

# El aporte solar térmico a la transición energética en Colombia

2024

## El aporte solar térmico a la transición energética en Colombia\*

Autores: Pablo Bertinat y Luis Christian Navntoft.

Febrero 2024.

Fundación Rosa Luxemburg, Oficina Región Andina

Dirección Ejecutiva: Karin Gabbert

Coordinación de proyectos Colombia: Leonardo Luna Alzate

Esta publicación es financiada con recursos de la Fundación Rosa Luxemburg (FRL) con fondos del BMZ (Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico de la República Federal de Alemania). Esta publicación o algunas secciones de ella pueden ser utilizadas por otros de manera gratuita, siempre y cuando se proporcione una referencia apropiada de la publicación original. El contenido de la publicación es responsabilidad exclusiva de sus autores y no refleja necesariamente la postura de la FRL.



\* Documento elaborado a pedido de la Fundación Rosa Luxemburg, Oficina Región Andina, versión del 16 de enero de 2023.

## Resumen

### **El presente documento tiene por objetivo**

describir el potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica en Colombia y demostrar las excepcionales posibilidades y ahorros que podría brindar en Colombia, al reemplazar o complementar al gas natural en la obtención de calor o energía para usos como agua caliente, calefacción, enfriamiento, cocción y calor de proceso. Se comienza por describir el consumo de gas en la matriz energética y en diferentes sectores económicos, para luego estimar los ahorros potenciales de gas y electricidad que podrían obtenerse fomentando el uso de la tecnología. Seguidamente se analiza el potencial de generación de empleo y las posibilidades de fabricar localmente la tecnología. Por último, se analizan algunas normativas de promoción vigentes y se proponen algunas opciones para desarrollar esta opción tecnológica en forma rápida y efectiva en todo el territorio del país, como una alternativa real y concreta para atravesar la transición energética.

El área potencial de colectores solares en los sectores analizados asciende a 10 000 000 m<sup>2</sup>. Esa área podría devengar un ahorro anual de gas natural

de 672 000 000 m<sup>3</sup> o unos 7 300 000 MWh de energía o bien 3 600 000 MWh de energía eléctrica. En el caso del gas natural, el ahorro estimado del potencial en metros cúbicos equivale a 24 203 GBTU anuales o 66 GBTUD<sup>1</sup>. Adicionalmente, este potencial generaría unos 114 942 puestos de trabajo entre la instalación, fabricación, diseño y provisión de insumos.

Los resultados del trabajo muestran que los sectores con mayor potencialidad de incorporación de energía solar térmica —y consecuentemente de ahorro— son el residencial, el hotelero, el industrial y el sector salud. Particularmente en el sector residencial los sistemas solares térmicos podrían ahorrar hasta un 40 % del total del consumo de gas natural en los hogares. En el resto de los sectores es difícil estimar ese porcentaje, dado que los datos de consumo de gas no están discriminados por los sectores analizados. Sin embargo, es posible suponer al menos un ahorro similar al residencial.

De esta manera, el potencial solar térmico en Colombia tiene mucho para aportar a la transición energética.

<sup>1</sup> GBTU se refiere a Giga BTU (British Thermal Unit) y GBTUD se refiere a Giga BTU por día.

## Introducción

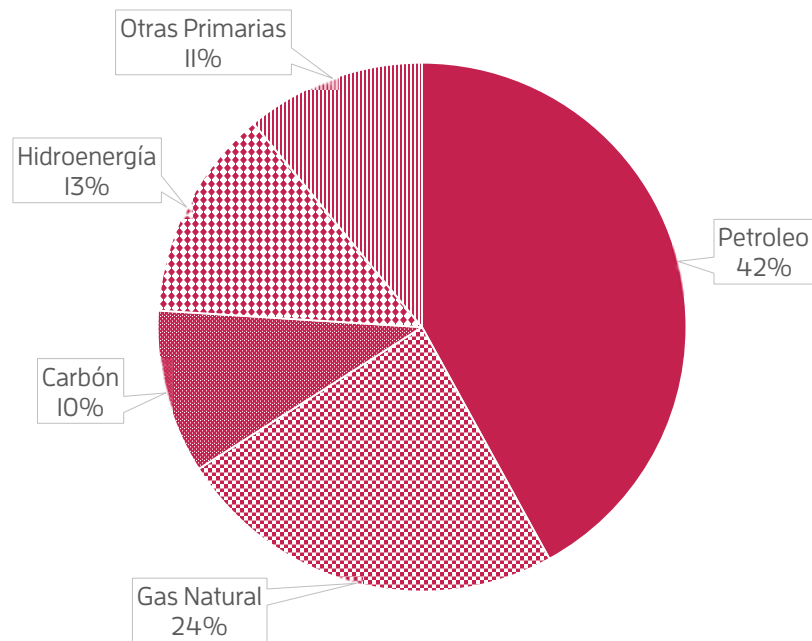
**El actual gobierno de Colombia llega al poder planteando explícitamente abandonar la lógica petrolera y la idea de construir un modelo que se sostenga bajo otra lógica energética.**

Sin duda esta propuesta no resulta un camino sencillo, en primer lugar, porque disputa la lógica establecida que indica que el único camino para superar nuestros problemas se asocia a la extracción indiscriminada de recursos naturales, sobre todo del gas natural.

En este camino resulta indispensable apoyar la propuesta del nuevo gobierno colombiano, disputar sentidos y aportar miradas, proponer, debatir, apoyar, opinar. Vayan entonces estas propuestas de políticas públicas específicas para un sector.

Un panorama general de la estructura energética interna se puede observar en los siguientes gráficos. En la figura I se observa la estructura de fuentes energéticas. Debemos recordar que hablamos de energía en general y no solo de electricidad, que es solamente una parte menor de la matriz.

**Figura I. Oferta interna de energía primaria en Colombia.**



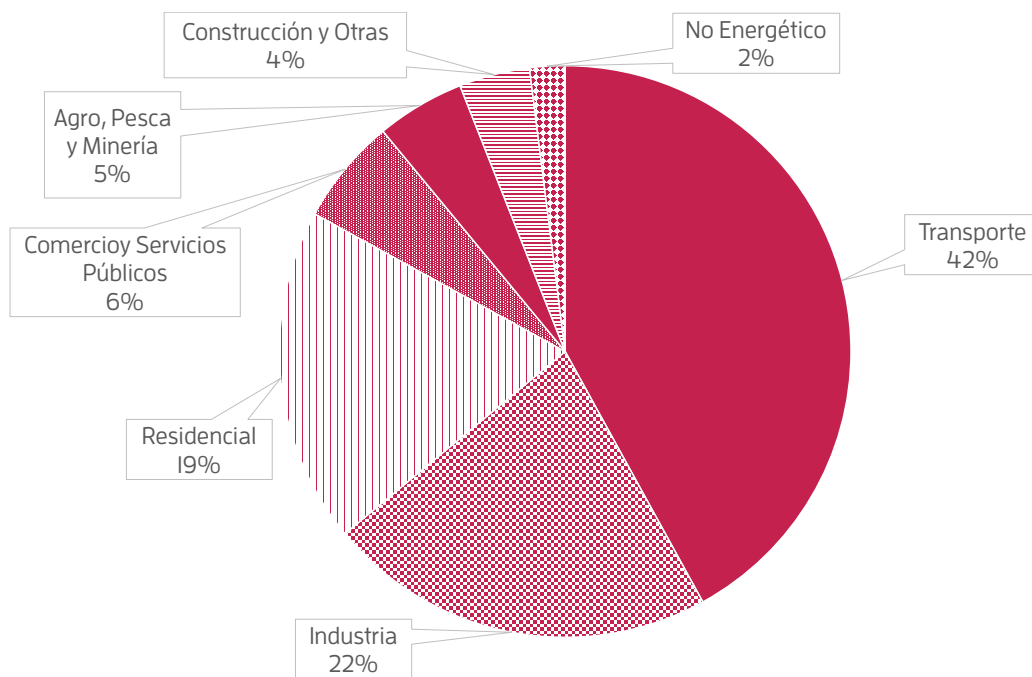
**Fuente: Elaboración propia con base en Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2022).**

Claramente la matriz interna de fuentes tiene una alta preponderancia de combustibles fósiles que suman en conjunto un 76 % de la misma.

En la figura 2 podemos observar la estructura de consumo de energía, aspecto que resulta esencial para pensar dónde poner la mayor atención a la hora de pensar en la transición.

En el presente documento haremos énfasis en la posibilidad de desarrollo del sector solar térmico, en particular en el sector residencial, el sector salud y parcialmente en el sector industrial. Se hace hincapié en la producción y uso de agua caliente con fines sanitarios y productivos.

**Figura 2. Consumo final por sector en Colombia durante 2020.**

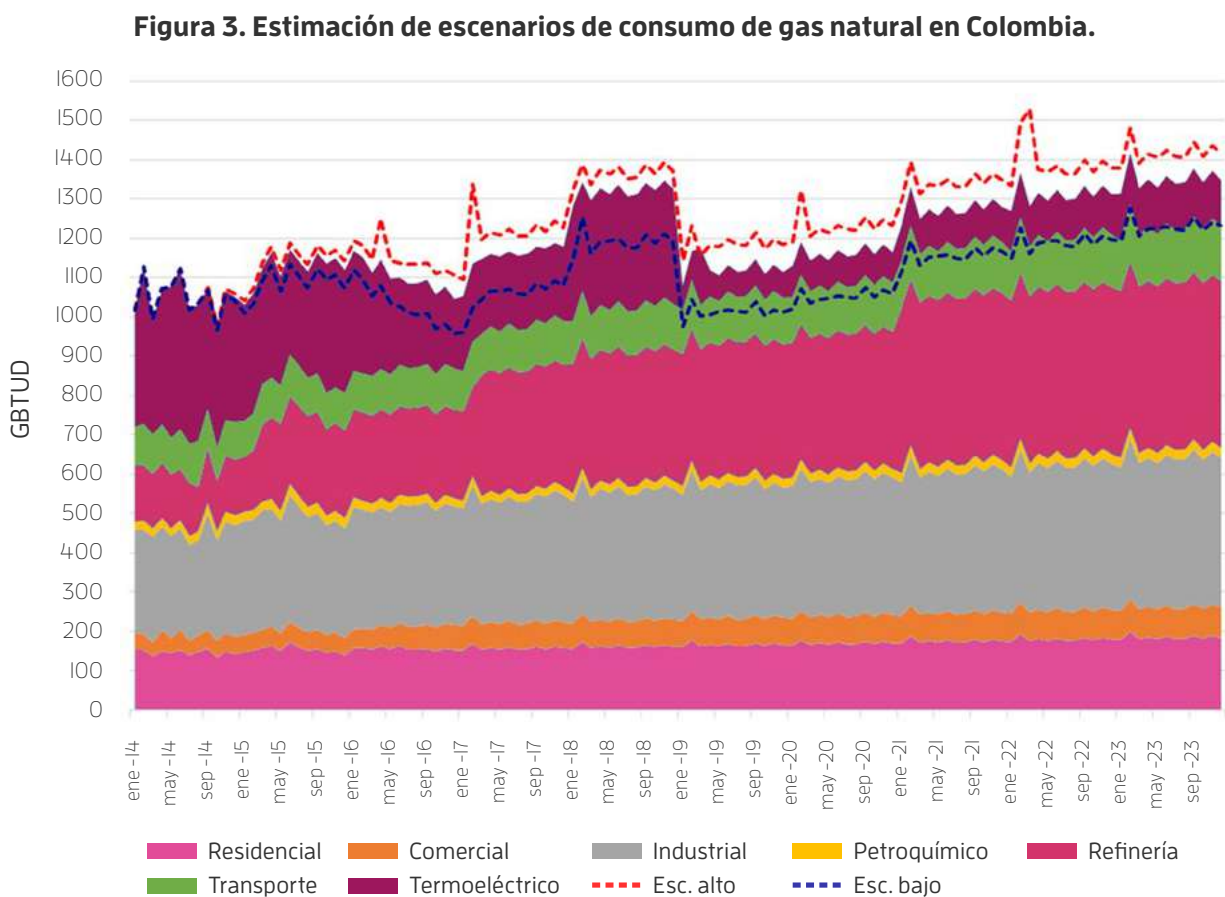


**Fuente: Elaboración propia con base en OLADE (2022).**

# 1 El consumo de gas natural en Colombia y la alternativa solar térmica

**De acuerdo con el informe de la Unidad** de Planeación Minero Energética (UPME, 2015a), la demanda de gas natural en Colombia estimada para los diferentes sectores y escenarios posibles para el período 2015-2023 se muestra en la figura 3 en GBTUD. Para el sector residencial, el informe indica un consumo estimado de 143,32GBTUD (aproximadamente 4 000 000 m<sup>3</sup>/día de gas<sup>2</sup>) para el 2023. Para el sector comercial, indica

77,1 GBTUD (aproximadamente 2 000 000 m<sup>3</sup>/día) y para el sector industrial 438,2 GBTUD (aproximadamente 12 000 000 m<sup>3</sup>/día). A partir de estos datos y el potencial que se expone a lo largo de este documento, es posible estimar el ahorro en combustibles y emisiones asociadas al reemplazo o complementariedad del uso de la energía solar térmica para la generación de calor en los sectores de interés.



Fuente: UPME (2015a).

2 Un GBTU equivale aproximadamente a 27 800 m<sup>3</sup> (Instituto Argentino del Petróleo y el Gas [IAPG], 2022).

## 2 Calentamiento de agua, tecnología solar térmica, características y usos

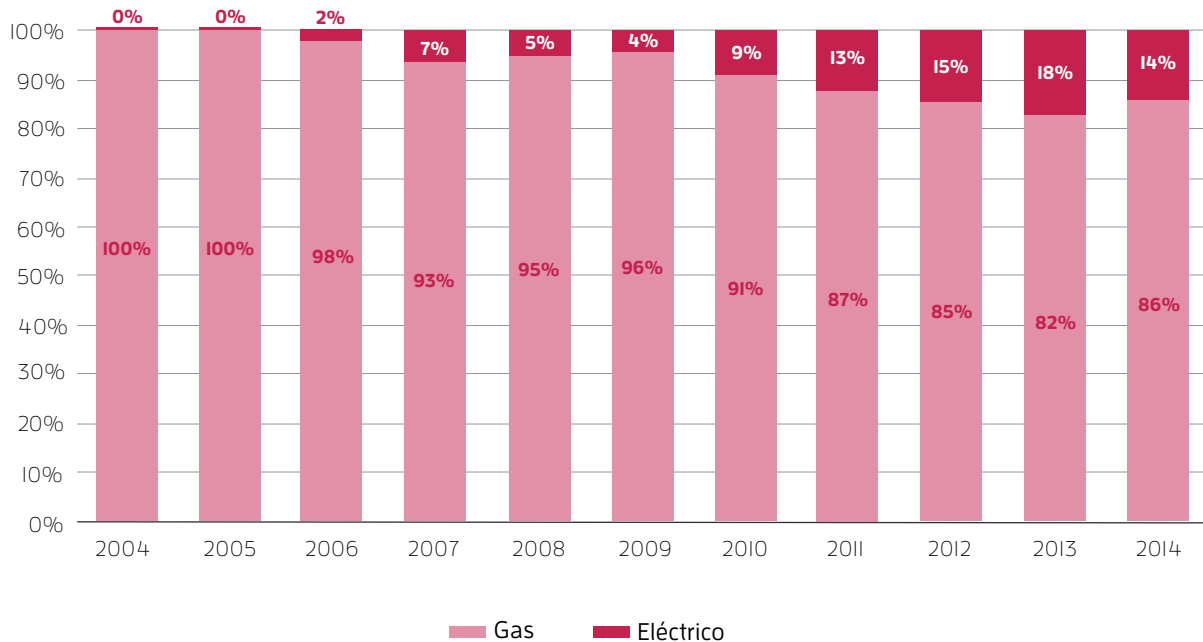
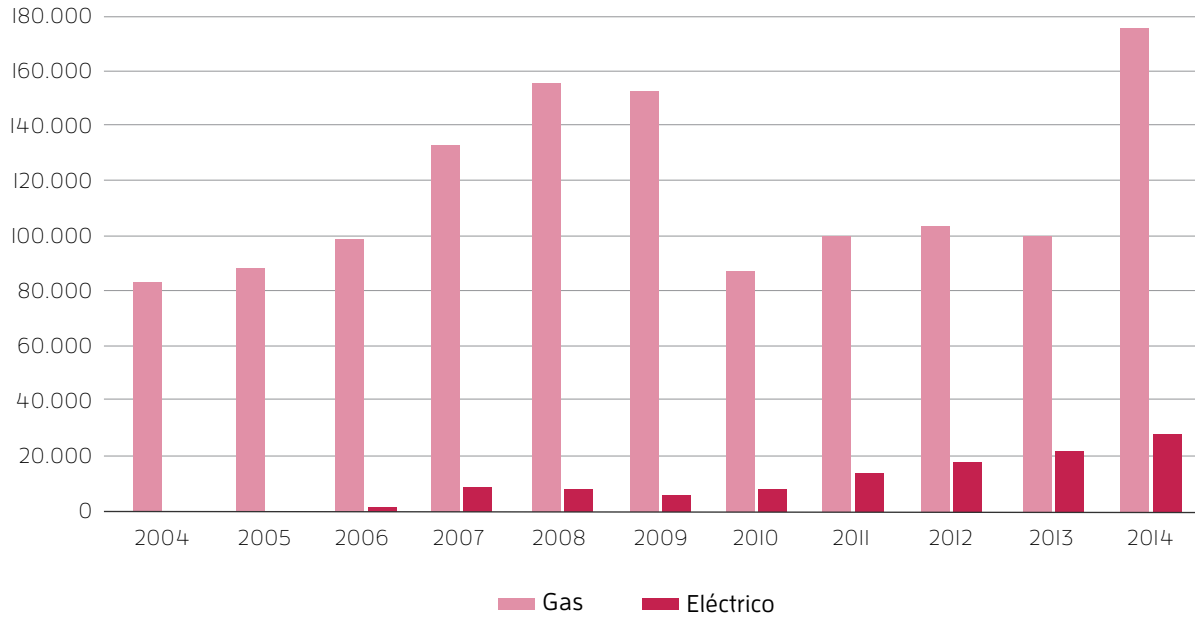
**En el sector residencial, uno de los usos** que consume una considerable porción de energía es el calentamiento de agua con fines sanitarios.

De acuerdo con el estudio de comportamiento energético del sector residencial en Colombia (UPME, 2006) y el trabajo de la Fundación Bariloche (2018), un 70 % de los hogares tienen algún tipo de calentador de agua, aunque este promedio no es constante en todo el país, sino que varía según zonas: es de un 70 % en Bogotá (centro de Colombia) y de menos del 10 % en Barranquilla (norte de Colombia). Estos porcentajes varían según la región de Colombia. Por ejemplo, en Pasto (zona suroeste), el calentador instantáneo alcanza el 68 % mientras que en Medellín (zona noroeste) es de un 15 %<sup>3</sup>. Tanto en Bogotá como en Pasto, el uso del calentador eléctrico instantáneo (duchas eléctricas) llega a ser hasta de un 35 % del consumo de energía eléctrica de la vivienda, con una

potencia eléctrica promedio de la ducha de casi 4 kW. Según la misma encuesta, en zonas con gas natural aproximadamente el 30 % del consumo de gas natural mensual está relacionado con el agua caliente sanitaria o el aseo personal. En términos generales estos datos implican que existen al menos unos ocho millones de artefactos destinados al calentamiento.

El estudio *Proyecto de normalización y etiquetado de eficiencia energética en Colombia* (UPME, 2015b), evaluó la proporción de calentadores de agua a gas y calentadores eléctricos existentes en el mercado colombiano y determinó los resultados que se muestran en la figura 4, donde el 86 % de los calentadores son a gas y el resto son eléctricos para el período estudiado. La venta anual de calentadores de ambos tipos se encontraba cerca de 180 000 unidades anuales en 2014.

**3** Bogotá y Medellín poseen una temperatura media anual en torno a los 22 °C, mientras que Pasto posee una media anual en torno a los 14 °C (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], s. f).

**Figura 4. Tipología de los equipos calentadores de agua comercializados en Colombia.****Mercado interno de calentadores: Gas Vs. Eléctricos (2004-2014)**

Aunque hay un crecimiento en las ventas de calentadores de agua eléctricos, la mayor participación del mercado todavía corresponde a calentadores de agua a gas, que en el 2014 tuvo el 86 % del mercado.

**Fuente: Elaboración propia con base en UPME (2015b).**



El crecimiento de la población y el aumento del uso de agua caliente sanitaria en todos los sectores ha creado un mercado actual de mayor tamaño, así como también nuevas aplicaciones.

Estas necesidades de agua caliente sanitaria pueden ser cubiertas por sistemas de Energía Solar Térmica, reemplazando el uso de gas o electricidad y ahorrando costos y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se denomina Energía Solar Térmica (EST) a la conversión de la energía radiante del sol en energía térmica. Los Sistemas Solares Térmicos (SST) son equipos que aprovechan la energía radiante del sol para calentar un fluido que luego puede ser utilizado en diversas aplicaciones.

- Las aplicaciones habituales son:
- Agua caliente para uso sanitario residencial, o para los sectores de salud y turismo.
- Agua caliente para uso en sistemas de calefacción y climatización.
- Agua caliente para procesos industriales.
- Agua caliente para climatización de piscinas.

Habitualmente un Sistema Solar Térmico consta de dos componentes esenciales: el colector y el tanque acumulador. Adicionalmente se, suele incorporar un sistema auxiliar para aportar energía en aquellos momentos donde la radiación solar sea insuficiente.

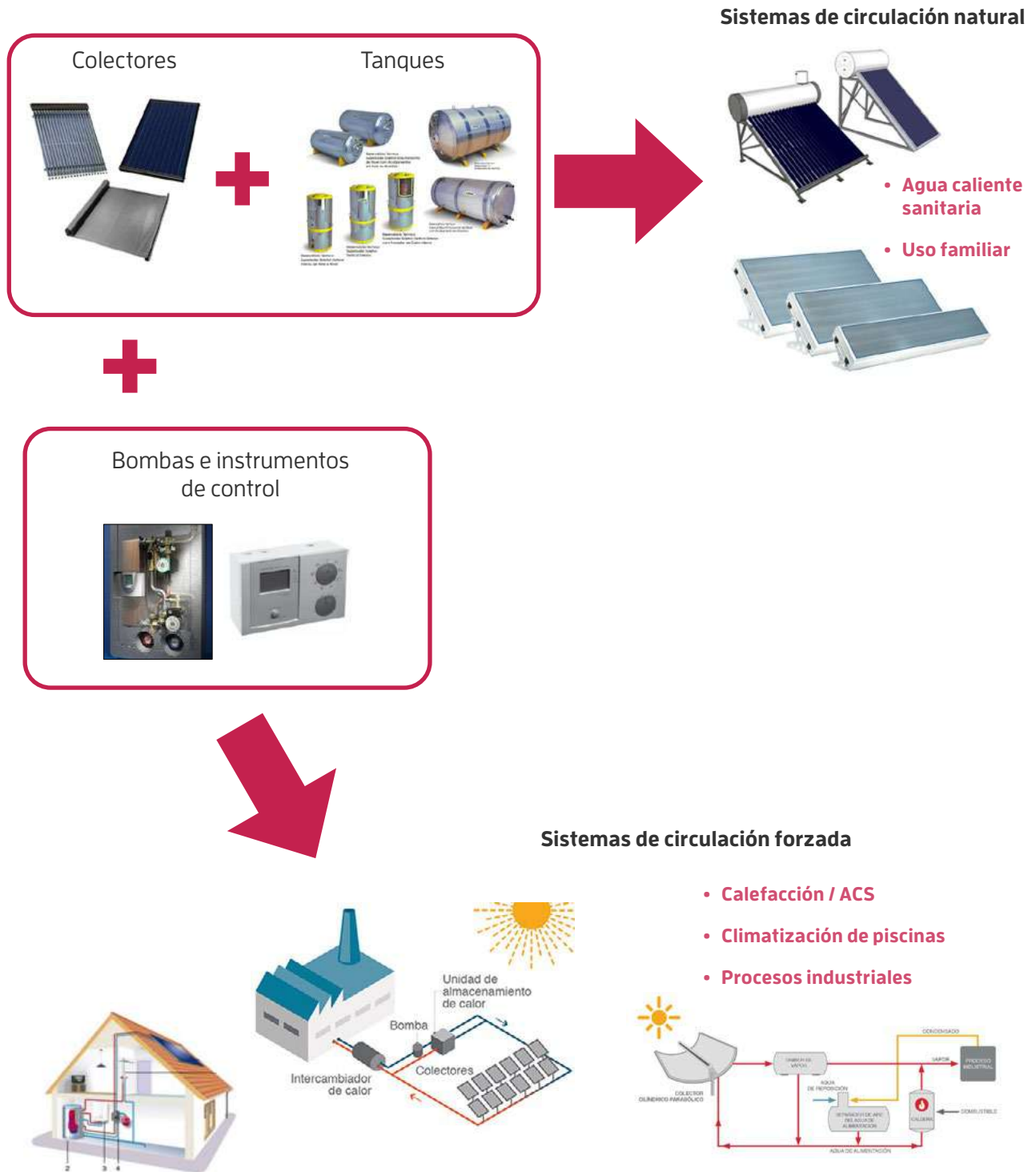
El colector se encarga de transformar la energía solar en calor y calentar un fluido que circula en su interior. El tanque acumulador se encarga de almacenar ese fluido caliente para su posterior uso en aplicaciones de agua caliente sanitaria, climatización, procesos industriales o cualquier otro uso.

La figura 5 resume a grandes rasgos los tipos de sistemas solares térmicos existentes. Ambos componentes principales, el colector y el tanque acumulador, forman un sistema cuyo acoplamiento se define de forma específica para cada aplicación y caso de uso. Dependiendo del tipo o la clasificación del sistema solar térmico (circulación natural o forzada, abierto o cerrado, directo o indirecto), es posible alimentar una o más aplicaciones con ellos.

Una primera clasificación de los SST es entre los sistemas de circulación natural y los de circulación forzada. Los SST que funcionan por circulación natural o termosifónicos no utilizan bombas o controladores para movilizar el fluido entre el colector y el acumulador. En estos sistemas termosifónicos, la circulación del agua caliente es por gravedad. El agua dentro del colector es calentada por el sol, disminuye su densidad y fluye hacia arriba para ingresar al tanque de almacenamiento, mientras que el agua fría, de mayor densidad, fluye hacia abajo creando una circulación continua. El flujo convectivo o termosifónico continúa mientras el sol calienta el colector.

Figura 5. Clasificación de los sistemas solares térmicos.

**Tecnología solar térmica**

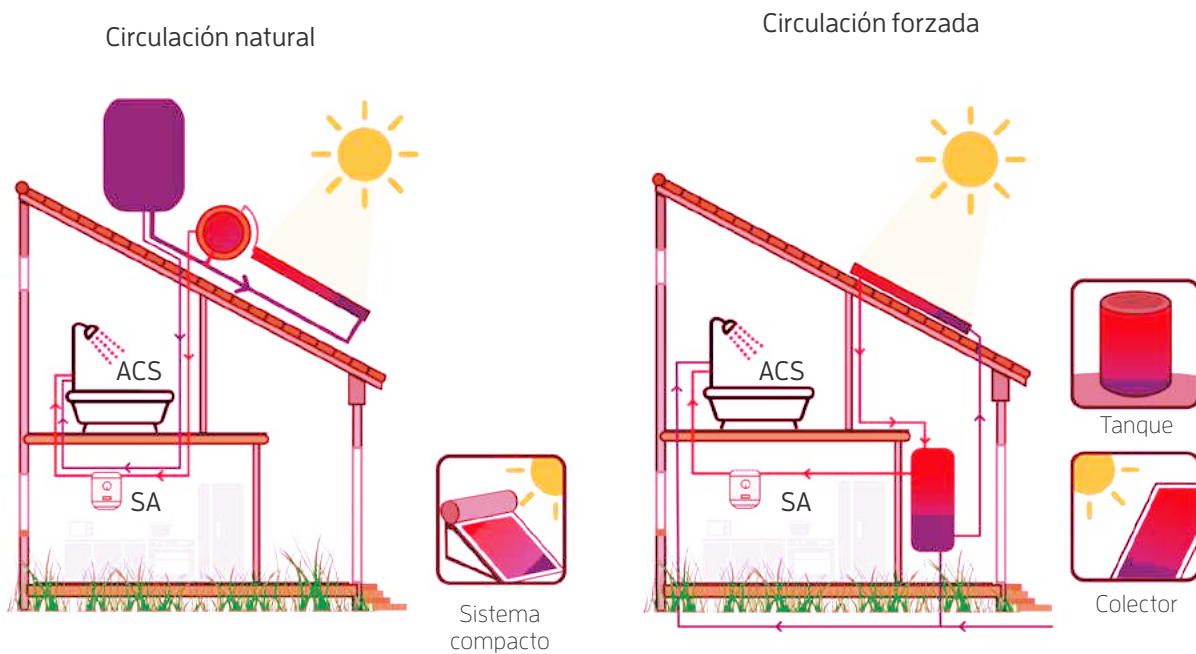


Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas forzados utilizan una bomba y un controlador para hacer circular el fluido caloportador dentro del colector. Los colectores normalmente se encuentran sobre el techo de las construcciones y el tanque se ubica en una sala de máquinas en otro nivel. El fluido circula desde el colector al tanque por acción de una bomba. En estos casos el circuito de calentamiento del colector es un circuito cerrado. El colector se usa para calentar un fluido caloportador y este, a su vez, intercambia calor con el agua de consumo a través de una serpentina ubicada en el interior de un tanque de acumulación. El circuito de calentamiento es activado mediante una bomba y varios sensores de temperatura vinculados a un

controlador solar, elemento capaz de gestionar el funcionamiento de la instalación. En la mayoría de los casos, la bomba se activa cuando hay suficiente calor en el colector como para ser removido, típicamente cuando la diferencia de temperatura entre el fluido del colector y el agua de almacenamiento es mayor a  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dependiendo de la configuración interna del tanque y mediante el control selectivo de las bombas respectivas, una misma instalación puede alimentar alternativamente el consumo de agua caliente sanitaria, y los sistemas de calefacción y de calentamiento de agua de piscinas. La diferencia entre los sistemas de circulación forzada y los de circulación natural puede verse en la figura 6.

**Figura 6. Diferencia esencial entre circulación natural y circulación forzada.**



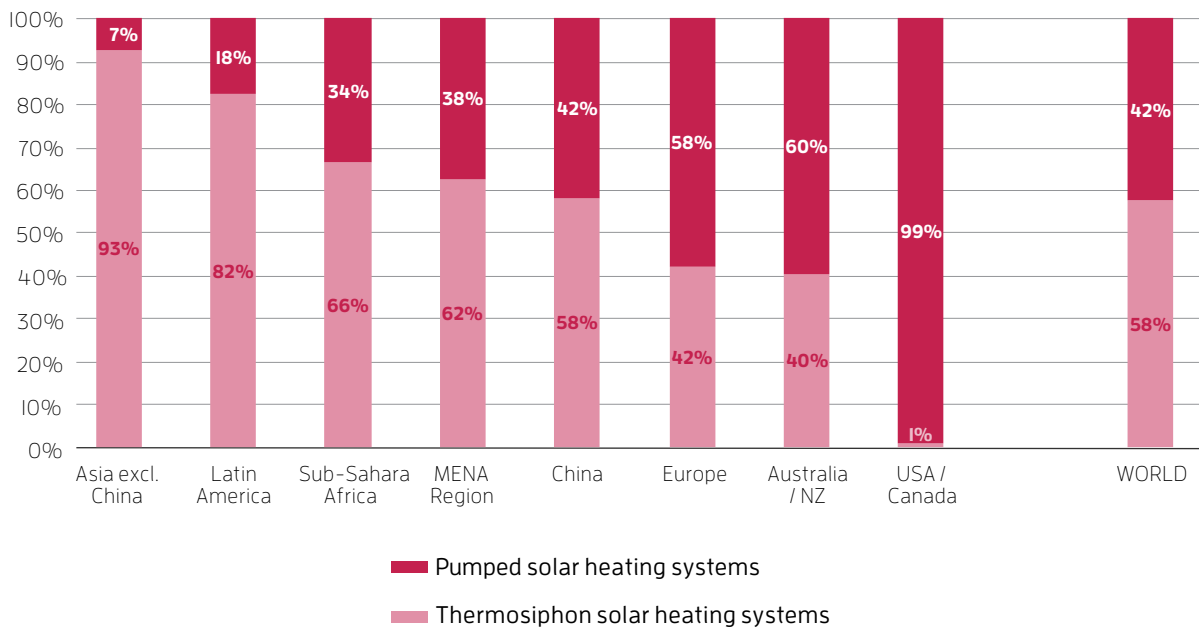
**SA:** Sistema de apoyo. **ACS:** Agua caliente sanitaria.

**Fuente:** Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética [SSEyER] (2019).

Según el último informe de la International Energy Agency (IEA, 2022), a nivel mundial, el 42 % de los sistemas instalados son del tipo de circulación forzada, mientras que el 58 % corresponden a

sistemas termosifónicos, tal como se muestra en la figura 7. En América Latina predominan los equipos termosifónicos que presentan una mayor simplicidad de construcción y uso.

**Figura 7. Distribución mundial por tipo de sistema solar térmico instalado para 2020.**



**Fuente: IEA (2022).**

Una segunda clasificación es entre equipos directos e indirectos. En los primeros existe un solo fluido caloportador y es el agua caliente de uso final. En cambio, los sistemas indirectos poseen un circuito cerrado con un fluido caloportador que actúa mediante un intercambiador de calor para calentar el fluido de uso final. Estos sistemas se suelen utilizar en aquellos casos en donde las características del agua la hacen perjudicial para la durabilidad y rendimiento de los equipos.

Los principios que rigen el aprovechamiento térmico de la energía solar son conocidos desde principios del siglo XX y la prueba más fehaciente de ello es la cantidad de SST instalados y en funcionamiento en el mundo. A nivel mundial, la tecnología con la que se fabrican estos equipos ha ido avanzando desde la primera crisis del petróleo en los años setenta hasta nuestros días. Se han incorporado superficies de alta absorbanza<sup>4</sup> y baja emisividad térmica,

<sup>4</sup> La absorbanza, también denominada densidad óptica, es la cantidad de luz absorbida por una solución.

permitiendo que el calor quede retenido dentro del colector y se reduzcan las pérdidas al ambiente por radiación. Se ha incorporado la tecnología de tubos de vacío, que tiene por objeto reducir las pérdidas térmicas por convección; el uso de espejos térmicos que impiden el escape del calor hacia el exterior del colector; e incluso, en desarrollos más recientes, se ha incorporado el uso de espejos reflectores con geometría innovadora que permiten disminuir las pérdidas ópticas al mínimo. De esta manera, conviven actualmente multiplicidad de diseños y tecnologías de colectores solares capaces de responder a distintas necesidades. Sin embargo, de acuerdo a sus características generales, los colectores se pueden agrupar según su temperatura de uso:

- **Colectores planos:** están formados por una caja o gabinete aislado con una cubierta o cobertor transparente y en su interior contienen un sistema de tubos por el cual fluye el agua a calentar. Los tubos pueden o no estar unidos a otras superficies con el fin de captar más radiación solar. Alternativamente, pueden tener vacío y también pueden formar parte de un panel fotovoltaico, en cuyo caso se los denomina paneles PVT (del inglés paneles fotovoltaicos y térmicos).
- **Colectores de tubos evacuados:** consisten en dos tubos de vidrio concéntricos o bien uno de vidrio y otro de metal, soldados entre sí como una ampolla, en cuyo interior se ha hecho vacío con el fin de reducir las pérdidas convectivas

que ocurren en los colectores planos. Por el proceso de manufactura, todos los tubos evacuados ya vienen con un recubrimiento selectivo en la parte externa del tubo interno. De hecho, el vacío solo tiene sentido si previamente se ha hecho un recubrimiento selectivo<sup>5</sup>.

- **Colectores plásticos o de piscinas:** estos colectores son en su mayoría de polipropileno extruido o inyectado. La característica sobresaliente es que no tienen caja, cobertura transparente, ni tampoco aislamiento térmico. Al ser de plástico, resisten bien la corrosión que ocasiona el agua clorada de las piscinas, pero al no tener cubierta transparente ni aislante tienen grandes pérdidas térmicas cuando las condiciones ambientales se tornan desfavorables. Su uso se limita a elevar la temperatura del agua para piscinas en zonas frías o bien que requieren una temperatura estable del agua, tales como las piscinas olímpicas.
- **Colectores con concentración:** estos colectores trabajan con reflectores que permiten aumentar la concentración de la energía solar a lo largo de una línea o superficie, permitiendo generar más calor por unidad de área. Requieren seguimiento solar en uno o dos ejes. No obstante, se utilizan para generar vapor directo para procesos industriales.

En la figura 8 se muestran las diferencias básicas de aspecto entre los diferentes tipos de colectores.

5 Se denomina recubrimiento selectivo a un tipo de tratamiento superficial que maximiza la captación de la radiación solar incidente.

**Figura 8. Tipos de colectores:** a) Colector plano con superficie selectiva. b) Colector de tubos evacuados (*Heat pipe*). c) Colector plástico o de piscina. d) Colector PVT. e) Colector concentrador con cilindro parabólico. f) Colector con concentrador fresnel.

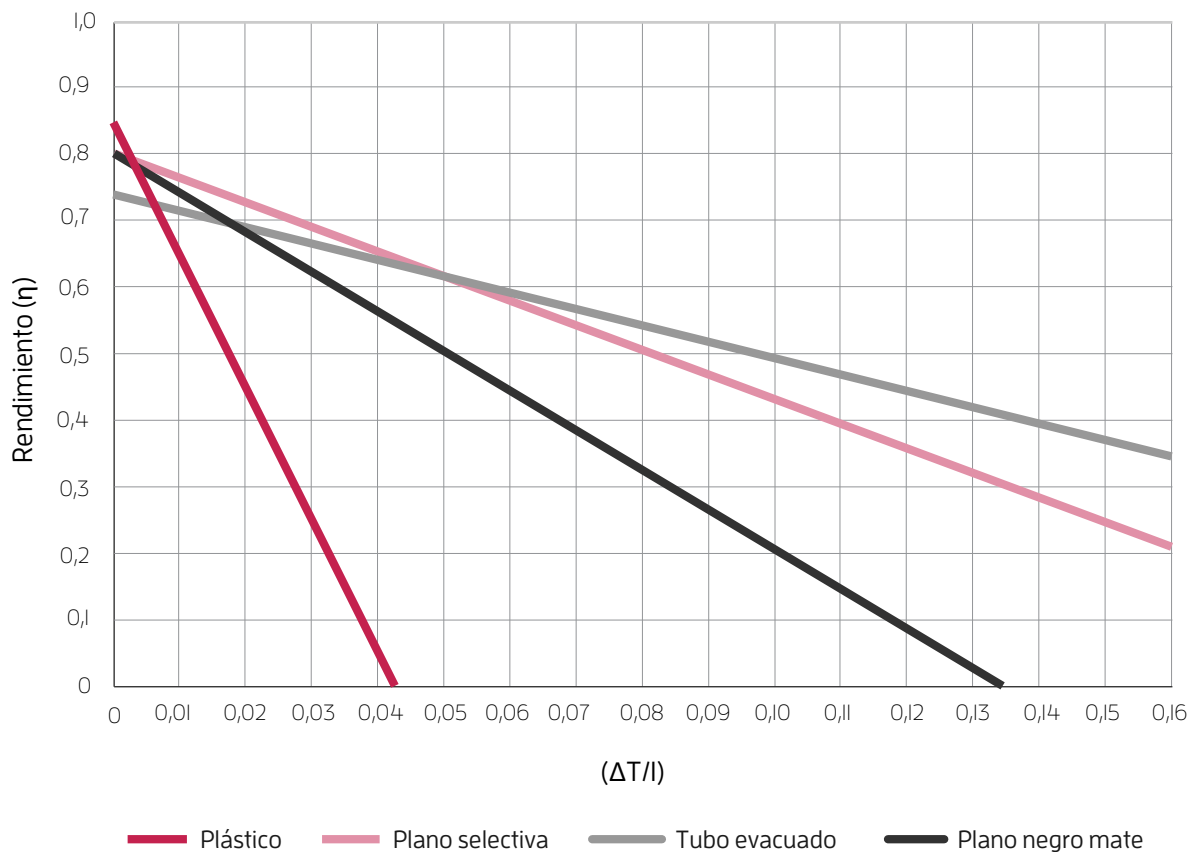


**Imágenes tomadas de:** a) Solar Payback [Nissan], b) Solar Payback [Mexico Solar / Heliocol de México SA DE CV], c) Ecofener, d) AE SOLAR, e) Solar Payback [Mayr-Melnhof Graphia Izmir] y f) Solar Payback [Rioglass Solar].

A diferencia de otro tipo de equipos, la eficiencia de un colector no se define por un número. Un colector está en permanente equilibrio con la radiación solar y la temperatura ambiente. De esta manera, no es posible asignar un solo valor de eficiencia a los colectores solares sino que es necesario determinar su curva de rendimiento. Esta curva representa el funcionamiento de los colectores solares

bajo distintas situaciones ambientales y es necesaria para dimensionar cualquier instalación. La curva de rendimiento se determina experimentalmente bajo condiciones controladas de los parámetros mencionados y conforme a la norma ISO 9806. En la figura 9 se muestra el rendimiento de los diferentes tipos de tecnologías definidas anteriormente.

**Figura 9. Diferencia entre las curvas de rendimiento típico de las distintas tecnologías de colectores solares.**



**Fuente: Elaboración propia.**

De esta manera, la selección de la tecnología adecuada para calentamiento solar será función de cada aplicación específica (agua caliente sanitaria, calefacción o calentamiento de piscinas) y, además, estará dada por las características climáticas de la zona (temperatura ambiente, velocidad del viento, irradiación solar, etc.).

Las condiciones de radiación y temperatura ambiente de gran parte del territorio colombiano permiten que para la producción de agua caliente sanitaria no sea necesario el uso de colectores con una alta eficiencia o con una muy buena curva de rendimiento.

Las condiciones de clima e irradiación en Colombia se situarían en el rango de 0 a 0,04  $\Delta T/l$ . En este rango, la diferencia de rendimiento entre las tecnologías de

colectores no es tan marcada. Las diferencias tecnológicas y de eficiencia son notorias en condiciones de baja temperatura ambiente, donde hay poco sol y mucho requerimiento de calor, tales como el otoño e invierno de los climas fríos. Estas situaciones climáticas en Colombia solo se presentan en pocas zonas. Las bondades de la irradiación solar disponible y la alta temperatura ambiente permiten el uso de equipos quizás no tan eficientes, de tecnología más sencilla y menores costos. En casos puntuales, como determinadas zonas o un proceso industrial, puede ser relevante el uso de tecnología más eficiente, pero en la mayoría de los casos de calentamiento de agua, se obtiene suficiente ahorro con el uso de colectores planos sin superficie selectiva, que pueden fabricarse en forma local sin demasiadas complicaciones.



### 3 Una aproximación al potencial solar térmico en Colombia. Órdenes de magnitud

#### **Estudiar el potencial térmico en detalle**

requiere de análisis específicos por sectores de usos, zonas geográficas y otros aspectos; sin embargo, es posible hacer algunas aproximaciones que brinden órdenes de magnitud.

Analizar el potencial solar térmico plantea dos cuestiones básicas: por un lado, analizar la disponibilidad de radiación solar en el territorio colombiano y, por el otro, dimensionar el potencial de sustitución de las fuentes utilizadas actualmente para producir agua caliente por sol, o sea, estimar la posible demanda a atender.

El primer dato para estimar la cantidad necesaria de SST para satisfacer una demanda de agua caliente sanitaria es conocer cuál es el consumo de agua caliente en litros, actual o potencial, y la temperatura de uso. A partir de ello, es posible determinar la energía térmica necesaria para el calentamiento del agua. Posteriormente, es posible evaluar el área necesaria de colectores solares para satisfacer la demanda<sup>6</sup>.

Debido a la falta de estadísticas que permitan conocer, por ejemplo, el consumo diario de agua caliente sanitaria en diferentes sectores, es posible realizar estimaciones que nos aproximen a un análisis de la demanda potencial. Para estos fines, en este documento se ha tomado como referencia el Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones de Energía Solar Térmica de baja temperatura de España (PCT de aquí en adelante) (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE], 2021). Esta herramienta es ampliamente utilizada como referencia para estimar los datos de consumo de agua caliente sanitaria por sector, no solo en España, sino en toda Europa y en varios países de Latinoamérica. Allí se define la cantidad de agua caliente diaria a 60 °C que es necesario considerar a la hora de dimensionar cualquier sistema solar térmico. Particularmente, la tabla I muestra los valores de consumo de agua caliente sanitaria diaria que se utilizan para la estimación del consumo de cada uno de los sectores analizados en este documento.

<sup>6</sup> Existen varias formas de dimensionar la demanda, en este caso haremos referencia a la cantidad de metros cuadrados de colectores solares necesarios.

**Tabla I. Valores de referencia de consumo de agua caliente sanitaria a 60 °C**

Criterio de consumo	Litros por día	Unidad
Viviendas unifamiliares	50	Por persona
Viviendas multifamiliares	30	Por persona
Hospitales y clínicas	50	Por cama
Hoteles (4 estrellas)	70	Por cama
Hoteles (3 estrellas)	55	Por cama
Hoteles (2 estrellas)	40	Por cama
Hoteles (1 estrella)	40	Por cama
Hostales	40	Por cama
Campings	80	Por emplazamiento
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	50	Por persona
Vestuarios/duchas familiares	20	Por servicio
Cuarteles	20	Por persona
Gimnasios	30	Por persona
Lavandería	3	Por kg de ropa
Restaurantes y bares	5	Por comida
Cafetería	1	Por café

**Fuente: IDAE (2021).**

La mayoría de los equipos solares térmicos instalados en el mundo, y los que se comercializan en la mayoría de los países, cumplen con la relación que se muestra en la **ecuación I**, donde  $V$  es el volumen en litros de acumulación del equipo y  $A$  es el área de colectores solares del equipo en metros cuadrados:

$$50 \text{ l/m}^2 \leq V/A \leq 150 \text{ l/m}^2 \quad \text{(I)}$$

A los fines de hacer una estimación de la relación  $V/A$  que no sea demasiado conservadora u optimista, resulta útil decir que es posible considerar  $1 \text{ m}^2$  de colector solar por cada 100 litros de volumen de acumulación de agua caliente, es decir  $V/A = 100 \text{ l/m}^2$ , que adicionalmente es un valor de formato bastante común de comercialización de este tipo de sistemas. Tomando como referencia este valor de punto medio de la relación, es posible

estimar el área potencial de colectores conociendo solamente la demanda de agua caliente (en litros) para los diferentes sectores.

De esta manera, el hecho de utilizar la tabla I con la relación  $V/A = 100 \text{ l/m}^2$ , permitirá estimar en forma aproximada un potencial por sector que permite hacer un primer análisis. Este podría ser más grande, considerando las variables mencionadas anteriormente, tales como el uso de otra temperatura de referencia u otra relación  $V/A$ , o bien procesando datos de consumo medido de cada sector.

### El sector residencial

El potencial de la energía solar térmica en el sector residencial es importante. Según el censo de población hacia finales de 2022 y las estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la población alcanza los 49 834 240 habitantes y existen 12 064 452 viviendas, lo que da un aproximado de 4,0 habitantes por vivienda. De acuerdo con el estudio de comportamiento energético del sector residencial en Colombia (UPME, 2006), los hogares son en un 60 % casas y un 40 % departamentos.

De acuerdo con la tabla I, es posible suponer que cada hogar consume 200 litros de agua caliente por día. Considerando solo el total de hogares que tienen calentadores (70 %), implica que se consumen diariamente alrededor de 1 700 000 000 de litros de agua caliente por día. Si, además, se asume que la mitad de ese consumo no es accesible para un sistema solar térmico, ya sea por sombras de construcciones vecinas o por infraestructura, entonces el consumo de agua caliente diaria asciende a 850 000 000 litros diarios. De esta manera, y siguiendo la relación de  $V/A$  planteada al principio, se obtiene un área potencial de 8500 000  $\text{m}^2$  de colectores en el sector residencial.

### El potencial solar térmico en el sector hotelero

En el sector hotelero existen 649 857 camas distribuidas en diferentes alojamientos de todas las categorías (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, 2022). Asumiendo un promedio de 50 litros de agua caliente por día en todos los tipos de alojamiento descritos en la tabla I, el consumo total diario sería de aproximadamente 32 000 000 litros. Con la misma premisa que en el sector residencial, es posible asumir que solo un 50 % del consumo es atendible por energía solar, con lo que se obtiene un área potencial de 162 000  $\text{m}^2$  de colectores en el sector de hoteles y alojamientos.

### El potencial solar térmico en el sector salud

En Colombia existen diferentes tipos de centros de salud. Solo en el rubro hospitales, existen aproximadamente 1800 que cuentan con alrededor de 90 000 camas (Bitencourt y Monza, 2017).

Siguiendo la premisa de la Tabla I, el consumo diario de agua caliente en los hospitales sería de 4 500 000 litros diarios, a los que se suman los consumos de los otros centros de salud. Siguiendo la misma premisa que en la sección anterior, si se asume que el 50 % de los hospitales pueden incorporar agua caliente, se tiene que el área potencial de calentadores solares en este sector es de aproximadamente 22 500  $\text{m}^2$ . Esta estimación deja de lado todos los otros centros de salud que sí necesitan agua caliente pero que no tienen camas de internación de ningún tipo.

### El potencial solar térmico en el sector industria

Dentro del sector industrial, los sectores que tienen un mayor potencial de intervención solar térmico son los que tienen un uso intensivo de agua caliente.

Entre los principales sectores podemos ubicar a la industria de alimentos, la fabricación de productos químicos y la fabricación de productos textiles. El resto de las industrias posee algún uso de agua caliente, pero es menor en comparación con las mencionadas. En el caso de la industria de la madera, por ejemplo, se pueden utilizar colectores de aire<sup>7</sup> para el secado de las mismas.

De acuerdo con el Informe de Calor Solar para Procesos Industriales de la Agencia Internacional de Energías Renovables (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2015a) los procesos industriales de media y baja temperatura —es decir, a menos de 150 °C— constituyen el 45 % de los requerimientos de calor; es allí donde la energía solar térmica presenta un potencial de aprovechamiento.

Usualmente, los procesos industriales que utilizan un fluido térmico extraen el calor a temperaturas de alrededor de 60 °C de sistemas de generación de vapor, en vez de trabajar con sistemas de calentamiento a menores temperaturas. Este hecho genera gastos energéticos innecesarios y abre un potencial de inserción de la energía solar térmica para el aprovechamiento de calor para procesos industriales.

Existen alrededor de 279 proyectos registrados que implementan energía solar térmica en el mundo (IEA, 2022). La mayor parte de ellos están aplicados a procesos relacionados con la industria alimenticia.

La determinación del potencial de aprovechamiento solar térmico a nivel industrial requiere un análisis de cada caso en forma específica. Resulta

muy complejo definir un porcentaje de ahorro específico para un gran sector industrial, ya que los tamaños y procesos son variables aún dentro de cada industria. No obstante, estableciendo un criterio de similitud con el sector hotelero, es posible considerar que el área potencial de calentadores solares en el sector industrial debería ser al menos la misma que en aquel sector. De esta manera se establece que el área potencial de calentadores solares en el sector industrial en Colombia asciende a 162 000 m<sup>2</sup>.

## La irradiación solar

Una vez conocida el área potencial de calentadores solares resulta útil conocer cuánta energía se espera que ese potencial desplace. Para ello es necesario conocer, en promedio, cuánta energía térmica se espera que genere cada colector solar a lo largo de un año de uso. Dado que ese dato no se conoce para Colombia, es necesario estimarlo con base en la comparación con otros países de similitud climática y de irradiación solar. El informe *Solar Heat Worldwide* de la IEA (2022) brinda información acerca del rendimiento energético anual de un colector en función de los parámetros mencionados y será utilizado aquí como referencia comparativa.

Resulta entonces necesario conocer los valores de irradiación solar en Colombia. La figura 10 muestra la irradiación solar media anual en el plano horizontal para todo el país (Solargis, 2022). Existe una clara diferencia entre la irradiación solar en la zona montañosa y en la zona de llanura.

**7** Los colectores de aire tienen un principio de funcionamiento similar que los de agua, pero aquí el fluido es aire.



Al analizar la figura 10, en la zona de llanura (este) es posible asumir una irradiación media anual en el plano horizontal de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. En la zona de montaña (oeste) se alternan sitios que alcanzan 5,5 kWh/m<sup>2</sup> con lugares de 3,3 kWh/m<sup>2</sup>, que son, respectivamente, picos despejados y valles sombreados. Promediando ambos se obtiene un valor de 4,35 kWh/m<sup>2</sup> y promediando este valor con el anterior es posible utilizar un solo valor de

4,4 kWh/m<sup>2</sup> válido para toda Colombia, con el fin de determinar el ahorro energético con el área potencial de colectores. Utilizando ese valor, la energía total anual promedio asciende a 1606 kWh/m<sup>2</sup>.

La tabla 2 muestra una comparación entre la irradiación solar y la temperatura ambiente para México y Brasil, según el informe de IEA (2022).

**Tabla 2. Valores de rendimiento anual de un colector solar para diferentes localidades con climas similares a Colombia**

País	Irradiación solar horizontal (kWh/m <sup>2</sup> ) media anual	Temperatura ambiente (°C) media anual	Rendimiento medio anual del colector (kWh/m <sup>2</sup> )
Brasil	1793	22 °C	809
México	1706	16.6 °C	718

Fuente: IEA (2022).

Con base en la información de referencia y la variabilidad de la irradiación solar en Colombia, una suposición conservadora sería estimar el rendimiento anual de un colector en 650 kWh/m<sup>2</sup>.

Luego, respetando las proporciones actuales de uso de calentadores a gas natural y eléctricos, y sus respectivas eficiencias de transferencia de calor, es posible determinar el ahorro de gas y electricidad que generaría el área potencial de calentadores solares en el país.

## El potencial solar térmico en el país y el ahorro esperado

Si se suman las potencialidades definidas en cada sector y se incluyen otras no especificadas, tales como el uso de agua caliente en el sector deportes para vestuarios, piscinas, albercas, así como otros usos, tales como servicios y comercio (un restaurante, por ejemplo), **el potencial de instalación de calentadores solares en Colombia se estima en al menos 10 000 000 m<sup>2</sup>**. La tabla 3 muestra un resumen de los datos estimados.

**Tabla 3. Valores estimados de potencial solar térmico y ahorro de energía y gas natural para Colombia**

Sector	Área potencial (m <sup>2</sup> )	Ahorro anual de energía (MWh)	Ahorro anual de gas (86 % del total*) (m <sup>3</sup> )	Ahorro anual de electricidad (14 % del total**) (MWh)
Residencial	8 500 000	5 525 000	571 939 815	850 850
Hotel	162 000	105 300	10 900 500	16 216
Salud	22 500	14 625	1 513 958	2 252
Industria	162 000	105 300	10 900 500	16 216
Otros (clubes, comercios, sector público)	1 153 500	749 775	77 615 597	115 465
<b>Totales</b>	<b>10 000 000</b>	<b>6 500 000</b>	<b>672 870 370</b>	<b>1 001 000</b>

**Notas: (\*)** El equivalente energético de gas natural considera una eficiencia de quemado del 70 % y una capacidad calorífica de 10,8 kWh/m<sup>3</sup> (el poder calorífico puede variar según la composición del gas).

**(\*\*)** El equivalente energético considera una eficiencia de transferencia de calor del 90 %.

**Fuente: Elaboración propia**

En el caso del gas natural, el ahorro estimado en metros cúbicos equivale a 24 203 GBTU anuales o 66 GBTUD. Esto representa una potencialidad de casi un 45 % del consumo de gas natural del sector residencial, un 80 % del sector comercial y un 30 % del sector industrial, según el consumo estimado en UPME (2015a).

De esta manera, el potencial solar térmico en Colombia tiene mucho para aportar a la transición energética.

## 4 El sector solar térmico en la región y el mundo

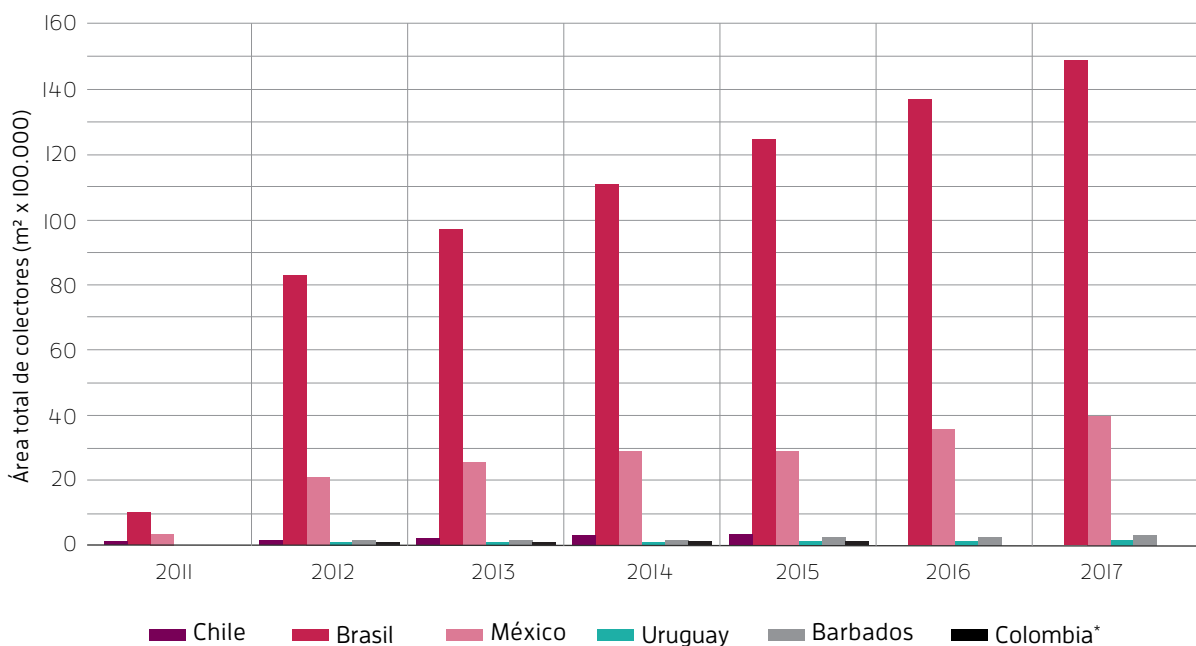
### De acuerdo con el informe de la Fundación

Bariloche (2018), los diferentes países de la región latinoamericana presentan diferentes grados de evolución del mercado solar térmico, y esto se ve reflejado en la superficie total de colectores solares instalada. Casos de éxito como Barbados, Brasil y México son el resultado de 10 a 15 años de aplicación de diferentes políticas de promoción del uso de calentadores solares. Uruguay, Chile y Colombia están comenzando a transitar el camino al desarrollo de un mercado solar térmico.

La figura II muestra la evolución del área total de colectores solares instalada desde 2011 a 2017 en cinco países de Latinoamérica.

El análisis de la figura II muestra que Brasil es el que posee la mayor área de SST instalados, seguido por México. En tercer y cuarto lugar se ubican Chile y Uruguay, y finalmente tenemos a Barbados y Colombia. Sin embargo, el dato de superficie instalada no informa sobre el grado de penetración de esta tecnología en cada país. Para ello es mejor recurrir al área de calentadores solares de agua instalada per cápita en cada país o región. La figura I2 muestra el área per cápita para los mismos países.

**Figura II. Área total de colectores solares instalada en cinco países de Latinoamérica entre 2011 y 2017.**



**Nota: (\*)** Para el caso de Colombia solo se presentan datos de los años 2012 a 2015.

**Fuente: Elaboración propia con base en Fundación Bariloche (2018) y Solar Heat Worldwide (IEA, 2019).**

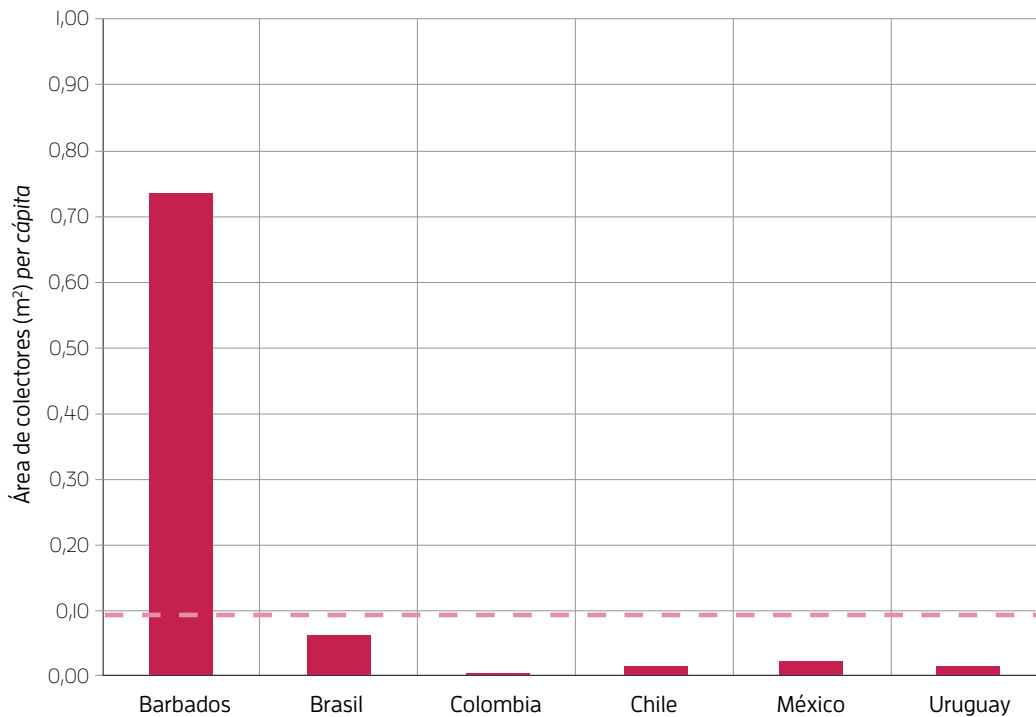


Del análisis de la figura 12 se observa que el país con mayor grado de penetración de la tecnología solar térmica es Barbados, con casi 0,7 m<sup>2</sup> per cápita; seguido de Brasil con 0,06 m<sup>2</sup> per cápita; mientras el resto de los países se ubican entre 0,01 y 0,02 m<sup>2</sup> per cápita.

Esta información permite identificar cuál es el impacto real de la tecnología en su contexto local. El área total indica el volumen del mercado,

mientras que el área per cápita permite identificar la penetración de esa tecnología en su contexto local y nacional. Si bien es cierto que Brasil o México poseen un área total instalada notablemente mayor que Barbados, también es cierto que su población es sustancialmente mayor y que, por tanto, alcanzar el grado de penetración de la tecnología que posee Barbados requerirá que Brasil instale 11 veces más y México 31 veces más el área de colectores que poseen instalada actualmente.

**Figura 12. Área de colectores solares per cápita en diferentes países de Latinoamérica.**

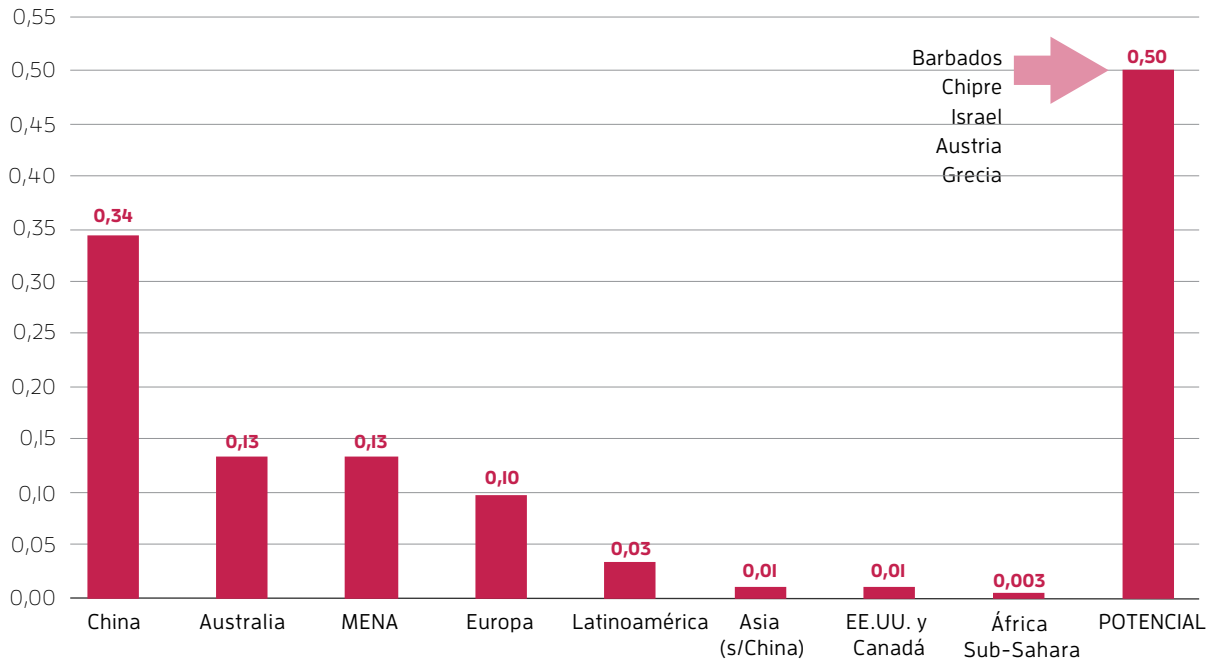


**Fuente: Fundación Bariloche (2018).**

Realizando una comparación con el resto del mundo, un alto grado de penetración del mercado se alcanza cuando la superficie instalada alcanza un valor de 0,5 m<sup>2</sup> per cápita. La figura 13 muestra

el área per cápita instalada en diferentes países con un alto grado de penetración de SST, en contraposición con otras regiones del mundo, incluyendo Latinoamérica.

**Figura 13. Área per cápita instalada de colectores solares en diferentes regiones del mundo en comparación con el potencial de 0,5 m<sup>2</sup> ya alcanzado por algunos países.**



**Fuente: Elaboración propia con base en IEA (2022).**

Del análisis de las figuras anteriores, es posible interpretar que el área per cápita instalada de colectores solares es el indicador que muestra la situación real del mercado. Asumiendo que Colombia alcance un 0,5 m<sup>2</sup> per cápita de penetración, se traduciría en un área de calentadores solares instalados de 24 000 000 m<sup>2</sup>. Anteriormente hemos definido el potencial en casi 10 000 000 m<sup>2</sup>, lo que

dejaría a Colombia en un valor de 0,2 m<sup>2</sup> per cápita considerando la población actual, un valor que otros países han alcanzado y superado ampliamente. Este hecho demuestra que el potencial analizado anteriormente es posible de asumir como meta, aún sin saturar el mercado.

## 5 Fabricación local versus importación de tecnología

**Del análisis de diversos reportes e** informes internacionales, es importante destacar que la mejor forma de apuntalar el crecimiento de un mercado solar térmico genuino es generando tecnología localmente (IRENA, 2021).

Los SST tienen la ventaja de que, desde el punto de vista industrial, son sencillos de fabricar. En la mayoría de las opciones, se trata de metalmecánica liviana. Existen muchos modelos y tipología de equipos que pueden ser fabricados con infraestructuras existentes, desde los más sencillos hasta los más complejos. La fabricación local no solo puede generar una diversificación de la industria nacional, sino también una demanda de mano de obra calificada y nuevos puestos de trabajo. Por otro lado, se obtienen mejores precios de productos, y mejor disponibilidad y atención en lo que refiere al producto.

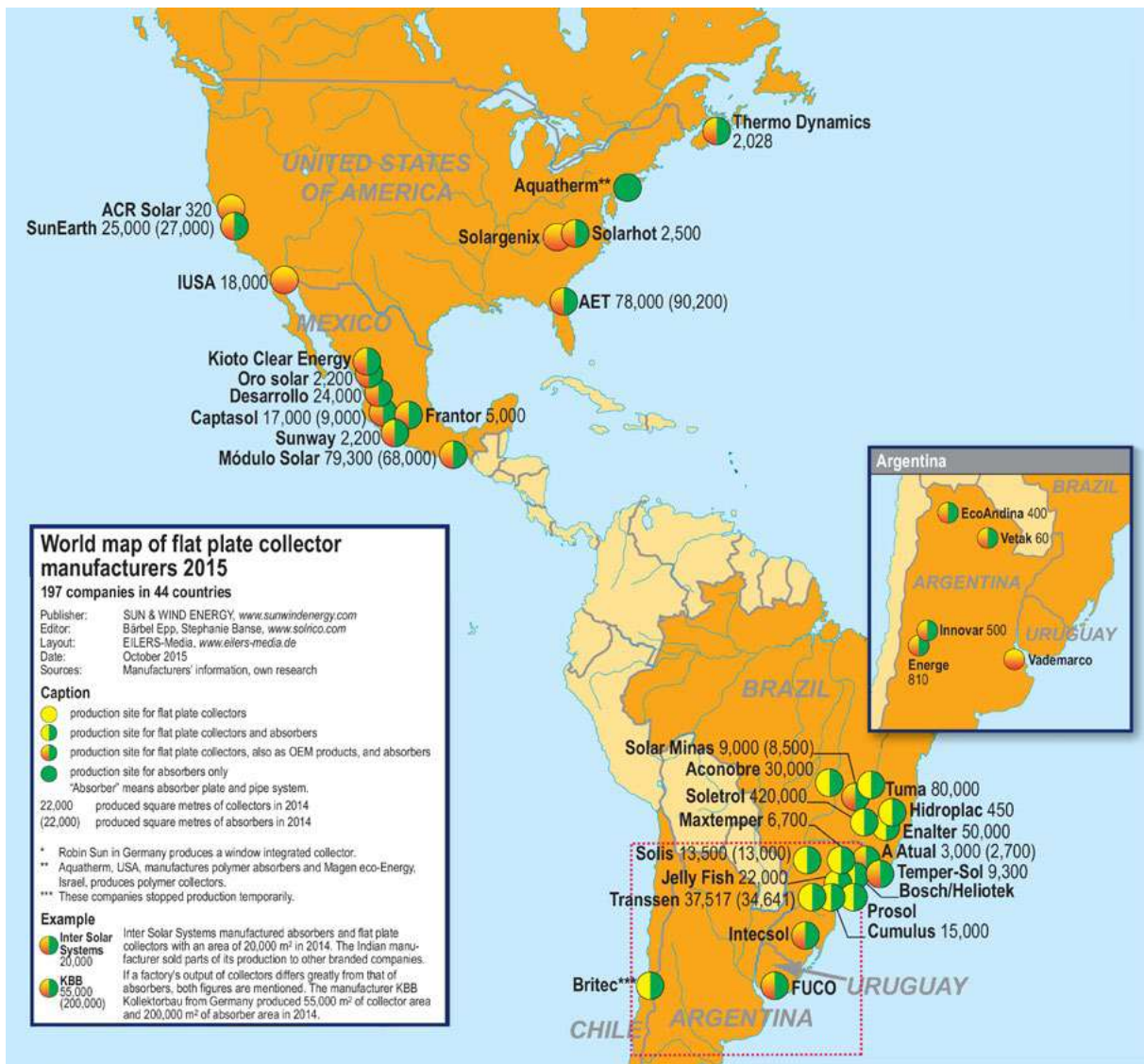
Los países que han implementado con mayor éxito el sector solar térmico (Brasil, México y Barbados) cuentan con fábricas a nivel nacional. En el resto de los países el mercado no ha despegado aún y la dependencia de la importación puede ser una de las razones.

En este punto resulta interesante plantear cuál es el potencial de fabricación de colectores en Colombia. Particularmente en Latinoamérica, en el caso de Brasil existen fábricas que van desde los 450 m<sup>2</sup> anuales hasta los 90 000 m<sup>2</sup> anuales y, en el caso de México, desde 2000 m<sup>2</sup> anuales hasta 79 300 m<sup>2</sup> por año. La figura 14 muestra la fracción regional del mapa mundial de fabricantes de colectores solares a 2015 (SOLRICO, 2015).

En cuanto a la cantidad de fábricas que deben existir en función de los habitantes de un país, no existe un número definido con precisión. No obstante, tomando como ejemplo a Barbados, existe una empresa fabricante para una población de 290 000 habitantes. En el caso de China, existen más de 2000 fábricas de calentadores solares para una población de aproximadamente 1 390 000 000 de personas (IRENA, 2015b) y, con base en diálogos con expertos, este número asciende a 3500 fábricas totales. En Brasil existen más de 100 fábricas para una población de 204 000 000 de personas (IRENA, 2015b) y, basados en entrevistas con expertos del sector, el número real de fábricas es más cercano a 150. Por otro lado, en Turquía existen unos 200 fabricantes para 80 000 000 de habitantes (IEA, 2016). En la mayoría de los casos, existen fábricas que figuran como tales en estadísticas internacionales y también hay muchos talleres en situación de informalidad que desarrollan la misma tarea. Por estos motivos no es posible asignar un número preciso de fábricas por habitante.

Al realizar un análisis de los casos mencionados acerca de la cantidad de fábricas por habitantes, una fábrica debería poder existir cada 300 000 o 400 000 habitantes en cualquier país. De esta manera, existe un potencial de instalación de fábricas de colectores solares de al menos unas 100 fábricas en Colombia, dependiendo de la cantidad de colectores solares que desee producir cada una de ellas. Si asumimos que se puede alcanzar el potencial para el año 2050, cada una de las 100 fábricas debería poder producir y vender unos 3000 m<sup>3</sup> de colectores al año.

**Figura 14. Mapa de fabricantes de energía solar térmica a 2015 (extracto parcial del mapa completo).**



**Fuente: SOLRICO (2015).**

Es necesario aclarar que la fabricación nacional debe estar asociada a incentivos por parte del Estado. Estos incentivos pueden estar asociados a que el Estado realice la compra de equipos a fabricantes nacionales en vez de a importadores, o bien que existan determinados beneficios fiscales para el desarrollo de emprendimientos de fabricación. Una opción adicional puede ser arancelar

la importación de calentadores convencionales a electricidad o GLP (gas licuado del petróleo) y con ello crear un fondo de incentivo para los SST. Cualquiera que sea el caso, es necesario que el producto nacional tenga alguna ventaja competitiva con respecto a los equipos importados.

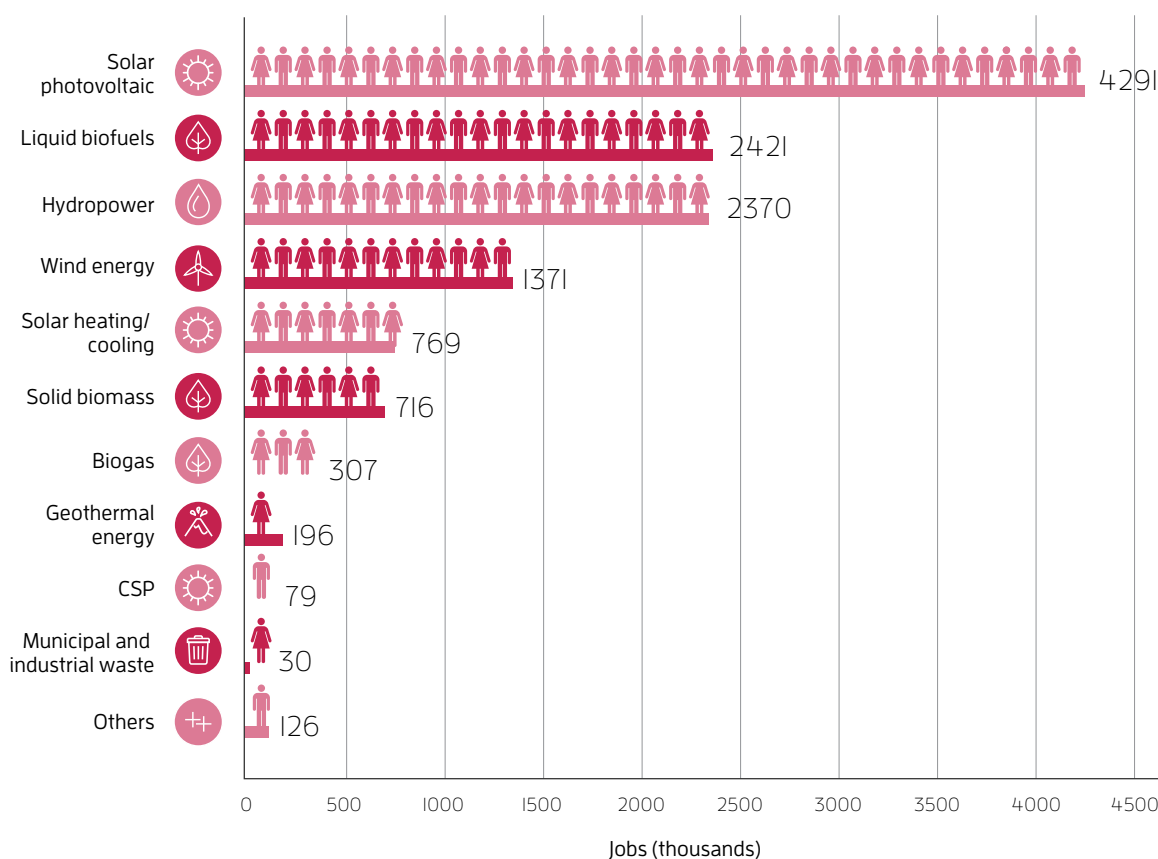
## 6 Empleo asociado al sector solar térmico

Según IRENA (2022) en su informe de empleos asociados a las energías renovables, el sector solar térmico mundial requirió de 769 000 puestos de trabajo, desde la fabricación hasta la instalación y mantenimiento de los sistemas. Los resultados esenciales de ese informe se muestran en la figura I5.

Por otro lado, según el informe de la IEA (2019), en países con un alto componente de mano de obra en la producción de colectores solares, se necesitan

instalar 87 m<sup>2</sup> de colectores por cada trabajo de tiempo completo. En países con un grado de automatización avanzado y un alto costo de mano de obra, se requieren 133 m<sup>2</sup> para un trabajo de tiempo completo. En un país como Colombia y en un estado inicial de desarrollo del mercado, es posible asumir que el primer valor sería la situación más representativa. De esta manera, tomando como referencia los números mencionados, un potencial de 10 000 000 m<sup>2</sup> de colectores solares generaría unos 114 942 puestos de trabajo.

Figura I5. Empleos en energías renovables.



Note: CSP = concentrated solar power. "Others" include jobs not broken down by individual renewable energy technologies. Source: IRENA jobs database.

Fuente: IRENA (2022).

## 7 Estado actual de la energía solar térmica en Colombia

### Experiencias piloto

#### De acuerdo con el trabajo de la Fundación

Bariloche (2018), hacia finales de la década de los ochenta, el Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESECA) –un proyecto realizado por la Corporación de Energía Eléctrica de la Costa Atlántica (CORELCA), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica)– introdujo los SST en la Costa Atlántica y desarrolló un campo experimental en Turipaná, Córdoba, en donde se realizaron pruebas y ensayos para determinar la eficiencia de estos sistemas. Este momento puede considerarse el origen de las normas sobre calentadores solares, iniciativa que siguió su desarrollo por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) y que ha dado origen a las normas existentes en el país sobre tales dispositivos. Si bien los SST para una pequeña familia costaban, ya a mediados de los ochenta y noventa, el equivalente a USD \$1000 por sistema (tanque de 120 litros y 2 m<sup>2</sup> de colectores solares) y representaban una inversión inicial medianamente alta, instituciones como el antiguo Banco Central Hipotecario, al hacer un análisis del valor presente neto, comprendieron que era más económico emplear calentadores solares que emplear electricidad para calentar agua y dotaron a varias de sus urbanizaciones con estos equipos. Pero fue posteriormente la introducción de un energético más barato, el gas natural, la que desplazó del mercado esta nascente industria desde mediados de los años noventa hasta

la actualidad. El desarrollo alcanzado hasta 1996 indicaba que se habían instalado 48 901 m<sup>2</sup> de calentadores solares, principalmente en Medellín y Bogotá, y en barrios con financiación del Banco Central Hipotecario (Murcia, 2009).

Por estos días, y en medio de la crisis internacional generada por el conflicto en Ucrania, el precio del gas natural se ha disparado, motivando una inflación a nivel internacional. Así mismo, ha demostrado la vulnerabilidad internacional ante los precios de los combustibles fósiles. En este contexto, surge una nueva oportunidad para retomar el desarrollo de los SST que Colombia ha realizado en el pasado, y permitir que la energía solar térmica sea una opción rentable y ambientalmente sostenible, generando empleo y mitigando las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Normativa técnica de colectores solares

El ICONTEC posee una amplia y diversa gama de normas referidas a los SST, basadas en las normas ASHRAE. Su origen se remonta a los años ochenta, cuando la crisis en los precios del petróleo generó un auge de la energía solar térmica en Colombia, como vimos anteriormente. No obstante, no existe ningún reglamento, requisito oficial u obligatoriedad respecto del cumplimiento de estas normas. La normativa existente y vigente se describe en la tabla 4. Estas herramientas normativas son esenciales para pensar en un desarrollo solar térmico confiable.

**Tabla 4. Normativa vigente respecto de los SST en Colombia**

<b>Norma</b>	<b>Contenido</b>
<b>NTC 5434-1</b>	Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte I: requisitos generales.
<b>NTC 5434-2</b>	Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte 2: métodos de ensayo.
<b>NTC 1736</b>	Energía solar. Definiciones y nomenclatura.
<b>GTC (Guía Técnica Colombiana) 108</b>	Energía solar. Especificaciones para sistemas de calentamiento de agua con energía solar destinada al uso doméstico.
<b>NTC 4368</b>	Eficiencia energética. Sistemas solares térmicos y sus componentes.
<b>NTC 2631</b>	Energía solar. Medición de transmitancia y reflec- tancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar.
<b>NTC 2774</b>	Evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores solares.
<b>NTC 3322</b>	Sellos de caucho usados en colectores solares de placa plana.
<b>NTC 3507</b>	Instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar.
<b>NTC 5291</b>	Sistemas de calentamiento solar doméstico de agua (transferencia de calor de un líquido a otro).

**Fuente: Elaboración propia.**

## Marco normativo e incentivos a la energía solar térmica

Se presentan aquí al menos dos herramientas que se identifican como valiosas.

### Guía de construcción sostenible

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio expidió el Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 549 de 2015 con la cual se adopta la guía de construcción para el ahorro de agua y energía, la cual es obligatoria desde 2017. Dentro del Anexo I de la guía de construcción sostenible se establecen los siguientes requisitos mínimos para los SST:

- Todos los requerimientos de agua caliente para hospitales y hoteles deben ser cumplidos al 100 % por SST.
- 25 % de los requerimientos del agua caliente para edificaciones de viviendas VIS/VIP<sup>8</sup> deben ser cumplidos por SST.
- 40 % de los requerimientos de agua caliente para edificaciones de viviendas no VIS/VIP deben ser cumplidos por SST.

Esto constituye un incentivo directo al uso de los SST en nuevas construcciones.

### Ley 1715

La Ley 1715 de 2014 establece los siguientes objetivos (Ministerio de Energía, s. f.):

- Integrar la generación de energía eléctrica con energías renovables.
- Implementar medidas de eficiencia energética, profundizando lo comenzado con el PROURE (Programa de Uso Racional de la Energía).

En el primero de los objetivos los SST no tienen participación. En el segundo objetivo, los SST entran en el objeto de la ley como una de las medidas de eficiencia energética, reemplazando el consumo de termotanques eléctricos o calefones a gas. A partir de la misma, define varios beneficios fiscales para aquellos usuarios que incorporen la energía solar térmica.

Con la publicación y puesta en marcha de la Ley 1715, Colombia da cumplimiento a compromisos adquiridos en la aprobación del estatuto de la IRENA, que busca concientizar a las diferentes naciones sobre la importancia de investigar y desarrollar fuentes de energía no convencionales para mejorar el medioambiente y todo lo que este contempla.

**8** Vivienda de Interés Social (VIS) es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes en Colombia (135 SMLM).



## 8 Herramientas para un plan de política pública en el sector solar térmico

**Hemos observado que el sector solar térmico** es una esfera de desarrollo que presenta algunos aspectos sumamente importantes en la construcción de un proceso de transición energética popular que fortalezca la autonomía nacional y regional.

En términos prácticos se plantea la posibilidad de construir un programa de desarrollo solar térmico integral que plantee los siguientes objetivos:

- Mejorar la calidad de vida de la población, en particular en sectores vulnerables, procurando la provisión de servicios energéticos.
- Fomentar la demanda y la oferta de equipos de aprovechamiento de fuentes renovables de energía, en particular equipos de Energía Solar Térmica.
- Contribuir con el desarrollo e investigación tecnológica nacional y regional.
- Proteger la implementación y el crecimiento sostenible de las tecnologías de aprovechamiento de la Energía Solar Térmica, mediante una adecuada instalación del equipamiento.
- Generar empleo mediante emprendimientos productivos públicos, de cooperativas y pequeñas y medianas empresas nacionales.
- Generar nuevas capacidades técnicas locales en diseño, producción, instalación y mantenimiento de sistemas solares híbridos.
- Sustituir la importación de equipos elaborados en el exterior por equipos de fabricación nacional, ahorrando divisas.
- Generar un ahorro en el consumo nacional de gas y electricidad, al sustituir por sol parte del consumo energético necesario para el calentamiento de agua con fines sanitarios.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este marco, algunos posibles ejes para pensar en el desarrollo de un programa nacional de desarrollo solar térmico debieran ser:

- Mapeo detallado del potencial de uso de energía solar térmica. Esto implica relevar en profundidad las capacidades instaladas en los sectores residencial, comercial, industrial, hotelero, de salud y deportes, y realizar una estimación cualitativa de potencial de mercado y los ahorros asociados en energía, emisiones, combustibles y electricidad.
- Definir un objetivo de área instalada o equipos instalados a alcanzar para un año determinado.
- Definir si el programa de desarrollo estará orientado a la fabricación nacional, a la importación o a ambos.
- Realizar instalaciones ejemplares en el sector público y atendiendo diferentes necesidades.
- Verificar la aplicación de la Guía de Construcción para el Ahorro de Agua y Energía en la construcción y desarrollo viviendas sociales.
- Definir requisitos obligatorios y mínimos de calidad que se deben cumplir, tanto en el equipamiento como en las instalaciones solares.
- Diseñar beneficios e incentivos para la implementación en el sector privado, sobre todo en la industria.
- Desarrollar capacidades productivas capaces de sustituir las importaciones en calidad y costo, con beneficios para los fabricantes locales y beneficios para la compra de tecnología local.
- Desarrollar herramientas de diseño específicas para Colombia y de libre acceso para usuarios de cualquier sector.
- Desarrollar campañas de concientización acerca de la tecnología a través de eventos y seminarios. Incluir la diseminación de datos de funcionamiento de proyectos piloto.
- Desarrollar capacidades locales, incorporando currículos específicos en todos los niveles de formación, tanto universitarios como terciarios y de formación no profesional. Asimismo desarrollar las instalaciones de aprendizajes.
- Coordinar una campaña de transversalización tecnológica en todas las dependencias de Gobierno que toquen la temática de energías renovables.
- Desarrollar proveedores locales, para no depender de capacidades importadas.
- Buscar cooperación internacional y referencia de desarrollo de otros mercados regionales.
- Profundizar en las líneas de financiamiento existentes.

## Conclusiones

### **Pensar alternativas energéticas más allá**

del sector eléctrico suele ser poco usual a la hora de pensar procesos de cambio.

El objetivo del presente trabajo es el de delinear un posible eje de política pública. Para ello, en primer lugar, mostramos la potencialidad del sector que se asocia a dos parámetros centrales. Por un lado, la potencialidad de aplicaciones específicas; en este caso, la producción de agua caliente donde se muestra un escenario de posible despliegue sumamente amplio. Por el otro, la disponibilidad del recurso solar para realizar dicho aprovechamiento.

Los sectores con mayor potencialidad de ahorro son el residencial, el industrial, el hotelero y el sector salud, ordenados de mayor ahorro potencial a menor ahorro potencial.

El área potencial de los SST asciende a 10 000 000 m<sup>2</sup>. Esa área podría devengar un ahorro anual de gas natural de 672 000 000 m<sup>3</sup>, o unos 7 300 000 MWh de energía. En el caso del gas natural, el ahorro estimado del potencial en metros cúbicos equivale a 24 203 GBTU anuales, o 66 GBTUD.

Analizando el potencial ahorro de gas por sectores, los SST en el sector residencial podrían ahorrar hasta un 40 % del total de consumo de gas natural.

En el resto de los sectores es difícil estimar ese porcentaje, dado que los datos de consumo de gas no están discriminados. Sin embargo, es posible suponer al menos un ahorro similar al residencial.

De esta manera, el potencial solar térmico en Colombia tiene mucho para aportar a la transición energética.

En ambos aspectos se observan horizontes posibles de desarrollo sumamente amplios, que permiten esbozar planes en el corto, mediano y largo plazo.

Seguramente habrá que desarrollar procesos, establecer prioridades, generar capacidades, construir confianzas y destinar recursos.

Recientemente se lanzó el "Diálogo social para definir la hoja de ruta de la transición energética justa en Colombia" (Ministerio de Minas y Energía, 2022). Allí se plantean cuatro principios para una transición energética justa: la equidad; la gradualidad, soberanía y confiabilidad; la participación social vinculante y la transición energética intensiva en conocimiento. Entendemos que existe la oportunidad de que el desarrollo solar térmico en Colombia esté alineado a estos ejes.

Adherimos a una conceptualización de la transición energética, no como cambio tecnológico (o no solamente). Entendemos la transición energética como un cambio sistémico, un cambio en las relaciones sociales que nos vinculan como sociedad y con la naturaleza, determinadas por las relaciones de producción (Svampa y Bertinat, 2022). En ese contexto, el desarrollo del sector solar térmico se presenta como una oportunidad para desplegar procesos de construcción social del derecho a la energía, desde el cual disputar poder para mitigar la desigualdad, al tiempo que se desarrolla conocimiento, trabajo y participación.

## Referencias

**AE SOLAR.** (s. f.). Alternative Energy.

<https://ae-solar.com/>

**Bitencourt, F. y Monza, L.** (2017). *Arquitectura*

*para salud en América Latina*. Brazilia: Rio Book's. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INTOR/arquitectura-salud-america-latina.pdf>

**Decreto I285 de 2015 [Ministerio de**

**Vivienda, Ciudad y Territorio].** República de Colombia. Por el cual se modifica el Decreto número I077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones. Junio 12 de 2015. [https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/decreto\\_I285\\_2015.htm#INICIO](https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/decreto_I285_2015.htm#INICIO)

**Fundación Bariloche.** (2018). *Estudio de casos*

*de normas de calidad, procedimientos de verificación e instrumentos de información al consumidor para calentadores de agua solares (CSA) en países de América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/3.-Infograf%C3%ADa-Calentadores-Solares-T%C3%A9rmicos.pdf>

**Instituto Argentino del Petróleo y el Gas**

**[IAPG].** (2022). [Documento sin título sobre el gas natural licuado GNL]. Obtenido de <https://www.iapg.org.ar/docgas/I.pdf>

**Instituto de Hidrología, Meteorología y**

**Estudios Ambientales [IDEAM].** (s. f). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos*. Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/ISitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

**Instituto para la Diversificación y Ahorro**

**de la Energía [IDAE].** (2021). *Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica* [edición vl.0]. Obtenido de [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones\\_idae/guiasolartermica\\_idae-asit\\_v3.0\\_20210111\\_nipo.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guiasolartermica_idae-asit_v3.0_20210111_nipo.pdf)

**International Energy Agency [IEA].**

(2016). *Country Report - Turkey. Status of the Market for Solar Thermal Systems*. Obtenido de <https://www.iea-shc.org/country-report-turkey>

**International Energy Agency [IEA].** (2019).

*Solar Heat Worldwide*. Obtenido de <https://www.iea-shc.org/Data/Sites//publications/Solar-Heat-Worldwide-2019.pdf>

**International Energy Agency [IEA].** (2022).

*Solar Heat Worldwide*. Obtenido de <https://www.iea-shc.org/solar-heat-worldwide>

**International Renewable Energy Agency**

**[IRENA].** (2015a). *Solar Heat for Industrial Processes*. Obtenido de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA\\_ETSAP\\_Tech\\_Brief\\_E2I\\_Solar\\_Heat\\_Industrial\\_2015.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_ETSAP_Tech_Brief_E2I_Solar_Heat_Industrial_2015.pdf)

**International Renewable Energy Agency**

**[IRENA].** (2015b). *Quality Infrastructure for Renewable Energy Technologies Solar Water Heaters*. Obtenido de <https://www.irena.org/Publications/2015/Dec/Quality-Infrastructure-for-Renewable-Energy-Technologies-Solar-Water-Heaters>

**International Renewable Energy Agency**

**[IRENA].** (2021). *Leveraging local capacity for solar water heaters*. Obtenido de <https://www.irena.org/Publications/2021/Jul/Renewable-energy-benefits-Leveraging-local-capacity-for-solar-water-heaters>

**International Renewable Energy Agency**

**[IRENA].** (2022). *Renewable Energy Jobs*. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022>

**Ley 1715 de 2014 [Congreso de Colombia].** Por

medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Mayo 13 de 2014. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

**Ministerio de Comercio, Industria y Turismo**

**de Colombia.** (2022). *Estadísticas territoriales de Turismo*. Obtenido de <https://portuocolombia.mincit.gov.co/tematicas/estadisticas-territoriales-de-turismo-1>

**Ministerio de Minas y Energía** (s. f.). *Fuentes*

*No Convencionales de Energía Renovable – FNCER*. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/>

**Ministerio de Minas y Energía.** (2022,

noviembre 15). *Tarifas justas, diálogo social y Transición Energética Justa han sido el enfoque de Minenergía en los primeros 100 días de Cambio*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/tarifas-justas-di%C3%Alogo-social-y-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-justa-han-sido-el-enfoque-de-minenerg%C3%ADa-en-los-primeros-100-d%C3%ADas-de-cambio/>

**Murcia, H. R.** (2009). *Desarrollo de la Energía*

*Solar en Colombia y sus perspectivas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015051011.pdf>

**Organización Latinoamericana de Energía**

**[OLADE].** (2022). *Panorama energético de América Latina y el Caribe 2022*. Círculo Publicitario, Quito.

**Resolución 549 de 2015 [Ministerio de**

**Vivienda, Ciudad y Territorio].** República de Colombia. Por la cual se reglamenta el Capítulo I del Título 7 de la Parte 2, del Libro 2 del Decreto número 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Julio 10 de 2015. [https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion\\_minviviendact\\_0549\\_2015.htm](https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0549_2015.htm)

**Solargis.** (2022). *Solar resource maps of Colombia*. Obtenido de <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/colombia>

**Solar Payback.** (s. f.). <https://www.solar-payback.com/>

**SOLRICO.** (2015). *Solar Thermal Industry*. Obtenido de [http://www.solrico.com/fileadmin/solrico/media/doc/World\\_map\\_documents/2015\\_Poster\\_solar\\_thermal\\_world\\_map.pdf](http://www.solrico.com/fileadmin/solrico/media/doc/World_map_documents/2015_Poster_solar_thermal_world_map.pdf)

**Subsecretaría de Energías Renovables y**

**Eficiencia Energética [SSEEyER].** (2019). *Introducción a la energía solar térmica*. Secretaría de Energía, Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación. Argentina. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_introduccion\\_a\\_la\\_energia\\_solar\\_termica\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf)

**Svampa, M. y Bertinat, P. [Comps.].** (2022).

*La transición energética en la Argentina*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

**Unidad de Planeación Minero Energética**

**[UPME].** (2006). *Caracterización energética de los sectores residencial comercial e industrial*. Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/upmel2/2007/upmel3/caracterizacion\\_energetica\\_sectores.pdf](http://www.upme.gov.co/upmel2/2007/upmel3/caracterizacion_energetica_sectores.pdf)

**Unidad de Planeación Minero Energética**

**[UPME].** (2015a). *Balance de Gas Natural en Colombia 2015-2023*. Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. Obtenido de [https://wwwl.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE\\_GAS\\_NATURAL\\_FINAL.pdf](https://wwwl.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE_GAS_NATURAL_FINAL.pdf)

**Unidad de Planeación Minero Energética**

**[UPME].** (2015b). *Proyecto de normalización y etiquetado de eficiencia energética en Colombia*.

**Integrantes del Consejo Permanente  
para la Transición Energética Justa (Cptej):**

Censat Agua Viva

Polen Transiciones Justas

Indepaz

Comunidades Setaa

Fundaexpresión

Cipame

Funtramiexco

Movimiento Cesar sin fracking y sin gas

Movimiento social en defensa de  
los ríos Sogamoso y Chucurí- Ríos Vivos

**Aliados:**

Fundación Rosa Luxemburg