálculo haciendo uso del esquema retributivo tradicional facilita el entendimiento del posicionamiento de la tecnología. Este apoyo se ha calculado en base a la diferencia entre el precio del mercado eléctrico¹⁶ y del LCOE de cada tecnología tomando en cuenta las estimaciones del mercado esperado en España para cada una de ellas.

¹⁶ Se ha estimado el precio de pool en España a 2035 en base a la media de los precios del mercado diario operado por OMIE de los 4 últimos años y aplicando un crecimiento anual constante del 2%.



Se han tenido en cuenta las siguientes suposiciones:

- La evolución del mercado por tecnología evoluciona según lo mostrado en la Figura 7.
- No se ha supuesto ningún apoyo económico para la producción realizada en las Islas Canarias al considerar que las tecnologías flash y de ciclo binario ya son competitivas frente al mercado eléctrico insular.
- Los LCOEs evolucionan según lo presentado en la Figura 6.

En base a las previsiones de mercado ya mencionadas y las hipótesis consideradas, se ha calculado el impacto estimado de la geotermia para generación eléctrica en las cuentas públicas, tal y como se muestra a continuación:

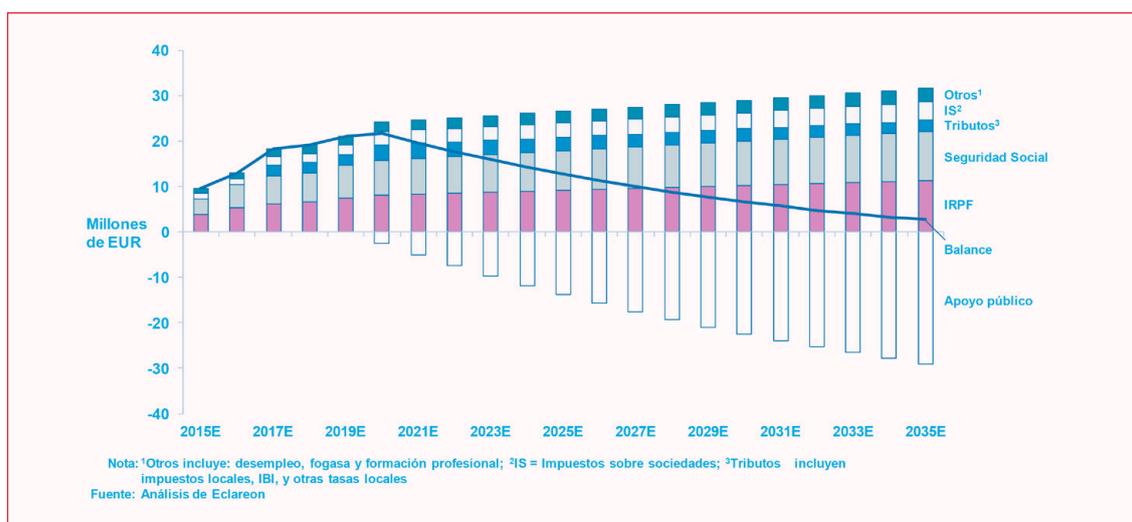


Figura 14. Balance económico derivado de las estimaciones de evolución de mercado para el período 2015-2030¹⁷.

Cabe destacar que en el anterior análisis no se ha considerado el impacto beneficioso que generaría la inclusión de la tecnología geotérmica para generación eléctrica en el mix eléctrico español al reducir las emisiones contaminantes del país y, por tanto, la necesidad de compra de derechos de emisión.

- Según la implantación de la energía geotérmica especificada en la Figura 7 y los factores de emisiones recogidos por el IDAE¹⁸, la energía geotérmica contribuiría a los objetivos medioambientales españoles ahorrando aproximadamente 1,9 millones de toneladas de CO₂ (es decir, alrededor de 38 millones de euros¹⁹) hasta 2030.

¹⁷ No se consideran las partidas derivadas de la actividad de venta de electricidad.

¹⁸ 0,33 tCO₂/MWh (en punto de consumo), en base al mix eléctrico español de 2011.

¹⁹ Para este cálculo se ha tomado un precio del CO₂ de 20 €/tonelada, referencia que contempla la Comisión Europea en su propuesta de Directiva para la reestructuración de la fiscalidad energética (modificación de la Directiva 2003/96/EC), a pesar de que el PER 2011-2020 recoge una previsión de precio de los derechos de emisión de CO₂ que en su escenario base de proyección se situaría en 25 euros por tonelada en el año 2020 (Fuente: PER 2011-2020, página 52).



Asimismo, la generación de energía geotérmica no requiere de la importación de combustibles fósiles para su funcionamiento, al contrario que las tecnologías predominantes en el mix actual. Por tanto, un aumento de la presencia de esta tecnología reduciría la dependencia energética exterior española y los costes asociados a ella:

- Suponiendo una implantación de la tecnología geotérmica para generación eléctrica tal y como se muestra en la Figura 7, la energía geotérmica evitaría la importación de aproximadamente 710.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep) en combustibles fósiles desde el 2017 a 2030²⁰.



²⁰ Se consideran los factores de conversión proporcionados por el IDAE en base al mix español de 2008, 2009, 2010 y 2011 y una proyección del mix energético español en base a previsiones de la Unión Europea.



Energía geotérmica para generación térmica

3.1 MERCADO MUNDIAL

En 2012 la potencia instalada a nivel mundial alcanzó los 62 GW térmicos y se prevé que para 2030 la cifra aumente hasta los 408 GW. La evolución esperada del mercado mundial se representa a continuación.

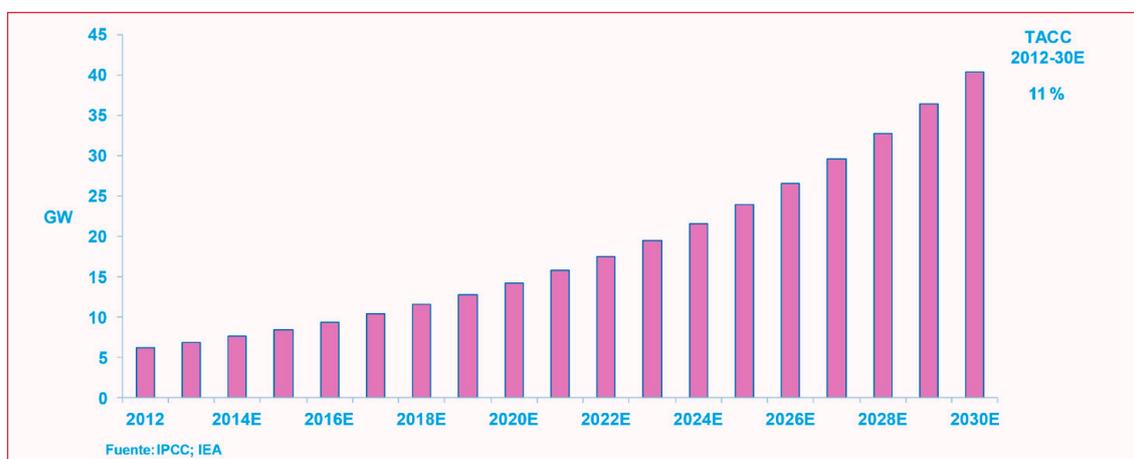


Figura 15. Evolución anual esperada del mercado de la energía geotérmica para generación térmica en 2030.

3.2 MERCADO EN ESPAÑA

El tamaño del mercado español es difícil de cuantificar puesto que no existe un registro oficial en España de instalaciones térmicas renovables. Según entrevistas a empresas del sector y en base a cifras del Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, se ha realizado la siguiente estimación de la evolución del mercado español a 2030.

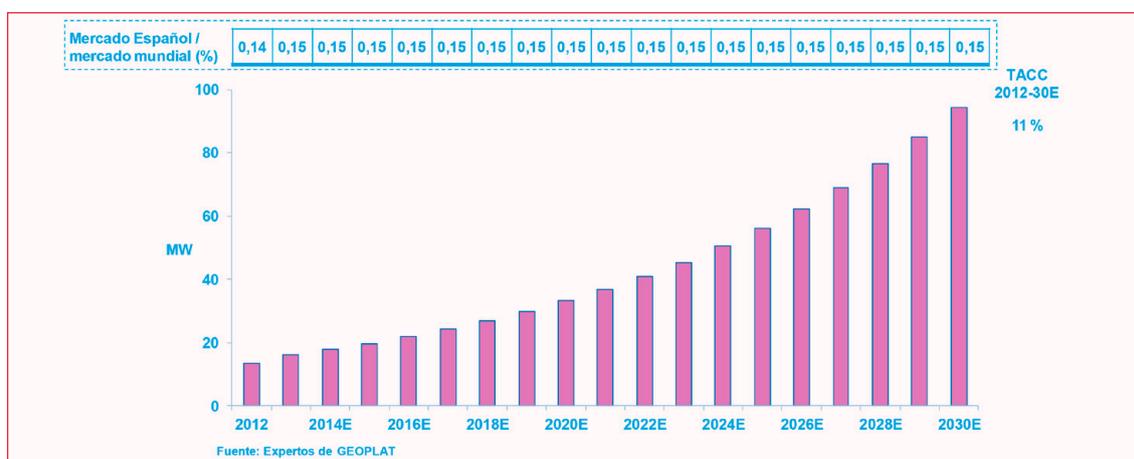


Figura 16. Tamaño estimado del mercado anual español a 2030.



Según fuentes del sector, en 2012 la potencia acumulada alcanzó los 167 MW. Los expertos consideran que esta potencia instalada se podría dividir en 3 tipos de aplicaciones, según muestra la siguiente figura.

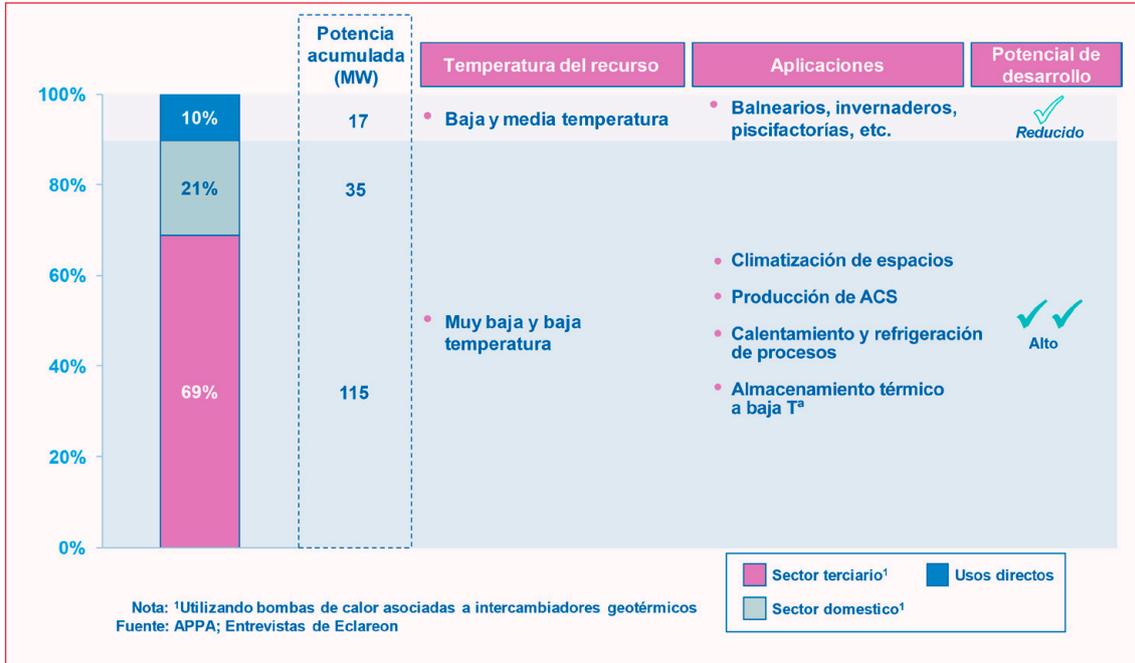


Figura 17. Potencia instalada en España en 2013 por tipo de uso.

Se espera que en los próximos años la potencia instalada para usos directos se mantenga constante, dado que la mayor parte del potencial existente ya está explotado. Por tanto, el crecimiento del mercado procederá principalmente de las instalaciones para el sector residencial o terciario que utilizan recursos de muy baja temperatura.

	Instalación doméstica	Instalación para el sector terciario
Potencia media	15 kW _t	300 kW _t
CAPEX	1.850 €/kW _t	1.500 kW _t
OPEX	0,1 €/kW _t año	0,048 €/kW _t año
Factor de capacidad	30 %	30 %
COP ¹	3-5	3-5

Nota: ¹COP = Coeficiente de rendimiento, del inglés: *Coefficient Of Performance*
Fuente: Entrevistas de Eclareon

Por su parte, las instalaciones para los sectores doméstico y terciario tienen niveles de inversión y características diferentes. En la siguiente tabla se han recogido los principales parámetros que caracterizan este tipo de proyectos.

Tabla 3: Costes estimados de inversión y de operación en España por tipología de uso en 2010.



El LCOE calculado en base a las asunciones anteriores se muestra a continuación.

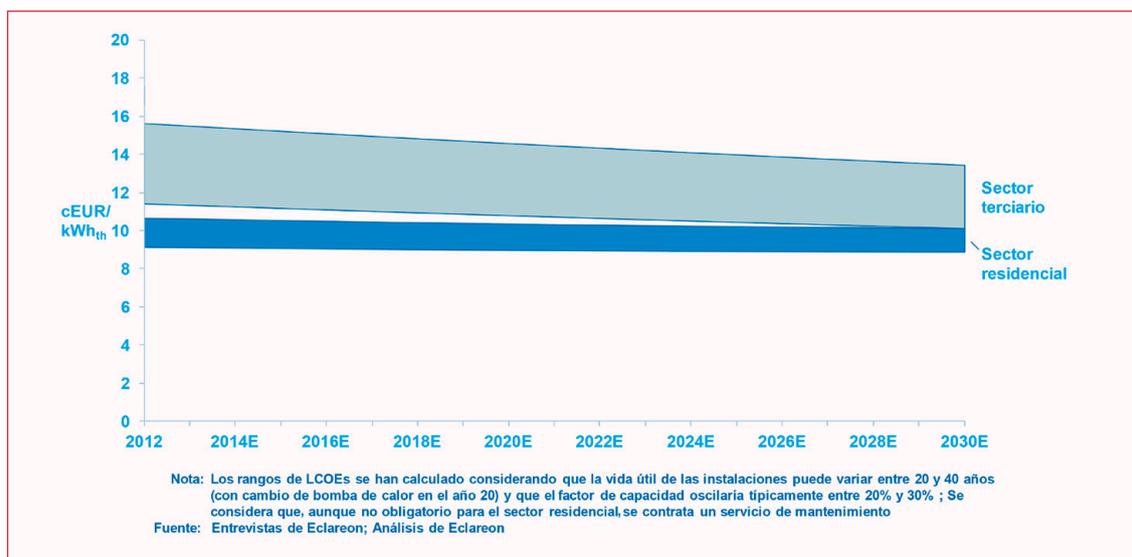


Figura 18. LCOE de la geotermia para generación térmica a 2030 por tipo de instalación.

3.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA GENERADA²¹

Debido a la moderada implantación comercial en España de instalaciones de geotermia para generación térmica, la casi totalidad de las empresas instaladoras son empresas locales. A la hora de analizar las **inversiones necesarias en una instalación** de este tipo se distinguen tres capítulos:

- **Instalación:** montaje, acceso, cuarto mecánico, conducciones, etc.
- **Perforación:** aunque los equipos de perforación son, mayoritariamente, de importación y el combustible también, al menos el 50% del coste corresponde a medios locales: mano de obra perforación, ingeniería, servicios auxiliares, etc.
- **Bomba de calor:** la mayor parte de las bombas de calor son de importación. No obstante existen fábricas en España de multinacionales y algunos fabricantes nacionales con actividad creciente.

En la siguiente figura se representa la distribución del valor de una instalación de tamaño doméstico distinguiendo entre empresas nacionales y extranjeras.

²¹ El cálculo es análogo al mostrado en el apartado 2.3.

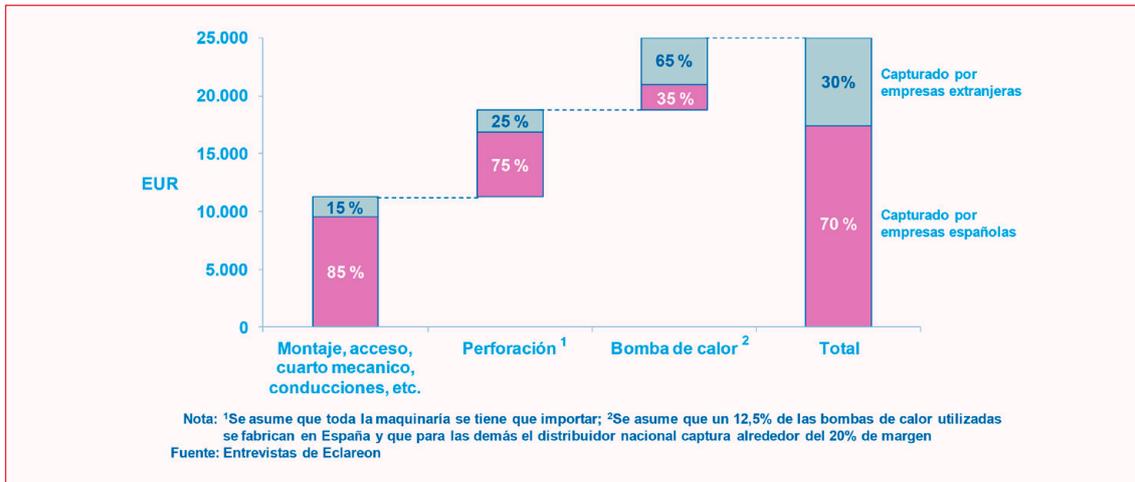


Figura 19. Desglose de la inversión inicial en una bomba de calor geotérmica de 15 kW para una vivienda unifamiliar.

El nivel de exportaciones de las empresas españolas del sector geotérmico para generación térmica es bajo. Se espera que en los próximos años las exportaciones aumenten con el crecimiento del mercado mundial y que las empresas españolas aprovechen el crecimiento del mercado europeo para aumentar sus ventas en el exterior.

En base a las gráficas anteriores y a la evolución del mercado representado en la Figura 16, se ha estimado la actividad económica generada aportada por la geotermia para generación térmica en España.

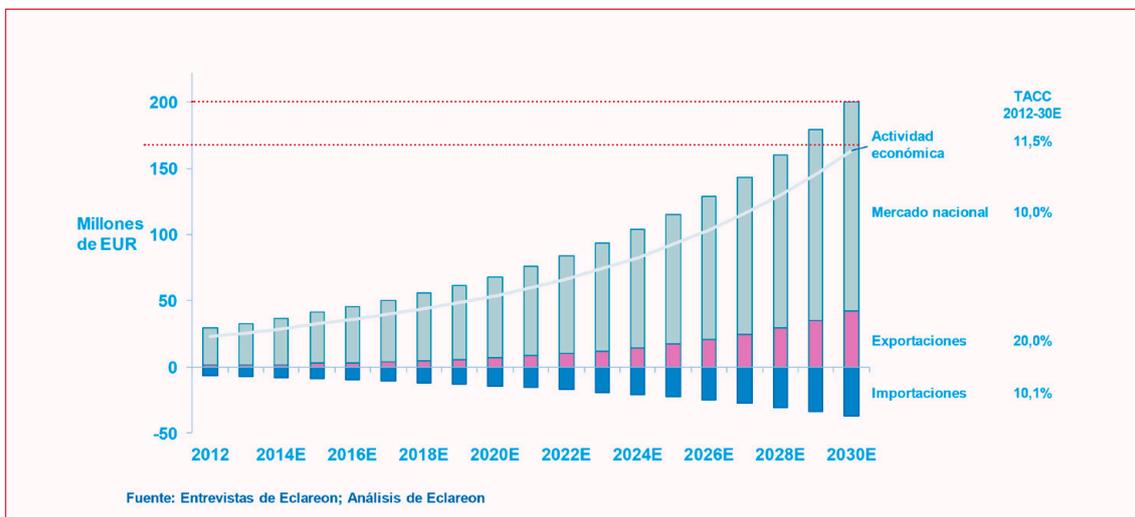


Figura 20. Actividad económica generada estimada aportada por el sector de la geotermia para generación térmica durante el período 2012-2030.



Gracias en mayor parte al crecimiento del mercado nacional, se estima que la actividad económica generada por el sector en España podría alcanzar los 164 millones de euros en 2030 con una TACC²² de 11,5% por el período 2012-2030.

3.4 EMPLEOS GENERADOS

Un proyecto típico de geotermia para generación térmica sigue el siguiente esquema.



Figura 21. Desarrollo de un proyecto de tamaño domestico de 15 kW²³.

Tal y como se indica en la figura anterior, no es obligatorio contratar un servicio de mantenimiento para instalaciones domésticas. Aunque resulta altamente recomendable la monitorización del sistema para conocer la evolución del mismo a lo largo de los años y así poder adecuarlo a las características cambiantes de la demanda térmica, asegurando un funcionamiento óptimo a lo largo de la vida útil de la instalación. En el cálculo del número de empleos generados por el sector, se ha asumido que únicamente un 10% de este tipo de clientes tendría contratado este servicio de monitorización. En base a las hipótesis, se ha podido estimar la generación de empleo²⁴ durante el período 2012-2030.

²² Tasa anual de crecimiento compuesto

²³ Número de empleados a tiempo completo durante todo un año. Si existieran trabajadores a tiempo parcial se contabilizarían como la fracción correspondiente.

²⁴ Se ha calculado el número de empleos indirectos en base a un ratio de 31,8% según el informe de APPA 'Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España (datos 2012)'.

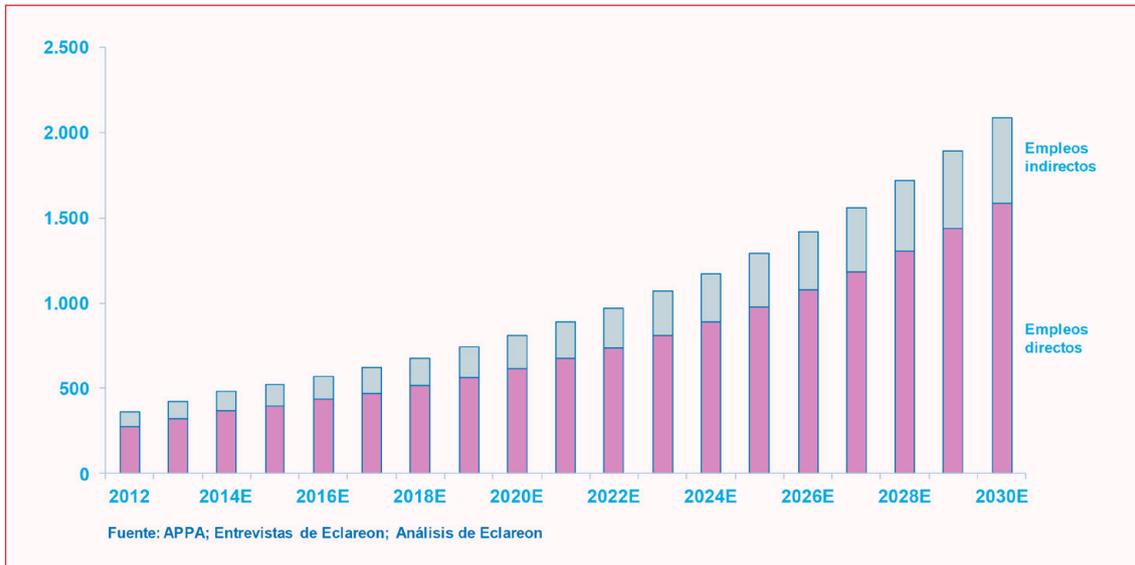


Figura 22. Estimación del número de personas empleadas anualmente por el sector de la geotermia para generación térmica en España a 2030.

Se estima que la geotermia para generación térmica podría generar alrededor de 20.000 empleos durante el período 2012-2030. En la siguiente figura se muestra la relación de los empleos generados en ese periodo por nivel educativo.

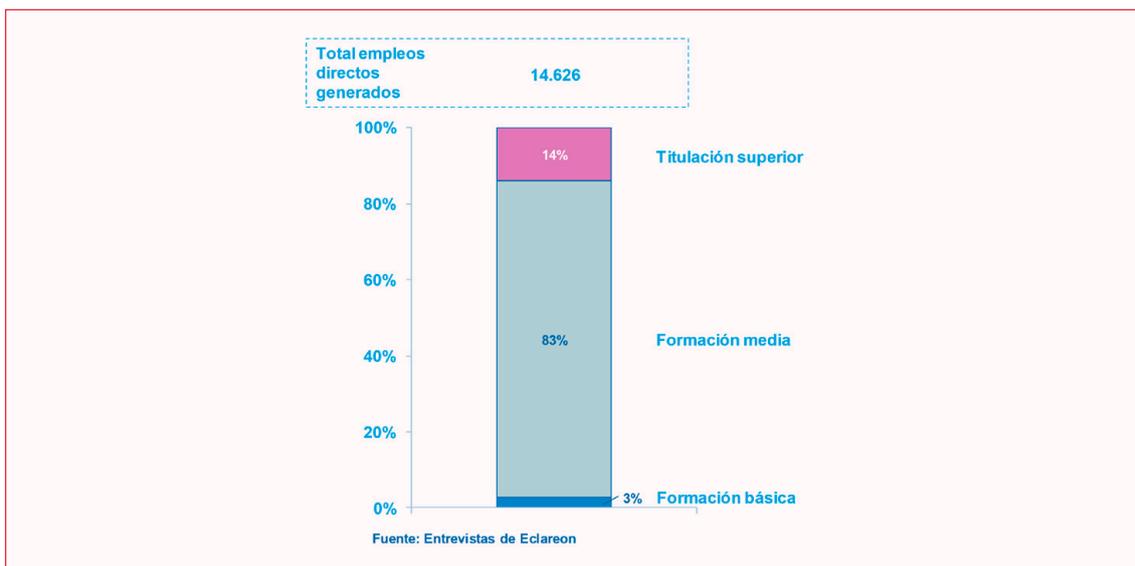


Figura 23. Empleos directos generados durante el período 2012-2030 por titulación.

La gran presencia de empleos con formación media se debe fundamentalmente parte al peso de la actividad de instalación en la generación de empleo, actividad que es desempeñada por trabajadores con dicho nivel de educativo.



3.5 BALANCE ECONÓMICO

Aunque se trata de una tecnología muy madura con una larga trayectoria en el centro y norte de Europa, más de un millón de intercambiadores geotérmicos funcionando, requiere de una mayor inversión inicial debido al coste de instalación del sistema de intercambio geotérmico. Los plazos de amortización, respecto a la generación con combustible fósiles, se van reduciendo si bien la competencia resulta difícil debido a los bajos precios del gas natural y las bonificaciones de GLP y gasóleos. Si se quiere favorecer su implantación se requerirá mantener el apoyo de las administraciones vía subvenciones, desgravaciones fiscales y regulatoria (mediante la trasposición puntual y efectiva de las correspondientes Directivas europeas). En el análisis recogido en este documento se cifra este apoyo en un total de millones de euros en el período comprendido entre 2015-2035 tal y como se presenta en la Figura 24. Además se consideran las siguientes asunciones:

- Precios de generación térmica.

	Unidad	Caldera doméstica	Caldera comercial
Gasóleo	c€/kWhth	8,6	8,6
Gas Natural	c€/kWhth	6,3	6,1

Tabla 4: Costes medios de generación térmica en 2014²⁵.

- Una tasa de crecimiento de los precios de generación térmica del 1% anual.



Figura 24. Balance económico derivado de las estimaciones de evolución de mercado para generación térmica en el período 2015-2030.

Se observa que la tecnología alcanzaría unos costes de instalación competitivos en el mercado en torno al año 2030, cuando su coste de generación se iguala al propio de las tecnologías convencionales. Sin embargo, a mayor incremento del coste de los combustibles fósiles, antes se alcanzará la competitividad para los sistemas de climatización geotérmicos. Este hecho se traducirá en una reducción del apoyo público necesario hasta desaparecer hacia principios de esa década. En total, y a pesar de necesitar un

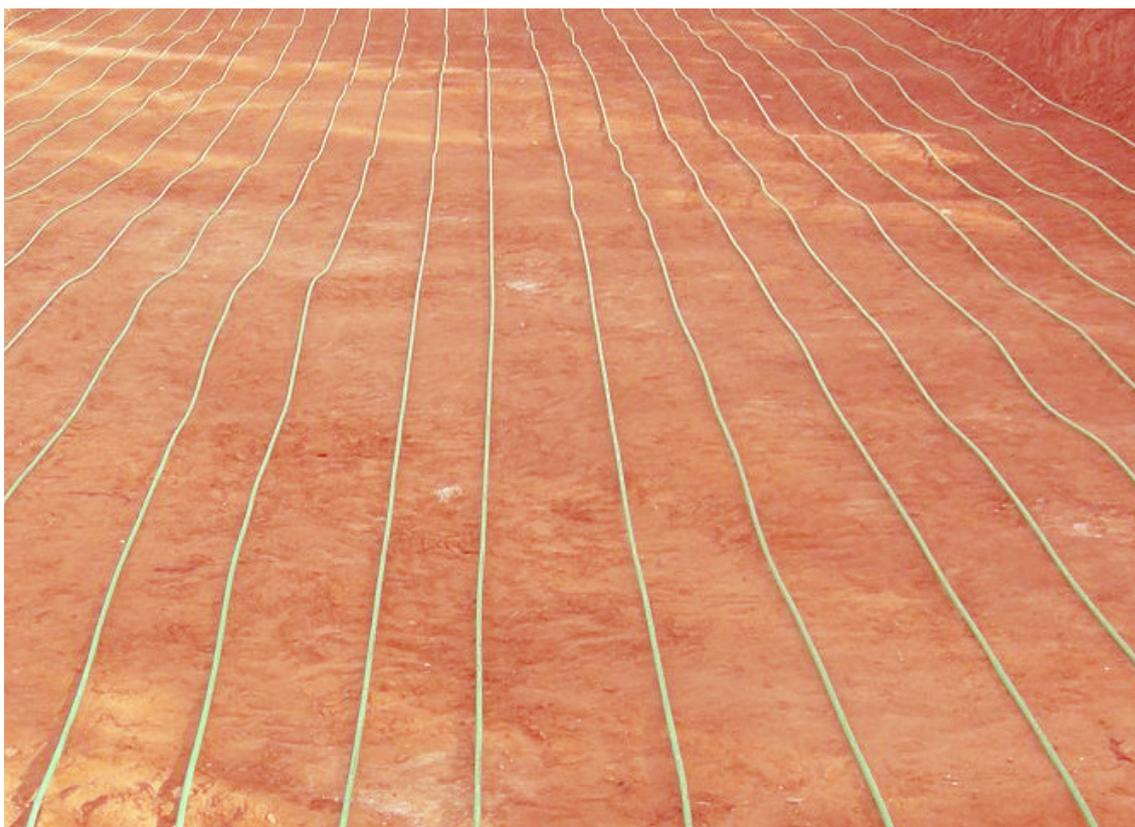
²⁵ Según Creara Consultores



total de aproximadamente 115 millones de euros en ayudas para su desarrollo en el periodo 2015-2035, el balance económico derivado del desarrollo de la geotermia térmica sería positivo para las cuentas públicas: los ingresos para la Administración asociados a la creación y mantenimiento de empleos en el sector compensan las cuantías que tendría que desembolsar en mecanismos de apoyo.

Al igual que en el caso de la generación eléctrica, el uso de la tecnología geotérmica reduciría las emisiones contaminantes del país y, por tanto, la necesidad de compra de derechos de emisión. Según la implantación de la energía geotérmica especificada en la Figura 16 y los factores de emisiones especificados por IDAE para el mix térmico español de 2011²⁶, la energía geotérmica contribuiría a los objetivos medioambientales españoles ahorrando más de 4,7 millones de tCO₂ (94 millones de euros¹⁹) hasta 2030.

Asimismo, la generación térmica con geotermia también contribuiría a reducir la dependencia energética de España, mejorando así la balanza de pagos nacional. Suponiendo una implantación de la tecnología geotérmica tal y como se muestra en la Figura 16, se evitaría la importación de aproximadamente 2 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) en combustibles fósiles desde el 2017 a 2030²⁷ en el ámbito de la producción de energía térmica, que en España es la demanda energética con el uso más intensivo de combustibles fósiles junto con la automoción, por lo que la utilización de energías renovables en la climatización resulta especialmente estratégica para el país.



²⁶ 4,40 tCO₂/tep (en punto de consumo).

²⁷ Se consideran factores de conversión proporcionados por el IDAE en base al mix español de 2008, 2009, 2010 y 2011 y una proyección del mix energético español en base a previsiones de PwC.



Posicionamiento tecnológico de la energía geotérmica en España y situación de la I+D+i

El mercado español de la energía geotérmica representa menos del 1% del total del valor del mercado mundial, tanto para el caso de la generación eléctrica como térmica. Se estima que esta situación no variará en las próximas décadas, tal y como muestra la Figura 25.

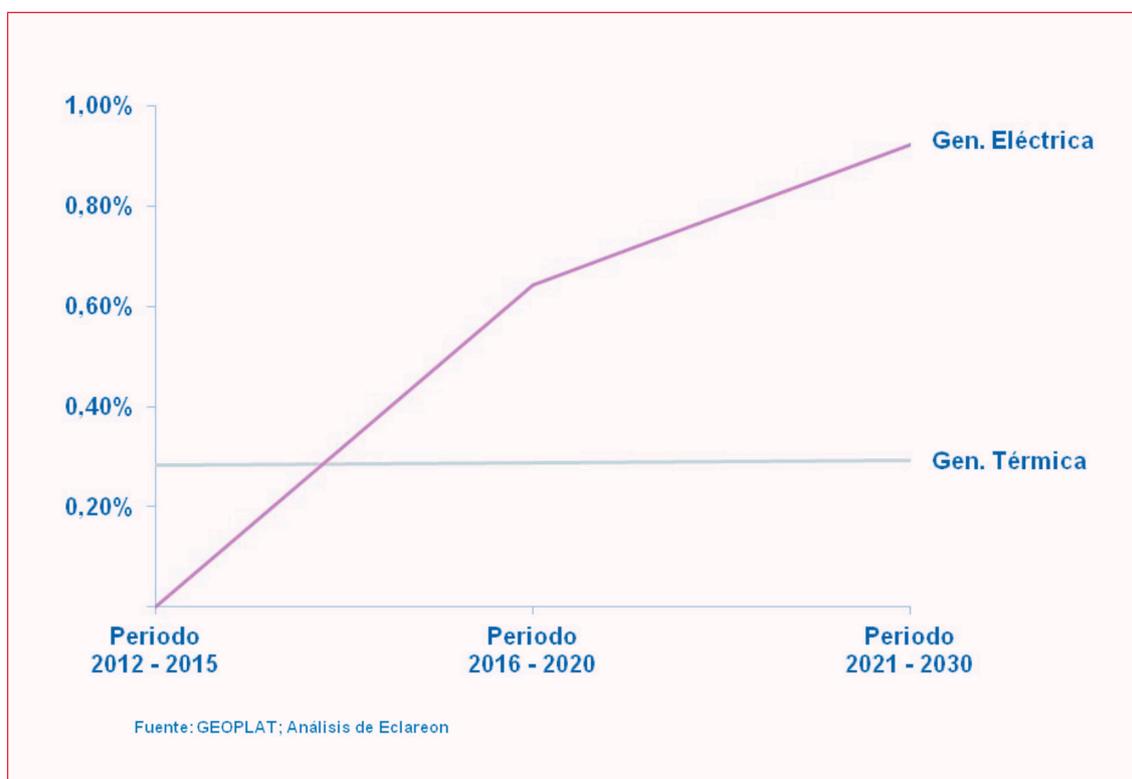


Figura 25. Cuota del mercado geotérmico español en el total del mercado mundial.



Atendiendo al sector industrial, no existen empresas españolas destacadas en el ranking europeo de fabricantes o desarrolladores de servicios EPC. Específicamente, el sector asegura que no hay ninguna empresa española entre los diez principales fabricantes o los diez principales proveedores de EPC europeos, tanto para el caso de la generación eléctrica como térmica.

Según datos de GEOPLAT, existen 21 centros de I+D+i en toda España que incluyen la investigación en energía geotérmica como una de sus líneas de actuación. Sin embargo, la dedicación de recursos es escasa y ninguno de los centros cuenta con más de 10 investigadores disponibles para esta tarea. En total se estima que el número total de trabajadores dedicados a tiempo completo a I+D+i en energía geotérmica en España ronda las 62 personas²⁸. Según entrevistas a expertos del sector, en el periodo comprendido entre 2009 y 2013 el número total de proyectos de I+D+i desarrollados conjuntamente entre empresas privadas y centros de I+D+i (incluyendo universidades) superó los 12. Asimismo, el número de publicaciones científicas españolas relacionadas con la geotermia alcanzó las 150 unidades entre el periodo 2009 y 2013²⁹.

La mayor parte de la financiación empleada para el fomento de la I+D en geotermia de los últimos años tiene origen público. Entre todos los programas involucrados destacan el antiguo Subprograma Nacional INNPACTO y actualmente el Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad, además de los instrumentos de financiación de CDTI. En cuanto a la financiación privada, se estima que las inversiones más significativas han sido impulsadas a través de dos fabricantes con presencia en el mercado español.

En base a lo anteriormente descrito, la siguiente figura muestra una estimación de la financiación dedicada en el mercado español al desarrollo de tareas de I+D+i en energía geotérmica en los últimos 5 años.

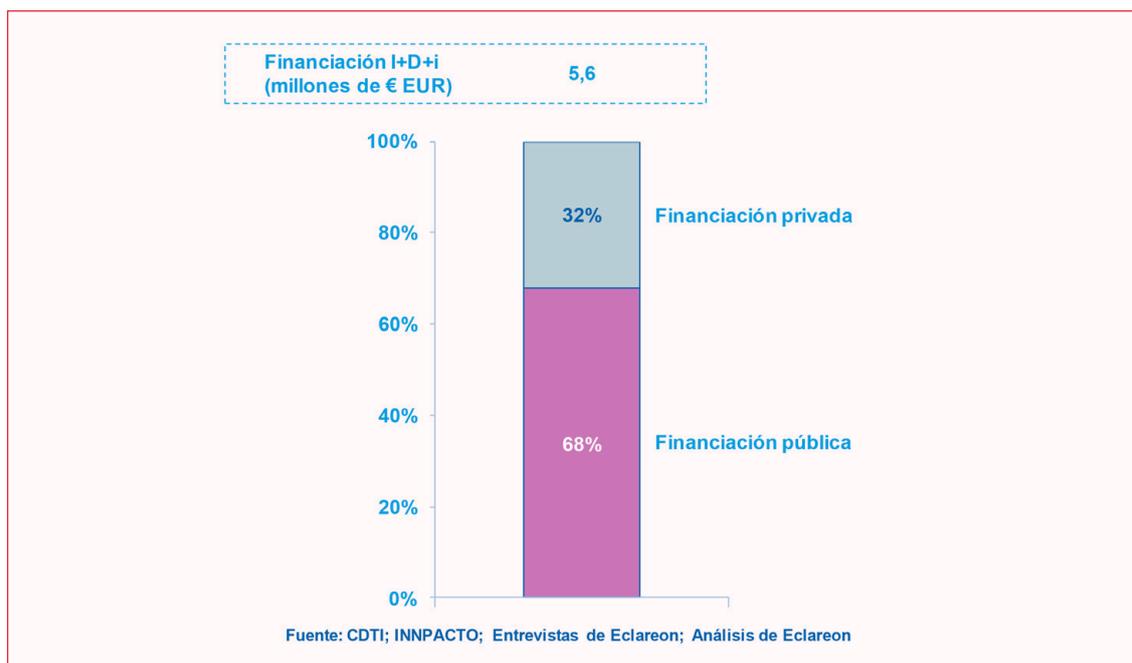


Figura 26. Financiación destinada a I+D+i para el periodo 2009-2013.

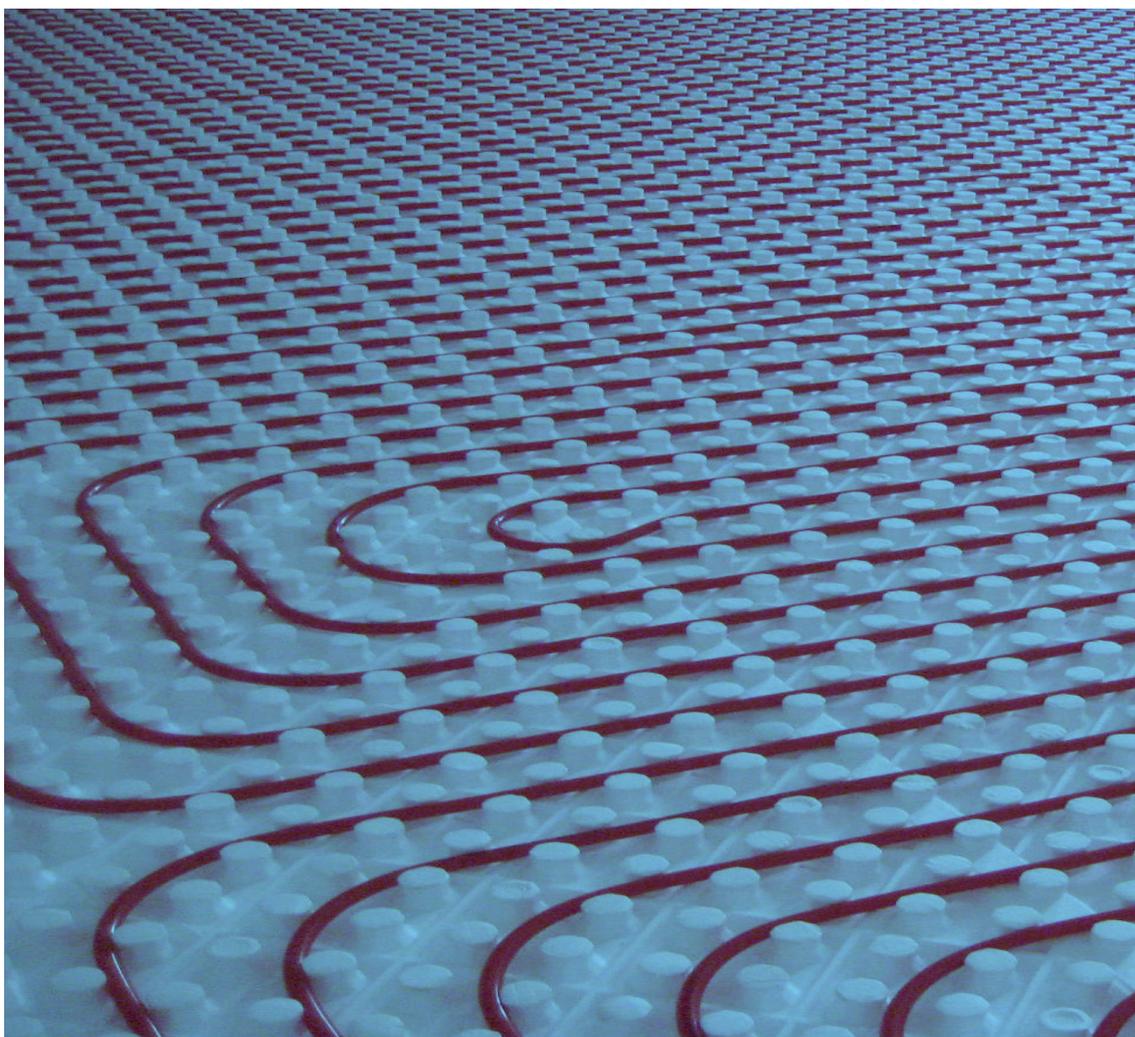
²⁸ 62 trabajadores a tiempo completo. Aquellos profesionales que sólo dedican parte de su jornada a estas tareas han sido considerados en base a la fracción correspondiente de su dedicación (se incluyen trabajadores de sectores público y privado).

²⁹ Bases de datos SCOPUS y Web Of Science (Thomson Reuters).



De acuerdo a los objetivos de crecimiento de mercado presentados en este informe, el sector (representado por GEOPLAT) no considera necesario invertir en nuevos centros de I+D+i específicos de geotermia para el despegue de la tecnología. Sin embargo, sí **se subrayan medidas necesarias de apoyo que facilitarían el desarrollo** de la misma, entre las que destacan:

- **Creación de departamentos de geotermia en los centros I+D+i públicos y privados existentes.** Por lo general, los centros de I+D+i que desarrollan tareas en el ámbito de la energía geotérmica no cuentan con departamentos específicos centrados en esta tecnología, al contrario de lo que ocurre con otras energías renovables.
- Si se desea impulsar la implicación de entidades españolas en esta tecnología, resultaría conveniente **contar con estos centros y fundaciones de carácter tecnológico en regiones españolas donde actualmente no existan.**
- Según GEOPLAT, se demuestra que **los agentes vinculados en I+D+i ejercen funciones de tracción tecnológica, e incluso impulsan el desarrollo del mercado** de forma indirecta, en las áreas de influencia geográfica donde desarrollan sus tareas de investigación





GLOSARIO

CAPEX	gastos de capital (<i>Capital Expenditure</i>)
EGS	sistemas geotérmicos estimulados (<i>Enhanced Geothermal Systems</i>)
EPC	Ingeniería, Gestión de Compras y Construcción, conocido como “llave en mano” (<i>Engineering, Procurement and Construction</i>)
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IEA	Agencia Internacional de la Energía (<i>International Energy Agency</i>)
IPCC	Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
LCOEs	costes nivelados de la energía (<i>Levelized Cost of Energy</i>)
TACC	tasa anual de crecimiento compuesto
O&M	Operación y mantenimiento

Preparado por:



para:



Publicado en diciembre de 2015