

## **Unidad didáctica 4**

### **Sistemas activos. Calefacción**

#### **Introducción:**

Se llaman sistemas activos a los artefactos mecánicos que complementan la construcción bioclimática y permiten captar las energías del entorno con un mayor aprovechamiento y un mínimo consumo energético.

Los sistemas activos son una mejora de los sistemas pasivos de aprovechamiento de la radiación solar que se han venido utilizando desde hace algunos siglos en invernaderos que facilitasen el crecimiento de las plantas.

A finales del siglo XVIII se descubrió en Inglaterra el modo de fabricar vidrio moldeado, método más rápido que el soplado y que permitió la fabricación industrial del mismo. En este tiempo mejoraron los sistemas de transporte que hicieron accesibles los productos elaborados a un gran número de personas. Ya se fabricaban perfiles de acero y surgió la construcción de invernaderos para disponer de alimentos vegetales frescos durante el invierno.

Los jardineros y horticultores analizaron la eficacia de distintos diseños de invernaderos para conseguir en su interior los mejores microclimas que favoreciesen el desarrollo de las especies vegetales. Esto les llevó a conocer el ángulo óptimo que debe adoptar el vidrio para aprovechar al máximo la radiación solar minimizando el porcentaje de luz reflejada.

omas Wilkinson, en 1.817 llegó a la conclusión de que el vidrio debía situarse perpendicularmente a la dirección de los rayos solares.

Los primeros ensayos realizados sobre aprovechamiento de la radiación solar en sistemas de calefacción los realizó el profesor F.W. Hutchinson en la Purdue University de Lafayette (Indiana) a partir de 1.930. Sus estudios impulsaron a otros investigadores a ensayar la utilización de la energía solar en sistemas de calefacción y agua caliente.

La primera vivienda que se construyó empleando sistemas activos de calentamiento de agua fue la "Casa solar M.I.T. nº 1", construida en el Massachusetts Institute of Technology en el año 1.939. Disponía de colectores en el tejado y un acumulador de agua caliente. Otras casas solares M.I.T., las nº 2, 3 y 4 se hicieron en Lexington y Cambridge en 1.947, 1.949 y 1.958.

En 1.968 el profesor Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel edificaron en Chauvency-le-Chateau (Lorena, Francia) un prototipo de casa solar. Tenía una superficie habitable de 106 metros cuadrados y una superficie de captación solar de 45 metros cuadrados. En los dos años que duró el experimento se mantuvo una temperatura en el interior de la vivienda de 18 a 20° C., si bien en los días nublados se consumía energía auxiliar. Se dice que suelen transcurrir 30 años desde que una innovación técnica recién descubierta queda establecida y probado su buen funcionamiento, hasta que se logra una explotación eficaz de la misma. Esto ha sucedido con el ferrocarril, el avión, el automóvil, los cohetes espaciales y otros inventos.

La eficacia de los sistemas activos de captación solar quedó demostrada en 1.939. Hubo que esperar hasta 1.977 para que se introdujesen en el mercado sistemas de calefacción solar para viviendas, en concreto las firmas alemanas Süddeutsche Metallwerke en Walldorf y la Messerschmitt-Bölkow-Blohm de Munich-Ottobrunn, pertenecientes ambas al consorcio BBC.

Los sistemas de captación activa de la energía solar son tan eficaces que se han construido casas solares incluso en países escandinavos. En 1.975 Carl Hugo Olsson, arquitecto de la Ciudad Universitaria de Lund proyectó una colonia de casas de 115 m<sup>2</sup> de superficie cada una. Debido al rigor de los inviernos suecos se prestó especial atención al aislamiento, llegando a 120 cm. de espesor en las paredes orientadas al norte. Toda la

superficie de los tejados son colectores solares y el aire entrante lo hace a través de un invernadero. La sauna y lavandería son comunes e instaladas en un edificio aparte.

Vistos ya los antecedentes históricos del tema, pasamos a exponerlo:

Contenido:

En la unidad didáctica 3 vimos cómo podía utilizarse la radiación solar para el calentamiento del agua y del aire. También se explicaba el efecto invernadero y cómo éste se utilizaba para captar el calor del sol. El funcionamiento de la gran mayoría de colectores solares se basa en el efecto invernadero.

De una manera esquemática puede decirse que un colector solar es una caja cerrada, tapada en su parte superior por un vidrio transparente, atravesado por los rayos del sol que calientan un fluido que circula por su interior.

Los sistemas activos incorporan una bomba de circulación para impulsar el movimiento del fluido y un intercambiador de calor para poder ceder la energía captada a los locales o elementos que se desea caldear.

Como el sol no brilla siempre, se hace necesario incorporar sistemas de almacenar el calor solar, como son materiales de gran masa térmica o depósitos que contengan agua o disoluciones de sales eutécticas. De este modo puede disponerse del calor absorbido por el día para utilizarlo por la noche o en días que no luzca el sol.

Comenzaremos la exposición de los contenidos de este tema elaborando un esquema de los sistemas de captación solar por medio de colectores. Así podemos enlazar la captación solar pasiva que vimos en la unidad didáctica 3 con los sistemas activos en los que nos detendremos con más detalle.

Haremos hincapié en los sistemas para obtención de agua caliente sanitaria y calefacción, tanto en instalaciones que emplean aire como agua y completando con los apoyos de otros sistemas de calefacción que pueden incorporarse para complementar la falta de captación solar en los días nublados y muy fríos. Por último haremos mención de otros sistemas de captación de la energía del entorno: energía eólica, solar fotovoltaica y el complemento de ambas con energía hidráulica.

Captación solar por medio de colectores solares:

Los sistemas de captación solar por medio de colectores se pueden utilizar para abastecer la vivienda de agua caliente sanitaria, dotarla de calefacción y también de refrigeración.

En la unidad didáctica 3 vimos un sistema de captación solar pasiva muy sencillo, y por lo tanto con muy escaso riesgo de averías, que funciona por termosifón. Este sistema consiste en poner colectores solares a un nivel más bajo que la vivienda. El fluido, aire o agua, al calentarse en el captador solar o en un colector baja su densidad y asciende por los conductos hasta el edificio. Allí cede su calor, se enfría y regresa por la tubería de retorno al colector. Es pues un sistema de circulación por gravedad. Los sistemas de aire son más simples y precisan menos mantenimiento. Los sistemas de agua deben llevar anticongelante, necesitan un mantenimiento y emplear tuberías gruesas para favorecer la circulación por gravedad.

Colocando los captadores a un nivel más bajo que la vivienda se puede disponer de aire o agua caliente que ascenderá hasta los puntos de consumo sin necesidad de ayuda externa.

Los sistemas activos de captación solar añaden a esta instalación algunos elementos para poder colocar los colectores en el tejado en vez de a ras de suelo, para instalar refrigeración y para mejorar su rendimiento.

Un sistema pasivo de captación solar consta de muy pocos elementos que vamos a resumir a continuación. A este tipo de instalación se le denomina de tres maneras: sistema de captación solar pasivo, sistema natural directo o sistema termosifónico. Utilizaremos este último:

### **Elementos de un sistema termosifónico de captación solar:**

- Colector (o colectores)
  - Fluido que conduce el calor desde los colectores al acumulador de calor o a los puntos de consumo
  - Tuberías que transportan el fluido
  - Almacén o acumulador de calor en caso de que lo hubiere
- Estos sistemas pasivos de captación pueden llevar incorporado algún elemento simple de bajo consumo, por ejemplo un pequeño ventilador que impulse el aire. Los sistemas activos constan de más elementos para mejorar su rendimiento. Lo veremos a continuación.

### **Elementos de que puede constar un sistema activo de captación solar:**

- Colectores
- Un fluido que transmita el calor desde el colector al acumulador
- Tuberías por las que circula este fluido
- Una bomba que haga circular el fluido
- Un acumulador que almacena el calor
- Un intercambiador de calor que suele alojarse en el acumulador
- Otro fluido que transmita el calor del acumulador al punto de uso
- Tuberías por las que circule este fluido
- Otra bomba que hagan circular el fluido
- Una bomba de calor (en instalaciones de refrigeración)

A la parte de la instalación por la que circula el primer fluido se le denomina circuito primario.

Al conjunto de elementos que abarcan la circulación del segundo fluido se le denomina circuito secundario.

En las instalaciones de agua caliente sanitaria el segundo fluido mencionado es el agua que se va a utilizar.

En las instalaciones de calefacción habrá que distinguir entre instalaciones que utilicen aire caliente, en cuyo caso este segundo fluido será aire que se impulsará dentro de las habitaciones a caldear o sistemas de calefacción por agua, en cuyo caso el agua funciona en circuito cerrado y cede el calor a las habitaciones a través de paneles radiantes. Este es un caso bastante habitual.

Los sistemas que llevan una bomba de circulación para impulsar el movimiento del fluido también se llaman sistemas forzados.

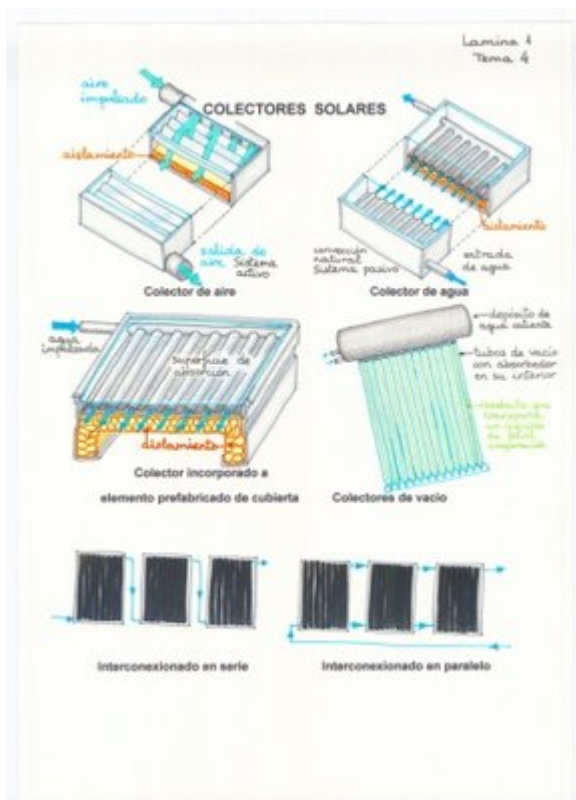
En la unidad didáctica nº 5, al hablar de ventilación veremos como se puede emplear un sistema pasivo de captación solar para generar ventilación en la vivienda, pero si se quiere un sistema de refrigeración más eficaz hay que recurrir a los sistemas activos y habrá que instalar una bomba de calor también llamada bomba térmica, que funciona de un modo similar a un frigorífico ya que ambos se basan en el mismo principio.

Los sistemas activos de captación solar son más complejos y tienen más posibilidades de padecer averías. A los elementos citados hay que añadir el vaso de expansión, termostatos, válvulas de retención, purgadores, etc.

A continuación vamos a explicar uno a uno los elementos fundamentales de estas instalaciones: el colector, intercambiador de calor, depósito acumulador y bomba de calor. Después veremos instalaciones de agua caliente sanitaria y sistemas de calefacción. Finalizaremos los contenidos de esta unidad didáctica con otros elementos de captación de la energía del entorno: captación solar fotovoltaica, máquinas eólicas y sistemas híbridos.

### **Colector solar:**

Funciona por efecto invernadero. (Ver lámina 1 de este tema)



El colector solar plano consiste en una caja cerrada por su parte superior con un vidrio para producir el efecto invernadero. Se trata de un vidrio solar de seguridad resistente al granizo y muy bajo grado de reflexión para evitar que los rayos del sol se reflejen en él. Este vidrio asegura la entrada dentro del colector del máximo de rayos solares. También se han obtenido muy buenos resultados con cierres superiores de láminas de teflón, material muy resistente a la rotura y a la intemperie.

En el fondo del colector hay un absorbedor de calor, generalmente una lámina de cobre o aluminio con un recubrimiento selectivo que facilita la absorción de las ondas cortas y evita la emisión de ondas largas. Así se consigue un máximo aprovechamiento de la radiación solar. El absorbedor cede su calor a un fluido, aire, agua que o a una mezcla de agua y anticongelante si existe riesgo de heladas. El fluido puede circular por tuberías o sobre el absorbedor. Las paredes y el fondo del colector plano llevan un revestimiento aislante para evitar pérdidas de calor.

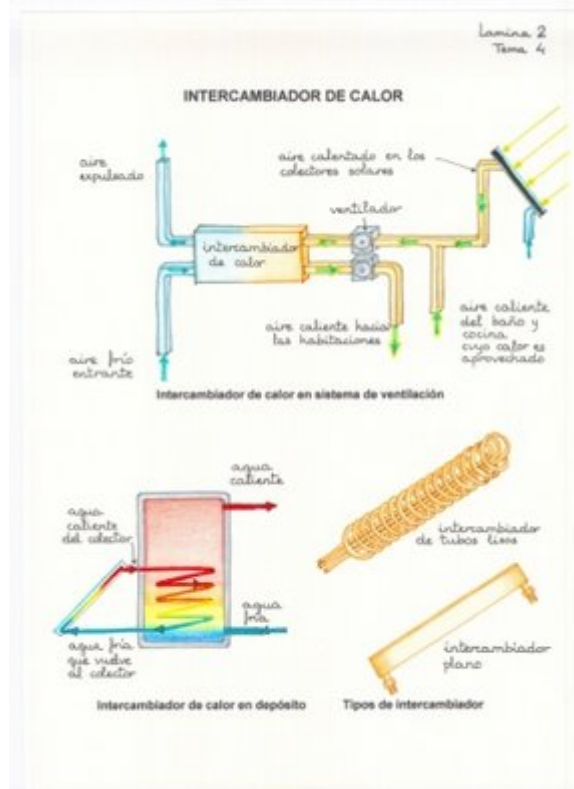
Algunos fabricantes succionan el aire del interior del colector para reducir la irradiación térmica y evitar corrientes de convección. Estos colectores llevan un indicador para comprobar el vacío interior y en caso necesario poder restaurarlo con una bomba de vacío. Existe otro tipo de colectores de vacío formados por tubos de cristal con vacío en su interior y que contienen un absorbedor.

Otra modalidad son los colectores de depósito. Como su nombre indica son a un tiempo colectores y depósito de acumulación ya que el absorbedor forma las paredes del depósito. En el interior del colector hay un elemento reflector que dirige los rayos del sol a las paredes del depósito-absorbedor. Como en los colectores planos lleva una cubierta de vidrio solar.

### Intercambiador de calor:

En los colectores se capta la radiación solar para calentar un fluido. Este fluido se transporta a través de conductos, pero en algún punto de su recorrido debe ceder este

calor. Esta cesión se realiza en los sistemas activos por medio de un



intercambiador.

Un intercambiador de calor es un aparato en el que circulan dos fluidos que no entran en contacto físico, pero que permite la transmisión de calor de un fluido al otro a través de las paredes de los conductos por los que circulan.

El fundamento de un intercambiador de calor es la barrera de separación entre los dos fluidos que debe estar constituida por un material muy buen conductor de calor.

Un tipo de intercambiador sencillo consiste en un espacio ocupado por uno de los fluidos en cuyo interior se disponen haces tubulares o un serpentín por el que circula el otro fluido. Los tubos pueden llevar aletas para aumentar la superficie de contacto. Otro tipo de intercambiador aún más sencillo y de menor eficiencia consiste en un aparato que separa ambos fluidos por una pared metálica.

En los sistemas de captación solar activa es frecuente que los intercambiadores de calor estén incorporados en el depósito acumulador. Si el depósito acumulador tiene gran capacidad es conveniente colocar el intercambiador de calor independiente del mismo y se sitúa entre los colectores y el depósito.

Para compensar la dilatación de los fluidos que circulen en circuito cerrado, como suele suceder en los circuitos primarios es necesario colocar un vaso de expansión. En la lámina 2 de este tema se representan esquemáticamente algunos intercambiadores.

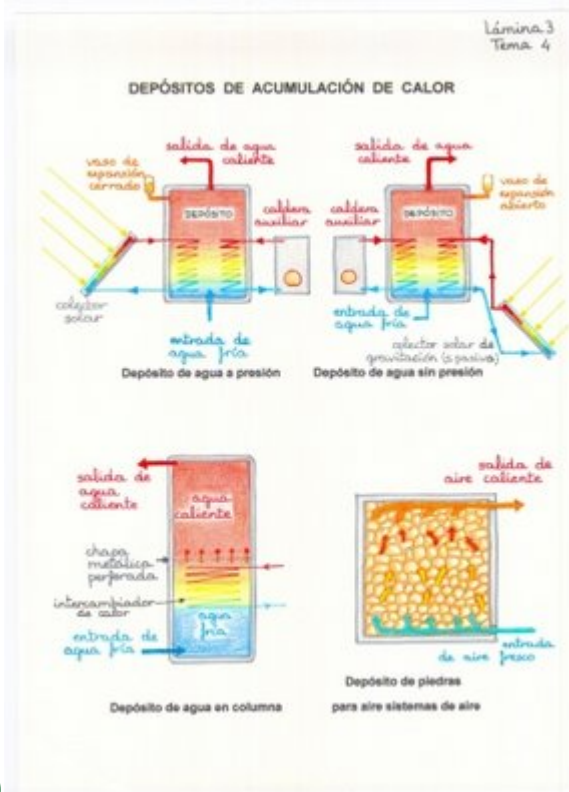
### **Depósito acumulador:**

En el colector se capta la radiación solar y por medio de un fluido se lleva a un depósito para acumular el calor absorbido. Esto es necesario para poder disponer de agua caliente o calefacción cuando el sol ya no brilla por la noche y si el depósito acumulador es suficientemente grande, incluso en días nublados. Es fundamental que esté muy bien aislado para no perder calor.

Normalmente se le da al depósito la capacidad suficiente para abastecer las necesidades caloríficas de la vivienda a lo largo de un día entero y en la época más fría del año.



Dentro del depósito se dispone un intercambiador de calor para posibilitar la transmisión de calor del fluido del circuito primario al fluido del circuito secundario. (Ver lámina nº 3



de este tema)

Existen depósitos con y sin presión.

Los depósitos sin presión suelen ser de plástico y son usuales en las instalaciones de captación solar pasiva que funcionan por termosifón. También en instalaciones mixtas que combinan captación solar con otros aportes energéticos en los días más fríos, como por ejemplo calderas de gas.

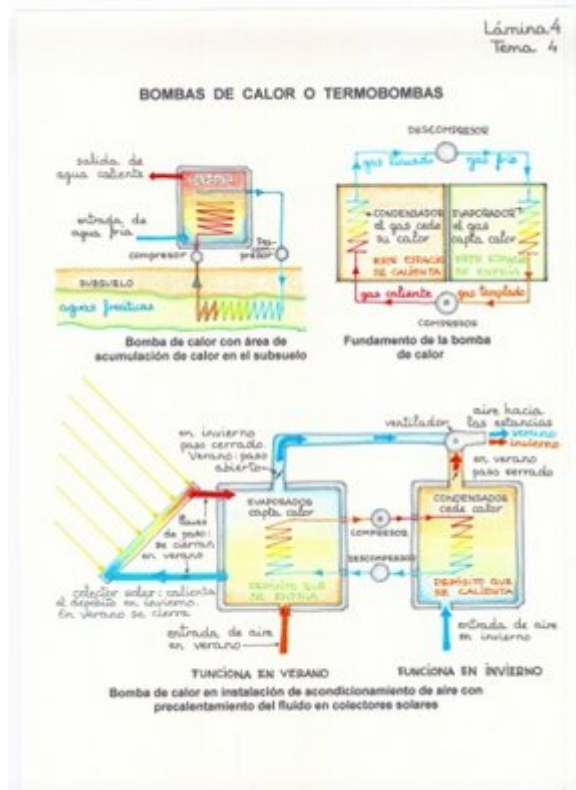
Los depósitos a presión suelen ser de acero inoxidable. En este tipo de depósitos el agua fría entra en el depósito, capta calor del intercambiador y sale una vez caliente por la parte superior del depósito para ser utilizada. A la vez, entra por la parte inferior la misma cantidad de agua fría para ser calentada. En estos depósitos el agua más fría está en la parte inferior y la más caliente en la parte superior.

En sistemas de calefacción por aire se usan con frecuencia depósitos de piedra o ladrillos para almacenar calor. Durante el día, el aire que llega del colector cede su calor a un material de gran masa térmica que se va calentando. Por la noche se tapona el circuito del colector y se hace circular a través del depósito el aire del interior de la vivienda para calentarla.

### **Bomba de calor o termobomba:**

La bomba de calor es un mecanismo que extrae calor de un cuerpo y se lo cede a otro. Si se extrae calor del ambiente que la rodea, una gran masa de aire, agua o tierra, la variación de temperatura de este ambiente va a ser muy pequeña, menos de un grado, porque se trata de toneladas de masa. Sin embargo, si ese calor extraído se transfiere a una masa pequeña, por ejemplo, el agua que vamos a usar en la calefacción de una casa,

esta pequeña masa de agua va a experimentar una subida de temperatura



apreciable.

La gran masa de tierra, aire o agua ambiente de la que hemos captado el calor recupera su temperatura rápidamente porque el sol va a seguir calentándola.

Las bombas de calor también pueden funcionar a la inversa, es decir, se puede captar calorías de una pequeña masa, por ejemplo, el aire del interior de una vivienda y cederlas a la gran masa ambiente, por ejemplo al aire exterior, con lo que refrigeraremos la casa. De hecho todos tenemos en nuestras casas al menos una bomba de calor: la del frigorífico, que extrae calor de su interior y lo cede al ambiente. Así se refrigeran los alimentos, extrayéndoles su calor.

¿Cómo se hacen estas transferencias de calor? Se hacen introduciendo trabajo en el sistema: trabajo, calor y temperatura están relacionados. Las tres leyes de la termodinámica establecen los principios de esta relación.

Es fácil producir calor frotando dos varillas. Al frotarlas entre sí se calientan. Añadiendo trabajo a una masa que está a baja temperatura se puede producir calor y subir su temperatura.

Un modo de introducir trabajo en un sistema es comprimir un fluido. Las bombas de calor que funcionan mediante compresión comprimen un gas con lo que disminuye su volumen y su temperatura aumenta sin que cambie su contenido calórico. Si se desea calentar puede aprovecharse este aumento de temperatura para calentar el agua de los paneles o radiadores de calefacción.

Si se desea refrigerar pueden disiparse calorías en el ambiente. Resultará sencillo ya que al comprimir el gas hemos elevado su temperatura por encima de la temperatura ambiente. Así es como funcionan los frigoríficos. Poseen un compresor que comprime un gas y eleva su temperatura. A través de la rejilla que tiene por detrás el aparato se ceden calorías al aire de la habitación. Un descompresor completa el ciclo. (Ver lámina 4 de esta U.D.)

Una bomba térmica puede emplearse en arquitectura tanto para refrigerar en verano como para caldear en invierno. Las masas de acumulación empleadas para los

intercambios de calor pueden ser el aire ambiente que rodea la casa, el propio terreno o las masas de agua, por ejemplo, aguas subterráneas.

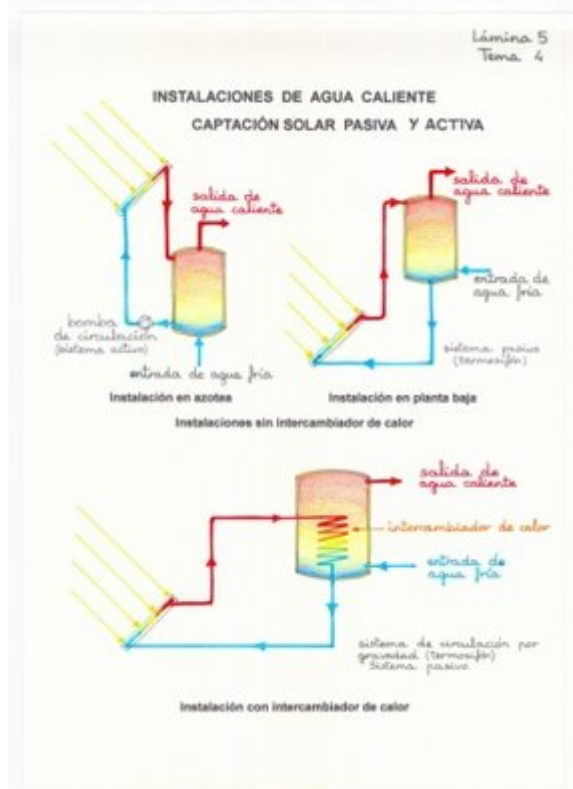
No siempre está permitida la utilización de las aguas subterráneas para estos fines. Una excelente solución es el empleo de los colectores solares en combinación con la bomba térmica. La bomba térmica aumenta la eficacia del colector en invierno, cuando las temperaturas son más bajas y el sol luce menos.

También puede emplearse el subsuelo para almacenar en él los excesos de producción de calor de los colectores y ser empleado dicho calor para el funcionamiento de la bomba térmica. Otro procedimiento sería la instalación de un gran depósito-almacén de agua de unos 10 metros cúbicos o más de capacidad colocado en posición vertical. Dicho depósito está separado en dos compartimentos: el de la parte superior contiene agua caliente y en la parte inferior agua más fría. Convenientemente aislado y enterrado permitiría aprovechar el calor acumulado durante el verano para el funcionamiento de la bomba térmica en otoño y hasta bien entrado el invierno.

En invierno el calor captado por los colectores calienta la parte baja del depósito. La bomba de calor transfiere las calorías de la parte baja a la de arriba de donde sale el circuito para la calefacción. En verano la bomba conduce las calorías de la casa a la parte superior del depósito que es enfriada durante la noche por los colectores.

### Instalaciones de agua caliente:

Las instalaciones de agua caliente realizadas con colectores solares deben contar con un sistema que garantice el caldeo del agua en los días sin sol. Pueden ser de captación pasiva y pueden construirse con sistemas activos que mejoren su



rendimiento.

### Instalación de agua caliente de captación pasiva o por termosifón:

También se llaman de gravedad. Las instalaciones de este tipo pueden llegar a ser de una gran simplicidad. Constan de:

Colector o colectores

Depósito acumulador

Intercambiador de calor que suele ir dentro del depósito



El colector se sitúa a un nivel más bajo que el depósito acumulador del agua caliente. Al calentarse el fluido en el colector, baja su densidad y se eleva, llegando al intercambiador de calor del depósito. Ahí transfiere su calor al agua del depósito y una vez enfriado vuelve a bajar por gravedad al colector.

Estos sistemas pasivos tienen la ventaja de padecer menos averías, pero hacen necesario observar algunas precauciones:

- Los conductos deben ser de mayor diámetro para favorecer la circulación del fluido y siempre deben tener cierta inclinación. No puede haber tramos horizontales, estrechamientos ni sifones.

- El fluido que sale caliente del colector debe tener una pendiente ascendente hacia el intercambiador. El intercambiador se sitúa en la parte baja del depósito. Una vez enfriado el fluido debe llevar una pendiente descendente de vuelta al colector.

- Las distancias a recorrer por el fluido deben ser las mínimas posible, en especial si las pendientes son pequeñas.

El riesgo de heladas puede hacer conveniente colocar los colectores a resguardo tras un cristal o utilizar como fluido preparados comerciales con anticongelante. Conviene tener previsto un sistema de caldeo del agua alternativo para días nublados.

Algunas marcas comerciales incluyen un termostato y una resistencia eléctrica que calienta el agua si baja de determinada temperatura.

También pueden disponerse otros sistemas de caldeo, como chimeneas, estufas o calderas que proporcionan agua caliente en días nublados.

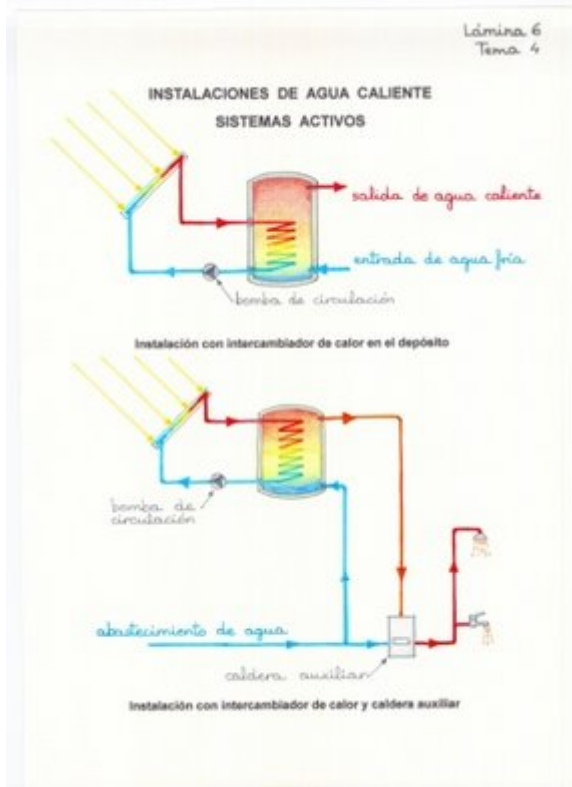
Un inconveniente de estos sistemas es que proporcionan agua caliente a partir del mediodía, cuando el sol ha calentado el fluido del colector. Para subsanar este problema conviene tener el depósito acumulador muy bien aislado y protegido bajo cubierta para evitar pérdidas de calor. Además de este modo se protege de las heladas. Hemos estado mencionando todo el tiempo los sistemas de calentamiento de agua a través de un intercambiador de calor, denominados sistemas de caldeo indirecto, puesto que en el colector se calienta un fluido y no el agua que se va a utilizar. Se pueden instalar también sistemas de caldeo directo que calientan directamente en el colector solar el agua que se va a utilizar. Este sistema ahorra el intercambiador. El agua que viene de la red general entra directamente en el colector.

Los sistemas de caldeo directo pueden construirse de forma artesanal y funcionan bien por ser de una gran simplicidad. Presentan algunos inconvenientes serios, por lo que no son muy utilizados. Al no usar anticongelante puede helarse el agua en las noches frías de invierno y destrozar el colector. Otro problema es el de la corrosión. El agua fresca que entra continuamente en el colector trae aire disuelto y favorece la corrosión de los colectores, el depósito y las tuberías que no sean de materiales plásticos, incluso los de cobre.

### **Instalación de agua caliente, sistemas activos:**

Los sistemas activos disponen de una bomba de circulación que impulsa el fluido que se calienta en el colector. Esto permite situar el colector por encima del depósito ya que el fluido no circula por gravedad. La potencia de bombeo puede ser muy reducida, solamente la suficiente para vencer la resistencia por fricción. La bomba puede accionarse por medio de un termostato diferencial que la pone en circulación cuando la temperatura

en el colector está unos 6° C. por encima que el agua de la parte inferior del



depósito.

Como en los sistemas pasivos, la energía solar captada se transmite al agua caliente de consumo por medio de un intercambiador de calor.

Si se quieren mejorar los rendimientos y/o poder utilizar los colectores para refrigerar la vivienda en verano se puede instalar una bomba de calor y poder aumentar el calor disponible. En este caso la potencia del compresor deberá ser superior a la de la bomba de circulación para conseguir un mejor rendimiento.

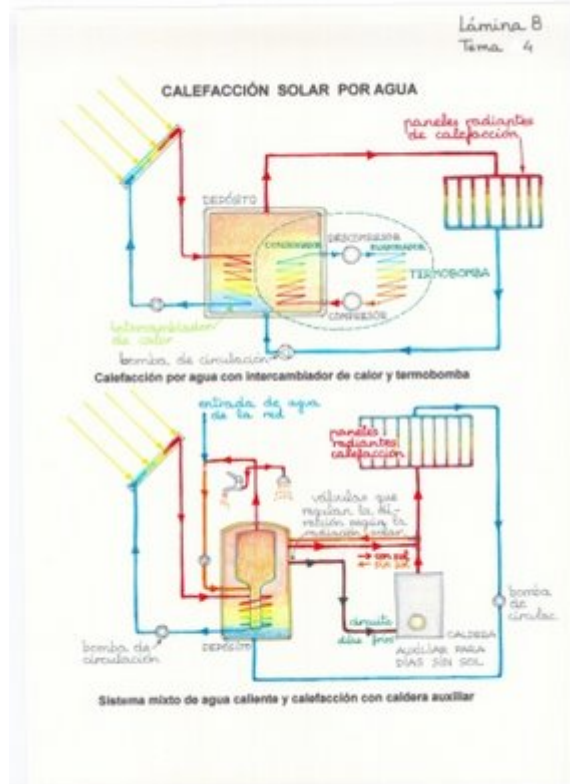
Las primeras bombas de calor que se comercializaron para sistemas de agua caliente datan de aproximadamente 1.953. Se instalaban en la despensa de la casa de donde extraían el calor para calentar el agua. De este modo se obtenía a un tiempo agua caliente sanitaria y se mantenían frescos los alimentos contenidos en la despensa. Uno de los modelos comercializados podía proporcionar 546 litros de agua a 60° C. por día. La ventaja del empleo de bombas de calor estriba en que los colectores solares pueden funcionar a baja temperatura. Como inconveniente puede señalarse que el compresor de la bomba necesita para su funcionamiento un suministro de energía eléctrica. No obstante el empleo de bombas de calor resulta rentable ya que con el gasto de 1 Kwh. de electricidad empleado en hacer funcionar la bomba pueden obtenerse 3 Kwh de calor.

### **Sistemas de calefacción solar por agua:**

Existen sistemas solares de calefacción por agua y por aire.

Todo lo expuesto anteriormente en las instalaciones de agua caliente se puede aplicar a los sistemas de calefacción por agua y en muchos casos una misma instalación de

colectores calienta el agua caliente sanitaria y la del circuito de calefacción. Un ejemplo



que veremos aquí es de este tipo.

Una instalación de calefacción por agua necesita una mayor superficie de captación solar y va a ser casi siempre un sistema activo. Llevará al menos dos bombas de circulación, una en el circuito primario y otra en el secundario para asegurar el buen reparto de calorías a todos los paneles o radiadores de la casa.

Un sistema de este tipo necesitará en la mayoría de los casos una caldera auxiliar, por ejemplo de gas o leña, para calentar la vivienda los días fríos y nublados. La conexión de ambos sistemas puede hacerse de varias maneras. Veremos una de ellas que produce agua caliente y precalienta el agua de calefacción y cuyo esquema se representa en la lámina 7 de este tema.

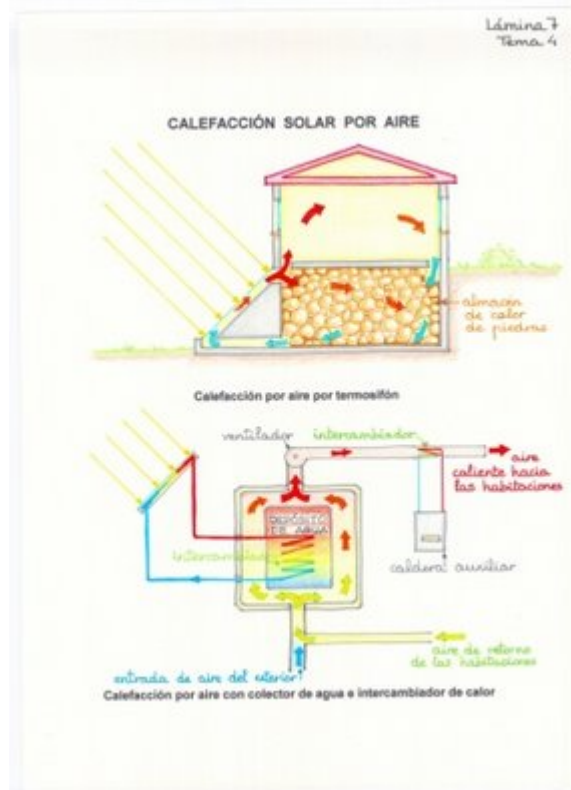
Este sistema tiene un depósito combinado, separado en dos compartimentos. Uno de ellos aloja el agua caliente sanitaria, ocupa la zona central del depósito y está rodeado por el agua del sistema de calefacción.

El compartimento del agua sanitaria se estrecha en su parte inferior para calentar mejor el agua fría que entra en él. El intercambiador de calor rodea este estrechamiento para poder calentar a un tiempo el agua de calefacción y el agua sanitaria. En los días nublados la caldera puede calentar a la vez los dos circuitos de calefacción y agua caliente.

En la lámina 7 también se representa un sencillo sistema de calefacción por agua que incorpora una bomba de calor.

## Sistemas de calefacción solar por aire:

Los sistemas de calefacción solar por aire utilizan éste fluido como vehículo para transmitir



el calor captado en los colectores.

Existen sistemas pasivos de calefacción por aire que funcionan por termosifón. También hay sistemas activos que impulsan el aire mecánicamente. Ambos se representan en la lámina 8.

Las ventajas de los sistemas de calefacción por aire son los siguientes:

No tienen riesgo de congelación, no necesitan anticongelantes

- No precisan intercambiadores de calor, el mismo aire que se calienta en el colector, puede emplearse para calentar la vivienda directamente.
- No necesitan válvulas de drenaje ni automatismos causa de averías.
- En el caso de producirse alguna fuga, el único problema será que baja el rendimiento del sistema.

- El sistema de almacenamiento de calor en un sistema por aire puede ser muy diverso: en depósitos de piedras, ladrillos o cualquier material de elevada masa térmica, incluidos bidones o columnas de agua. Los sistemas por agua emplean solamente depósitos de agua.

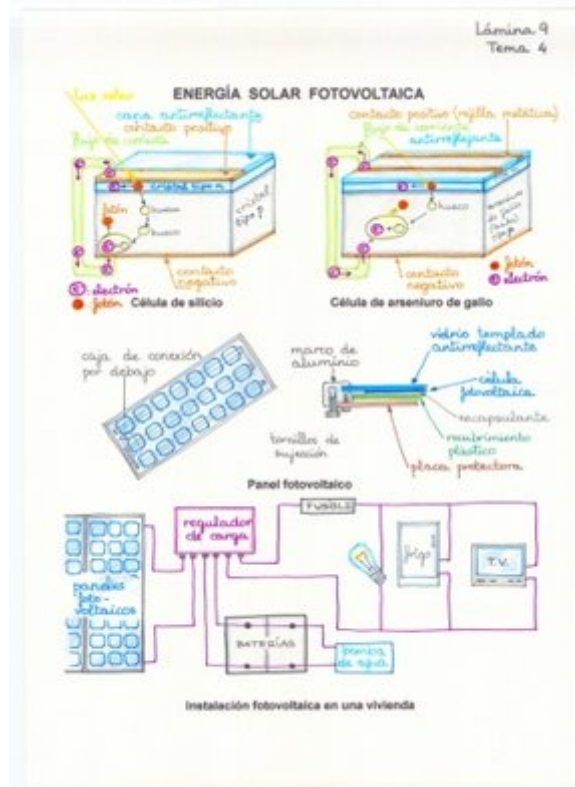
Los inconvenientes de los sistemas de calefacción por aire son:

- Necesitan depósitos de almacenamiento de calor de mayor volumen
- La potencia del ventilador que mantiene la circulación del aire será mayor que la de la bomba de circulación equivalente en un sistema de calefacción por agua.
- Los conductos por los que circula el aire son de mayor sección que los de agua y por lo tanto más caros y laboriosos de aislar.

## Paneles solares fotovoltaicos:

Se basan en el efecto fotovoltaico, un fenómeno que se produce cuando dos materiales semiconductores distintos, prensados para conseguir un máximo contacto, se exponen a

la radiación de ciertos tipos de luz. En esta situación los materiales se comportan como



una célula eléctrica, liberando electrones.

El material semiconductor que suele emplearse con más frecuencia es el silicio porque es muy barato y fácil de conseguir. Se adultera con determinadas sustancias que implantan iones positivos en un lado de la célula (por ejemplo boro) y negativos en la otra (por ejemplo fósforo), para favorecer la aparición del efecto fotovoltaico.

Las células de silicio se fabrican con dos capas de silicio, una sobre otra. La parte superior constituye el contacto negativo y la inferior el positivo. Cuando la luz solar incide sobre la célula de silicio le transfiere la energía suficiente para liberar algunos electrones que atraviesan la separación entre los dos cristales. También existen células solares de arseniuro de galio que pueden funcionar a temperaturas superiores a 100° C. Entre los contactos positivo y negativo de la célula fotovoltaica se forma un circuito hecho con cables para poder conducir la electricidad que se seguirá produciendo mientras la luz incida en la célula solar.

Las células individuales generan una cantidad de energía eléctrica muy pequeña. Para producir electricidad en cantidades aprovechables las células se agrupan en paneles. Los paneles solares fotovoltaicos están constituidos por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas unas a otras de manera que generan un determinado voltaje. La instalación se complementa con una batería y un regulador de carga. (Ver lámina 9).

La gran ventaja de la utilización de paneles fotovoltaicos es que no precisan ningún mantenimiento una vez montado el sistema, por ello se emplean siempre en los ingenios espaciales, ya que siguen funcionando durante muchos años por sí solos.

Actualmente existe en nuestro país una normativa que permite la conexión de los generadores domésticos de electricidad, fotovoltaicos o eólicos a la red eléctrica general. Esto permite vender a la compañía eléctrica el excedente de electricidad producida en los días soleados y comprarla por las noches o en días nublados.

Es un modo de aprovechar toda la energía producida sin necesidad de instalar baterías de acumulación de electricidad. También se tiene asegurado el suministro aunque se presenten varios días seguidos con nubes.



La instalación de paneles fotovoltaicos debería ser habitual en nuestras latitudes. No se comprende que países con mucho menos sol que el nuestro tengan políticas de fomento de instalación de casas solares mucho mejores que nosotros, por ejemplo Holanda o Austria.

Alemania lanzó en 1.999 un programa al que denominó: "Cien mil tejados solares" con el fin de instalar una potencia de 300 Mw. de energía solar fotovoltaica. Ha sido tal el éxito que se consiguió mucho antes del plazo previsto. Alemania no solo fomenta el aprovechamiento de la e. solar, también produce el 38% de la energía eólica mundial y aspiran a que cubra un 25% del sector energético del país.

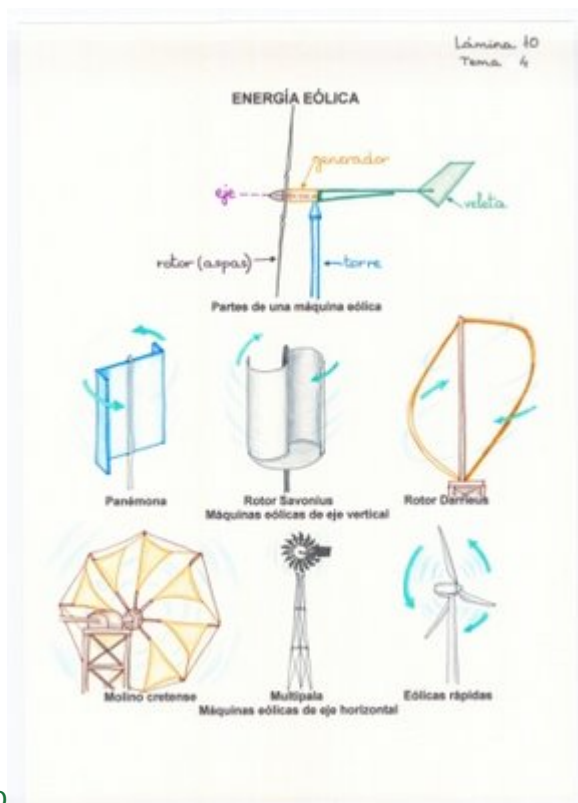
Hoy en día existe una gran variedad de paneles fotovoltaicos, incluso enrollables. Hay paneles que pueden emplearse como revestimiento de fachadas o en sustitución de las tejas. La variedad de modelos existentes en el mercado permiten satisfacer cualquier demanda y permiten dar soluciones perfectamente integradas en el diseño arquitectónico. Por último se debe recordar la condición imprescindible que tiene toda instalación de captación de la energía solar es que nada obstaculice la incidencia de la radiación solar en los paneles, como árboles, edificaciones cercanas o cualquier otro objeto que proyecte sombra.

### **Máquinas eólicas de producción de electricidad:**

Son artefactos que aprovechan la energía del viento para transformarla en electricidad. Nacen al incorporar un generador eléctrico a un molino de viento. La tecnología de los molinos de viento se ha ido desarrollando durante siglos porque la humanidad los ha empleado durante milenios. Se conocían en la civilización persa en el siglo XVIII a. de C. y hay constancia de su amplia utilización en la Grecia clásica y todo el imperio romano. Además de producir electricidad las máquinas eólicas pueden emplearse para otros fines, como bombear agua o moler.

Una máquina eólica para generar electricidad consta de estos elementos:

- El molino o rotor que es movido por el viento
- El eje que transmite el movimiento del rotor al generador
- El generador que transforma el movimiento del rotor en electricidad
- La torre que soporta el rotor
- Baterías y elementos de regulación, orientación y frenado



0

Existen varias modalidades de máquinas eólicas que se representan en la lámina nº 10 de esta U.D. Las hay de eje vertical que son:

- Rotor Savonius
- Panémona
- Rotor Darrieus: es el de mayor rendimiento de eje vertical

Y la mayoría de las máquinas eólicas que se comercializan son de eje horizontal:

- Molinos multipala
- Molino cretense
- Eólicas rápidas, también llamadas aerogeneradores.

### Sistemas híbridos:

La captación de la energía del entorno plantea siempre el problema de la impermanencia de la fuente energética. El sol no brilla por la noche, hay días nublados y días de calma en los que no sopla el viento lo suficiente como para poder obtener de él suficiente electricidad.

Por ello, cada vez cobran más fuerza los llamados sistemas híbridos. Los más adecuados en la actualidad son los siguientes:

### Sistemas eólico-solares:

Generalmente cuando hay nubes no brilla el sol y hace viento. Puede decirse que son dos energías que se complementan mutuamente. Con las modernas microturbinas incluso con viento débil puede obtenerse una cantidad de electricidad significativa que incremente la cantidad de energía total disponible.

### Sistemas eólico-hidráulicos:

En la actualidad muchas centrales hidroeléctricas aprovechan los momentos de baja demanda de electricidad, como son las noches, para emplear el excedente de energía eléctrica en bombear agua de nuevo a la presa, así al día siguiente se dispondrá de nuevo caudal de agua del que obtener electricidad. Este sistema puede aplicarse a las instalaciones eólicas.

La energía eólica presenta el gran inconveniente de su impredecibilidad. Una parte de la energía eléctrica obtenida puede guardarse en baterías, pero ¿qué hacer tras varios días

de calma? Una posibilidad sería poder disponer de dos pequeños embalses de agua. En los días de viento, el excedente de energía eléctrica se puede utilizar para bombear agua del embalse inferior al superior. Cuando el viento está en calma, el aporte energético lo proporcionará una pequeña central hidráulica colocada al pie del embalse superior.

### **Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia:**

El empleo de colectores solares para calentamiento de agua y calefacción en Galicia se encuentra con la dificultad de que durante la época más fría del año el cielo está nublado con frecuencia. Incluso hay muchos días en los que luce el sol, pero el cielo es atravesado de manera aleatoria por nubes. El colector que se estaba calentando con el sol, al pasar una nube vuelve a enfriarse, con lo que el rendimiento es menor.

La utilización de paneles solares fotovoltaicos también se encuentra con el problema de la falta de sol. En muchas zonas de Galicia no es extraño que los cielos se presenten nubosos durante semanas o incluso meses.

El empleo de aerogeneradores está dando buenos resultados. En invierno son frecuentes los vientos y de hecho se instalan cada vez más parques eólicos.

Los aerogeneradores tienen dos inconvenientes que deben tenerse en cuenta. Uno de ellos es el ruido, son muchas las personas que no lo soportan. En este caso será necesario tener la posibilidad de instalarlo suficientemente lejos de la vivienda o decidirse por otro sistema.

Otro inconveniente es que pueden dañar a las aves que no vean las aspas. En este caso se puede optar por molinos de movimiento lento como los cretenses que las aves puedan ver. No obstante si existen en los alrededores especies protegidas de aves se debe optar por otro sistema de obtención de energía eléctrica.

En Galicia también existen muchos cursos de agua superficial, pequeños ríos y manantiales susceptibles de ser aprovechados para la instalación de una minicentral hidroeléctrica.

Si se quiere disponer de una vivienda autónoma que se autoabastezca de electricidad, será bueno disponer de un buen aerogenerador o de una minicentral hidroeléctrica que asegure el abastecimiento en invierno.

Si se desea aprovechar al máximo las posibilidades de obtención de energía del entorno para la climatización y abastecimiento de energía eléctrica de la vivienda bioclimática en Galicia puede elegirse entre estas opciones:

- Instalación de colectores solares para agua caliente y calefacción auxiliados por una caldera convencional que asegure el suministro en días que no luzca el sol. El ahorro energético que proporcionarán los colectores hará la instalación muy rentable al cabo de pocos años.
- Instalación de colectores solares y un gran depósito acumulador enterrado y bien aislado que permita almacenar calor suficiente para al menos el consumo de dos meses de agua caliente y calefacción durante la época más fría del año en previsión de los días que no luzca el sol en invierno. De este modo el almacén irá supliendo las necesidades caloríficas de los días nublados ya que los días con sol el almacén podrá cargar algo de energía sobrante.
- Instalación de paneles solares fotovoltaicos para obtención de energía eléctrica auxiliado por un aerogenerador.
- Instalación de un sistema híbrido eólico-solar. El aerogenerador debe tener potencia suficiente para suministrar suficiente energía eléctrica para calentar agua caliente y calefacción en días nublados.

- Instalación de un sistema híbrido eólico-hidráulico que garantice el suministro de la energía eléctrica suficiente para consumo doméstico incluido calefacción y agua caliente.

### **Datos, curiosidades y anécdotas:**

Los mini colectores-acumuladores tipo almohada son muy populares en Japón. Cada colector es una bolsa de plástico parecida a una almohada, con una capacidad de 200 litros. Mide 1 x 2 m. Se colocan sobre el tejado y se llenan de agua por la mañana. Por la noche hay suficiente agua caliente para bañarse toda la familia. Suelen durar unos dos años.

Un solo metro cuadrado de la superficie solar emite la misma cantidad de luz que 600.000 bombillas de 100 w. El diámetro del sol es de 1.392.000 km. Esto nos puede dar una idea de la magnitud de la cantidad de energía que emite nuestro Sol.

Arabia Saudita recibe en un día la energía solar equivalente a una producción de petróleo de tres años. Fue el primer país que abasteció algunas poblaciones exclusivamente con energía solar. En la actualidad incluso en España hay pequeños pueblos solares.

El efecto fotovoltaico depende exclusivamente de la luz, no del calor. Es más, las bajas temperaturas aumentan el rendimiento de las células solares. Por ello se ha comprobado que los paneles solares instalados en las bases científicas del polo sur producen más energía que sus equivalentes instaladas en climas templados o cálidos.

Una buena parte de la radiación solar que alcanza la atmósfera terrestre no llega hasta el suelo dependiendo de la latitud, la altitud sobre el nivel del mar y la capa de nubes.

Se ha calculado el promedio que llega a la superficie y cuánta energía nos correspondería a cada ser humano según la población actual y es de unos 40.000 KW.

Los primeros datos que tenemos del aprovechamiento de la radiación solar datan de hace unos 2.700 años. Plutarco escribió que en tiempos de Numa Pompilio las vestales encendían el fuego sagrado con copas metálicas orientadas al sol.

Arquímedes, en el siglo III a. de C. incendió las naves enemigas durante el asedio de Siracusa con un espejo ustorio. Los incas también utilizaban un reflector para preparar la comida sagrada. Los italianos Targioni y Averani en 1.694 ensayaron con espejos ustorios el modo de volatilizar diamantes.

En el siglo XVIII, Lavoisier construyó, con la ayuda de la fábrica de vidrio St. Gobain, una lente cóncava llena de alcohol de 1,3 metros de diámetro. Le incorporó delante otra lente de 15 cm. para reducir el foco. Expuesto el conjunto a la luz del sol consiguió fundir platino, a 1.773° C. Gran defensor de la energía solar por considerarla la más limpia y no contaminante, la revolución francesa lo guillotino alegando que: "la república no necesita científicos"

En la actualidad es muy frecuente la utilización de paneles solares fotovoltaicos para el funcionamiento de faros ubicados en lugares de difícil acceso o deshabitados. Uno de los primeros faros solares se instaló en una isla deshabitada en el Mar de China en Japón. Lo instaló la firma japonesa Hayakawa y la superficie de paneles es de diez metros cuadrados. En el caso de que las nubes no dejen brillar el sol, las baterías con que cuenta aseguran el funcionamiento del faro durante todo un mes.

El clima terrestre está muy relacionado con la actividad solar. Desde tiempos de Galileo los astrónomos han observado la evolución de las manchas solares. Entre 1.645 y 1.715 casi desaparecieron de la superficie del sol y las temperaturas bajaron 1 ° C en relación a las de épocas anteriores y posteriores.

Las primeras bombas de calor que se comercializaron a mediados del siglo XX fueron un auténtico fracaso de ventas. Eran equipos con 70 litros de capacidad que podían ser utilizados como nevera a la par que funcionar como bombas de calor. Casi podrían

compararse a uno de nuestros frigoríficos en los que el calor producido por la rejilla posterior se utilizaba para calentar el agua sanitaria. El calor lo extraían del interior del frigorífico y del aire de la habitación en la que se encontraba la bomba. La razón del fracaso comercial se debió a que fueron consideradas como neveras desde el punto de vista legal y gravadas con impuestos que las hicieron no competitivas.