

## Capítulo 2

# La Energía Solar Térmica.

La radiación electromagnética procedente del Sol es la fuente de energía más abundante y limpia de que disponen los seres vivos que habitan en el planeta Tierra. Sin embargo, su dispersión y discontinuidad dificultan notablemente su aprovechamiento, lo que la sitúa en desventaja en relación a otros tipos de fuentes energéticas.

Los rayos solares se propagan a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas de energía. Este fenómeno físico, más conocido como radiación solar, es el responsable de que nuestro planeta reciba un aporte energético continuo de aproximadamente  $1.367 \text{ W/m}^2$ .

Antes de alcanzar cualquier punto de la superficie de la Tierra, la radiación solar ha de atravesar la atmósfera terrestre, en la que se ve sometida a un proceso de atenuación dependiente de la longitud del camino recorrido. Este proceso viene determinado por la altura y posición del Sol, y también con notable influencia de las variaciones de la composición atmosférica. A ese factor también hay que añadirle las pérdidas que se producen por reflexiones (por partículas de polvo, nubes, etc) y las producidas por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto a la posición normal. No todas las superficies de la Tierra reciben la misma cantidad de energía. Mientras que los polos son los que menos radiación reciben, los trópicos son los que están más expuestos a una mayor radiación de los rayos solares.

Para establecer con exactitud la cantidad de energía que se puede aprovechar en un sitio concreto, habrá que tener en cuenta también varios aspectos como la hora del día, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas. En los días nublados disminuirá considerablemente la intensidad de la radiación y por lo tanto el aporte energético.

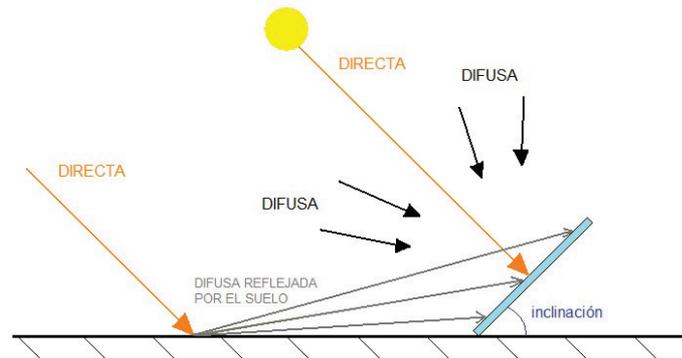


Figura 2.1: Componentes de la radiación global.

La radiación que incide directamente del sol sobre una superficie sin sufrir cambios de dirección, se conoce como radiación directa. La radiación que llega a la superficie de la tierra después de ser reflejada, o incluso la radiación infrarroja emitida por moléculas, se conoce como radiación difusa y no tiene una dirección privilegiada.

En general, se pueden esquematizar los fenómenos de interacción de la radiación con la atmósfera como se indica en la Figura 2.1. En ella se observa que a un determinado lugar de la superficie terrestre, la radiación solar llega tanto en forma de radiación directa, que no ha sufrido modificación en su dirección desde el Sol, como de radiación difusa, procedente de todas las direcciones de la semiesfera celeste por encima del plano horizontal así como de la reflexión de la radiación por el suelo, radiación reflejada.

La planta que se va a estudiar utilizará radiación directa.

## 2.1. Estado del arte.

Para la Unión Europea, que tiene una fuerte dependencia energética, es sumamente importante aumentar progresivamente el grado de autoabastecimiento energético y solo será posible con la implantación progresiva de energías de futuro, sostenibles e inagotables, como las energías renovables. Para España, con una dependencia energética exterior aún mayor, resulta todavía más apremiante y estratégico avanzar con paso firme en este campo.

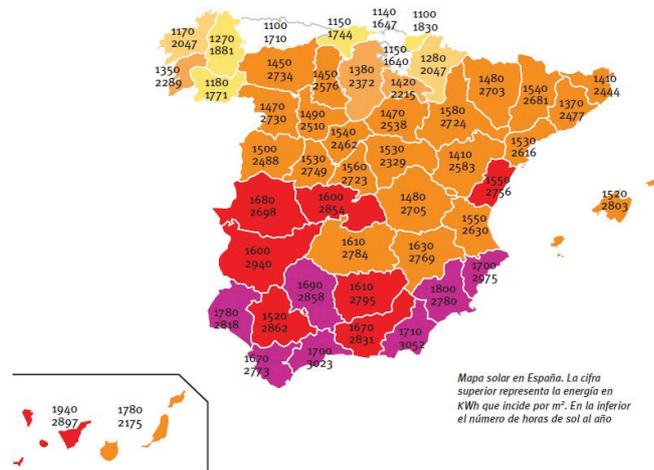


Figura 2.2: Irradiación media diaria en España según zonas climáticas.

En el caso concreto de España se juntan todos los requisitos para ser uno de los países europeos con mayor capacidad para recoger la energía del sol. Tiene una situación geográfica privilegiada con una climatología envidiable. Además, España se ve particularmente favorecida con respecto a otros países de Europa por la gran cantidad de días sin nubes que disfruta al año.

España tiene ante sí un amplio potencial de desarrollo de energía solar térmica, con una media de 2.500 horas de sol aseguradas al año. La poca nubosidad, la baja humedad ambiental, el clima seco y la incidencia de rayos solares, hacen que nuestro país obtenga unos valores de radiación directa envidiables.

Como se puede observar en la Figura 2.2 Andalucía y Canarias son las que concentran el mayor número de horas de sol anuales, alcanzando las 3.000. Teniendo en cuenta que en la actualidad no se aprovecha ni el 10% de la energía que nos ofrece el sol, las posibilidades de desarrollo son realmente espectaculares[1].

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para la obtención de energía térmica, mediante el calentamiento de un fluido que, por lo general, suele ser agua o aceite. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del sol mediante un conjunto de captadores

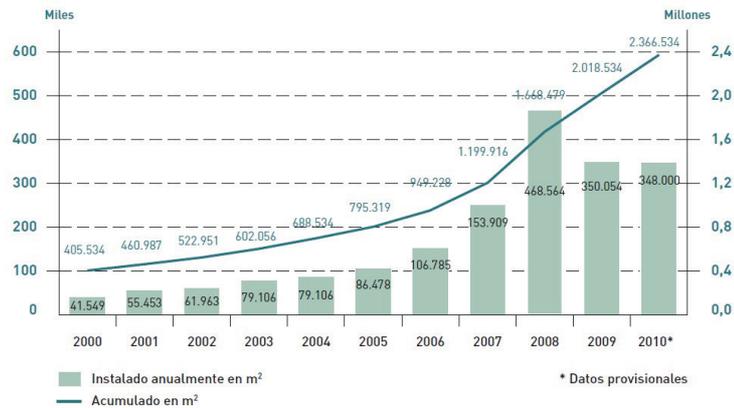


Figura 2.3: Evolución de la energía solar térmica en España.

y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario.

El mercado solar térmico viene experimentando un crecimiento constante en España desde el 2001. En la Figura 2.3 se puede observar dicho crecimiento. Durante los años 2008 y 2009 España ha pasado a ser el segundo mercado europeo más importante de energía solar térmica, gracias al crecimiento experimentado en estos dos años. En España la aplicación más extendida es la producción de agua caliente sanitaria con un 98 % del total, y el captador más utilizado es el captador plano con recubrimiento con un porcentaje del 90 % sobre el total.

En la Tabla 2.1 se puede observar las distintas tecnologías de energía solar térmica y las aplicaciones.

Podemos distinguir tres áreas con distinta madurez comercial y distintas perspectivas:

- Aplicaciones para agua caliente sanitaria ACS, calefacción y piscinas.
- Aplicaciones para usos industriales.
- Sistemas de climatización solar.

<b>Temperatura Proceso</b>	Baja Temperatura (30 - 100°C)	Temperatura Media (100 - 400°C)	Alta Temperatura (400 - 3000°C)
<b>Tipo de Captadores</b>	Captadores no concentradores (planos y tubos de vacío).	Con concentrador lineal o esférico.	Concentrador de disco parabólicos o campo de heliostatos.
<b>Aplicaciones</b>	- ACS. - Calefacción - Calentamiento de piscinas. - Secado. - Desalación. - Destilación.	- Procesos industriales. - Refrigeración en ciclos de absorción. - Procesos químicos. - Desalación.	- Centrales solares. - Hornos solares.

Tabla 2.1: Tecnologías de energía solar térmica.

Las aplicaciones de ACS constituyen el uso más extendido de la energía solar térmica, y desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación su instalación es obligatoria en los edificios de nueva construcción o rehabilitaciones, por lo que actualmente son instalaciones cada vez más habituales.

Los sistemas de climatización solar contribuyen a un sistema de suministro respetuoso con el medio ambiente en edificios reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la demanda a la red eléctrica, etcétera.

De un tiempo a esta parte se ha producido un notable incremento de la presencia en el mercado de los captadores de tubo de vacío que permiten alcanzar mayores temperaturas y tienen un mayor rendimiento. Su uso se enfoca mayoritariamente a aplicaciones de uso industrial y para aplicaciones de refrigeración solar.

### **Climatización solar por absorción.[2]**

El aumento de aparatos de refrigeración mediante compresores ha sido significativo en los últimos años, provocando con ello un aumento importante de la demanda de energía eléctrica durante el verano. Como alternativa surgen los sistemas de refrigeración solar, que resultan especialmente interesantes dado que coincide la mayor disponibilidad del recurso solar con el aumento de la demanda de refrigeración.

Existen diferentes sistemas y tecnologías para conseguir la climatización a partir de energía solar térmica. Por un lado los sistemas cerrados que utilizan máquinas de absorción de simple y doble efecto y máquinas de adsorción, y por otro los sistemas abiertos como la desecación y refrigeración evaporativa. Se están desarrollando programas europeos que tratan de integrar estos sistemas con los sistemas de climatización convencionales y facilitar la posible combinación de la energía solar térmica con las tecnologías e instalaciones existentes.

No obstante, la tecnología más utilizada hasta la fecha con energía solar es la basada en ciclo de absorción de simple efecto, capaz de aprovechar la energía térmica generada por los captadores solares para la producción de frío. Las altas temperaturas necesarias para la utilización de ciclos de refrigeración térmicos con máquina de absorción obligan a la utilización de captadores solares de alto rendimiento.

En general, dado el carácter singular de este tipo de instalaciones, el diseño y la instalación debe permitir que las máquinas trabajen siempre que sea posible en el rango superior de su intervalo de temperaturas de funcionamiento; de este modo, se aprovechará al máximo el recurso disponible y las máquinas trabajarán a mejor rendimiento.

En el caso de máquinas de simple efecto se emplean captadores planos selectivos, captadores planos de concentración (ver figura 2.4), tubos de vacío, etc., para alcanzar temperaturas comprendidas entre los 80 y los 120 °C. En el caso de máquinas de doble efecto los captadores utilizados serán concentradores cilindro-parabólicos, concentradores que emplean lentes de Fresnel, u otros que alcancen temperaturas de 140 a 160 °C.

Las máquinas de absorción de doble efecto tienen coeficiente de rendimiento más altos que las máquinas de simple efecto (COP de 0,9-1,2 frente a COP de 0,6-0,8) y permite competir con los sistemas convencionales de compresión. Este tipo de sistemas existen en fase comercial en el mercado para su utilización con combustibles, pero no están completamente desarrollados para su utilización con energía solar.

Para esta aplicación es necesario conseguir temperaturas relativamente altas (> 140 °C), que se pueden conseguir con los sistemas de concentración antes expuestos.

Hasta ahora la mayor parte de las instalaciones de refrigeración solar que empleaban máquina de absorción han utilizado máquinas de potencia relativamente altas, aunque en los últimos años están teniendo cada vez más presencia en



Figura 2.4: Captador plano situado en el edificio de laboratorios de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

el mercado las máquinas de pequeña potencia dirigidas al uso en viviendas unifamiliares.

Además, de forma paulatina, cada vez más edificios, principalmente hoteles, están integrando este tipo de máquinas en las instalaciones solares existentes para aprovechar el exceso de energía en los periodos de máxima radiación. De este modo, además de cubrir la demanda energética para la cual fue diseñada la instalación original se cubriría parte de la demanda de refrigeración del edificio. En otros casos es viable la ampliación de instalaciones existentes que permiten la incorporación de mayor potencia de máquinas de absorción, proporcionando éstas una mayor cobertura de la demanda de refrigeración en los meses de mayor radiación, y permitiendo que durante los meses de menor radiación la demanda original existente se satisfaga con un mayor grado de cobertura.

La línea investigación básica consiste en optimizar los ciclos de frío y alcanzar mayores coeficientes de rendimiento (EER), diseño de equipos más robustos y compactos que operen a menores temperaturas. Estos trabajos incluyen investigación en materiales de absorción, nuevos revestimientos para los intercambiadores de calor o diseño de nuevos ciclos termodinámicos. Otra de las líneas de avance tecnológico se centra en la reducción de tamaño, ruido y coste de los equipos que permitan su adecuación al entorno doméstico.

En este proyecto se estudiará en profundidad una planta de refrigeración solar por absorción, la cual posee una máquina de absorción de doble efecto y los colectores solares son tipo Fresnel.