

Sistemas solares híbridos térmicos-FV para generación de frío y calor

Iniciativa Tecnológica Prioritaria (ITP) 2019

Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética (PTE-EE)

Fecha edición: 28 de abril de 2020

Versión: 1

CON EL APOYO DE:



PTR 2018-001043

Autores

Ana Lozano, Andrea Hernández, Yolanda Lara, Juan Consejo, Enrique Morgades (Fundación CIRCE)

Colaboradores

José Antonio Ferrer, CIEMAT, y Guillermo José Escobar (PTE-ee)

ÍNDICE

1 Contexto	2
1.1 Perfil del producto	4
2 Estado del arte	9
3 Análisis DAFO	14
4 Identificación del mercado total accesible	17
5 Tejido nacional	23
5.1 Sector productivo.....	23
5.2 Investigación y desarrollo	25
6 Recursos necesarios para el desarrollo.....	28
7 Aspectos no financieros, legales y regulatorios	29
8 Creación de empleo y tejido de conocimiento.....	30

1 Contexto

En 2.020 se cumplen los plazos para alcanzar los objetivos energéticos que los países miembros de la EU se comprometieron a cumplir en relación con la implementación de energías renovables y disminución de gases de efecto invernadero. Para España estos objetivos se concretan en que las energías renovables representen un 20% del consumo final bruto de energía en el año 2.020. Con el acuerdo de París un nuevo horizonte se abre al PNIEC 2.021-2.030 que establece nuevos objetivos vinculantes para la EU en 2.030, en concreto al menos un **32% de energías renovables sobre el consumo total de energía final**. A esto hay que añadir la hoja de ruta hacia una descarbonización sistemática de la economía con la que la Comisión Europea pretende convertir la **UE en neutra en carbono en 2.050**.

Los objetivos fijados por España en el borrador del PNIEC suponen una presencia del 42% de energías renovables sobre el uso final de energía para 2.030 (Ilustración 1) para lo cual se prevé una gran inversión en energías renovables eléctricas y térmicas.

Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final en el Escenario Objetivo							
Años		2015*	2020	2022	2025	2027	2030
Consumo de EERR de uso final (excluyendo el consumo eléctrico renovable)	Agricultura (ktep)	4.310	119	148	192	203	220
	Industria (ktep)		1.596	1.624	1.667	1.711	1.779
	Residencial (ktep)		2.640	2.623	2.598	2.709	2.876
	Servicios y otros (ktep)		241	279	337	376	435
	Transporte (ktep)	176	2.348	2.369	2.401	2.285	2.111
Energía suministrada por bombas de calor (ktep)		353	629	1.339	2.404	2.851	3.523
Generación renovable eléctrica (ktep)		8.642	10.208	12.438	15.784	18.187	21.792
Energía renovable total (ktep)		13.481	17.780	20.821	25.383	28.324	32.736
Energía final corregida con las pérdidas del sistema eléctrico, los consumos en aviación y la energía suministrada por las bombas de calor (ktep)		83.361	88.548	86.081	85.023	82.050	77.589
Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final		16%	20%	24%	30%	34%	42%

* Los datos del año 2015 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Ilustración 1. Porcentajes de energías renovables sobre el consumo de energía final. (Fuente: Borrador PNIEC 2021-2030)

Concretamente en aplicaciones de calor y frío, incluyendo los sectores residencial, servicios e industrial, la contribución esperada en energías renovables asciende al 31%.

Porcentaje de energías renovables en aplicaciones de calor y frío				
Años	2015*	2020	2025	2030
Escenario Tendencial	17%	18%	22%	25%
Escenario Objetivo	17%	18%	25%	31%

* Los datos del año 2015 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Ilustración 2. Porcentajes de energías renovables en calor y frío (Fuente: Borrador PNIEC 2021-2030)

Para conseguir los objetivos marcados, España ha establecido diversas medidas con el fin de avanzar en la descarbonización. En lo referente a calefacción y refrigeración, tanto residencial como industrial, las siguientes medidas pueden favorecer su impulso:

- Autoconsumo colectivo y punto de partida para las comunidades energéticas locales (Medida 1.4);
- Incorporación de renovables en el sector industrial, potenciando tanto la biomasa como otras energías renovables, en especial el biogás y solar térmica. Esto unido a las posibilidades de aprovechamiento del autoconsumo eléctrico. (Medidas 1.5). Se prevén líneas de apoyo a industrias o redes de calor que les suministren.
- Desarrollo de las energías renovables térmicas adoptando medidas para aumentar la cuota de energías renovables en el consumo de calor y frío en 1.3% anual a partir del valor alcanzado en 2.020 (Medida 1.6)
- Innovación para promover nuevos actores y modelos. No se concretan programas y se dan líneas generales de I+D+i como mecanismos de financiación europea (Plan Juncker o programa InvestEU, inclusión en la iniciativa Mission Innovation (MI) Energy) o la coordinación con el sector empresarial mediante la Alianza para la Investigación y la Innovación Energética (ALINNE)

No obstante, en la generación de frío y calor renovables existen varias combinaciones posibles como bombas de calor, biomasa o cogeneración, que pueden cubrir las necesidades energéticas, pudiendo ser considerados potenciales competidores a los sistemas híbridos que aquí se desarrollan.

En cuanto al potencial de la generación renovable de frío y calor, resaltar que del total de la energía final consumida en el sector residencial en España, un 63% fue destinado a producción de ACS, calefacción y refrigeración. Si nos referimos al sector industrial, el 74% de la energía total consumida a nivel mundial se destina a demanda térmica. En el contexto actual, donde se busca una Unión Europea neutra en carbono para 2.050, las iniciativas para la producción de calor y frío a partir de fuentes renovables adquieren relevancia. En el caso de la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, cabe destacar:

- Fomento de energía solar térmica. En el PNIEC 2.021-2.030¹ se recoge como objetivo la producción de 8.833 ktep (31,23%) en consumo final bruto de fuentes renovables para calefacción y refrigeración. En la actualidad, el uso más extendido de esta tecnología en España es en aplicaciones de agua caliente sanitaria (ACS), promovidas por la entrada en vigor mediante Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Código Técnico de la Edificación (CTE) obligando su instalación en edificios de nueva construcción o rehabilitación. Recientemente (Real Decreto 732/2019 por el que se modifica el CTE) se han aprobado nuevas modificaciones en el “Documento Básico de Ahorro de Energía” encaminadas al fomento de las energías procedentes de fuentes renovables. En el sector industrial, su

¹ Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030.

aplicación es reducida por falta de medidas de fomento dirigidas a este sector, aunque el potencial es elevado.

- Fomento de la energía fotovoltaica. En España se ha dado un gran apoyo a la energía fotovoltaica para generación eléctrica desde el primer Plan de Fomento de energías renovables en el año 2.000, lo que ha permitido alcanzar un grado de maduración en la tecnología. Sin embargo, las instalaciones para autoconsumo en el sector residencial, servicios, comercial o industrial (de menor potencia) no han tenido una regulación que permita su impulso. Ha sido a partir del Real Decreto 244/2019 de 5 de abril que se han comenzado a regular las condiciones administrativas, técnicas y económica del autoconsumo de energía eléctrica. Se espera que este nuevo marco regulatorio fomente el autoconsumo colectivo en comunidades de propietarios o en polígonos industriales. En el actual borrador del PNIEC se incluye de manera implícita una medida (Medida 1.4) para el desarrollo del autoconsumo con renovables, donde se prevén mecanismos para promover la penetración por tipo de consumidor (residencial, servicios e industrial).

Las demandas de calor y frío se pueden cubrir tanto con el uso de energía solar térmica como de energía fotovoltaica. Para su aplicación tanto en el ámbito residencial como en el industrial, se requiere de espacio apropiado disponible, bien en suelo o en techo, lo que ha hecho que el uso de ambas energías solares haya estado hasta el momento en competición.

El objetivo de este documento es evaluar el potencial de desarrollo e implementación de los sistemas solares híbridos para la generación de calor y frío, tanto en el ámbito industrial como en el residencial. En el documento se estudia la tecnología, su estado y evolución, el mercado potencial disponible y el potencial que existe a nivel país con la misma.

1.1 Perfil del producto

Los sistemas solares híbridos fotovoltaicos y térmicos (PVT) son tecnologías que combinan células fotovoltaicas y captadores solares en un solo panel, como se muestra en la Ilustración 3, con el fin de convertir la radiación solar en electricidad y energía térmica. Los sistemas híbridos se conciben para aprovechar el calor del panel solar y enfriar las células fotovoltaicas con el fin de evitar la caída de la eficiencia eléctrica conforme aumenta la temperatura en el panel. No obstante, la mayoría de los sistemas híbridos se diseñan para que la temperatura en el panel se mantenga por debajo de la temperatura de operación máxima de las células fotovoltaicas, por lo que la eficiencia térmica está limitada y es inferior a la que se podría alcanzar con una tecnología solar térmica pura. Aun así, existe cierta flexibilidad en el diseño de los paneles híbridos para potenciar la producción de electricidad o calor en función de la demanda de energía.

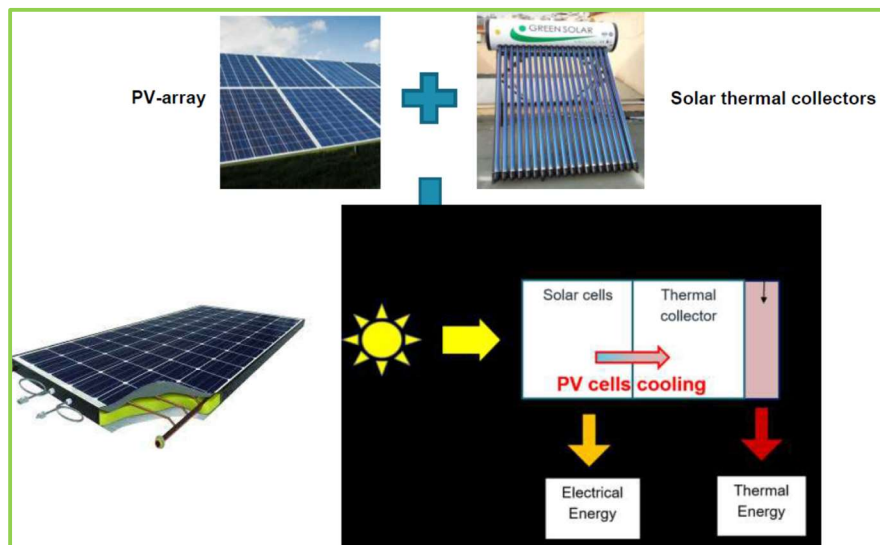


Ilustración 3. Esquema general de producción eléctrica-térmica paneles PVT ¡Error! Marcador no definido.

Los sistemas solares híbridos se pueden clasificar de diversas maneras^{2,3,4}:

1) Panel solar sin aislamiento: se trata del modelo primario y más básico, compuesto por células fotovoltaicas sobre un absorbente de calor. No cuenta con aislamiento por ninguno de sus lados, de manera que la temperatura que puede alcanzar el fluido térmico es mucho más baja. Estos paneles suelen ser **utilizados para piscinas**, ya que el agua se requiere a menor temperatura (habitualmente inferior a 40°C, véase la Ilustración 10).

2) Panel solar con aislamiento posterior: en estos paneles se incorpora una cubierta trasera para reducir las pérdidas de calor. No obstante, al no disponer de aislamiento frontal, las células fotovoltaicas permanecen a menor temperatura por lo que la eficiencia eléctrica se mantiene elevada. Para evitar el deterioro de las células fotovoltaicas durante periodos de alta irradiación se integran sistemas de almacenamiento de la energía térmica. Actualmente, **son los paneles híbridos que más se comercializan** en todo el mundo para proporcionar ACS y para calefacción (habitualmente en rangos de temperatura de 40-60°C, como se puede ver en la Ilustración 10), siendo especialmente **apropiados para climas cálidos o aplicaciones donde se pretende potenciar el rendimiento eléctrico**.

3) Panel solar con aislamiento posterior y frontal: en estos paneles se incorpora una cubierta frontal además de la trasera para minimizar las pérdidas de calor. De este modo se consiguen un considerable aumento del rendimiento térmico del panel permitiendo que el fluido supere los 60°C (véase la Ilustración 10). En este caso, las células fotovoltaicas se pueden disponer sobre el

² Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Evidence Gathering – Low Carbon Heating Technologies - Hybrid Solar Photovoltaic Thermal Panels, London, UK, 2017.

³ C. Keizer, J. Bottse, M. Jong, PVT Benchmark: an overview of PVT modules on the European market and the barriers and opportunities for the Dutch Market, 2017.

⁴ EndeF, Panel solar híbrido – Energía solar para principiantes, Blog 14/06/2018

absorbedor de calor, o bien en la cubierta frontal. Estos paneles son especialmente **apropiados para aplicaciones donde se pretende potenciar el rendimiento térmico frente al eléctrico o para climas fríos**, donde las células fotovoltaicas se puedan refrigerar por convección natural y el rendimiento eléctrico no se vea tan disminuido por el aumento de la temperatura del fluido térmico.

La Ilustración 4 muestra los módulos descritos anteriormente. Estos paneles utilizan un líquido como fluido de intercambio de calor, generalmente, agua. Además, la categoría 1 incluye paneles fotovoltaicos convencionales a los que se adapta un sistema de intercambio de calor en la parte posterior, de modo que se pueden convertir en sistemas PVT.

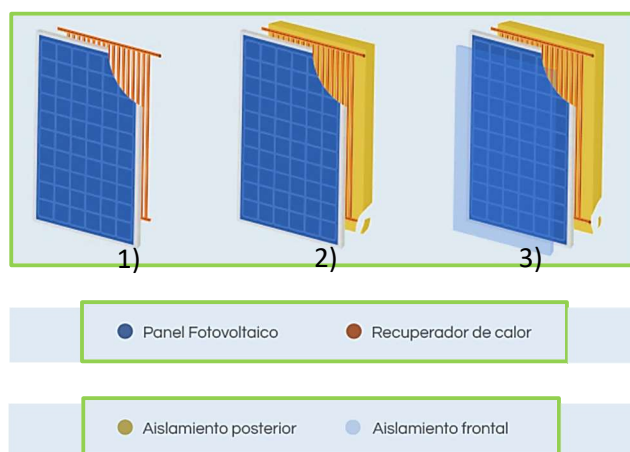


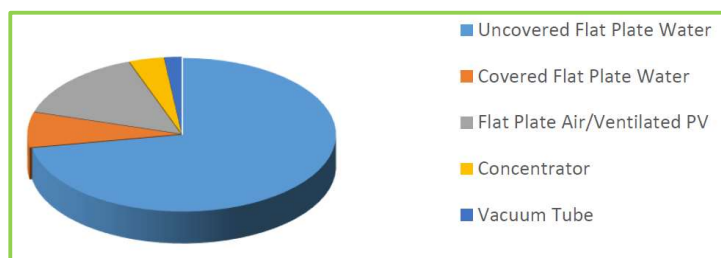
Ilustración 4. Tipos de paneles solares con un líquido como fluido de trabajo: 1) panel PVT sin aislamiento; 2) Panel PVT con aislamiento posterior; 3) Panel PVT con aislamiento posterior y frontal. (adaptado de Abora Solar5)

4) Módulos PVT con aire: se trata de módulos tipo paneles o captadores que trabajan con aire como medio de recuperación de calor. Estos módulos pueden disponer de un sistema de ventilación de las células fotovoltaicas y de un sistema de recuperación de calor. Estos últimos son especialmente apropiados para aplicaciones integradas en edificios y fachadas, de modo que el aire caliente sirve como medio de climatización, como se puede ver en la Ilustración 8.

5) Módulos PVT de concentración: captadores solares que concentran la radiación y alcanzan temperaturas elevadas, por lo que son apropiados para calentar agua hasta 60-90°C.

En resumen, los paneles solares con aislamiento posterior que trabajan con agua, categoría 2 citada anteriormente, son los más utilizados actualmente a nivel internacional, **suponiendo el 80% de captadores**³, como se puede ver en la Ilustración 5. De este modo, la mayoría de las aplicaciones priorizan el rendimiento eléctrico frente al térmico y el fluido utilizado se encarga de disipar la mayor cantidad de calor posible de las células fotovoltaicas. Esto limita la temperatura que alcanza el fluido y, por lo tanto, su capacidad para transferir calor. No obstante, los sistemas PVT tienen elevado potencial para proporcionar una gran parte de la demanda de frío y calor en el sector residencial, especialmente a través de sistemas integrados, como las bombas de calor solares⁸.

⁵ Abora-Solar (<https://abora-solar.com/panel-solar-hibrido/>)



El **Paneles solar con aislamiento posterior** es uno de los sistemas PVT más extendidos y desarrollados

Ilustración 5. Clasificación de los productos PVT disponibles en el mercado internacional³

Los sistemas trigeneración integrados por módulos PVT utilizan la energía solar térmica para producir agua caliente de uso sanitario y/o de calefacción, mientras que la electricidad producida por las células fotovoltaicas puede cubrir parte de la demanda de electricidad de las unidades de refrigeración y/o climatización. Aunque la refrigeración por absorción/adsorción sería posible, las elevadas temperaturas requeridas hacen que las bombas de calor aire-agua sean los sistemas de refrigeración más competitivos para aplicaciones residenciales. Además, las bombas de calor cuentan con un alto rendimiento, simplicidad, fiabilidad y la existencia de un mercado consolidado³.

No obstante, su principal barrera de entrada en el mercado es su elevado coste de inversión inicial⁸.

Los sistemas de trigeneración permiten obtener ACS, refrigeración y calefacción. La configuración más habitual de trigeneración usando paneles PVT es con la integración de bombas de calor o máquinas de adsorción (o absorción). El esquema general se muestra en la Ilustración 6 Las bombas de calor reversibles pueden ser alimentadas por la electricidad procedente del PVT y/o el agua caliente, calentando o enfriando. En el esquema de integración con máquina de absorción (o adsorción) se tiene la aportación de calor por parte del PVT.

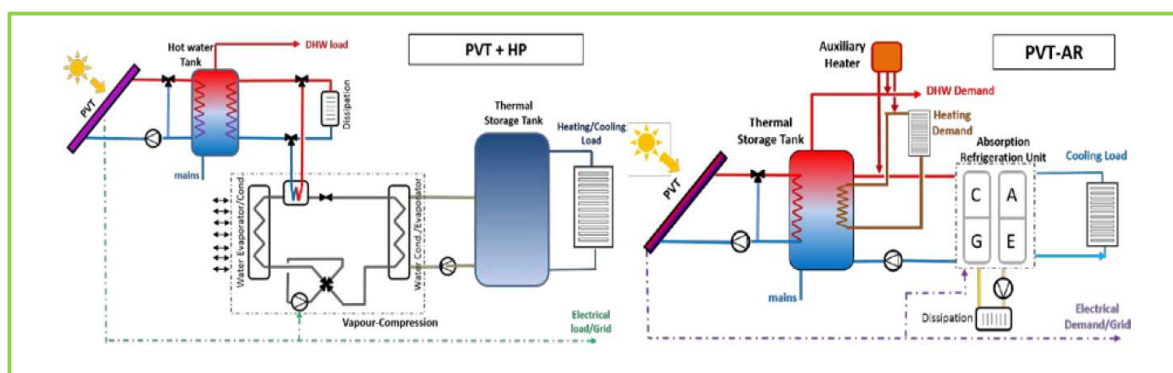


Ilustración 6. Esquemas de Trigeneración: PVT-HP (bomba de calor) y PVT-AR (máquina de absorción o adsorción)⁶

⁶ María Herrando, AlbaRamos, Energy Performance of a Solar Trigeneration System Based on a Novel Hybrid PVT Panel for Residential Applications. University of Zaragoza (Spain). IEA SHC International Conference on SHC for Buildings and Industry

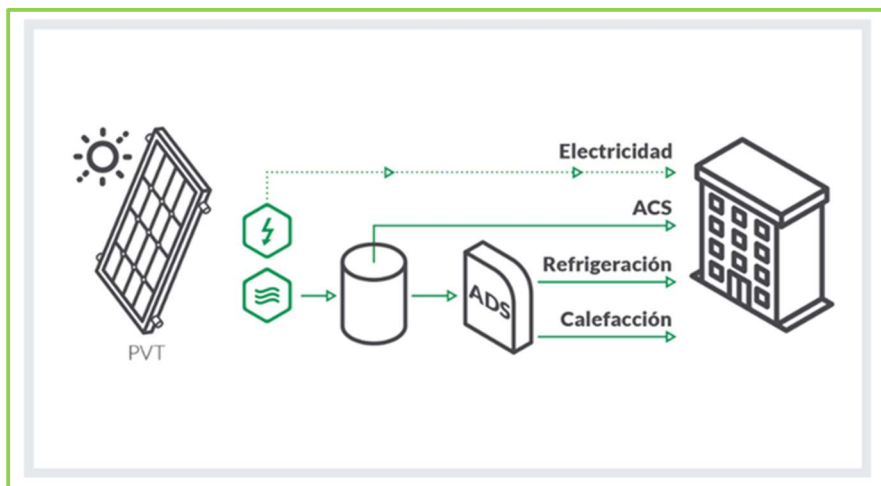


Ilustración 7. Concepto general de integración PVT para trigeneración (Fuente: Abora Solar⁷)

El uso de los paneles PVT con aire está más extendido en aplicaciones de climatización de edificios, donde se pueden integrar en la construcción. Estos sistemas no requieren de sistemas de almacenamiento, venteando el exceso de calor al exterior. Sin embargo, la capacidad calorífica del aire es menor requiriendo mayores caudales (Ilustración 8). En estas aplicaciones los paneles PVT se pueden integrar en tejados o fachadas, existiendo en el mercado módulos que forman la fachada misma (SolarWall mostrados en la Ilustración).

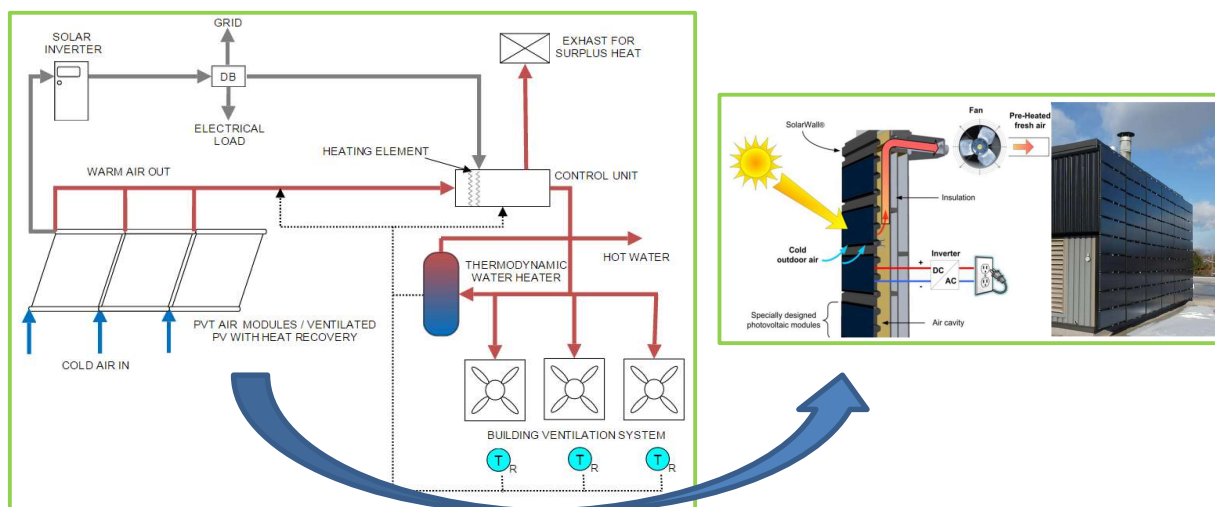


Ilustración 8. Módulos PVT con aire como sistema integrado en edificios²

⁷ <https://abora-solar.com/tipologias-panel-solar-hibrido/>

2 Estado del arte

Convencionalmente, la forma de aprovechar la energía solar es mediante células fotovoltaicas (PV), que convierten la radiación solar en electricidad a través del efecto fotoeléctrico, o mediante captadores solares, que transfieren la energía solar térmica (T) a un fluido que se calienta y se utiliza para distintas aplicaciones: ACS, calefacción urbana, agua de proceso en industria, etc.

El desarrollo de sistemas híbridos que combinan las tecnologías fotovoltaica y térmica (PVT) se impulsó en la década de los años 2000 motivado por la obtención de mayores eficiencias y ahorros económicos en los paneles fotovoltaicos.

Esto se debe a que, de toda la radiación incidente sobre un panel fotovoltaico, una parte es convertida en electricidad (entre el 10-25%), y la otra parte es disipada en forma de calor, el cual puede aumentar la temperatura del módulo fotovoltaico y, en consecuencia, reducir su eficiencia. Sin embargo, los módulos híbridos son capaces de aprovechar hasta el 70% de la radiación solar incidente para generar electricidad y calor de forma simultánea con rendimientos del 10-14% y 45-65%, respectivamente⁸. Por lo tanto, a diferencia de los paneles fotovoltaicos, que solo captan la luz ultravioleta, los paneles solares híbridos son capaces de captar también la luz infrarroja y de este modo aprovechar todo el espectro de luz existente. Como resultado, los sistemas PVT generan mayor cantidad de energía por unidad de área que los paneles fotovoltaicos, lo cual se traduce en menores costes de producción e instalación^{9,10}.

La energía solar es una fuente limpia y abundante que puede ser clave para abordar el reto energético de una manera sostenible, teniendo en cuenta aspectos económicos, medioambientales, de salud y seguridad de suministro. Sin embargo, la fracción de energía solar consumida a nivel global está por debajo del <2% del consumo total de energía.

Para que la energía solar ocupe un papel relevante entre las fuentes de energía primaria, es esencial su implementación en el medio urbano a un precio competitivo, lo cual no solo implica bajos costes de producción, sino también maximizar la producción de energía útil por m² de superficie urbana. Esta es la principal ventaja que brindan los sistemas solares PVT frente a los tradicionales sistemas térmicos o PV. Además, los sistemas PVT pueden ser incluidos en sistemas trigeneración diseñados para proporcionar electricidad, calor y frío, teniendo el potencial de cubrir más del 60% de la demanda de calefacción y entorno al 50% de las necesidades de refrigeración del entorno doméstico⁸.

Los sistemas PVT se pueden combinar con distintas tecnologías de refrigeración, como bombas de calor, sistemas de absorción/adsorción o sistemas tradicionales de compresión de vapor. En los

⁸ A. Ramos et al., Hybrid photovoltaic-thermal solar systems for combined heating, cooling and power provision in the urban environment, *Energy Conversion and Management*, 150 (2017) 838-850

⁹ C.A.F. Ramos, A.N. Alcaso, A.J. Cardoso, Photovoltaic-thermal (PVT) technology: review and case study, *Energy and Environmental Science*, 354 (2019) 012048

¹⁰ M. Pérez Martínez, M.J. Cuesta Santianes, J.A. Cabrera Jiménez, *Energía Solar Térmica*, CIEMAT, 2008

sistemas de trigeneración, las tecnologías PVT pueden proporcionar un foco caliente a los ciclos de refrigeración, aprovechando así el calor de los paneles en épocas cálidas cuando la demanda de calefacción es baja o nula. En los últimos años se ha prestado especial atención a estas configuraciones ya que su consumo de electricidad es menor que la de las unidades tradicionales de refrigeración y no requieren el uso de compuestos clorofluorocarbonados (CFC) ni derivados, los cuales favorecen el calentamiento global y son perjudiciales para la capa de ozono. Sin embargo, estos sistemas tienen rendimientos inferiores que las tecnologías tradicionales de compresión de vapor ($COP = 0.5-0.75$ para ciclos de una etapa).

Alternativamente, los sistemas trigeneración se pueden beneficiar de la electricidad producida por los sistemas PVT para alimentar la unidad de refrigeración y utilizar el calor producido por los paneles para cubrir la demanda de agua caliente para uso sanitario o de calefacción.

La principal barrera para la implementación de sistemas trigeneración con PVT es su elevado coste inicial. La Tabla 1 recoge el rango de precios de los principales componentes de los sistemas solares térmicos, PV y PVT de distintos vendedores europeos. Sin embargo, el coste anualizado (LCOE) estimado para sistemas equivalentes con tecnologías solares híbridas y fotovoltaicas durante un periodo de operación de 20 años en distintas localizaciones (i.e. Madrid, Sevilla y Roma), teniendo en cuenta la energía producida, los costes de inversión iniciales y los costes de operación y mantenimiento, es de 0.06-0.12 €/kWh para sistemas PVT y de 0.10-0.20 €/kWh para las instalaciones fotovoltaicas europeas a pequeña escala⁸.

Tabla 1. CAPEX asociados a sistemas solares térmicos, PV y PVT (adaptado de Ramos et al.)

Sistema		Rango de precios	Precio medio	Unidades
Sistema solar térmico				
Componentes	Sistema de bombeo	200-650	360	€
	Tanque de expansión	140	140	€
	Tanque de almacenamiento	4-25	7	€/L
	Conducciones	11-29	19	€/m
	Fluido	1,2-4,3	3,3	€/L
Instalación	Montaje	59-244	171	€/captador
	Instalación	1.800	1.800	€
Captadores	Captador de tubos de vacío	12-52	29	€/tubo
	Captador solar plano	158-180	169	€/m ²
Sistema solar fotovoltaico				
Componentes	Componentes eléctricos	146	146	€/kW
Instalación	Instalación	1.800	1.800	€
Captadores	Kit c-Si PV	745-1.644	1.183	€/kW
	Módulo c-Si	943-1.160	1.036	€/kW
Sistema solar híbrido PVT				
Componentes	Sistema de bombeo	200-650	360	€
	Tanque de expansión	140	140	€
	Tanque de almacenamiento	4-25	7	€/L
	Conducciones	11-29	19	€/m
	Fluido	1,2-4,3	3,3	€/L
	Componentes eléctricos	146	146	€/kW
	Montaje	59-244	171	€
Instalación	Instalación	1.800	1.800	€
	Módulos solares híbridos PVT	1.680-2.520	1.920	€/kW

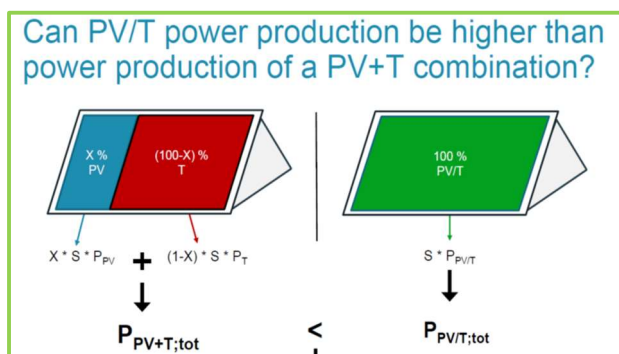


Ilustración 9. Comparativa de costes y producción PV/T frente PV y T. **Error! Marcador no definido.**

No obstante, la eficiencia de los sistemas PVT disminuye conforme aumenta la temperatura del módulo, como se puede observar en la Ilustración 10, donde se representan las eficiencias eléctrica y térmica típicas actuales de sistemas PVT en rojo y azul, respectivamente.

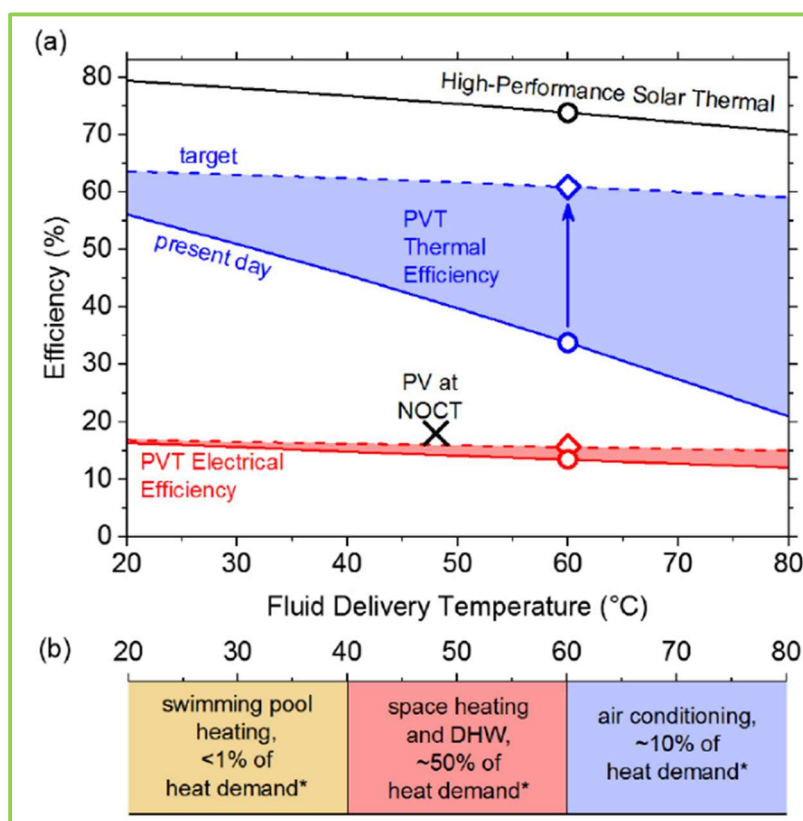


Ilustración 10. Eficiencia de las tecnologías solares (a) Eficiencia térmica (azul) y eléctrica (rojo) actual (línea continua) y potencial (línea discontinua) de los mejores sistemas PVT comerciales. También se muestra la eficiencia térmica de un captador solar de alto rendimiento (negro) y la eficiencia eléctrica de un módulo fotovoltaico comercial de alto rendimiento a su temperatura nominal de operación (NOCT, por sus siglas en inglés) (marcador en cruz) (b) Rango de temperaturas requeridas para distintos usos de la energía térmica y su respectiva demanda en Europa (Fuente: Mellor, 2018 ¹¹)

¹¹ A. Mellor et al., Roadmap for the next generation of hybrid photovoltaic-thermal solar energy collectors, Solar Energy, 174 (2018) 386-398

Además, en la parte inferior se muestran distintos usos de la energía térmica por rangos de temperatura, así como su respectiva demanda en Europa. Entorno al 50% de la energía térmica consumida en Europa se destina a la producción de agua caliente entre 40°C y 60°C para uso sanitario. Los sistemas de calefacción requieren temperaturas normales de entre 55-65°C, con demandas a máxima potencia de hasta 80°C. Tomando el límite superior de temperatura, se puede observar en la figura que la eficiencia térmica a 60°C de un captador solar de alto rendimiento es casi el doble que la de un módulo PVT¹¹. Por lo tanto, existe un amplio potencial de mejora de la eficiencia térmica de los sistemas PVT^{8,9}.

En los últimos años, el mercado de las energías renovables se ha intensificado proporcionando numerosas posibilidades de integración entre distintos componentes en el mismo sistema (i.e. módulos PVT, bombas de calor, sistemas de almacenamiento de energía, etc.). Se considera que los sistemas PVT son especialmente adecuados para aplicaciones en las que se necesite tanto electricidad como calor a baja temperatura y en espacios limitados⁹.

3 Análisis DAFO

Para analizar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de la tecnología híbrida se han analizado los cuatro factores que influyen: tecnológicos, económicos, políticos y sociales. La Tabla 2 muestra el análisis realizado. Se ha estudiado como caso específico la producción de frío a partir de esta tecnología, y se presenta a continuación un resumen de las barreras y fortalezas más relevantes de los sistemas PVT, incluyendo una comparación entre estos sistemas y la combinación de tecnologías PV con solar térmica.

En resumen, las principales debilidades y barreras a las que se enfrenta esta tecnología en su desarrollo e implementación a nivel comercial son:

- Sistema más complejo de diseñar dado los requerimientos térmicos adicionales, determinar la necesidad de almacenamiento y operación eficiente del sistema.
- Necesidad de instaladores capacitados dada la mayor complejidad de la instalación.
- Falta de conocimiento de la tecnología.
- Periodos de amortización más largos que otras tecnologías solares, lo que la hace menos competitiva, si se compara por separado con respecto a la solar térmica o solar fotovoltaica. En el caso de aplicaciones que combinen aplicaciones de solar térmica y fotovoltaica, la tecnología se hace más competitiva al tener mayores ratios kW/m².

Mientras que las grandes fortalezas y oportunidades de la tecnología solar híbrida son:

- Mayor producción de energía en kWh/m², lo que la hace óptima para emplazamientos con espacio reducido.
- Posibilidad de producción eléctrica y solar con un único equipo.
- Producción de frío solar sin costes adicionales de inversión en máquinas de absorción y con el uso de equipos de producción de frío de alta eficiencia estacional (SCOP/SEER elevados).
- Independencia energética: reduce la necesidad de importar combustibles fósiles, así como la dependencia de la situación económica y política del país proveedor, que puede comprometer la seguridad del suministro energético¹²
- Estética homogénea para su integración en fachadas.
- Políticas de objetivos en la EU de 1m² solar térmico por persona⁹.

Realizando una comparación entre la tecnología PVT y la combinación PV+T, hay dos aspectos a destacar:

1. En la aplicación de los paneles PVT para producción de frío solar, la energía eléctrica producida por el panel PVT puede usarse directamente en las máquinas de frío existentes de alta eficiencia energética (elevados S-COP/S-EER) en las instalaciones sin necesidad de inversión adicional en máquinas de absorción o adsorción, que supone entre un 20-25% del coste total de una instalación¹⁴ similar basada en paneles solares térmicos.

¹² <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

2. Esta aplicación se podría llevar a cabo igualmente con paneles fotovoltaicos, pero con respecto a éstos los PVT disponen de mejores rendimientos en kWh/m² en sistemas donde la demanda térmica quiera ser cubierta. La superficie de captación necesaria con paneles híbridos es hasta un 40%¹³ menor comparada con sistemas compuestos por módulos fotovoltaicos y colectores térmicos, lo cual se traduce en ratios Wp/m² mayores.

¹³ <https://endef.com/panel-solar-hibrido/ecomesh/>

Tabla 2. Análisis DAFO tecnologías PVT

	DEBILIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS	OPORTUNIDADES
TECNOLÓGICOS	Complejidad en el diseño, instalación y optimización a la aplicación	Menor área de instalación	PV más desarrollados para combinar con bombas de calor	Combinación con bombas de calor
	Falta de fiabilidad	Uso más eficiente del espacio	--	Integración en edificios (BIPVT)
	Baja madurez			
	Efecto de la Tª en eficiencia del sistema	Mayor rendimiento eléctrico y térmico por m ²		Mayor eficiencia con respecto a los paneles fotovoltaicos
ECONÓMICOS	Baja rentabilidad económica	Independencia energética	Mayor rentabilidad combinación PV-bomba de calor de aire	
	Altos costes de instalación comparados con instalaciones individuales PV y T	--	Necesidad de modelos de negocio para hacer frente a los costes y disminuir el payback.	Puede resultar más barato que instalar por separado PV y T
	Baja penetración en el mercado tanto a nivel residencial como industrial	--	--	--
POLÍTICOS / REGULATORIOS	Falta de estandarización y certificación	--	Los paneles PV y T cuentan con sus propios estándares y certificados	Objetivo europeo de 1m ² de energía solar por cada habitante, la contribución de PVT es mayor que PV y T por separado
	--	--	Horizonte incierto en ayudas y apoyos	Posibilidad de subsidios mixtos por generación de electricidad y calor
	Necesidad de procedimientos de prueba para parte eléctrica y térmica	--	Falta de compatibilidad con el actual Código de la Edificación	Objetivo PNIEC 2.021-2.030 de 32% de EERR en el consumo de energía.
SOCIALES	Falta de conocimiento entre el público	Estética (apariencia homogénea)	Falta de preparación y conocimiento de los instaladores	Mayor concienciación medioambiental como elemento de decisión de compra
USO PARA FRÍO		Posibilidad de uso directo con equipos de frío ya instalados de alta eficiencia energética (SCOP/SEER) Compatibles con máquinas de adsorción	Paneles PV más desarrollados	Instalaciones con demanda térmica de calor y frío

4 Identificación del mercado total accesible

En el sector residencial, las principales demandas de calor y frío son en calefacción, producción de agua caliente y sistemas de climatización (refrigeración). La climatización en piscinas se ha analizado también dentro de esta sección. Las temperaturas que se precisan alcanzar para este tipo de aplicaciones son:

- **ACS.** La temperatura que se precisa en este tipo de aplicaciones es **de 40-45°C**. Estas aplicaciones coinciden con las temperaturas de trabajo idóneas de funcionamiento de los captadores híbridos.
- **Calefacción.** La temperatura de trabajo de los sistemas de calefacción convencionales para abastecer los radiadores con agua oscila **entre 70°C y 80°C a su máxima potencia, siendo entre 55-65°C en condiciones normales de funcionamiento**. La mejor opción para aplicar la energía solar es mediante sistemas de **suelo radiante**, que requieren temperaturas **menores entre 30-40°C**, lo que hace posible la aplicación de tecnología híbrida. En las instalaciones ya existentes de calefacción convencional, parte de la energía térmica requerida por la caldera puede ser abastecida por los paneles en forma de precalentamiento del agua de alimentación.
- **Climatización en Piscinas.** La temperatura de trabajo requerida es **de entorno a los 30°C**, por lo que es una aplicación idónea para la tecnología híbrida.
- **Refrigeración.** El aprovechamiento para refrigeración de la energía solar híbrida se puede aplicar de diferentes modos. Por una parte, la electricidad producida se puede emplear para alimentar sistemas convencionales de alta eficiencia o bombas de calor, mientras que, por otro lado, el fluido térmico puede emplearse en sistemas de frío solar. La tecnología de frío solar más extendida es la refrigeración por absorción, donde los absorbentes suelen ser amoníaco o bromuro de litio, y el líquido refrigerante es el agua. También existen tecnologías por adsorción. Las temperaturas requeridas en el foco caliente para ambas tecnologías a nivel comercial están en los siguientes rangos:
 - Máquina de absorción: tecnologías comerciales con temperaturas desde los 80°C.
 - Máquinas de adsorción: tecnologías comerciales con temperaturas desde los 60-65°C. La desventaja de trabajar a bajas temperaturas con este tipo de tecnologías es el EER que se obtiene, ya que a menor temperatura son menores.

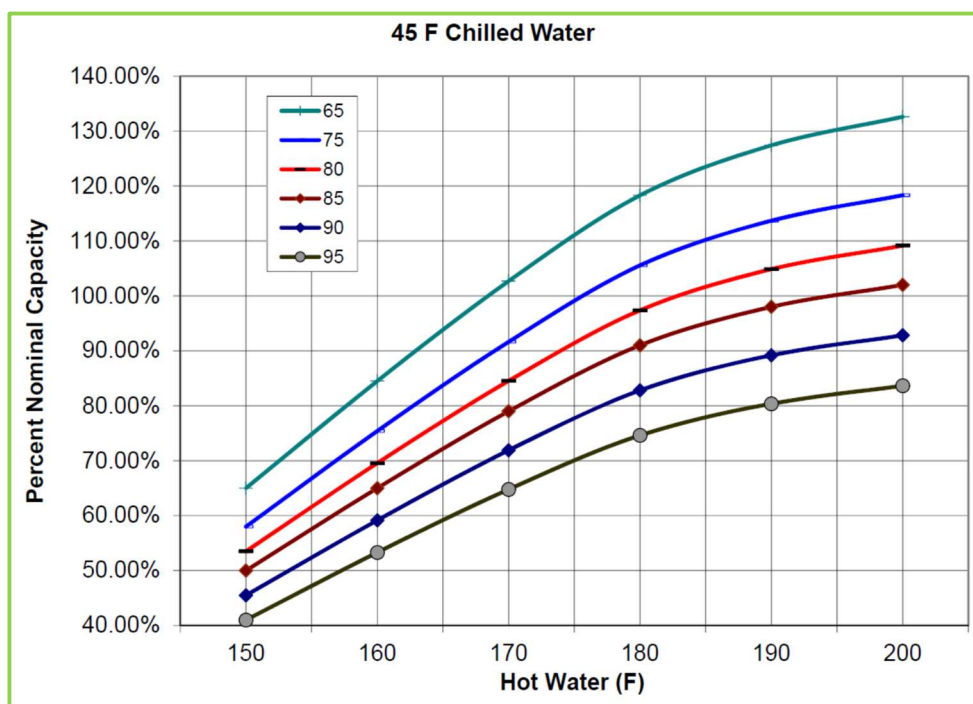


Ilustración 11. Ejemplo de máquina de adsorción comercial (ECO-MAX) (E¹⁴)

En el sector industrial, las demandas de calor y frío cubren un amplio rango de temperaturas, por lo que hay que estudiar aquellas aplicaciones en las que las demandas de calor son de baja (< 60°C) - media (< 250°C) temperatura. En el rango de media temperatura pueden distinguirse tres tramos diferentes, ver Ilustración 12. Se estima que un 8% de la demanda de calor en industria se requiere a temperaturas inferiores a 60 °C, mientras que en torno al 40.9% es de media temperatura, del cual el 21.9% es inferior a 120 °C¹⁴.

Fuente	Presente estudio	POSHIP	ECOHEATCOOL	Weiss y Biermayr ²
Baja temperatura (<60 °C)	8,0%			
Media temperatura (<120 °C)	21,9%		30% (<100 °C)	14% (<100 °C)
Media temperatura (<160 °C)		23%		
Media temperatura (<250 °C)	40,9%		57% (<400 °C)	30% (<200 °C)

Ilustración 12. Temperaturas de demanda en Industria (Fuente: IDAE⁷)

La

¹⁴ Producto comercial ECO-MAX Chilled Water 45 F (<http://www.eco-maxchillers.com/resources/literature/>)

Tabla 3 muestra los procesos y sectores industriales más representativos dentro de los rangos de baja-media temperatura.

Tabla 3. Procesos Industriales baja-media Tª

Procesos	T(°C)	Sector
Blanqueamiento, teñido y lavado	40-100	Textil
Cocinar y secar	60-90	Industria papel
Curación	60-140	Ladrillos y bloques
Invernaderos	40-60	Agricultura
Precalentamiento de agua calderas	30-100	Sistemas auxiliares
Enfriamiento industrial	55-180	Sistemas auxiliares
Calefacción edificios de fábricas	30-80	Sistemas auxiliares
Agua caliente de limpieza	60	Cárnica
Escaldado	60	Cárnica
Cocción en agua	60-80	Cárnica
Cocción	100	Pescado
Agua caliente de limpieza y esterilización	60-80	Pescado
Lavado/limpieza con agua caliente	60	Vegetales
Tratamiento térmico de pelado	100	Vegetales
Secado	80	Aceites/Grasas
Cocción	100	Aceites/Grasas
Agua caliente proceso	50	Aceites/Grasas
Desnatado	60	Lácteos
Agua caliente limpieza	60	Lácteos
Pasteurización	80	Lácteos
Deshidratación	120	Animal
Cocción	140	Animal
Hervido	100	Bebidas
Destilación	100	Bebidas
Agua caliente proceso	60	Bebidas
Lavado de botellas	80	Bebidas
Pasteurización	80	Bebidas

Las industrias con mayor potencial de aplicación de la energía solar a baja-media temperatura son las pertenecientes al sector agroalimentario, con una demanda del 32% en procesos de baja temperatura, de los cuales se podría cubrir hasta el 40%. La industria del papel y la química son otros sectores con gran potencial.

El enfriamiento industrial comprende el aire acondicionado en naves y oficinas, frío a temperaturas de 5 °C, refrigeración y congelación. Dicha demanda se puede cubrir con aportación de calor y máquina de absorción o adsorción, o en el caso de sistemas PVT, el autoconsumo puede aportar el consumo eléctrico demandante por máquinas enfriadoras.

Tipo de consumo de frío	Temperatura (frío) (°C)	Temperatura calor equivalente* (°C)	COP
Aire acondicionado naves y oficinas	+20	85	0,70
Frío a temperaturas > 5 °C	+5	85	0,70
Refrigeración	-10 a +5	95	0,60
Congelación	< -10	-	0,50

*Nivel de temperatura requerida para alimentar una máquina enfriadora de absorción o adsorción

Ilustración 13. Parámetros de conversión de demanda de frío a calor¹⁴

A la vista de la descripción anterior, y teniendo en cuenta el factor limitante de los paneles PVT en cuanto a la temperatura que se puede alcanzar las aplicaciones en cuanto a requerimiento térmicos más idóneas para esta tecnología son:

- Sector residencial: producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscinas. La parte de refrigeración se puede abastecer con la combinación de bombas de calor-PVT, aportando el consumo eléctrico que requiere el compresor.
- Sector Industrial: en este sector las temperaturas requeridas son, en su mayoría, superiores a los 50 °C, limitándose en estos momentos su uso al precalentamiento de agua de calderas y agua de proceso en algunas instalaciones. La mejora de la eficiencia térmica y el aumento de la temperatura disponible podría abrir el mercado industrial en sectores de alimentación, como el sector cárnico, lácteos, bebidas o procesamiento de pescado, así como en industria del papel, textil y química. En referencia al aporte de enfriamiento industrial, el autoconsumo de la energía eléctrica producida por los paneles podría abastecer parte de los requerimientos de frío

Cabe destacar que del total de energía final consumida el año 2.017¹⁵ en el sector residencial español un **43% se destinó a la generación de calefacción**, un **1% se destinó a refrigeración** y un **19% a producción de ACS**. Las principales fuentes energéticas empleadas fueron gas para la producción de calefacción y ACS, y electricidad para la producción de refrigeración. En la Ilustración 14 se observa que la contribución de energía solar térmica se sitúa solo en un 0.28% y en 8%, para la producción de calefacción y ACS, respectivamente.

En el caso de la industria, Ilustración 15, el consumo de energía final supuso el 23,4% del total español (considerando todos los sectores: industria, transporte, residencial y otros usos) para 2.017, según los datos registrados por el IDAE¹⁶. De dicho consumo, el 35% fue debido a consumo eléctrico y el 65% consumo de combustibles y renovables. El 7.5% del consumo final se debió a renovables con un 92.7% procedente de la biomasa, y solo el 0.015% de solar térmica. En las industrias agroalimentaria, química, farmacéutica y mecánica parte del consumo de energía eléctrica se destina a la producción de frío, destacando el sector agroalimentario¹⁷.

¹⁵ Consumos de Energía Final por usos del sector residencial. Evolución 2.010-2.017. IDAE

¹⁶ Balance del consumo total de energía final 2.017. Estudios, informes y estadísticas. IDAE

¹⁷ Frío Comercial e industrial. Servicios. Eficiencia Energética. Tecnologías. IDAE

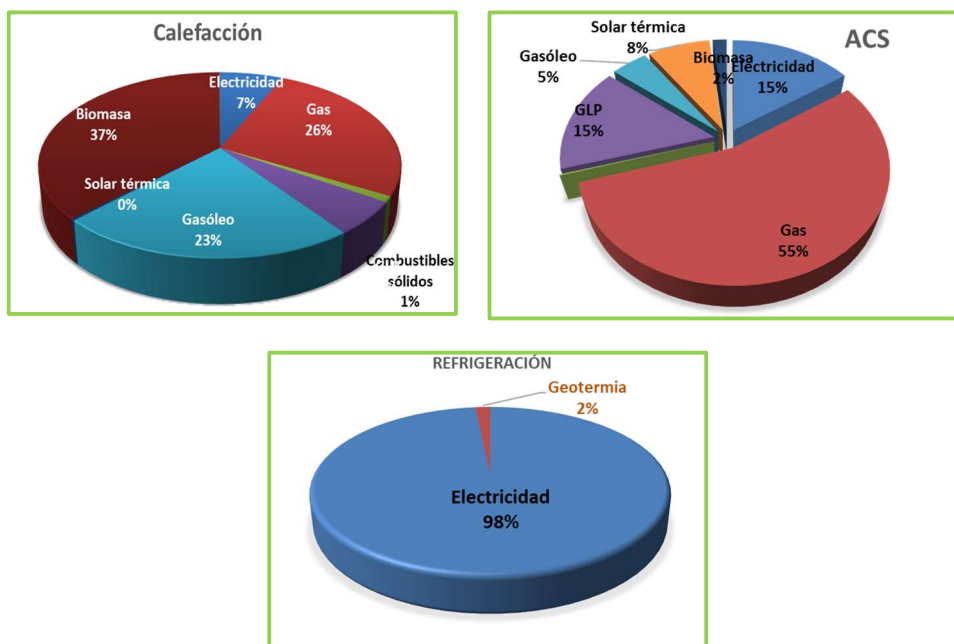


Ilustración 14. Reparto de consumos de energía final para la producción de calefacción, ACS y Refrigeración en Sector Residencial (Fuente: IDAE)

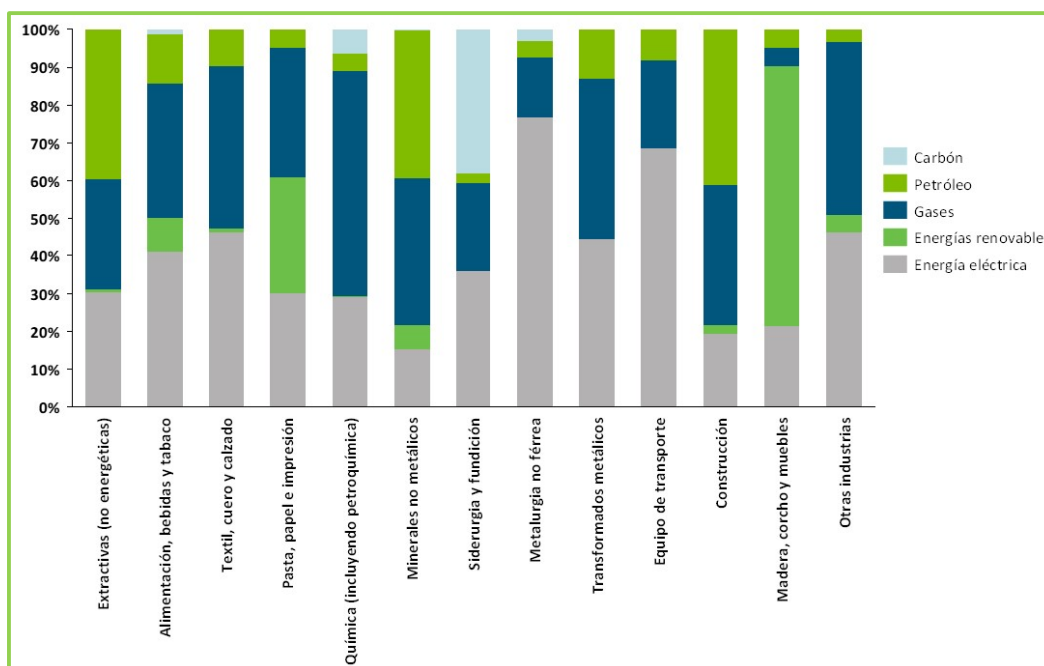


Ilustración 15. Peso de los diferentes consumos energéticos en cada sector de actividad económica (Año 2.015)¹⁸

¹⁸ Las claves del sector energético. Energía y Sociedad. <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/5-3-contribucion-del-sector-electrico-y-gasista-a-la-sociedad/>

5 Tejido nacional

El panorama español en lo referente al desarrollo de tecnologías PVT puede dividirse en dos grandes bloques. Por un lado, el sector productivo, englobando a fabricantes e instaladores y, por otro, el desarrollo tecnológico y de innovación.

5.1 Sector productivo

El número de fabricantes e instaladores nacionales de este tipo de tecnología en el mercado español es muy reducido.

Fabricantes de paneles híbridos

Los fabricantes encontrados a nivel nacional son **Abora Solar y Endef Solar Solutions**. Ambas empresas están localizadas en Aragón y realizan, además de fabricación e instalación, labores de I+D para el desarrollo y mejora de estas tecnologías.

- [Abora Solar](#) tiene desarrollado y en fase de comercialización dos modelos de paneles solares híbridos: aH60 y aH72.
- [Endef Solar Solutions](#) dispone de dos tipos de paneles: Ecomesh y Ecobolt, y actualmente en desarrollo Ecoair.

Aunque a nivel internacional se pueden encontrar otros fabricantes y desarrolladores de paneles híbridos (Ilustración 16), la existencia a nivel nacional es limitada.

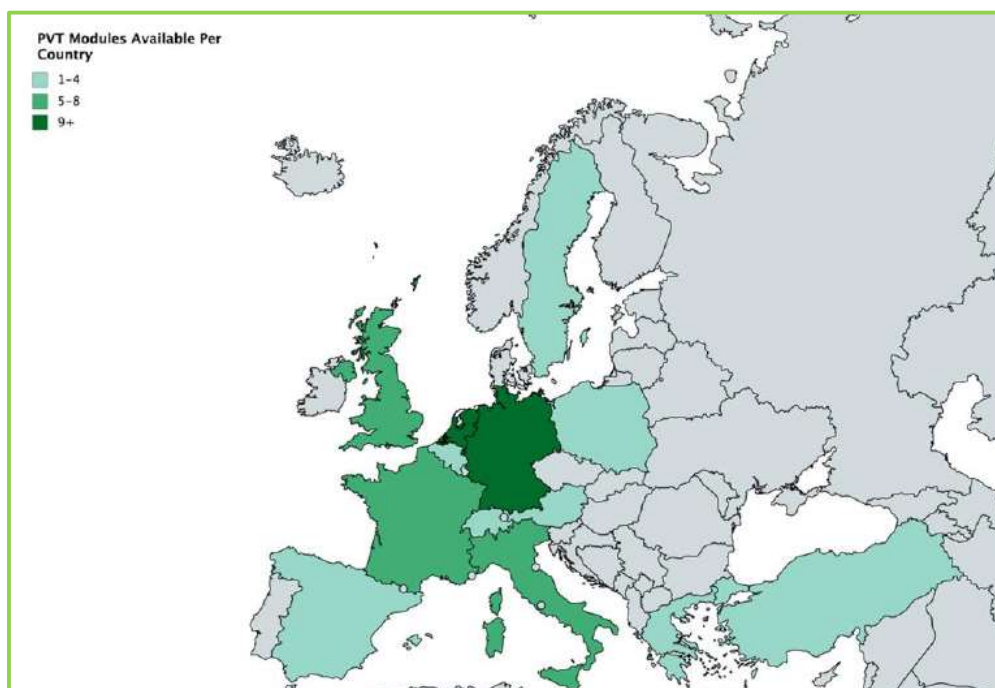


Ilustración 16. Origen de los paneles híbridos PVT

Instaladores

No se han encontrado datos respecto a instaladores especializados en sistemas con paneles híbridos en España, aparte de los fabricantes listados anteriormente. Sin embargo, tomando como referencia instalaciones de paneles solares térmicos y fotovoltaicos, actualmente existe un nicho de mercado en los sistemas de producción de ACS mediante paneles solares, donde se cuenta con una tecnología madura en cuanto a proyectistas con conocimiento, instaladores con experiencia y fabricantes para distintas soluciones, con un total de 7.195 GWh/año¹⁹.

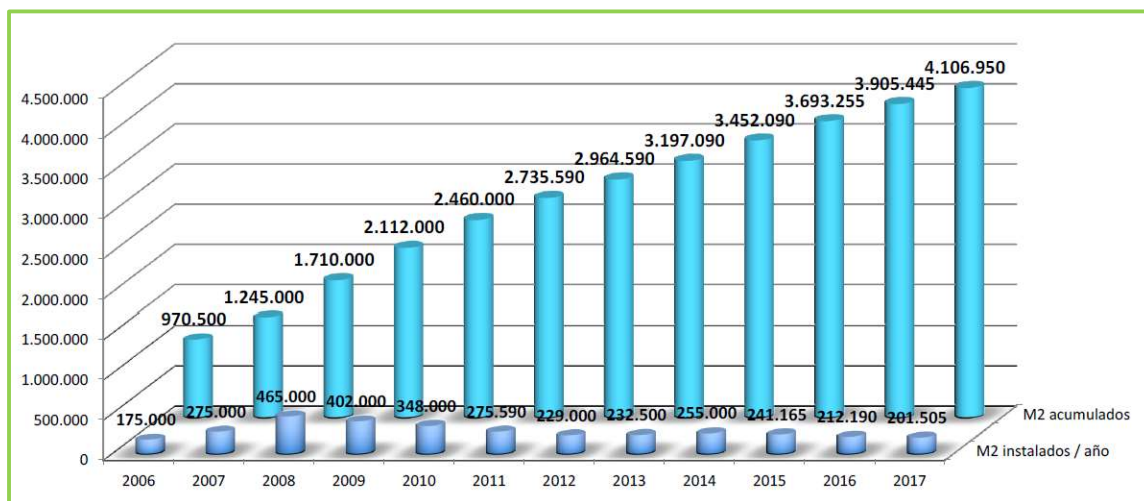


Ilustración 17. Desarrollo del mercado español en solar térmica (Fuente: ASIT¹⁹)

En el caso fotovoltaico con aplicación a autoconsumo, según el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica, el número total de instalaciones es de 1.153, con una potencia total de 27.058 kW²⁰, habiéndose fomentado su instalación a partir de la última regulación de autoconsumo (2.018).

Las empresas instaladoras con experiencia en este tipo de sistemas serían el objetivo para la instalación de sistemas híbridos, requiriéndose un plan de formación y especialización en los sistemas híbridos.

Instalaciones objetivo

El número exacto de instalaciones es difícil de conocer, debido principalmente a su baja publicidad. Dentro de las instalaciones desarrolladas en España y recogidas en la Tabla 4, destacan:

- Viviendas unifamiliares y residencial multivivienda: rehabilitaciones o nueva construcción
- Hoteles, residencias, polideportivos y edificios públicos
- Empresas con requerimientos térmicos en forma de agua caliente y climatización

¹⁹ Informe Mercado 2.017 Energía Solar Térmica en España. ASIT

²⁰ Anuario Fotovoltaico 2.019. Anpier.

Tabla 4. Proyectos en marcha con paneles híbridos en España

Sector	Uso de la instalación	Ubicación
Industrial	Climatización y electricidad	ARPA (La Muela, Zaragoza)
Industrial	Agua de limpieza y consumo eléctrico	SYTA (Alfajarín, Zaragoza)
Hotel	ACS y autoconsumo	Ibiza
Edificio Público	ACS y autoconsumo	Parque de Bomberos (Zaragoza)
Residencial Multivivienda	ACS y autoconsumo	Proyecto Rehabilitación (Zaragoza)
Vivienda Unifamiliar	ACS y autoconsumo	Vivienda en Zaragoza
Vivienda Unifamiliar	Integración con fotovoltaica, y biomasa: Cero emisiones	Hoya de Huesca
Vivienda Unifamiliar	Calefacción y autoconsumo	Barcelona
Hotel	ACS y electricidad	Baleares
Piscinas	Climatización	San Cugat del Vallés

5.2 Investigación y desarrollo

La investigación en PVT ha experimentado un crecimiento sostenido desde el año 2010 a nivel mundial, como se observa en la Ilustración 18. En los últimos 10 años, el número de publicaciones científicas ha experimentado un crecimiento exponencial, multiplicando el número de artículos por 17. Esta tendencia se ve también reflejada en el caso español, donde se han contabilizado un total de 27 artículos científicos en los últimos 5 años.

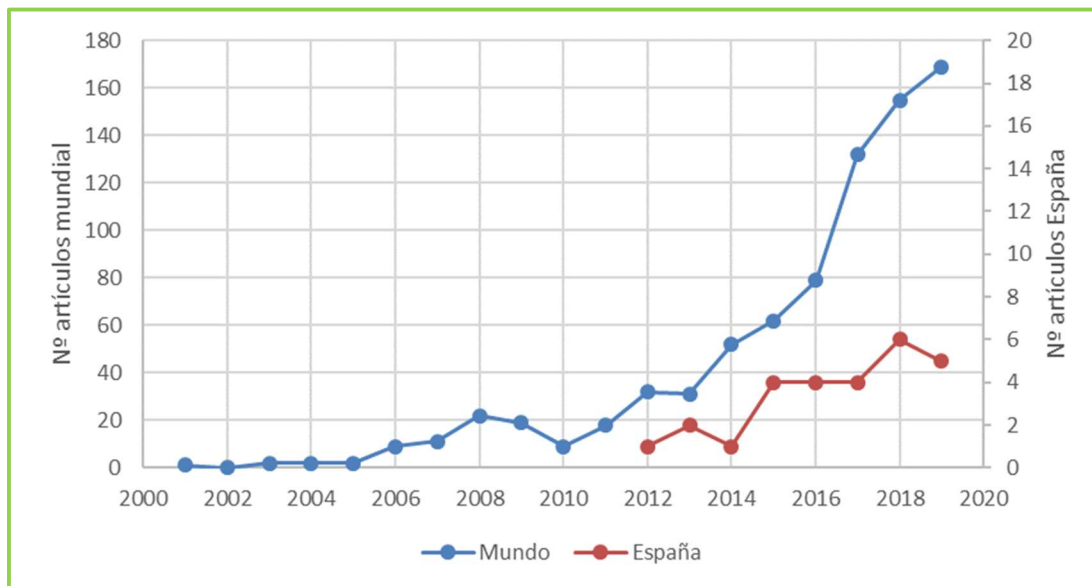


Ilustración 18. Publicaciones científicas a nivel nacional e internacional relacionadas con tecnologías PVT (elaboración propia basada en datos de Scopus)

En lo referente a España, la filiación de las publicaciones sobre la tecnología PVT se distribuye entre 12 entidades, Ilustración 19. De esas 12 entidades, pueden diferenciarse 8 universidades, dos empresas (ver sección 5.1), un organismo público de investigación y un centro tecnológico. Como peculiaridad, cuatro de las 12 entidades se encuentran en Aragón, Tabla 5.

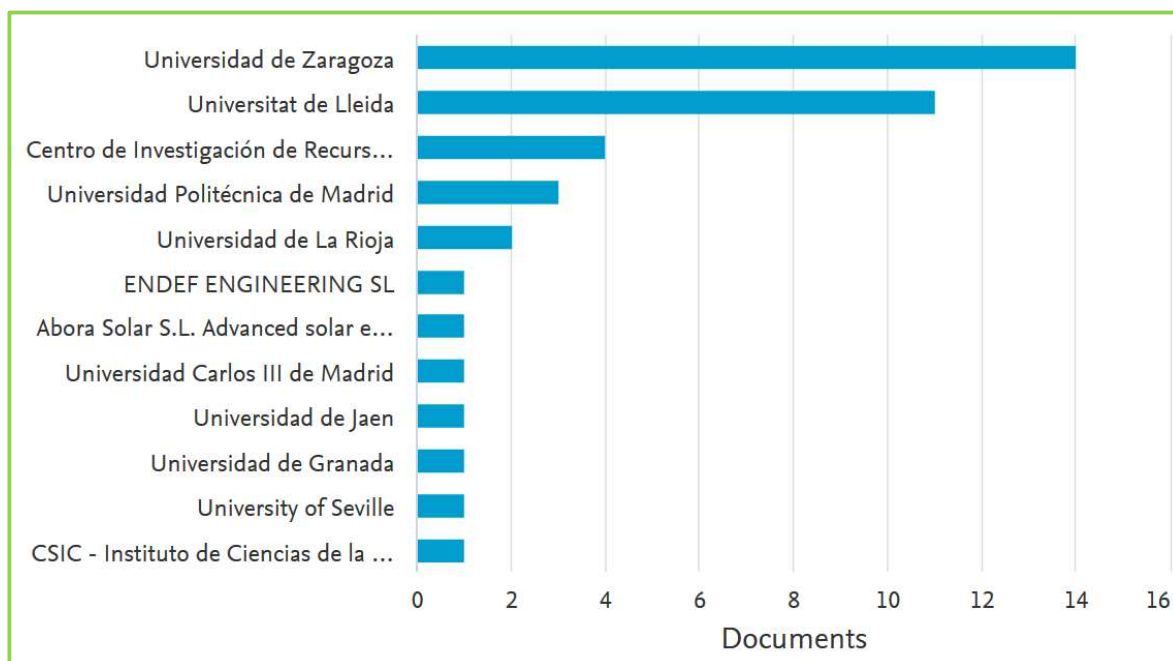


Ilustración 19. Entidades españolas con publicaciones indexadas en Scopus entre los años 2011-2019 (fuente: Scopus)

Tabla 5. Tipología y localización de las entidades que realizan I+D en tecnologías PVT

Entidad	Tipología	Región
Abora Solar S.L. Advanced Solar Energy	Empresa	Aragón
Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos	Centro Tecnológico	Aragón
CSIC - Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja IETCC	Organismo público de investigación	Madrid
ENDEF ENGINEERING SL	Empresa	Aragón
Tecnalia	Centro Tecnológico	País Vasco
Universidad Carlos III de Madrid	Universidad	Madrid
Universidad de Granada	Universidad	Andalucía
Universidad de Jaén	Universidad	Andalucía
Universidad de La Rioja	Universidad	La Rioja
Universidad de Sevilla	Universidad	Aragón
Universidad de Zaragoza	Universidad	Aragón
Universidad Politécnica de Madrid	Universidad	Madrid
Universitat de Lleida	Universidad	Cataluña

Dada a la relevancia que los sistemas híbridos PVT están adquiriendo en los últimos años en el mercado, la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) inició en 2018 la Task60 sobre “Sistemas PVT” en el marco de su programa “Solar Heating and Cooling (SHC)”. El objetivo principal de esta tarea es favorecer la penetración y la aceptación de las tecnologías PVT en el mercado, a través de la evaluación de las mejores tecnologías disponibles y del desarrollo de nuevas soluciones para nichos de aplicaciones donde sean ventajosas frente al uso individual de las energías solares térmica y fotovoltaicas²¹. En esta Task60 participan miembros de las empresas fabricantes mencionadas en la sección 5.1 y de la Universidad de Zaragoza, así como el centro tecnológico Tecnalia, que lidera una subtarea de modelado de sistemas PVT.

²¹ International Energy Agency, Task60-PVT Systems: 2018 Highlights, Solar Heating and Cooling Programme (SHC)

6 Recursos necesarios para el desarrollo

Actualmente en España se cuenta con un número reducido de empresas desarrolladoras de esta tecnología al igual que de instaladores especializados. Para potenciar el desarrollo industrial y comercial del producto es necesario hacer frente a todos los aspectos identificados como debilidades y considerar las amenazas a las que está expuesto.

Los ejes principales en los que hay que poner recursos para el desarrollo del producto son:

- Potenciar la I+D, principalmente para mejorar los aspectos técnicos que suponen un obstáculo para el mejor desarrollo de la tecnología: mejora de la vida útil, mejora de la eficiencia térmica, etc. Como ya se ha mencionado en la sección anterior, existen actualmente programas para el desarrollo del mercado de las tecnologías solares, sin embargo es necesario un mayor fomento de las actividades de investigación.
- Divulgación de la tecnología, ya que una de las conclusiones del presente estudio es la falta de información. Actualmente las asociaciones de energías renovables AEF (PV) y ASIT (solar térmica), trabajan por separado con cada una de las tecnologías, por lo que se ha identificado la necesidad de establecer medios de difusión. Sería interesante la creación de grupos de trabajo entre las tres plataformas actuales de Eficiencia energética, solar térmica y fotovoltaica, con el fin de profundizar en los temas híbridos.
- Programas de formación especializada para instaladores, ya que se ha detectado una falta de personal especializado en el territorio nacional.
- Desarrollo de modelos de negocio (ESCOs, Clean Energy Financing, etc) de manera que se reduzca el ratio €/kW aumentando la competitividad. Necesidad de incentivos de apoyo y política coordinada que fomente el uso de esta tecnología.
- Proyectos de demostración, los cuales ayuden al conocimiento de la tecnología y confianza entre los usuarios.

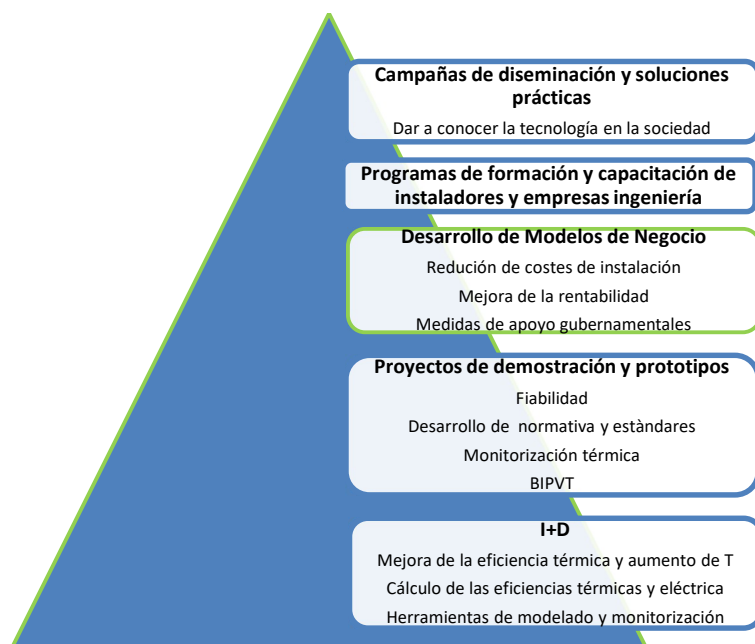


Ilustración 20. Recursos necesarios para el fomento del sistema híbrido

7 Aspectos no financieros, legales y regulatorios

Tal y como se ha destacado en el análisis DAFO, unos de los puntos a los que se enfrenta el desarrollo de la tecnología es su bajo rendimiento económico y altos costes de inversión. Por otro lado, se ha identificado una falta de regulación en cuanto a estándares de calidad para asegurar el rendimiento y fiabilidad. Por tanto, se hace necesaria una regulación tanto técnica como de apoyo político para su fomento.

Regulación a nivel técnico:

- **Desarrollo de estándares específicos** para la tecnología PVT que permitan certificar el funcionamiento del producto. Actualmente las tecnologías PV y T por separado disponen de estándares internacionales, pero dado la complejidad de esta nueva tecnología es necesario disponer de estándares específicos que todavía no han sido desarrollados.
- Guías generales de funcionamiento y descripción de los sistemas PVT para diseñadores e instaladores.
- Esta tecnología puede estar dentro de los objetivos de la **Directiva ErP (Energy related Products)** 2009/125/CE del 21 de octubre de 2009, pero está limitada por la no consecución de uno de sus criterios, la venta de más de 200.000 unidades al año dentro de la UE.
- Necesidad de Certificados de formación para instaladores.
- Evaluación del impacto de la incorporación de esta tecnología en la **Calificación Energética de los Edificios**. La incorporación de energías renovables, como la solar térmica, se han considerado y evaluado en cuanto a la calificación energética de los edificios.

Regulación estatal de apoyo:

- Con el marco regulatorio actual de fomento de renovables de calor y frío, esta tecnología **compite tanto con la solar térmica y la fotovoltaica, cómo con otras energías renovables de producción de calor y frío**, como puede ser la biomasa, ya que se especifica la contribución, pero no el tipo de tecnología.
- Las medidas de apoyo deberían ir encaminadas a **promover la integración en edificios de nueva construcción o rehabilitación (BIPVT) para conseguir “Cero Emisiones”**, dado que los paneles PVT pueden abastecer tanto la parte térmica como eléctrica ocupando menos espacio.
- Uno de los escenarios que se marca en el actual borrador del PNIEC del Ministerio para la Transición Ecológica, es la figura de las **Comunidades Energéticas Locales**, figura que no está actualmente definida en la legislación nacional y que está en desarrollo a nivel europeo. Esta figura se puede utilizar como apoyo para conseguir financiación y desarrollar modelos energéticos a nivel local. Sin embargo, esta figura está todavía por definir claramente en España, siendo uno de los retos el acceso a financiación²².

²² Guía para el Desarrollo de instrumentos de fomento de las Comunidades Energéticas Locales. IDAE

- El CTE recoge dentro de sus apartados HE4 y HE5, la contribución solar mínima para agua caliente sanitaria y contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, respectivamente. Para el caso de ACS o climatización de piscinas cubiertas, el CTE especifica la necesidad de que una parte de las necesidades energéticas térmicas se cubra con energía solar de baja temperatura, medida que ha fomentado el uso de esta tecnología. Igualmente, para el caso de la producción de energía eléctrica, se indica la contribución por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red.
Esta regulación impulsa el uso de estas tecnologías, sin incluir la opción híbrida, aunque esta tecnología podría proporcionar los requerimientos establecidos
- **El Reglamento RITE**, a raíz de la exigencia de eficiencia energética introdujo la utilización de energías renovables disponibles para producción de energía térmica. Actualmente, recoge como principales energías de producción térmica la solar y biomasa. Este sería otro de los puntos donde la tecnología híbrida podría tener cabida, pero para ello es necesario aumentar la competitividad respecto a los paneles solares habituales.
- **Nuevo Real Decreto 244/2019 del 5 de abril de 2.019** para promover el autoconsumo tanto a nivel individual como colectivo, está aumentando el número de instalaciones fotovoltaicas a pequeña escala. A nivel de CCAA, esta nueva legislación ha venido acompañada de ayudas para el fomento, de nuevo dirigidas a instalaciones fotovoltaicas.
- **Ayuda plan estatal de viviendas 2.018-2.021**, para fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad de las viviendas en España, con actuaciones subvencionadas de instalación de equipos de generación o que permitan la utilización de energías renovables, mencionando fotovoltaica, biomasa o geotermia.
- Búsqueda de programas de apoyo y financiación para promover de proyectos de demostración y líneas de investigación I+D+i.

Aunque hay muchos escenarios y planteamientos, incluso regulación para obligar o fomentar el uso de las tecnologías solares es patente la necesidad de disponer, a nivel estatal, de ayudas y líneas de financiación específicas para la tecnología híbrida diferenciadas de las otras energías solares, ayudando a mejorar su competitividad. Al igual que se aprecia una **falta de información de este tipo de tecnología solar**, no mencionándose como opción en las normativas, guías y líneas de financiación.

8 Creación de empleo y tejido de conocimiento

El empleo generado en el sector de las energías renovables se centra mayoritariamente en la fabricación e instalación y, en menor cuantía, en la operación y mantenimiento. Por detrás le siguen las ingenierías, el desarrollo de productos, la innovación, etc.²³. Esto se puede observar en la creación de empleo relativa al sector de la energía solar en España, la cual se analiza con respecto a las tres tecnologías predominantes en el mercado: la solar fotovoltaica, la solar térmica y la solar termoeléctrica.

²³ IDAE, Empleo asociado al impulso de las energías renovables. Estudio técnico PER 2011-2020, Madrid 2011

La tecnología solar fotovoltaica se ha convertido en una de las más competitivas en costes con respecto a las tecnologías tradicionales de generación eléctrica debido a una reducción de costes acumulada superior al 80% en los últimos años. Esto hace que la producción y el consumo de energía eléctrica de origen fotovoltaico sea, en muchas situaciones, más rentable que su adquisición de la red. Esta situación fomenta el desarrollo de la generación distribuida, el autoconsumo y la integración de esta tecnología en la edificación. Así mismo, la creación de empleo asociada a los últimos años se puede observar en la Ilustración 21 ²⁴.

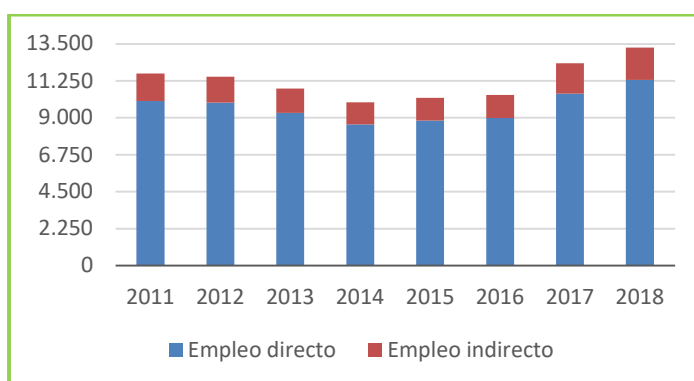


Ilustración 21. Número de empleos relacionados con el sector solar fotovoltaico (adaptado de APPA *Error! Marcador no definido.*)

La tecnología fotovoltaica había experimentado un estancamiento hasta que en el año 2017 se pusieron en marcha nuevos proyectos que superaron los 4.000 MW de potencia solar fotovoltaica previstos para antes del 1 de enero de 2020. Además, la eliminación de barreras regulatorias al autoconsumo en 2018 tuvo un efecto positivo en la implementación de nuevas instalaciones y se prevé que este efecto sea mayor en años venideros, lo que se traduce en un crecimiento potencial de empleo en el sector.

Con respecto a la energía solar térmica, su evolución está directamente relacionada con la cantidad de viviendas finalizadas por año. La tendencia se puede observar en la Ilustración 22.

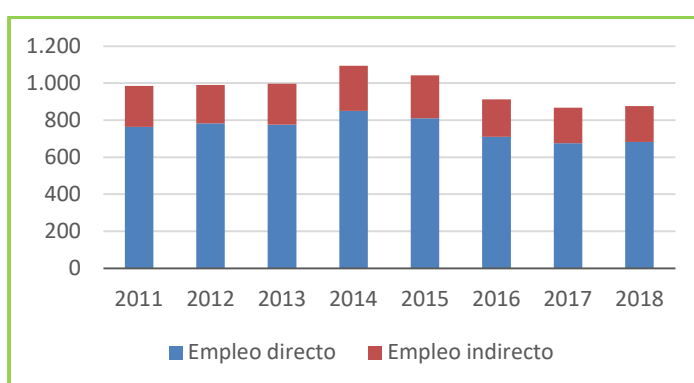


Ilustración 22. Número de empleos relacionados con el sector solar térmico (adaptado de APPA)

El escenario de la energía solar termoelectrónica en España permanece estancado desde el año 2013, cuando se instaló la última central solar termoelectrónica. Esto se refleja en la creación de empleo en

²⁴ Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España, 2018

el sector, como se puede apreciar en la Ilustración 23, donde el número de empleos se ve prácticamente inalterado desde el año 2014

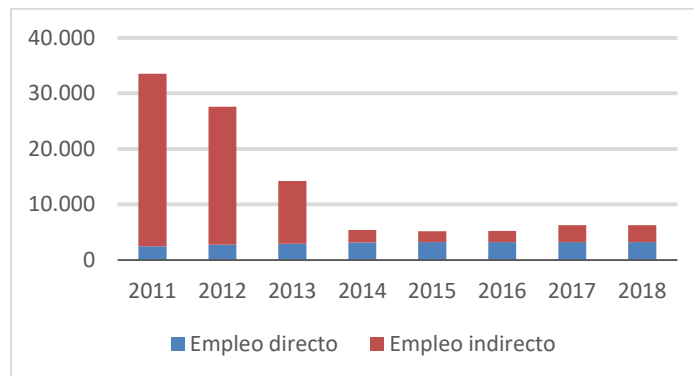


Ilustración 23. Número de empleos relacionados con el sector solar termoeléctrico (adaptado de APPA)

En base a las tendencias observadas, se espera que el aumento de la implementación de tecnologías de generación de frío y calor a partir de fuentes renovables, como la energía solar, impulse la descentralización de la producción de energía, por lo que se prevé que estas tecnologías tengan un alto impacto económico a nivel local a través de la creación de empleos²⁵. La generación de frío y calor a partir de energía solar se contempla como un importante nicho de empleo debido a su gran potencial de aplicación.

²⁵ A. Ivancic et al., Solar Heating and Cooling Technology Roadmap, European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (RHC-Platform), 2014