

UNIVERSITAT DE BARCELONA
MASTER EN ECONOMÍA, REGULACIÓN Y COMPETENCIA DE LOS
SERVICIOS PÚBLICOS

INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

¿Sería España un ejemplo para Brasil?

ALUMNA: Carmen Silvia Sanches

TUTOR: José García-Quevedo

Barcelona

2014

INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

¿Sería España un ejemplo para Brasil?

Resumen: La presente tesina tiene como finalidad evaluar como las políticas públicas en innovación y energía pueden promover nuevas tecnologías en el sector de energía eléctrica usando el caso de la energía solar termoeléctrica en España. Para eso, se analiza las abordajes de políticas públicas usadas para la introducción y desarrollo de esa nueva tecnología en el mercado de generación de electricidad, así como los sucesos y fracasos de esas acciones en añadir valor y mejorar la competitividad del sector eléctrico español. Además, se procura evaluar la replicabilidad del ejemplo español para Brasil e/o otros países que tienen potencial natural de desarrollo de esa fuente de generación.

Palabras Clave: energía solar termoeléctrica; innovación; políticas públicas; España; Brasil.

Clasificación JEL: O31, L94, (L51, Q48)

INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

¿Sería España un ejemplo para Brasil?

Sumario

1	INTRODUCCIÓN: Motivación y objetivos del trabajo.....	4
2	ESTADO-DEL-ARTE.....	7
2.1	La importancia de la innovación en el sector eléctrico y el papel del gobierno.....	7
2.2	Los instrumentos de apoyo a difusión de las energías renovables en España y la tecnología solar termoeléctrica.....	9
2.3	La implantación y difusión de la energía solar termoeléctrica en España	11
2.4	El contexto brasileño para la energía solar termoeléctrica.....	15
3	METODOLOGIA Y DATOS	17
4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	18
4.1	Conocimiento y Aprendizaje	19
4.2	Economías de escala	19
4.3	Los papeles de actores y instituciones.....	20
4.4	Replicabilidad del sistema español al Brasil y conclusiones finales	21
	BIBLIOGRAFIA	22

INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

¿Sería España un ejemplo para Brasil?

1 INTRODUCCIÓN: Motivación y objetivos del trabajo

La industria eléctrica es uno de los sectores más estratégicos de la economía mundial. Por lo tanto, grandes esfuerzos son implementados por los gobiernos, los reguladores, las empresas y los investigadores para funcionar de la manera más eficiente posible, de modo que tanto la economía en general como el consumidor se beneficien.

En ese contexto, la innovación se presenta como una importante herramienta para mejorar la eficiencia del mercado eléctrico. La inversión en innovación se tradujo, por ejemplo, en nuevas tecnologías que pueden afrontar mejor las demandas crecientes de energía eléctrica, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles y aumentando la seguridad energética, limitando los efectos medioambientales e reduciendo los costes de la energía entregada al consumidor - además de otras ventajas, como creación de empleos y conocimiento, bien acordadas por (Conchado, Anadón, & Linares, 2012).

Elegir las tecnologías para fomentar, todavía, no es tarea fácil para los responsables de formular e implementar políticas públicas. Menos aún es escoger los instrumentos apropiados para promover la difusión de esas tecnologías.

España presentase como un interesante caso de desarrollo del mix general de energía eléctrica a través de la promoción y difusión de tecnologías renovables. Aunque los estudios indiquen que la inversión en energías limpias en el país sea todavía deficitaria en relación a otros países desarrollados (Conchado et al., 2012), hay tecnologías que España es líder internacional - como la energía solar termoelectrica.

De hecho, la tercera parte de toda la potencia térmica solar instalada en el mundo está en

suelo español y también son empresas españolas las que promueven, desarrollan y gestionan muchos de los proyectos solar termoelectricos que se construyen en otros países, incluso en los EE.UU. (APPA, 2012; IDAE, 2011a, 2011b, 2011c; Red Eléctrica de España, 2013; Tobalina, 2014). El progreso tecnológico en el país hay sido tal que hoy las centrales termosolares españolas utilizan entre un 75% y un 80% de componentes fabricados en España o con tecnología desarrollada en el país. Entre 2008 y 2011, han pasado de utilizar elementos fabricados en un 50 por ciento en el extranjero a tan solo un 20-25% (Barrero, 2011).

Así siendo, la pregunta es: ¿sería España un ejemplo para Brasil, que tiene características naturales favorables a aplicaciones solares?

En Brasil, la principal fuente de generación de energía eléctrica es la hidráulica, que fue responsable por cerca de 70,6% de la generación de electricidad en el país en 2013 (EPE, 2014b). Aunque sea la fuente más relevante, su expansión presenta limitaciones dadas las barreras ambientales y legales existentes en el país (Gaier, 2013). Además, la extrema dependencia de la energía hidráulica ha puesto algunos riesgos a seguridad energética del país, tal como las sequías en 2013 y en 2014, que hicieron con que algunos embalses operasen a una capacidad sólo el 30% (EPE, 2014a; Valor Econômico, 2013). Por otro lado, el crecimiento del consumo de electricidad ha sido mayor que la oferta, dada la expansión de la renta de la población y crecimiento del crédito, lo que presenta una presión de demanda por energía eléctrica en los años futuros (EPE, 2014c).

Así siendo, aunque la energía hidráulica continúe a ser la principal fuente de generación de energía eléctrica en Brasil, son necesarias otras fuentes que contribuyan a asegurar la expansión equilibrada del suministro de energía y a crear una base sólida para el crecimiento

económico del país, como prevé el plano gubernamental para el sector eléctrico¹. La generación centralizada como la solar termoeléctrica con almacenamiento, por ejemplo, que tiene como característica la gestionabilidad, dotando a esa fuente una perspectiva favorable en la matriz energética brasileña.

Usando el caso de la energía solar termoeléctrica en España, ahí se va a evaluar cómo las políticas públicas en innovación y energía han promovido nuevas tecnologías en el país y la posibilidad de replicar el sistema al Brasil.

Teniendo en vista ese objetivo, se adoptó el abordaje de sistemas de innovación de las tecnologías energéticas (*energy technology innovation system* - ETIS) como base de evaluación de la experiencia española. Conforme describen (Gallagher, Grubler, Kuhl, Nemet, & Wilson, 2012), el ETIS es una perspectiva sistémica sobre innovación que puede ser usado como una estructura analítica para describir elementos clave y impulsores de la innovación, con énfasis en: (i) el conocimiento y aprendizaje; (ii) las economías de escala; y (iii) los papeles de actores y instituciones.

El trabajo se divide en tres partes. En la parte inicial, cuanto al estado-del-arte, en primer lugar se presenta la importancia de la innovación en el sector eléctrico y el papel del gobierno en formular políticas públicas para su promoción. En segundo lugar se describe como ha sido tratada en las políticas públicas en innovación tecnológica en el sector eléctrico en España y los mecanismos de promoción que han sido utilizados para las energías renovables. En tercer lugar se describe el contexto español de incentivos que ha sido favorable para la implantación y difusión de la tecnología solar termoeléctrica y describe el contexto brasileño en que se podría inserir la energía solar termoeléctrica en fase inicial o promocional. En la segunda parte dese trabajo, se describe el concepto de sistema de innovación de tecnológica

¹ Ver (MME/EPE, 2013) para el Plan Decenal de Expansión 2022.

de energía y el uso de esa abordaje para evaluar la experiencia española con la energía solar termoeléctrica. En la tercera y última parte se resumen los resultados y se presentan algunas conclusiones cuanto a los elementos clave y impulsores de la innovación en el segmento solar termoeléctrico en España. En esta sección también se intenta verificar si el modelo español es posible de replicación en el contexto brasileño a partir del contexto político y técnico que podrán favorecer la promoción de la energía solar termoeléctrica en ese país.

2 ESTADO-DEL-ARTE

2.1 La importancia de la innovación en el sector eléctrico y el papel del gobierno

La energía es, literalmente, el combustible para los procesos y el crecimiento económico. Por esta razón, la política energética ha sido siempre una parte importante de la política económica e industrial (Negro, Alkemade, & Hekkert, 2012).

En un mundo que depende de la energía, las fuentes renovables, como eólica, solar, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa, han sido cada vez más importantes, sea como una parte importante de la matriz energética, sea como parte del mundo de los negocios. La inversión total mundial en energías renovables para la generación eléctrica, la calefacción y el transporte aumentó de alrededor de US\$ 57 mil millones en 2004 hasta US\$ 255 mil millones en 2013 y podrá alcanzar los US\$ 11.000 mil millones en 2030, incluyendo US\$ 790 mil millones para la generación de energía (Stokes, 2014).

Las tecnologías renovables son, de hecho, tecnologías relativamente jóvenes, con pocos años de desarrollo en términos comerciales, pero con una capacidad de reducción de costes muy elevada por la posibilidad de desarrollo tecnológico y fabricación en masa, obteniendo economías de escala (CESEDEN, 2014). Y a pesar de que, como notan (Nicolli & Vona, 2014), las energías renovables no pueden todavía competir con los combustibles fósiles en

términos de costes de producción, un impresionante progreso tecnológico ha abierto el camino a esas nuevas fuentes prometedoras – ya percibido por el mercado y gobiernos.

En tanto que, por parte de los gobiernos, la adopción de instrumentos públicos de fomento al desarrollo tecnológico en el sector eléctrico ha sido intensificada, una vez que las innovaciones afectan verticalmente todo el proceso industrial. Como notan (Costa-Campi, Duch-Brown, & García-Quevedo, 2013), los incentivos públicos han representado las mayores inversiones que han apoyado la innovación y la I+D en el sector, y se han basado en la existencia de fallos de mercado, como las externalidades, los efectos indirectos y las incertidumbres que afectan las decisiones de inversión.

Por otro lado, los gobiernos han explotado el concepto económico de ventaja competitiva. Como observan (Nicolli & Vona, 2014), los países desarrollados han contado con áreas de especialización y impulsado tipos específicos de fuentes de energía renovables. Por, ejemplo, Dinamarca ha establecido una fuerte ventaja tecnológica en eólicas, mientras que Suecia y Alemania han especializado en bioenergía, Noruega y Austria la energía hidroeléctrica y en energía solar, Alemania y España.

Así, los gobiernos de muchos de los países, por las mas diversas razones y métodos, han impulsado programas de ayuda a las energías renovables. De una forma general, han utilizado dos grandes grupos de instrumentos para promover esas tecnologías. Para fomentar la oferta de tecnología, adoptan la llamada perspectiva *technology-push* (o tecnología de empuje), a través de inversiones públicas en actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). En esa óptica, la ciencia y la tecnología desempeña el papel clave en el desarrollo de innovaciones tecnológicas y la adaptación a las características cambiantes de la estructura de la industria. Para fomentar la demanda por la tecnología, adoptan la llamada *demand-pull* (o tirón de la demanda), a través de diversos mecanismos de promoción de las energías renovables, como los basados en precios, en el establecimiento de cuotas o medidas fiscales. En esa óptica, un

conjunto de herramientas relacionadas al mercado y la economía son los instrumentos usados y afectan el rendimiento de la innovación (del Río González, 2009; Delgado, 2012; IEA, 2008). A pesar de esa dicotomía, las tecnologías de empuje y tirón de la demanda no deben verse como separados, sino que refuerzan mutuamente y deben combinarse una vez que ambos tipos de política 'inducen' innovación (Di Stefano, Gambardella, & Verona, 2012; Peters, Schneider, Griesshaber, & Hoffmann, 2012).

Estimular el cambio técnico, es decir, el desarrollo y la difusión de tecnologías nuevas y / o mejoradas, por lo tanto es fundamental para avances en el sector eléctrico. Sin embargo, a fin de superar las fallas de mercado inherentes a muchos problemas ambientales, por un lado, y aprovechar las ventajas naturales, por otro, el apoyo político es crucial (del Río González, 2009). A continuación, se verá como las abordagens de políticas públicas han sido usadas en España para las fuentes renovables en general y para la energía solar termoeléctrica en particular.

2.2 Los instrumentos de apoyo a difusión de las energías renovables en España y la tecnología solar termoeléctrica

España ha sido uno de los países con mayor dependencia de los recursos energéticos importados en la Unión Europea. En 1973, los recursos energéticos nacionales cubrieron sólo el 28,6% de la demanda total de energía. Al estar gravemente afectada por la crisis del petróleo de mediados de 1970, y dada la ausencia de los recursos nacionales de gas y carbón de buena calidad, el gobierno español ha desarrollado desde la década de 1970 las políticas encaminadas al ahorro energético y la diversificación de los recursos energéticos primarios (Dinica, 2009).

Desde entonces, las políticas españolas han apoyado la aplicación de las energías renovables a gran escala de manera que su contribución se incrementó de 14,7% en 1995 a 29,9% en 2011.

Los instrumentos de promoción adoptados se asemejan a los aplicados en otros lugares: han concedido a las energías renovables acceso preferencial a la red; han pagado subvenciones y se han promovido la industria del medio ambiente del país (Friesenbichler, 2013).

En este contexto, hasta la década de 2000 la tecnología solar termoeléctrica sólo existía en España en los proyectos de demostración. Con el establecimiento de objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países miembros de la UE, España comenzó a promover la energía solar a gran escala algunos años más tarde con el fin de alcanzar sus objetivos ambientales. (Madlener & Mathar, 2010). Para eso, realizó cambios en el sistema de primas de manera que se observó condiciones muy favorables a inversión en energías alternativas en general – por ejemplo, los precios pagos a esas fuentes (*tarifas feed-in*) alcanzaran hasta €65 por MWh en 2006, mientras la tarifa media de último recurso, pagada por el consumidor en ese mismo año fue de €50 por MWh (Campoccia, Dusonchet, Telaretti, & Zizzo, 2014; Haas et al., 2011). Ese sistema efectivamente indujo el despliegue de las energías renovables.

España ha hecho también inversión pública en innovación energética, que ha sido todavía considerada muy deficitaria, con "menos de un 1% de lo que se gasta en total en energía" (Conchado et al., 2012a), aunque haya un papel considerable de los fondos europeos como importante instrumento de desarrollo tecnológico – España es uno de los países que más financiación europea ha recibido para I+D en energía, con €176 millones recibidos para inversión en el sector en el período 2007-2011 (sólo por detrás de Alemania), beneficiando en especial universidades, centros públicos de investigación, centros tecnológicos y asociaciones de investigación (CDTI, 2012).

España reúne algunas condiciones favorables a implantación de la industria de energía solar termoeléctrica. Es uno de los países de Europa con mayor irradiación anual, lo que hace con que la energía solar sea en este país más apropiada y rentable que en otros. Además, las

centrales térmicas solares, que requieren una gran energía para la refrigeración justo durante los picos de producción de este tipo de centrales eléctricas, son ideales para zonas como España (Protermosolar, n.d.). Tales ventajas comparativas asociadas a los incentivos económicos por el sistema de primas han proporcionado condiciones muy favorables a una tecnología que, de otra manera, no se mostraba comercial o económicamente competitiva en el mercado europeo.

2.3 La implantación y difusión de la energía solar termoeléctrica en España

Las tecnologías solares tienen una larga historia, pero su desarrollo y comercialización sólo ocurrieran de hecho los años inmediatamente después de la crisis del petróleo, en los años setenta. Sin embargo, aunque se mantuvo incipiente por la década de 1970, esa industria colapsó el principio de los 1980, debido a la fuerte caída de los precios del petróleo y la falta de apoyo a la política sostenida. A partir de los años 2000, los mercados de energía solar han recobrado impulso, mostrando un crecimiento fenomenal en el período más recién en variadas partes del mundo (REN21, 2014; Timilsina, Kurdgelashvili, & Narbel, 2012).

En la actualidad, existen múltiples tecnologías solares, que aprovechan la luz solar como fuente primaria de energía, siendo la solar termoeléctrica o térmica solar concentrada (CSP) una de las tecnologías para producción de energía eléctrica. La tecnología CSP usa la concentración solar irradiada a través de colectores en alta temperatura y el funcionamiento básico de una planta es similar al de una central térmica, pero en lugar de carbón o gas utiliza la energía del sol.

Las ventajas y desventajas de esta tecnología en comparación con otras fuentes de energía renovables pueden resumirse en la siguiente afirmación: *"Las plantas de concentración solar termoeléctricas con y sin almacenamiento de energía térmica (en este último caso, haciendo uso del sistema de combustible híbrido) son recursos renovables únicos que proporcionan no sólo energía limpia, sino también una*

amplia gama de capacidades operacionales que permita la seguridad permanente de los sistemas de energía eléctrica” (CSP Alliance, 2012).

Es decir, las ventajas se refieren a los beneficios medioambientales, por ser una energía de baja emisión de CO₂, bien como a la fiabilidad del sistema, por causa da posibilidad de combinar la tecnología con una fuente convencional de generación como gas natural, o cuando hay almacenamiento térmico, permitiendo que la energía generada sea despachada directamente en la red. Por otra parte, hay desventajas que son a menudo de naturaleza económica porque las tecnologías solar termoeléctricas tienen mayores costes de inversión y de energía generada comparados con otras fuentes renovables (Madlener & Mathar, 2010; Timilsina et al., 2012).

Hoy hay cuatro tecnologías principales para la producción de energía solar termoeléctrica: (i) Sistemas cilindro-parabólicos; (ii) Sistemas de torre; (iii) Sistemas de reflectores lineales tipo Fresnel; y (iv) Sistemas de disco parabólico o *Stirling* - la única, por el momento, que no está disponible comercialmente y todavía requiere un mayor desarrollo para su implantación a nivel comercial (HelioNoticias, n.d.; Protermosolar, n.d.).



Figura 1: Tecnología de Canales parabólicos



Figura 2: Tecnología de Receptor Central



Figura 3: Tecnología de reflectores lineales tipo Fresnel



Figura 4: Tecnología de discos parabólicos

De acuerdo con (Nemet, 2012), la mayor parte del conocimiento histórico sobre las tecnologías CSP viene de las plantas desplegadas en California, EE.UU. en los años 1980, de tecnologías de canales parabólicas en su mayoría. Desde la mitad de los años 2000, sin embargo, un nuevo circuito de instalaciones empezó, envolviendo los tres tipos comerciales de sistemas CSP, principalmente el suroeste de los EE.UU. y España.

Aún conforme (Nemet, 2012), la tecnología ha perfeccionado a través de una combinación de aprendizaje por la práctica e por I+D, y el conocimiento obtenido puede ser compartido entre empresa y incluso entre países especialmente durante una década de estagnación en los años 1990, cuando esencialmente ninguna planta grande fue construido en todo el mundo.

El resultado es una reciente y fuerte reactivación de este mercado, evidenciada con 14,5 GW en diversas etapas de desarrollo en 20 países y 740 MW de capacidad de esa fuente de energía añadido entre 2007 y 2010. Si bien muchas regiones del mundo, por ejemplo, suroeste de Estados Unidos, España, Argelia, Marruecos, Sudáfrica, Israel, la India y China, proporcionan adecuada condiciones para el despliegue de la energía solar termoeléctrica, la actividad del mercado en la actualidad se concentra principalmente en el suroeste de Estados Unidos y España, los cuales son compatibles con las políticas, créditos fiscales a la inversión y tarifas *feed-in* favorables. Actualmente varios proyectos en todo el mundo están en construcción, en

las etapas de planificación, o sometidos a estudios de viabilidad y se espera que el mercado siga creciendo a un ritmo significativo (Timilsina et al., 2012)

España, de hecho, es líder mundial en capacidad instalada de energía solar termoeléctrica, actualmente con 50 plantas que tienen una potencia conjunta cercana a los 2,3 GW a fecha de junio de 2014 - la mayoría con capacidad de almacenamiento de energía. (Protermosolar, n.d., 2014). Eso es más del doble del segundo lugar de los Estados Unidos (EE.UU.). Por su vez, ese país ofrece un mercado fuerte para las empresas españolas de CSP una vez que, además de las construcciones y operaciones, la mayoría de los proyectos en los EE.UU. dependen de la asistencia técnica española, incluso para instalaciones que no fueran encabezadas por las empresas españolas (MIT Technology Review, 2013).

Para (del Río González, 2012), el apoyo inicial a la I+D+i pública en la tecnología solar termoeléctrica y la combinación dicho apoyo con ayudas a proyectos de demostración para en una fase posterior hacer la promoción comercial de esa fuente fue el principal factor de suceso del caso español de la tecnología solar termoeléctrica, que crió una potente industria nacional que actúa en todas las fases de la cadena de valor de la tecnología.

2.4 El contexto brasileño para la energía solar termoeléctrica

Aun no se puede hablar del desarrollo y innovación de la energía solar termoeléctrica en Brasil una vez que el país no alberga todavía ninguna planta de esa tecnológica, se puede describir posible contexto de su implantación

Brasil tiene el programa más grande en el mundo para fomentar fuentes alternativas de energía eléctrica, llamado PROINFA (Programa de Incentivos para Fuentes Alternativas de Electricidad). El PROINFA fue establecido en 2002 ya he implementado hasta el 31 de diciembre de 2011, un total de 119 proyectos que tienen una capacidad instalada de 2.649,87MW en parques eólicos, pequeñas centrales hidroeléctricas y en biomasa. La

electricidad generada anualmente por estas plantas es suficiente para abastecer el equivalente a unos 4,5 millones de brasileños (Eletrobras, 2014).

El PROINFA está todavía en operación, pero sus resultados fueron criticados con base en su baja eficiencia económica (por el uso de la tarifa *feed-in*) y proceso de implementación lento una vez que la mayoría de los proyectos retrasaron años para iniciar la operación con respecto a la fecha de operación comercial prevista (IRENA, 2013; Mastropietro, Batlle, Barroso, & Rodilla, 2013). Por lo tanto, como principal instrumento *demand-pull* para la promoción de las energías renovables en Brasil, a partir de 2014 se adoptó el sistema de subastas, con un abordaje *technology specific*, que permite la organización de subastas para contratar específicamente a uno u otra fuente de energía renovable (Batlle & Barroso, 2011; IRENA, 2013).

Para apoyar innovaciones en energías alternativas, también se han implementado programas de incentivos de impuestos y subsidios directos a evaluaciones pre-inversión (Barroso & Batlle, 2011).

Además, se han adoptadas políticas *technology-push*, que incluyen fondos sectoriales, incentivos fiscales para la innovación y programas y convocatorias públicas de apoyo a las empresas (Pompermayer, Negri, & Cavalcante, 2011).

En el sector eléctrico, vale mencionar la promulgación de la Ley N° 9.991, de 2000 (Brasil, 2000), la cual obliga a las empresas concesionarias, permisionarias y autorizadas del sector de energía eléctrica realizaren inversiones mínimas en las actividades de I+D y eficiencia energética. Esas inversiones mínimas se asignan al fondo sectorial específico de la categoría, el CT-ENERGIA (CT-ERG); al Ministerio de Minas y Energía (MME); a proyectos de eficiencia energética (solamente distribuidoras) y a proyectos I+D desarrollados por las empresas según las normas definidas por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL).

De esa característica peculiar del sector eléctrico en Brasil, que es el importante papel

desempeñado por el organismo regulador, la ANEEL, y los fondos sectoriales (a través del Fondo Sectorial de Energía - CT-ENERG) para estimular la actividad I+D, se ha observado una representación importante de los proyectos regulado por la ANEEL en el segmento de las energías renovables alternativas, manteniendo una cierta convergencia con las tendencias tecnológicas internacionales (ANEEL, 2013; Oliveira, 2011; Pompermayer, Negri, & Cavalcante, 2011). Ese es el contexto general de políticas públicas en que la inserción de la tecnología solar termoeléctrica estaría sujeta.

En termos de condiciones técnicas, Brasil mantiene un ambiente bastante favorable, demostrado por estudios acerca de la viabilidad de la aplicación a gran escala de la energía solar para la generación de electricidad en Brasil, indicando los mejores sitios para establecer plantas de energía CSP – los cuales son la región semiárida de Brasil (Martins, Abreu, Pereira, & Kretzer, 2012).

3 METODOLOGIA Y DATOS

Al presentar un manual para análisis de sistemas de innovación, (Hekkert, Negro, Heimeriks, & Harmsen, 2011) subrayan que la idea más importante que ha dominado el campo de los estudios de innovación en las últimas décadas es el hecho de que la innovación es una actividad colectiva. Se lleva a cabo en el contexto de un sistema más amplio, que se acuña "sistema de innovación" o "ecosistema de innovación". El éxito de las innovaciones es en gran medida determinado por la forma en que el sistema de innovación es formado y la forma en que funciona.

Como enfatizan (Negro et al., 2012), el análisis de sistemas de innovación son especialmente útiles para examinar qué problemas sistémicos obstaculizan el desarrollo y la difusión de las innovaciones. Así siendo, es posible ayudar a los responsables políticos y gestores a mejorar las políticas de innovaciones y desarrollo a través de esa perspectiva (Conchado et al., 2012;

Negro et al., 2012; Vasseur, Kamp, & Negro, 2013).

Cuando se considera específicamente el sector eléctrico, cabe el uso del abordaje de sistemas de innovación de las tecnologías energéticas (*energy technology innovation system* - ETIS), que de acuerdo con (Gallagher et al., 2012), puede ser usado como una estructura analítica para describir elementos clave y impulsores de la innovación, con énfasis en el conocimiento y aprendizaje, las economías de escala y los papeles de actores y instituciones. De esos elementos clave, se puede investigar:

- (i) el aspecto técnico y tecnológico de la energía solar termoeléctrica, reflejando el conocimiento y aprendizaje de la innovación;
- (ii) las ganancias de eficiencia y efectividad de la tecnología, reflejando las economías de escala; y
- (iii) la acción de actores y instituciones, incluyendo poder público, empresas y universidades, así como las políticas y reglas (formales o informales), que espejan los papeles de actores y instituciones en la promoción de la innovación en energía solar termoeléctrica en España.

A este fin, se utilizaron datos secundarios a cerca de la industria de energía solar termoeléctrica, incluyendo los datos de costes y de mercado, puestos a disposición por las agencias de fomento y regulación del gobierno federal español y eventualmente por organizaciones sectoriales.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

Aparentemente, la situación relativa de España en la tecnología solar termoeléctrica es buena, en tanto en cuanto es sólida la base tecnológica de la industria local. Vale, todavía, analizar con más detalles los elementos clave y impulsores del segmento y las perspectivas futuras.

4.1 Conocimiento y Aprendizaje

Al inicio, los proyectos CSP en España no representarán avances tecnológicos una vez que usaba la misma tecnología desarrollada en los años 1980 en los EE.UU. Pero con los incentivos del sistema de primas, en el campo de la tecnología solar como un todo, España ha adquirido un gran conocimiento y por lo tanto un alto contenido local. Una de las razones que podría explicar es que alguno de los conocimientos, por ejemplo, la producción de espejos o el montaje de los reflectores o receptores, se pueden tomar de industrias conexas, como la industria del automóvil o de construcción civil. También allí ha sido en general una alta inversión en investigación, desarrollo e innovación para la industria y la economía en un horizonte de largo del equipo.

También nuevas maneras de hacer negocios en el sector eléctrico han surgido. Por ejemplo, algunas empresas, para tener ventajas competitivas en el sector, adoptaron modelos de negocios basados en integración vertical, mientras el “lema” del mercado energético sea la desagregación para ampliar la competencia.

4.2 Economías de escala

Los proyectos de tecnología solar termoeléctrica requieren largas inversiones iniciales. Pero sigue siendo posibles mejoras en los costos adicionales en STE. Por causa de las ayudas públicas están limitadas a plantas con capacidad instalada de menos de 50MW, todas las plantas de CSP en España tienen una capacidad de generación menor o igual a 50MW, aun que plantas más grandes sean viables e más eficientes. Hay perspectivas, todavía, de reducción de costes por aumento de escala (por ejemplo, de 100 a 200 MW), por el uso de tecnologías más avanzadas y por el aumento de factor de capacidad impulsadas por la mejora de O & M y también por las decisiones de localización

4.3 Los papeles de actores y instituciones

El gobierno y su política de primas para promoción de la energía limpia es sin duda el actor más representativo para desarrollo de la innovación y un mercado nacional proveedor de equipos y mano-de-obra. La tarifa *feed-in* de España fue muy eficaz en sus etapas iniciales de desarrollo de mercado y de diseminación de las innovaciones en el mercado de la energía solar, pero las limitaciones presupuestarias también han limitado su capacidad en dar continuidad a esas políticas. Las medidas más recién han promovido reacciones desfavorables de los inversores, incluso judiciales. Las incertidumbres cuanto a las políticas y la disminución de apoyos públicos a la energía solar termoeléctrica, la cual tendrá un recorte del 13% de sus primas en España desde 2014, lo que supone un rebaje cerca de € 373 millones a lo largo de la vida útil de los proyectos ya en andamio (Noceda, 2014)², podrán conducir los inversores a se mantuvieren lejos de esa tecnología - y los avances tecnológicos y la innovación en ese segmento energético. Como refuerzan (del Río González & Mir-Artigues, 2014), eso error tiene la capacidad de perjudicar toda la industria de la energía renovable en el medio y largo plazo.

Por otro lado, de esa experiencia se puede hacer un análisis más rigurosa del diseño del sistema de promoción de la innovación. Para los críticos, la salida es una mejora adecuación de los instrumentos a los fines. Sería el caso de escoger instrumentos de incentivos que se caracterizan más como promotores de I+D+i y menos como mera alternativa de inversión financiera.

Además ha de se considerar la madurez de la tecnología y una la adecuación del instrumento, en la línea de los estudios como de (Nesta, Vona, & Nicolli, 2014; Nicolli & Vona, 2014), que destacan la importancia de se dar cuenta de “la heterogeneidad intrínseca de tanto de las

² Mas detalles sobre las medidas de gobierno, ver en (CNMC, 2014).

políticas de promoción como de las tecnologías de energía renovable”. Es decir, tecnologías maduras exigen mecanismos distintos de las tecnologías emergentes, las cuales necesitan, por ejemplo, de subsidios a la demanda y el apoyo público a la I + D + i en grado mayor.

Así vale mencionar que, en respecto a las políticas públicas se pueden favorecer aún al crecimiento del segmento de energía solar en España, sea a través de incentivos a mayor participación del sector privado, sea les dando más eficacia, en especial por que esa es una tecnología de energía más costosa.

4.4 Replicabilidad del sistema español al Brasil y conclusiones finales

Cuanto a la replicabilidad del modelo adoptado, en verdad es difícil obtener cualquier orientación prescriptiva de las experiencias de España. Cada gobierno debe encontrar su propio equilibrio entre los intereses contrapuestos de los consumidores y la industria de las energías renovables, teniendo en cuenta las circunstancias económicas y políticas que rodean, así como las ventajas comparativas naturales o de mercado que las fuentes de generación presente.

En termos de condiciones de mercados específicos de Brasil, para la Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – la responsable por los estudios y investigaciones para apoyar la planificación del sector energético-, la generación centralizada por la fuente solar no presenta todavía competencia en el país (EPE, 2012). Pero, a la manera de lo que se ha observado recientemente en otras energías renovables, la garantía de contratos a largo plazo a través de las subastas específicas para este tipo de generación podrán permitir un beneficio de escala capaz de internalizar en el país los fabricantes y desarrolladores, y en consecuencia, más abaratamiento de los costes asociados a este tipo de tecnología.

Por otro lado, como mencionan (del Río González & Mir-Artigues, 2014), la experiencia española vale también como aprendizaje para non se repetir. En primer lugar, que se diseñe

una política de una manera que evite cualquier tipo de crisis a cualquier costo. En segundo lugar, que se garantice que los mecanismos de seguimiento adecuados estén en su lugar para que el gobierno sea capaz de detectar y reaccionar a los problemas con prontitud. Y en tercer lugar, una vez que se ha producido una crisis, que se limite el daño.

BIBLIOGRAFIA

ANEEL. (2013, August). Revista P&D ANEEL, 2013. *Revista Pesquisa E Desenvolvimento Da ANEEL*. Retrieved from http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Revista_P&D_05.pdf

APPA. (2012). *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España: 2012*. Barcelona.

Barrero, A. (2011, September). Más del 75 % de los componentes de una central termosolar es “made in Spain.” *Energías Renovables*.

Battle, C., & Barroso, L. A. (2011). *Review of Support Schemes for Renewable Energy Sources in South America* (No. 11-001). Retrieved from <http://web.mit.edu/ceepr/www/publications/workingpapers/2011-001.pdf>

Campoccia, A., Dusonchet, L., Telaretti, E., & Zizzo, G. (2014). An analysis of feed-in tariffs for solar PV in six representative countries of the European Union. *Solar Energy*, 107, 530–542. doi:10.1016/j.solener.2014.05.047

CESEDEN. (2014). *MODIFICACIONES REGULATORIAS EN EL REGIMEN ESPECIAL. EL FUTURO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES* (No. 02/2014). Madrid. Retrieved from http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_trabajo/2014/DIEEET02-2014_Energias_Renovables_ESoria.pdf

CNMC. (2014). *Informe sobre la Propuesta de Orden por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de*

- producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos*. Madrid. Retrieved from http://www.cnmc.es/Portals/0/Ficheros/notasdeprensa/2014/Informe_Renovables.pdf
- Conchado, A., Anadón, L. D., & Linares, P. (2012). *Innovación en energía en España - Análisis y recomendaciones* (p. 120). Vigo.
- Costa-Campi, M. T., Duch-Brown, N., & García-Quevedo, J. (2013). *R&D Drivers and Obstacles to Innovation in the Energy Industry* (No. 2013/22). Barcelona. Retrieved from www.ieb.ub.edu
- CSP Alliance. (2012). *CSP Alliance Report 2012: The Economic and Reliability Benefits of CSP with Thermal Energy Storage: Recent Studies and Research Needs* (p. 108). Retrieved from <http://www.csp-alliance.org/wp-content/uploads/2012/12/CSPA-Report-Dec-2012-Ver1.0.pdf>
- Del Río González, P. (2009). La promoción de la electricidad renovable en España en el contexto europeo. *Información Comercial Española, ICE: Revista de Economía*, (847), 59–74. Retrieved from http://www.revistasice.com/cache/pdf/ICE_847_59-74__EE512AE5E3FC219CEA12561E2F31F637.pdf
- Del Río González, P. (2012). Políticas Públicas, Creación de Industria e Innovación en Energías Renovables: Una reflexión sobre el caso español. *Economía Industrial*, (384), 75–84. Retrieved from [http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/384/Pablo del R%C3%ADo.pdf](http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/384/Pablo%20del%20R%C3%ADo.pdf)
- Del Río González, P., & Mir-Artigues, P. (2014). *A Cautionary Tale: Spains solar PV investment bubble*. Manitoba, Canada.
- Delgado, J. (2012). Las energías renovables: por qué sí y por qué no. *Papeles de Economía Española*, (134), 60–72.

- Di Stefano, G., Gambardella, A., & Verona, G. (2012). Technology push and demand pull perspectives in innovation studies: Current findings and future research directions. *Research Policy*, 41(8), 1283–1295. doi:10.1016/j.respol.2012.03.021
- Dinica, V. (2009). Biomass power: Exploring the diffusion challenges in Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1551–1559. doi:10.1016/j.rser.2008.10.002
- EPE. (2012). *Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira: Nota Técnica EPE. Nota Técnica - EPE, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Retrieved from http://jornalggn.com.br/sites/default/files/documentos/nt_energiasolar_2012.pdf
- EPE. (2014a). *Balanço Energético Nacional (BEN 2014): Relatório Síntese / ano base 2013*. Rio de Janeiro. Retrieved from <https://ben.epe.gov.br>
- EPE. (2014b). *Balanço Energético Nacional 2014: Ano Base 2013* (p. 288). Rio de Janeiro. Retrieved from <https://ben.epe.gov.br>
- EPE. (2014c). *Demanda de Energia: 2050* (No. Nota Técnica DEA 13/14). Rio de Janeiro.
- Friesenbichler, K. (2013). *Innovation in the energy sector* (No. 31). Retrieved from www.foreurope.eu
- Gaier, R. V. (2013, August 26). Expansão hidrelétrica no Brasil está limitada a até 2030 , diz secretário. *Reuters*, p. 2030. São Paulo. Retrieved from <http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRSPE97P05P20130826>
- Gallagher, K. S., Grubler, A., Kuhl, L., Nemet, G., & Wilson, C. (2012). The Energy Technology Innovation System. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 137–162. doi:10.1146/annurev-environ-060311-133915
- Haas, R., Panzer, C., Resch, G., Ragwitz, M., Reece, G., & Held, A. (2011). A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 1003–1034. doi:10.1016/j.rser.2010.11.015

- Hekkert, M. P., Negro, S. O., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). *Technological Innovation System Analysis: a manual for analysts*. Utrecht University (p. 15).
- HelioNoticias. (n.d.). Energía Termosolar: Definición y tipos. Retrieved August 15, 2015, from <http://www.helionoticias.es/definicion.php>
- IDAE. (2011a). *Evaluación del Potencial de Energía Solar Termoeléctrica (Estudio Técnico PER 2011-2020 no. 20)*. Madrid. Retrieved from www.idae.es
- IDAE. (2011b). *Evolución Tecnológica y Prospectiva de Costes de Las Energías Renovables: Estudio Técnico PER 2011-2010*. Madrid. Retrieved from www.idae.es
- IDAE. (2011c). *Impacto Económico de las Energías Renovables en el Sistema Productivo Español: Estudio Técnico Per 2011-2020*. Madrid. Retrieved from www.idae.es
- IEA. (2008). *Energy Technology Perspectives 2008: In Scenarios & Strategies to 2050*. Paris. Retrieved from <http://www.iea.org/media/etp/ETP2008.pdf>
- IRENA. (2013). *Renewable Energy Auctions in Developing Countries*. Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org/Publications
- Madlener, R., & Mathar, T. (2010). *Development Trends and Economics of Innovative Solar Power Generation Technologies: A Comparative Analysis* (No. 1/2009). Aachen, Germany. Retrieved from www.eonerc.rwt-aachen.de/fcn
- MIT Technology Review. (2013). *New Technologies in Spain: Solar Energy*. Retrieved from www.technologyreview.com/spain/solar
- MME/EPE. (2013). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2022*.
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3836–3846. doi:10.1016/j.rser.2012.03.043
- Nemet, G. (2012). Technological Improvements of Solar Thermal Electricity in the US, and the role of public policy. In G. & C. W. Grubler A., Aguayo, F., Gallagher, K.S.,

- Hekkert, M., Jiang, K., Mytelka, L., Neij, L., Nemet (Ed.), *Historical Case Studies of Energy Technology Innovation in: Chapter 24, The Global energy Assessment*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Nesta, L., Vona, F., & Nicolli, F. (2014). Environmental policies, competition and innovation in renewable energy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 67(3), 396–411. doi:10.1016/j.jeem.2014.01.001
- Nicolli, F., & Vona, F. (2014). *Heterogeneous Policies, Heterogeneous Technologies: The case of Renewable Energy* (No. 2014-15). Paris, France. Retrieved from <http://www.ofce.sciences-po.fr/publications/document.php>
- Noceda, M. Á. (2014, April 7). Recorte de 1.671 millones a las renovables. *El País*. Madrid. Retrieved from http://economia.elpais.com/economia/2014/04/07/actualidad/1396888065_742601.html
- Oliveira, L. G. (2011). Tendências tecnológicas do setor elétrico. In F. M. Pompermayer, F. De Negri, & L. R. Cavalcante (Eds.), *Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: Uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
- Peters, M., Schneider, M., Grieshaber, T., & Hoffmann, V. H. (2012). The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change – Does the locus of policies matter? *Research Policy*, 41(8), 1296–1308. doi:10.1016/j.respol.2012.02.004
- Pompermayer, F. M., Negri, F. De, & Cavalcante, L. R. (2011). *Inovação tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro: Uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL*. (IPEA, Ed.) (p. 168). Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11058/3028>
- Protermosolar. (n.d.). La energía termosolar: Qué es, tipos de plantas, beneficios. Retrieved August 15, 2014, from <http://www.protermosolar.com/la-energia-termosolar/que-es/>

- Protermosolar. (2014). La Energía Termosolar: El sector en cifras (ultimo mes - Junio 2014). Retrieved August 15, 2014, from <http://www.protermosolar.com/la-energia-termosolar/el-sector-en-cifras/>
- Red Eléctrica de España. (2013). *El Sistema Eléctrico Español 2013: Síntesis* (Vol. 24). Madrid. Retrieved from www.ree.es
- REN21. (2014). *Renewables 2014: Global Status Report*.
- Stokes, J. (2014). Insuring our Energy Future. Retrieved from https://www.hsb.com/HSBGroup/uploadedFiles/HSB_COM/Whats_New_or_Press/Insuring_Our_Energy_Future_BestsReview_May2014.pdf
- Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. a. (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1), 449–465. doi:10.1016/j.rser.2011.08.009
- Tobalina, B. (2014, August 10). Termosolar: la industria española a la conquista del mercado global. *La Razón.es*.
- Valdés, J. A. R. (2014). EVOLUCIÓN Y REFORMA DEL SISTEMA. *Cronica Tributaria*, (150/2014), 197–233.
- Valor Econômico. (2013, January 10). Rios da Amazônia não serão alvo de “ grandes reservatórios”, diz MME. *Valor Econômico*. Brasília.
- Vasseur, V., Kamp, L. M., & Negro, S. O. (2013). A comparative analysis of Photovoltaic Technological Innovation Systems including international dimensions: the cases of Japan and The Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, *48*, 200–210. doi:10.1016/j.jclepro.2013.01.017