

Judith FrancoInstituto de Investigación en Energías No Convencionales,
Universidad Nacional de Salta-Conicet**Martín Altamirano****Karina Escalante**

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Salta

Energía solar térmica

Todos somos conscientes de que el Sol, además de luz, da calor. Tanto la luz como el calor son consecuencia de que emite radiación electromagnética, la mayor parte en la región de luz visible del espectro y el resto en el ultravioleta y el infrarrojo.

Existen diversas maneras de aprovechar la energía de la radiación solar. Las plantas se sirven de ella para la fotosíntesis; la humanidad produce electricidad por un proceso fisicoquímico llamado *efecto fotovoltaico* (véase el siguiente artículo, 'Energía solar fotovoltaica'), calienta viviendas y otras construcciones, calienta agua y deshidrata alimentos. Hace algunas de esas cosas desde hace siglos.

Esta nota se refiere al uso de la energía solar para producir calor, para lo cual se han ideado numerosos dispositivos que, en líneas generales, se pueden clasificar en

dos grupos: los que concentran la radiación y los que no la concentran. Se habla entonces de energía solar térmica concentrada y no concentrada.

Energía térmica concentrada

Los dispositivos diseñados para aprovechar de esta manera la radiación solar incluyen espejos o lentes que hacen converger sobre un área pequeña los rayos que llegan a una gran superficie. Así se alcanzan altas temperaturas (superiores a 350°C), que pueden ser empleadas en procesos industriales o, sobre todo, en la generación de electricidad. Esta se produce principalmente aplicando el calor a originar vapor, con el que se impulsan turbinas conectadas a un generador. Los dispositivos

¿DE QUÉ SE TRATA?

Formas de transformar la energía de la radiación solar en calor.

concentradores de radiación más comunes son los parabólicos, los de torre central, los Fresnel lineales y los de disco parabólico con motor Stirling.

Los *concentradores parabólicos* son grandes espejos de metal pulido curvados como fragmentos de cilindros parabólicos, según se aprecia en las figuras 1 y 2. El perfil con forma geométrica de parábola hace que todos los rayos solares, que llegan de manera paralela, al ser reflejados por el espejo se concentren en el foco de la parábola e incidan sobre un tubo por el que circula un fluido (por lo común un aceite). Este adquiere alta temperatura y, a su vez, transfiere el calor a vapor de agua, el cual permite impulsar máquinas térmicas, por ejemplo, turbinas productoras de electricidad. De esta clase fueron los primeros concentradores que tuvieron uso comercial; su tipo sigue vigente, sobre todo porque el costo de los dispositi-

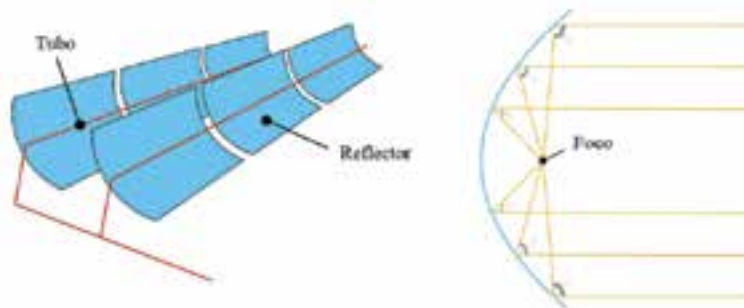


Figura 1. Esquema de un concentrador parabólico. Los rayos solares llegan paralelos a espejos metálicos (azul), cuyo perfil parabólico los refleja de modo que todos se concentran en el foco de la parábola. Esa reflexión sigue el conocido principio de la igualdad de los ángulos de los rayos incidente y reflejado con la normal al espejo. Por los puntos focales de las parábolas corre un tubo (rojo) con un fluido que transfiere el calor al vapor de una turbina generadora de electricidad.



Figura 2. Concentrador parabólico en Harper Lake, localidad del desierto Mojave, en el sur de California. Wikimedia Commons

tivos es relativamente bajo en comparación con diseños alternativos, y porque es una tecnología que se conoce bien. La producción eléctrica solar con concentradores parabólicos se inició en California, donde está en crecimiento, impulsada por una legislación que apunta a cubrir en 2016 el 25% de la demanda eléctrica del estado de fuentes renovables (y el 33% en 2020).

Los *concentradores de torre central* son probablemente los que más llaman la atención. Están formados por un grupo de espejos rectangulares móviles (para enfocarlos al Sol a medida que se mueve), llamados *heliostatos*, los cuales reflejan la radiación incidente a un colector ubicado en lo alto de una torre. El dispositivo permite alcanzar muy elevadas temperaturas (entre 500 y 1000°C) y tiene buena eficiencia comparado con el anterior, pero su costo es más elevado. La primeras plantas comerciales de este tipo, denominadas PS10 y PS20, están en Andalucía, y tienen una potencia de 11 y 20MW respectivamente (figuras 3 y 4).

De todos los métodos de concentración de la energía solar para producir electricidad, el de mayor eficiencia es el *disco parabólico con motor Stirling*. Consiste en un único reflector parabólico que concentra los rayos solares en un fluido colector cuya temperatura puede alcanzar entre unos 250 y 700°C y se emplea para generar electricidad con un motor Stirling. Este es un tipo de máquina térmica de combustión externa (como la máquina de vapor de la Revolución Industrial) inventada en 1816 por el clérigo escocés Robert Stirling (1790-1878). Opera por la compresión y expansión cíclica de aire u otro gas y tuvo su auge en la segunda mitad del siglo XIX. Luego cayó en desuso, pero ahora está experimentando un retorno precisamente para producir electricidad por este método. En pruebas realizadas en los Estados Unidos se registró una eficiencia del 31,25% en la conversión de energía solar en electricidad con esta clase de equipos. Otra ventaja del sistema es su carácter modular, que permite incrementar la potencia instalada por simple agregación de unidades, cada una de las cuales tiene una potencia del orden de los 25kW. Así, en California se programa instalar una potencia de 1750MW con esta tecnología, para lo que sería necesario montar 70.000 reflectores parabólicos con sus respectivos motores.

Uno de los sistemas más nuevos es el de los *concentradores lineales Fresnel*, que vienen adquiriendo importancia en el mercado por su bajo costo y menor necesidad de espacio para instalarlos. Utilizan espejos reflectores que siguen principios de diseño similares a los lentes Fresnel, así llamados por su inventor, el físico francés Augustin-Jean Fresnel (1788-1827), que los creó para que se usaran en faros. Son equipos constituidos por líneas de espejos rectangulares apoyados en el suelo que reflejan la radiación en forma de que llegue concentrada a calentar un fluido que circula por un caño ubicado algunos metros por encima de ellos. La primera planta comercial que produce

electricidad por este método, llamada Puerto Errado 2, fue instalada entre 2010 y 2012 en Murcia por la empresa alemana Novatec. Tiene una potencia de 30MW. Actualmente, la empresa francesa Areva, dedicada a la energía nuclear y renovable, está construyendo una planta comercial de 100MW en la India. Por otra parte, en Salta, las dos instituciones a las que pertenecen los autores se encuentran trabajando en un equipo piloto de concentración lineal cuyos componentes fueron desarrollados en el país.

En líneas generales, los costos por kWh de la electricidad generada en sistemas térmicos con concentración aproximadamente duplican los de la producida en centrales de gas natural (sin dispositivos de captura de las emisiones de CO₂). Que esa brecha se achique depende de la evolución de los precios de los combustibles fósiles y de los costos de fabricación de los equipos solares por mayor escala de producción y por mejoras tecnológicas.

Energía térmica no concentrada

Los colectores que no concentran la radiación se llaman también *colectores planos* y, como los concentradores, absorben energía solar en forma de calor, el cual transfieren a un fluido líquido o gaseoso que aumenta de temperatura y puede ser utilizado para calentar agua con el propósito de calefaccionar ambientes, climatizar piscinas, abastecer lavaderos o ser usada en procesos industriales de baja y media temperatura. Los sistemas que no concentran los rayos solares alcanzan temperaturas del orden de entre 60 y 150°C por encima de la del ambiente, mucho menores que las alcanzadas por los concentradores.

Existe gran variedad de colectores planos, adaptados a diferentes ambientes y aplicaciones. Los más usados



Figura 3. Concentrador de torre central PS10, en Sanlúcar la Mayor, a unos 20km de Sevilla. Tiene una potencia de 11MW y produce unos 23.400MWh anuales de electricidad con 624 grandes espejos móviles llamados heliostatos que concentran la energía en lo alto de la torre de 115m. El costo de construir el dispositivo entre 2004 y 2007 alcanzó los 46 millones de dólares. Foto aflores, Flickr.



Figura 4. Centrales termoeléctricas PS10 (izquierda) y PS20. Wikimedia Commons

Figura 5. Lente Fresnel para un faro. Museo del faro de Punta Arena, California. Frank Schulenburg, Wikimedia Commons.

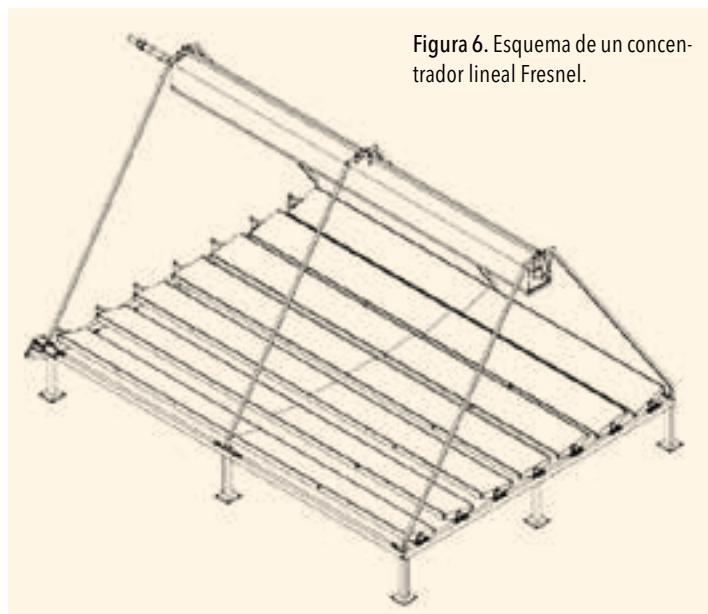


Figura 6. Esquema de un concentrador lineal Fresnel.

son los de placa plana sin cubierta, de placa plana con cubierta y los de tubos de vacío.

Los colectores de placa plana sin cubierta son los más sencillos y baratos del mercado. Consisten en un dispositivo de color oscuro por el cual circula el fluido que se calienta, sin cubierta transparente ni aislamiento adicional. El fluido se calienta como máximo unos 20°C con relación al medio, y son los colectores más adecuados para aplicaciones de baja temperatura. Se usan en piscinas al aire libre, lavaderos de automóviles y piscicultura. Permiten disponer de agua templada con una inversión modesta para, por ejemplo, ampliar el período de uso de piscinas, pero no extenderlo a todo el año, lo que requeriría medidas adicionales como cubrir el ambiente con lona o vidrio y calefaccionarlo.

Los colectores de placa plana con cubierta son los más populares para calentar agua de uso doméstico y para la calefacción de viviendas. Se componen de una caja metálica aislada con una cubierta de vidrio o de plástico, una placa oscura que absorbe la radiación solar y tubos dispuestos sobre esta por los que circula el fluido que transporta el calor adquirido.

Los colectores de tubos de vacío se componen de tubos de los que se evacuó el aire y a cada uno de los cuales se agregó un dispositivo, generalmente una plancha de metal de color negro, que absorbe la energía solar y la transfiere a un fluido. Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas en el rango de 80 a 180°C . Resultan particularmente apropiados para aplicaciones que requieren esas temperaturas y vienen ganando terreno en el mercado local, pues se venden a buen precio dado que se fabrican en serie y en gran escala en China.

Difusión de la energía solar térmica

Estas formas de aprovechar la energía radiante de Sol se han difundido en muchos países principalmente para atender los requerimientos de comunidades aisladas, de difícil cuando no imposible acceso a las redes de distribución eléctrica o de combustibles fósiles. En esos lugares proporcionan sobre todo agua caliente de uso doméstico y calefacción. En zonas urbanas con acceso a fuentes convencionales de energía, en cambio, este tipo de instalaciones no son frecuentes, salvo en países, como Alemania, que han implantado políticas estatales para fomentar su uso con el propósito de reducir el consumo de energía convencional. En tal caso, los colectores planos para calentar agua de uso sanitario o en instalaciones de calefacción por radiadores y losas radiantes aparecen tanto en viviendas urbanas como rurales.

Si bien la radiación solar proporciona energía renovable que, además, no emite gases de efecto invernadero y hasta se puede producir en el lugar de consumo, su difusión enfrenta algunas dificultades. La primera que salta a la vista es económica: en la mayoría de los países (incluidos los iberoamericanos y especialmente, hoy, la Argentina) es en líneas generales considerablemente más barato generar electricidad, calentar agua o calefaccionarse con gas natural que con dispositivos solares. Esta afirmación es susceptible de múltiples calificaciones particulares, pero vale como generalización.

Una de las razones de la desventaja económica es que tanto la tecnología como los mercados de los equipos descritos han tenido poco tiempo de maduración. En materia tecnológica, algunos sistemas, como los concentradores parabólicos o los colectores de tubo de vacío, han avanzado



Figura 7. Concentrador lineal Fresnel instalado a título experimental en San Carlos, Salta, por el Instituto de Investigación en Energías No Convencionales y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial. El sistema consta de espejos de aluminio de 0,60 x 2,50m montados sobre el suelo de forma tal que su inclinación pueda regularse según el cambio estacional de la altura del Sol. Estos reflejan los rayos solares que les llegan paralelos de manera que se concentren en el dispositivo que absorbe y luego transporta el calor.

más; otros se encuentran en etapa de investigación y desarrollo. Para unos y otros, sin embargo, hay camino que recorrer en materia de adecuación a condiciones locales, climáticas u otras. En cuanto a los mercados de los equipos, su tamaño reducido, que no genera economías de escala, es otra importante causa de desventajas.

A estos factores económicos se agregan otros de tipo social o cultural, como sucede con los cambios en todos

los ámbitos, que llevan a la necesidad de modificar los hábitos de la gente. Para tomar un ejemplo, ante el hecho de que los horarios en que se puede producir más energía solar (en torno al mediodía solar) no coinciden con los de mayor demanda de electricidad o agua caliente, el cambio de hora de ciertas actividades llevaría a un mejor aprovechamiento del Sol.

A este contexto hay que agregar el ingrediente político, como lo demuestra la experiencia de los países que más han avanzado en materia de energía solar. Opera en diversos niveles, desde la investigación científica y tecnológica, para la cual las políticas de Estado son cruciales, pasando por la educación académica y la capacitación profesional, el marco legal y regulatorio, hasta la eficiencia y capacidad de gestión de los entes oficiales.

En estos momentos la difusión de la energía solar se enfrenta en la Argentina con un panorama de precios fuertemente subsidiados de los combustibles fósiles, que acentúa aún más la natural barrera económica por razones de maduración tecnológica y de los mercados. No obstante, en algunos lugares se vislumbran cambios. En Salta, donde actúan los autores, el gobierno provincial puso en marcha en 2014 un plan de fomento de las energías renovables, que incluyó la sanción de dos leyes (números 7823 y 7824), la concesión de beneficios fiscales y la posibilidad de inyectar en la red y vender electricidad generada por los mismos consumidores. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

GIL S, PRIETO R Y IANNELLI L, 2014, *Barreras para el desarrollo de la energía solar térmica en la Argentina*, accesible en http://www.researchgate.net/publication/277021560_Barreras_para_el_Desarrollo_de_la_Energia_Solar_Trmica_en_Argentina_Amortizacin_de_los Equipos_solares_hbridos.

KOST C, 2013, *Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Francfort. Accesible en <http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf>.

MILLS D & MORRISON G, 2000, 'Compact linear Fresnel reflector solar thermal powerplants', *Solar Energy*, 68, 3: 263-283.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2015, *Annual Energy Outlook 2015*, Washington DC. Accesible en http://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm.



Judith Franco

Doctora en física, UNSA.
Investigadora adjunta del Conicet.
Profesora titular, UNSA.
francojudita@gmail.com



Martín Altamirano

Doctor en ciencias, UNSA.



Karina Escalante

Ingeniera en recursos naturales y medioambiente, UNSA.
Estudiante de doctorado, UNSA.