

1. INTRODUCCIÓN

2.1. PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL

Lamentablemente los combustibles fósiles se están agotando en todo el mundo. Esto es un resultado inevitable debido a que son fuentes de energía no renovable y por tanto limitadas. Mientras tanto la demanda de energía va aumentando rápidamente. Según la Agencia Internacional de la Energía, las fuentes de energía renovables pueden proporcionar una solución para cubrir la demanda de energía siendo la necesidad de su uso cada vez más urgente.

Una parte considerable del consumo eléctrico mundial va destinado al calentamiento de agua y climatización de viviendas. La mayoría de las viviendas están equipadas con sistemas para la producción de agua caliente sanitaria como son el acumulador eléctrico convencional y el calentador instantáneo de gas. Son sistemas simples y económicos pero poco eficientes. Por ejemplo, los calentadores eléctricos tienen un rendimiento en torno al 90%, sin embargo la eficiencia global teniendo en cuenta la conversión de la energía potencial de los combustibles en energía eléctrica y esta a su vez en energía térmica es muy baja. En comparación, las bombas de calor pueden producir un mayor calentamiento con la misma cantidad de consumo de energía eléctrica.

En los últimos años el incremento del consumo de energía en los hogares ha crecido de forma exponencial. Este aumento de la demanda de energía ha provocado un deterioro del medio ambiente. Las principales fuentes de energía para cubrir el consumo mundial han sido el carbón, el petróleo, el gas natural, la energía nuclear y la energía hidroeléctrica. En la

Ilustración 1 se observa la energía en millones de toneladas de petróleo equivalentes, *Mtoe*, proporcionada por cada una de estas fuentes desde el año 1971 hasta el 2007.

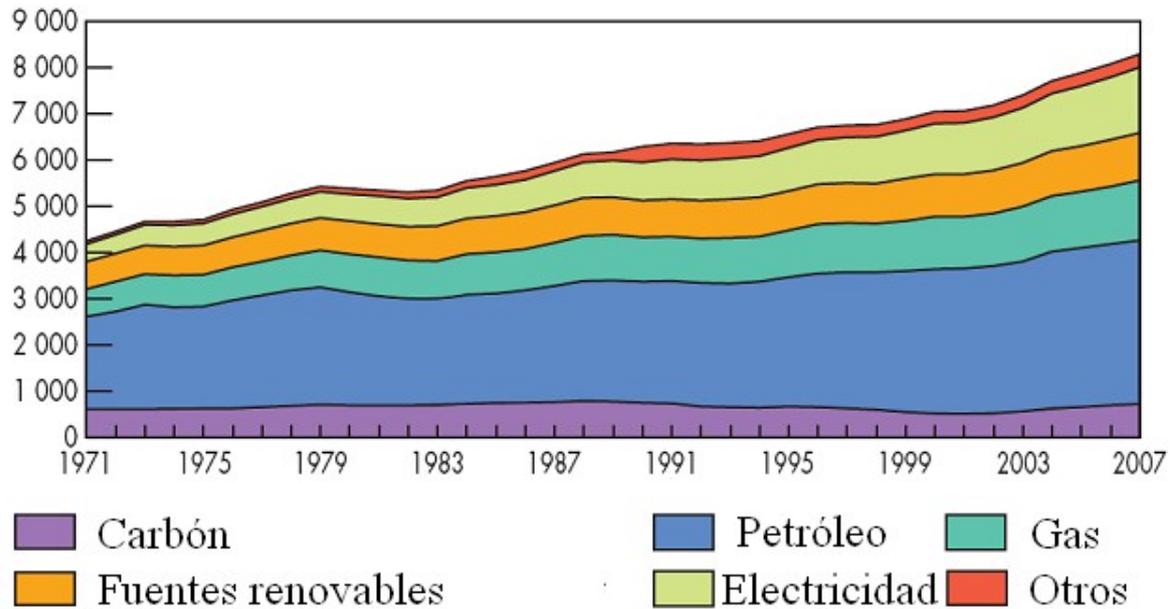


Ilustración 1. Evolución de la energía consumida mundial en millones de toneladas de petróleo equivalentes (Mtoe), entre 1965 y 2007, [31]

Emisiones a la atmósfera

La cantidad de dióxido de carbono, CO_2 , en la atmósfera ha presentado un aumento en los últimos años. Este aumento podría contribuir, según el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático promovido por la ONU, al calentamiento global del clima planetario. Las emisiones de CO_2 causadas por los combustibles fósiles a lo largo de la historia se representan en la Ilustración 2.

Los principales gases causantes del efecto invernadero son por este orden: dióxido de carbono, CO_2 ; metano, CH_4 y dióxido de nitrógeno, NO_2 . Las principales fuentes emisoras de dióxido de carbono son: la quema de combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos, y la producción de cemento. Las principales fuentes productoras de metano consideradas son: las emisiones derivadas de la producción y suministro de combustibles, las minas de carbón, la quema de biomasa, la crianza de ganado, el cultivo de arroz y los rellenos sanitarios de basura.

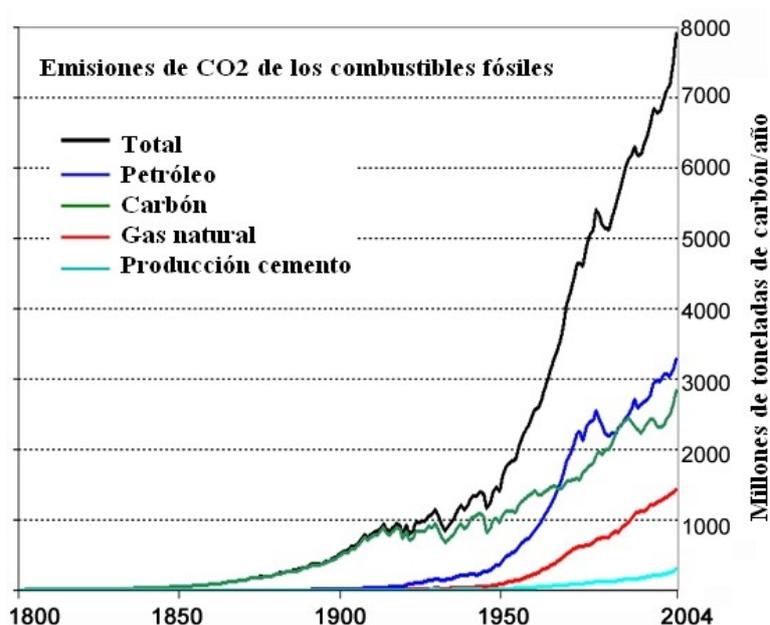


Ilustración 2. Evolución emisiones de CO₂ del medio ambiente, [32]

2.2. ENERGÍA RENOVABLE COMO ALTERNATIVA

Actualmente las principales fuentes de suministro de energía siguen siendo no renovables. En los últimos cuarenta años, el uso de combustibles fósiles ha continuado creciendo y su participación en el suministro energético se ha incrementado. En los últimos tres años, el carbón, una de las fuentes más contaminante de energía, se ha convertido en el combustible fósil de más rápido crecimiento.

La energía nuclear sigue siendo una alternativa menos contaminante a los combustibles fósiles, pero al ser un recurso agotable no es una solución a largo plazo.

Dentro de la clasificación de energía renovable se distinguen las siguientes fuentes: biomasa, hidráulica, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica. En la Ilustración 3 se puede ver cual fue la aportación de cada tipo de fuente primaria para la producción de energía en España en el año 2008, y un detalle de la producción por energía renovable.

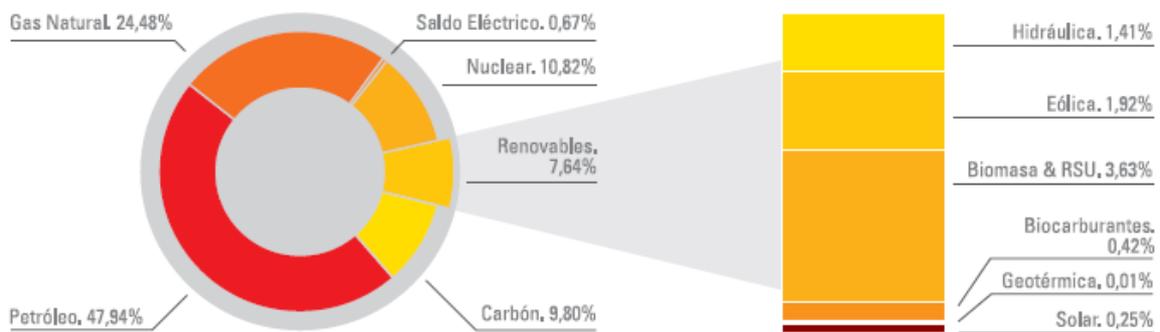


Ilustración 3. Consumo de energía primaria por fuentes en 2008,

[29]

La biomasa ha visto un incremento de su uso sobretodo para uso en calefacción, pero a pesar de su clasificación dentro de las energías renovables sigue siendo una fuente de emisiones de gases nocivos como el CO₂, compensado en parte por la absorción de CO₂ llevada a cabo durante su generación.

La hidráulica es una alternativa renovable ya en uso. Esta tecnología no presenta a penas emisiones de CO₂, especialmente en comparación a las emisiones de una planta equivalente que quema combustibles. Aún así esta tecnología no está exenta del todo de impacto ambiental puesto que modifica el ecosistema río abajo.

Según el Consejo Global de la Energía Eólica, la capacidad instalada de energía eólica se incrementó un 27% desde finales de 2006 hasta finales de 2007 hasta un total de 94,1 GW, con alrededor de la mitad del incremento en los Estados Unidos, España y China. Se duplica la capacidad cada tres años aproximadamente. La capacidad total instalada es aproximadamente tres veces la potencia producida de promedio actual ya que la capacidad nominal presenta picos de salida.

Energía solar

La contribución de la energía solar térmica al consumo energético mundial sigue siendo muy escasa aunque empiezan a percibirse ciertos síntomas de cambio que permiten ser

más optimistas de cara al futuro. Al creciente interés de los ciudadanos por este tipo de soluciones hay que sumar las ayudas e incentivos que se han puesto en marcha en numerosos países del mundo y la reducción de precios de los captadores solares en algunos mercados especialmente activos como China o Japón. Una situación que pone de manifiesto que se está ante una tecnología madura que ha experimentado un significativo avance durante los últimos años.

A día de hoy la mayor parte de los captadores solares instalados en el mundo tienen como finalidad la producción de agua caliente para uso doméstico. A esta aplicación se destinan los esfuerzos de la mayoría de los mercados nacionales importantes, aunque el tipo y el tamaño de las instalaciones, así como el porcentaje total de la demanda que cubre, varía en función de la zona del mundo que se tome como referencia.

El aporte de energía solar en sistemas de calefacción es el segundo en importancia; una aplicación que resulta especialmente interesante en países fríos y que se utiliza cada vez con mayor frecuencia tanto para viviendas familiares como para todo tipo de instalaciones colectivas.

Finalmente entre las aplicaciones de la energía solar térmica en el mundo cabe también destacar la climatización del agua para piscinas. Esta aplicación sigue teniendo gran importancia en países como Estados Unidos, Canadá, Australia y Austria, aunque en los últimos años ha perdido parte de su mercado, después de un periodo en el que se han registrado fuertes crecimientos.

Por lo que respecta al reparto de la energía solar térmica por países, el mercado mundial continua bajo el dominio de China. Se calcula que aproximadamente el 40% de los captadores solares colocados en el mundo se encuentran en este país. Después de alcanzar una gran aceptación en pequeños municipios durante las décadas de los años 80 y 90, la energía solar térmica en la República Popular China ha penetrado con fuerza en ciudades de medio y gran tamaño como Shanghai o Tianjin. Hoy, 10 millones de familias disponen de agua caliente gracias Energía Solar Térmica al Sol, lo que supone un ahorro de 6,3 millones de toneladas de carbón al año, que evita la emisión de más de 13 millones de toneladas de CO₂.

Los recursos energéticos disponibles mediante la energía solar son de 120.000 teravatios, TW. Menos del 0,02% de los recursos disponibles son suficientes para reemplazar las energías fósiles y las nucleares como fuentes de energía. Considerando que las tasas actuales de uso permanecieran constantes, el petróleo se agotará en 35 años, y el carbón en 200 años. En la práctica no se llegará al agotamiento, ya que a medida que las reservas remanentes decaigan las limitaciones naturales obligarán a la producción a disminuir su ritmo.

Dentro de la energía solar dos grandes categorías: sistemas fototérmicos y sistemas fotovoltaicos. Los primeros se subdividen en distintos subgrupos atendiendo a su forma de trabajar, temperatura de trabajo y fluido utilizado para transportar el calor captado por los elementos colectores solares:

- Sistemas fototérmicos pasivos. Son aquellos en que se aprovechan los efectos térmicos de la radiación solar y que para el aprovechamiento no se requiere el aporte de cualquier otro tipo de energía o bien su consumo es totalmente despreciable. Un ejemplo de estos sistemas sería el techo acumulador, invernaderos, ACS por termosifón,...
- Sistemas fototérmicos activos. Son semejantes a los anteriores pero con la diferencia que se requiere el aporte de energía auxiliar como, por ejemplo, la energía eléctrica consumida por bombas o ventiladores destinados a mover los líquidos o gases encargados de transportar el calor desde el captador solar hasta el punto de consumo. Dentro de esta categoría suelen establecerse distintos subgrupos en función del fluido de trabajo (aire, agua, aceite térmico, sales fundidas o refrigerante) y en función del nivel térmico. Los sistemas de alta temperatura pueden aplicarse a la generación de electricidad en instalaciones de gran tamaño (centrales electrosolares fototérmicas).

Fuera de la clasificación anterior pasan a describirse los sistemas solares principales:

Solar fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la radiación solar en energía eléctrica. Se basa en el llamado efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores. De esta forma se genera un flujo de electrones en el interior de esos materiales y una diferencia de potencial que puede ser aprovechada.

Un segundo grupo de aplicaciones son las conectadas a la red, que incluyen grandes centrales de potencia y pequeñas instalaciones asociadas a consumidores domésticos e industrias.

Por último están las aplicaciones singulares, dedicadas a la alimentación energética de objetos, desde satélites artificiales a relojes y calculadoras.

En 2007 la electricidad fotovoltaica conectada a la red fue la fuente de energía con mayor crecimiento, con un 83% en 2007 hasta alcanzar una capacidad total instalada de 8,7 GW. Cerca de la mitad de este incremento es atribuible a Alemania, en la actualidad el mayor consumidor de electricidad fotovoltaica (seguido por Japón). La producción de células fotovoltaicas aumentó un 50% en 2007, hasta los 3.800 megavatios, MW, y ha venido duplicándose cada dos años, [33].

Solar termoeléctrica (fototérmica para la producción de energía eléctrica)

Los sistemas termoeléctricos utilizan la energía solar para la producción de energía eléctrica mediante el calentamiento de un fluido. Entran dentro de la clasificación de fototérmicos activos. La **energía solar termoeléctrica** se clasifica a su vez en sistemas de media temperatura y sistemas de alta temperatura. Las centrales de media temperatura más desarrolladas actualmente corresponden a centrales con colectores cilindro-parabólicos. Los aprovechamientos de alta temperatura se realizan mediante centrales de torre y centrales de generadores disco parabólicos:

- **Centrales de Colectores Cilindro-parabólicos (Media Temperatura).** Están formadas por colectores de espejo que reflejan la radiación sobre un tubo situado en la línea focal, el cual contiene el absorbente y el fluido caloportador. El fluido es

calentado hasta 400°C, con relaciones de concentración solar de entre 15 y 50, produciendo vapor sobrecalentado que alimenta una turbina convencional que genera electricidad. Es necesario disponer de un sistema de seguimiento solar.

- **Centrales de Torre (Alta Temperatura).** Formadas por un campo de helióstatos que reflejan la radiación sobre un intercambiador de calor situado en la parte superior de una torre central. Se alcanzan temperaturas de 600 °C.
- **Generadores Solares Disco-Parabólicos (Alta Temperatura).** Consisten en un conjunto de espejos que forman una figura disco-parabólica en cuyo foco se dispone el receptor solar en el que se calienta el fluido. El fluido es calentado hasta 750 °C y para generar electricidad, actualmente se utilizan motores Stirling o turbinas Brayton.

Desde 1991 la mayor planta de energía solar térmica ha sido la del Desierto de Mohave en California, con 354 megavatios, que utiliza colectores cilindro-parabólicos.

Solar fototérmica con aplicaciones térmicas

Las aplicaciones de baja temperatura, realizadas con colectores planos, los conocidos como paneles solares, son las más extendidas comercialmente. Sus aplicaciones de más interés son:

- **En edificios.** Para conseguir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas y calefacción.
- **En instalaciones industriales.** También para la preparación de agua caliente sanitaria y parcelación de agua para procesos.
- **En instalaciones agropecuarias.** Para la calefacción de los invernaderos, agua caliente de las piscifactorías, etc.
- **Refrigeración Solar.** En emplazamientos con necesidades de agua fría o refrigeración, mediante el aprovechamiento de calor en un proceso de absorción.
- **Sistemas solares térmicos combinados con bomba de calor.** El uso de los colectores solares fototérmicos para aplicaciones de calentamiento está limitado por la temperatura del agua que son capaces de suministrar. Además durante la temporada fría que es cuando más necesarios son los sistemas de calefacción, la radiación solar es débil y el calor aprovechable neto bajo. A fin de aprovechar mejor el

calor a baja temperatura proporcionado por los colectores solares y mejorar el comportamiento de las bombas de calor, se ha pensado la posibilidad de asociar ambos equipos.

El acoplamiento de estos sistemas se contempla en varias bibliografías de sistemas solares térmicos, [27], pero su uso está poco extendido. Los sistemas térmicos combinados con bombas de calor aparecen como sistemas independientes, de manera que por el colector solar circula agua y por la bomba de calor refrigerante. Los sistemas termodinámicos cuyo estudio se lleva a cabo en este proyecto son de expansión directa diferenciándose de los anteriores en que el colector es el evaporador del circuito de bomba de calor y por su interior pasa el refrigerante. Las diferencias entre unos y otros se detallarán más adelante.

En la Ilustración 4 se puede observar la situación de la energía solar térmica en España.

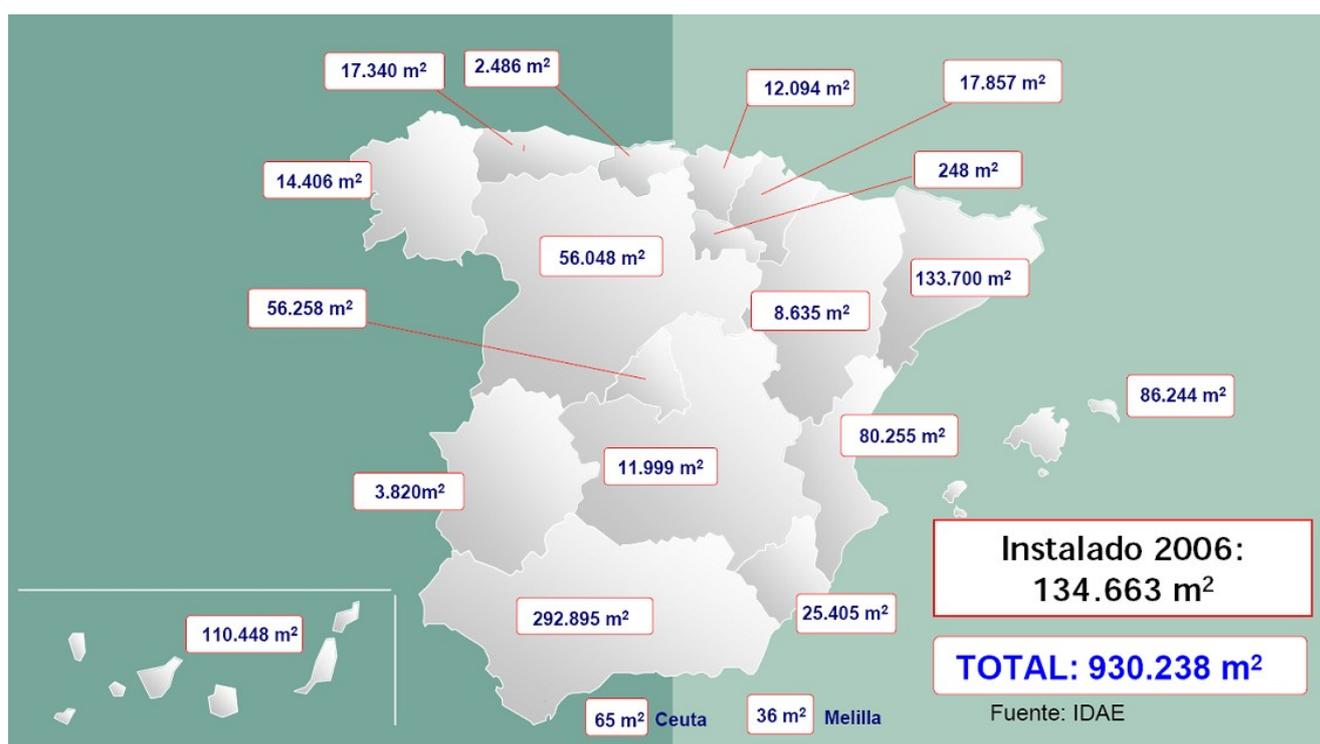


Ilustración 4. Distribución de la superficie con energía solar térmica colectora instalada a finales de 2006

En esta última década, la aportación de energía solar térmica ha aumentado considerablemente en nuestro país, sobre todo, gracias a las ayudas públicas (línea ICO-IDAE, CC.AA., y ordenanzas municipales), a la madurez del mercado en todos los

sentidos, y a las grandes posibilidades que ofrece esta tecnología en un país con tantas horas de sol al año como España. De los 10.000 m² nuevos que se instalaban cada año en la década de los 90, se ha pasado a crecimientos medios por encima de los 60.000 m² en los primeros años de 2000, hasta llegar a los 90.000 m² en el año 2005.

En la actualidad, el principal cliente de energía solar en España es el usuario particular que solicita la instalación de captadores solares de baja temperatura para el consumo de agua caliente sanitaria. En segundo lugar se encuentran los hoteles y restaurantes, en los que existe un creciente interés por este tipo de soluciones energéticas.

En cuanto al reparto del mercado por zonas geográficas, las comunidades autónomas con mayor superficie instalada son aquellas que cuentan con un clima más favorable para el aprovechamiento de la energía solar térmica. En este sentido destacan por sus cuotas de participación en el mercado Andalucía, Cataluña, Canarias, Baleares, la Comunidad Valenciana y Madrid, según orden de importancia. También se observa una mayor concentración de instalaciones solares en zonas turísticas o de alto nivel de renta.