

---

# **Componentes de las instalaciones**

---

**unidad  
didáctica3**



## **1. Sistema de captación**

---

### **1.1. El captador solar**

Es la parte principal de estas instalaciones. El colector o panel solar es el componente de la instalación en el que se capta la radiación solar y se convierte en energía calorífica, al calentarse el fluido que circula por su interior. Existen diferentes tipos de colectores solares, según la aplicación a la que se destinen (domésticas, industriales...). Los diferentes tipos de colectores solares determinan los diferentes sistemas de EST, que suelen clasificarse en los sistemas ya vistos de baja, media y alta temperatura. La siguiente tabla nos resume los tipos de colectores que encontramos.

<b>TIPOS DE COLECTORES</b>		
<b>Clase</b>	<b>Características</b>	<b>Tipos</b>
Colectores de baja temperatura	<ul style="list-style-type: none"><li>- No utiliza ningún dispositivo para concentrar los rayos solares.</li><li>- La temperatura del fluido a calentar está por debajo del punto de ebullición del agua.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Colectores no vidriados.</li><li>- Colectores de placa plana.</li><li>- Colectores de tubo de vacío.</li></ul>
Colectores de media temperatura	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capaces de concentrar la radiación solar en una superficie reducida.</li><li>- La temperatura de trabajo suele variar entre los 100 y los 400 °C.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Colectores cilíndrico-parabólicos.</li></ul>

<b>TIPOS DE COLECTORES</b>		
<b>Clase</b>	<b>Características</b>	<b>Tipos</b>
Colectores de alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"><li>– Capaces de concentrar la radiación solar en un solo punto.</li><li>– La temperatura de trabajo oscila desde los 400 °C hasta más de 1.000 °C.</li><li>– No se usan de modo comercial, tan solo para investigación.</li><li>– Utiliza un campo heliostático, espejos que siguen la trayectoria del sol automáticamente y concentran la radiación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Colector de campo heliostático &gt;1.000 °C.</li><li>– Colector de espejo parabólico 900 °C.</li></ul>

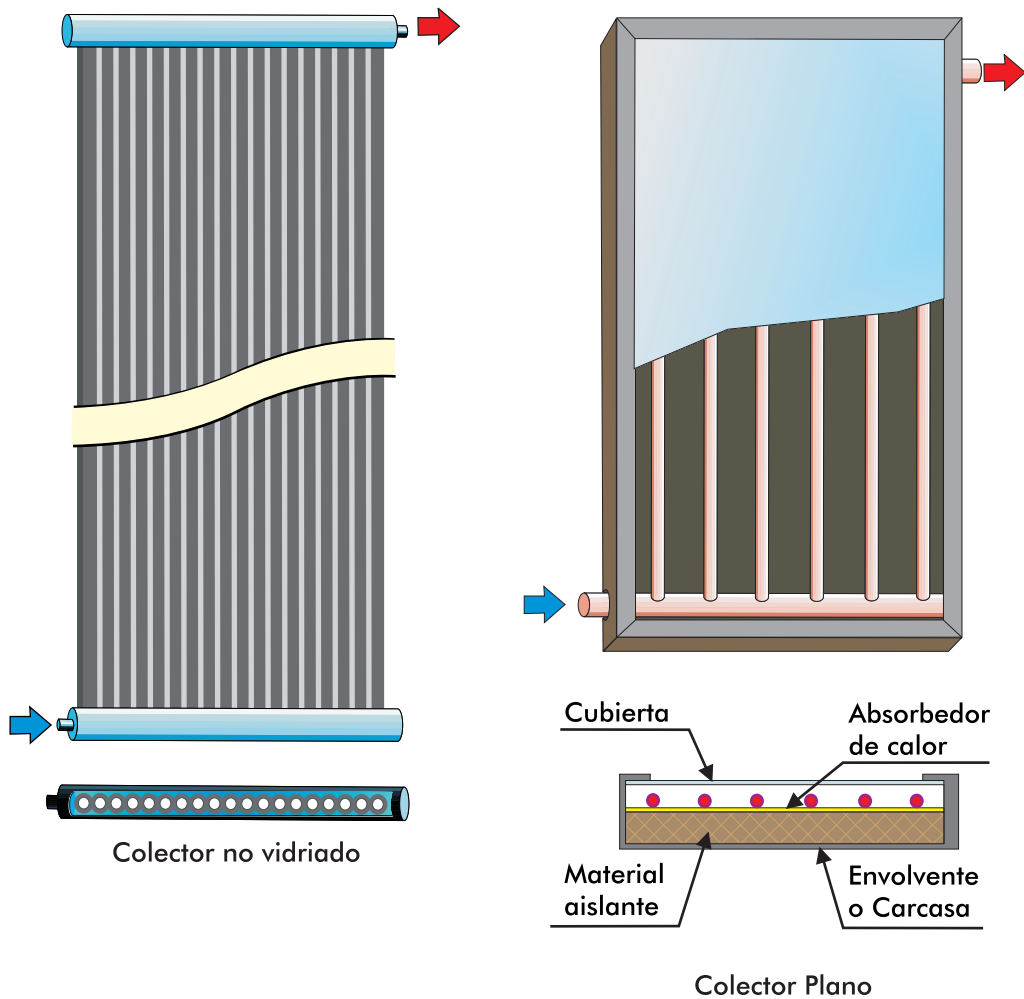
Los que veremos a continuación son los colectores utilizados en instalaciones a baja temperatura.

### **1.1.1. Colectores no vidriados**

Consisten en un absorbedor realizado en material plástico. Al no estar cubiertos, no pueden superar los 40-45 °C. Por ello, en la práctica se utilizan principalmente para calentar piscinas. El bajo coste es su principal ventaja. Sin embargo, están expuestos a problemas de envejecimiento que dependen de los materiales y de la tecnología utilizada para su fabricación.

### **1.1.2. Colectores planos**

Los colectores planos se emplean exclusivamente en instalaciones a baja temperatura. Los convertidores solares planos aprovechan el efecto invernadero, del que hemos hablado anteriormente. La conversión se realiza mediante una placa metálica que transfiere la energía térmica a un líquido en contacto con la placa. Los componentes típicos de colector solar plano son: la placa, la cubierta, el aislante y la envolvente o carcasa.



La **placa o absorbedor** recibe la radiación solar y la convierte en calor que se transmite al fluido caloportador. Las placas son de cobre, cobre-aluminio o acero, incorporando una capa de cromo negro sobre níquel o similar, conseguida mediante un tratamiento electroquímico, que aumenta su absorción. Si esta superficie es negra y de textura mate, captará mejor la energía que si es de cualquier otro color. Por esta razón, los fabricantes de colectores solares oscurecen el absorbedor, lo que consiguen:

- Con pinturas que resistan temperaturas superiores a los 100 °C.
- Mediante tratamientos electroquímicos o pinturas con óxidos metálicos (captan la radiación y tienen baja emisión). Los colectores que han sido sometidos

## Energía solar térmica

### Componentes de las instalaciones

---

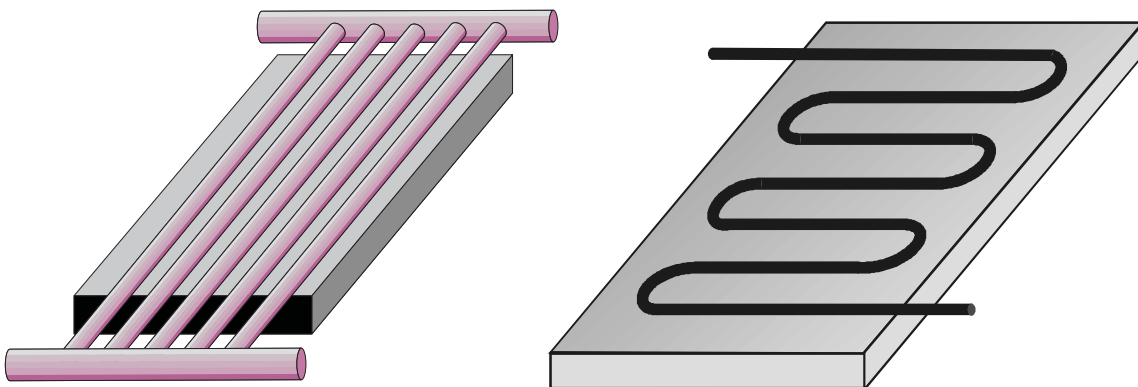
dos a este tratamiento reciben el nombre de selectivos. Con este tratamiento pueden llegar a un rendimiento del 95%.

Los tratamientos electroquímicos encarecen la fabricación, sin compensar el rendimiento anual de los captadores; además, los captadores que han recibido este tratamiento alcanzan temperaturas de equilibrio más altas, lo que implica mayores esfuerzos mecánicos por dilatación y a menudo, evaporación del fluido caloportador. Estas razones hacen que muchos fabricantes opten por el uso de las pinturas.

Los colectores presentan formas diversas pero en general, los más usados son los de tubos verticales paralelos y los de serpentín.

Los primeros constan de una serie de tubos verticales que se encuentran conectados por sus extremos inferior y superior con otros tubos horizontales de mayor diámetro llamados distribuidores, por los que entra el agua fría (inferior) y sale el agua ya calentada por la radiación (superior).

En los segundos, se calienta una placa que lleva adherida un tubo en forma de serpentín por la parte posterior. El serpentín está también conectado en sus extremos a unos conductos de distribución. La cara plana es la que se expone al sol para captar la mayor cantidad de rayos. En cuanto a la transmisión del calor desde la placa al líquido es muy importante que el serpentín esté bien adherido a la placa para reducir al máximo las pérdidas térmicas.



La **cubierta** es una superficie transparente de 3 ó 4 mm de grosor, que permite aprovechar más energía ya que hace posible que se produzca el **efecto invernadero**. Impide que la radiación infrarroja emitida por el absorbedor se pierda, posibilitando que la misma vuelva al absorbedor y sea aprovechada. Proporciona la estanquidad necesaria para evitar la entrada de agua o aire. Se debe prestar especial atención a su resistencia mecánica, ya que deben soportar las posibles presiones externas, así como las dilataciones o enfriamientos rápidos (debido a tormentas, la fuerza del viento, la presión de la nieve acumulada, etc.).

Los materiales más empleados son:

- El vidrio, que debe haber sido sometido a un procedimiento de templado o similar, para mejorar sus propiedades mecánicas pero sin que esto afecte a las ópticas, y con bajo contenido en óxidos de hierro. Dependiendo del tipo de vidrio y de su espesor, así será la energía que transmite, pero en todo caso, ésta debe ser elevada (por encima del 90%).
- Las cubiertas de plástico tienen similares propiedades ópticas que el vidrio, pesan poco y son poco frágiles, además tienen baja conductividad térmica. Como inconvenientes está el posible abombamiento al dilatarse y que son inestables a la luz ultravioleta, reduciéndose con el tiempo la cantidad de energía transmitida.
- Algunas cubiertas poseen doble vidrio, pero con esto se eleva el precio y las pérdidas ópticas, y no aporta mayores beneficios.

### **Nota**

Un vidrio templado resiste 4 veces más que uno sin tratamiento, y también puede soportar temperaturas más elevadas (250 °C en comparación con los 40 °C del vidrio sin templar).

El **aislante** se emplea para reducir las pérdidas térmicas a través de los laterales y del fondo de la carcasa del colector, que debe ser de baja conductividad térmica. Los materiales pueden ser lana de vidrio, lana de roca, corcho, espuma de poliuretano... Se suele adherir al sistema de aislamiento una lámina reflectante

de aluminio, que refleja la radiación emitida por la placa absorbedora, reduciendo las pérdidas de calor por la parte posterior del colector solar.

La **carcasa** permite conformar todos los elementos que componen el colector. Es de aluminio o acero galvanizado para resistir la corrosión, y posee las ranuras de fijación adecuadas para anclar y sujetar el colector al edificio o a su soporte. Debe resistir los cambios de temperatura (dilataciones) sin perder la estanqueidad. Como los colectores están situados a la intemperie, deben ser completamente estancos, para lo cual la carcasa debe estar sellada. Entre la cubierta y la carcasa se emplea una junta de cubierta, que es un elemento de material elástico cuya función es asegurar la estanqueidad de la unión entre ambas. Servirá a su vez para absorber las diferencias en las dilataciones entre la carcasa y la cubierta, para que no se produzca rotura en ningún elemento del captador.

### Especificaciones de los captadores solares planos

Los captadores solares planos, deben cumplir unos requisitos mínimos de calidad, según indica la norma UNE 94101-86 "Colectores solares térmicos. Definiciones y características generales". De certificar que cumplen dichos requisitos deben encargarse laboratorios acreditados, que una vez han sometido a ensayo normalizado al captador, si éste cumple los parámetros establecidos, emiten un certificado de homologación.

Los parámetros que como mínimo deben aparecer en la documentación técnica correspondiente a un captador solar plano, son:

- Superficie útil de captación.
- Peso en vacío.
- Contenido de fluido caloportador.
- Tipo de fluido caloportador.
- Caudal nominal.
- Pérdidas de carga.

- Presión máxima de servicio.
- Presión de prueba.
- Material de construcción del absorbedor y de los tubos del circuito.
- Material de construcción de la cubierta.
- Material de construcción de la carcasa.
- Material de aislamiento y espesor.
- Método de sellado.
- Sistema de fijación.
- Componentes del sistema de conexión hidráulica.
- Curvas de rendimiento.

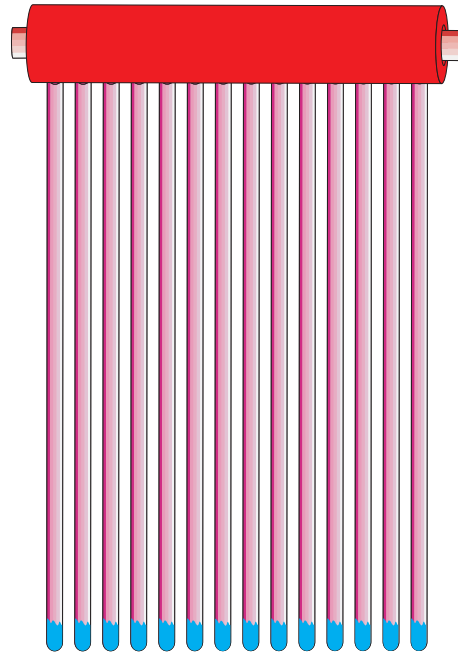
### **1.1.3. Colectores de tubo de vacío (Heat pipe)**

Estos colectores presentan una configuración totalmente distinta a la de los de tipo plano. En este sistema la superficie de captación está formada por un conjunto de tubos de vidrio, dentro de los cuales se encuentra el absorbedor, formado por un tubo metálico dentro del cual se encuentra el fluido de trabajo, que en este caso no es agua, sino alcohol o similar. Entre el tubo de vidrio y el captador hay una cámara en la que se ha hecho el vacío, que es lo que hace de aislante. Los tubos están totalmente sellados en los extremos.

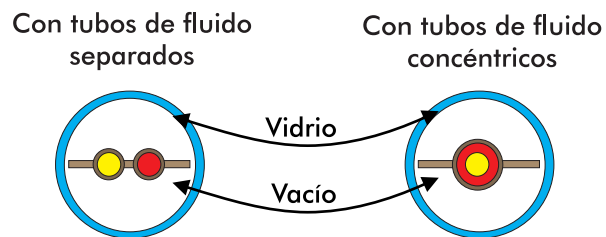
El fluido de trabajo al calentarse, pasa al estado de vapor; sube entonces por el tubo y llega al extremo superior, que está conectado a un condensador que funciona a modo de intercambiador de calor. Aquí el líquido se condensa y vuelve al estado líquido. El líquido retorna a la parte baja del tubo por la gravedad, repitiéndose de nuevo el ciclo evaporación-condensación.

Estos colectores son capaces de aprovechar la radiación difusa y también funcionan con tiempo frío. Permiten obtener mayores temperaturas y tienen un rendimiento muy elevado. Su durabilidad es mayor, pero su costo también es elevado

por lo que son menos comerciales que los captadores planos. Hoy en día son los más utilizados en las instalaciones con máquina de absorción para refrigeración por su alto rendimiento.



**Secciones tubos de vidrio**



**Colector de tubo vacío**

## 1.2. Montaje de los colectores

Los colectores solares pueden integrarse arquitectónicamente en las cubiertas de los edificios, formando así parte de ellos, o bien pueden montarse sobre estructuras metálicas en terrazas o suelos, siempre teniendo en cuenta que debe mantenerse la inclinación apropiada para captar al máximo la radiación solar. Algunos

soportes disponen de mecanismos que permiten variar la altura en invierno y en verano, para obtener el máximo rendimiento, sin embargo el ajuste medio también da buenos resultados.

A menudo una instalación está compuesta por más de un captador solar. Los captadores deben montarse orientados al sur, con una desviación máxima recomendable de  $\pm 40^\circ$ , y con una inclinación respecto al plano horizontal que cambia según la época del año en  $\pm 10^\circ$  según la latitud:

- En verano, la inclinación será: latitud  $- 10^\circ$ .
- En invierno, la inclinación será: latitud  $+ 10^\circ$ .

Para instalaciones que van a estar funcionales durante todo el año, se toma como valor de la inclinación el mismo de la latitud, o también el valor de la inclinación en invierno.

Una vivienda con una cubierta que no está orientada al sur pero de fácil acceso, puede ser mejor opción que una que esté correctamente orientada pero en la que sea necesario usar un equipo especial para el montaje.

Muchos fabricantes de captadores también diseñan los sistemas de montaje de tal forma que sean los que mejor se adapten a la carcasa de un determinado colector. Siempre que sea posible, es mejor que el soporte descansa sobre zapatas de hormigón encofrado, de tal forma que resista la fuerza que el viento ejerce sobre los captadores. La estructura portadora debe poder resistir esfuerzos mecánicos superiores a 2.000 N. Las estructuras deben fabricarse con materiales resistentes al ataque de agentes atmosféricos, de tal forma que no sea necesario realizar operaciones de mantenimiento. Los tornillos de sujeción y otros accesorios deben resistir esfuerzos mecánicos superiores a 2.500 N; ser inoxidable, e incorporar arandelas plásticas para evitar corrosiones galvánicas.

El tipo de anclaje se hará en función de las fuerzas del viento que deba soportar. La fuerza del viento sobre una superficie es:

$$F = P \cdot S \cdot \text{sen}^2\alpha$$

donde

$F$  = peso para contrarrestar la fuerza del viento.

$P$  = carga del viento, en  $\text{kg/m}^2$ .

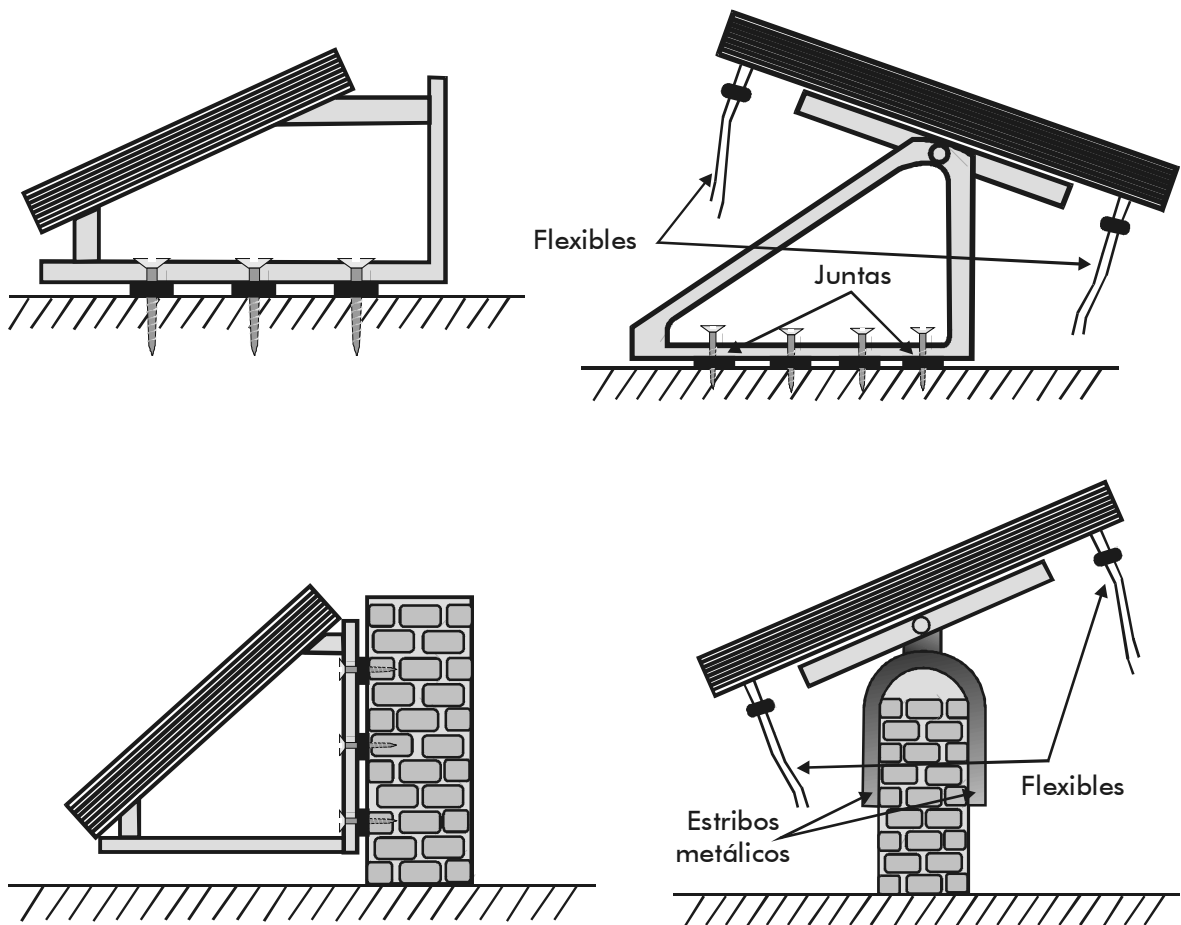
$S$  = superficie colector, en  $\text{m}^2$ .

$\text{sen}^2\alpha$  = seno del ángulo de inclinación.

Las estructuras prefabricadas, con un diseño normalizado y galvanizadas en caliente, soportan bien las condiciones ambientales. Durante el proceso de montaje de estas estructuras, no deben realizarse soldaduras que eliminen la protección del galvanizado.

Cuando no se opta por una estructura de soporte prefabricada, sino que ésta se realiza ex profeso, debe protegerse mediante varias manos de pintura de protección y cuidar el diseño para hacer posible su posterior mantenimiento (pintura) y así evitar corrosiones. Los perfiles metálicos huecos en los que es difícil vigilar los procesos de corrosión interna, deben ser usados con precaución.

En los casos de cubiertas solares integradas, donde el propio sistema actúa como cubierta del edificio, todos los elementos de sellado y que actúen a modo de teja deben quedar montados y protegidos de manera que se garantice su colocación e integridad en el tiempo.



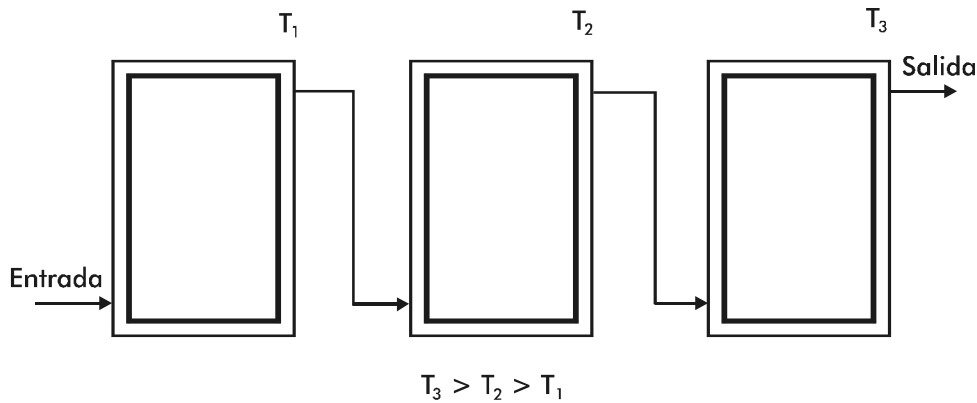
## 1.3. Conexión de los captadores

### 1.3.1. Conexión en serie

En la conexión en serie, la salida del primer colector se conecta directamente a la entrada del siguiente y así sucesivamente. La temperatura del fluido a la entrada de cada colector es superior a la del precedente, de manera que a la salida de la batería o grupo de captadores podemos obtener temperaturas más altas que si se trabajase con un solo captador.

Este tipo de conexión tiene un inconveniente: el rendimiento de los colectores disminuye proporcionalmente con el aumento de la temperatura de trabajo, por tanto, este tipo de conexión no se acostumbra a usar, únicamente se utiliza en aplicaciones muy singulares y en todo caso, habría que conectar más de tres

colectores en serie según dicta el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios).

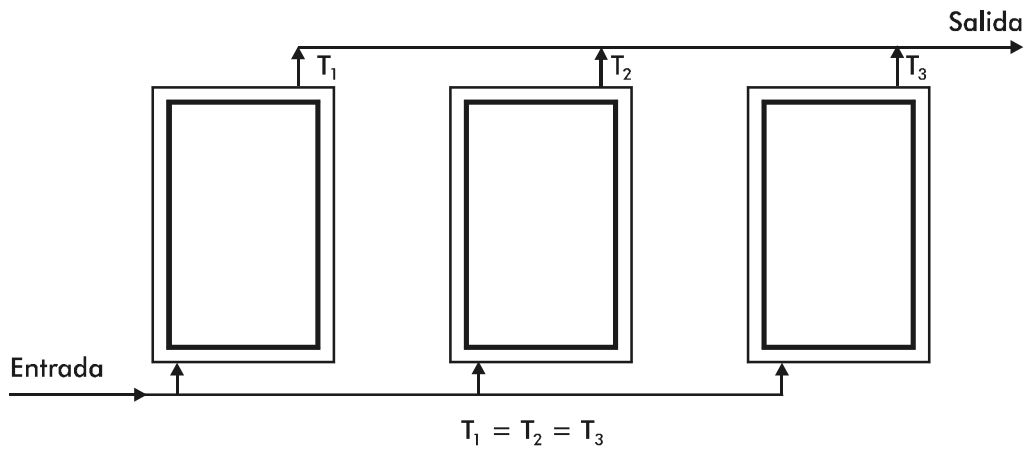


### 1.3.2. Conexión en paralelo

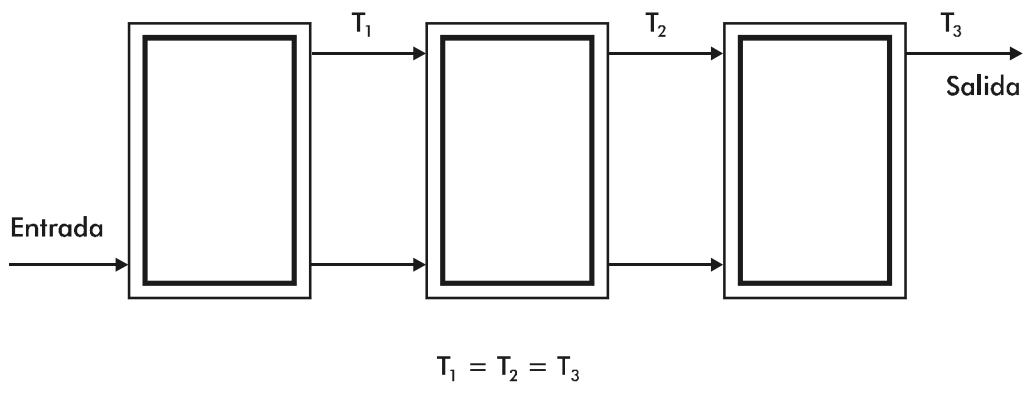
En la conexión en paralelo, tanto la salida como la entrada de los captadores están conectadas a puntos de entrada y salida comunes al resto de captadores.

Con esta configuración, la temperatura del fluido de entrada es la media de todos los captadores y pasa al medio ambiente las temperaturas de salida, de manera que a la salida de la batería o grupo de captadores obtenemos una temperatura como si trabajásemos con el salto térmico de un solo captador. Por tanto, todos los captadores trabajan en el punto medio de la curva de rendimiento. La conexión en paralelo es la más habitual en las instalaciones solares térmicas, ya que es la más eficiente y rentable.

Existen diversas formas de conectar los captadores en paralelo. En el primer caso, los captadores tienen una entrada y una salida, lo que obliga a montar canalizaciones auxiliares, una de ida y otra de vuelta, que actúan como los colectores y a los que se conectan los captadores. Este montaje comporta la utilización de más accesorios y más mano de obra, pero permite ajustar los captadores lateralmente, con lo que se consigue una mejor integración, siempre que se ofrezca una solución eficaz al recorrido de las canalizaciones auxiliares.



En el segundo caso los captadores tienen cuatro orificios, dos por cada lado, que permiten la conexión en paralelo aprovechando los elementos del propio captador, como la canalización de distribución del fluido caloportador. Esta opción ahorra materiales y tiempo de ejecución de la instalación, lo que ha llevado a la mayoría de los fabricantes a emplear este tipo de captadores.

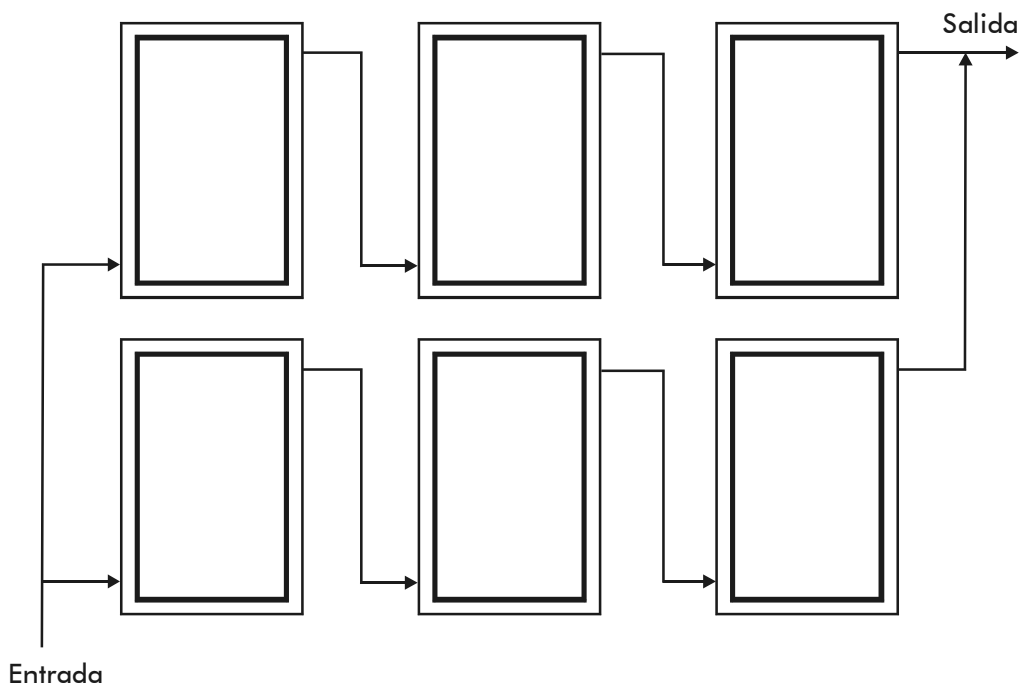


### 1.3.3. Conexión mixta

En algunas ocasiones, el volumen de los captadores y/o la necesidad de temperaturas más elevadas, dan como resultado instalaciones que combinan la disposición en serie y en paralelo, es lo que se llama conexión mixta.

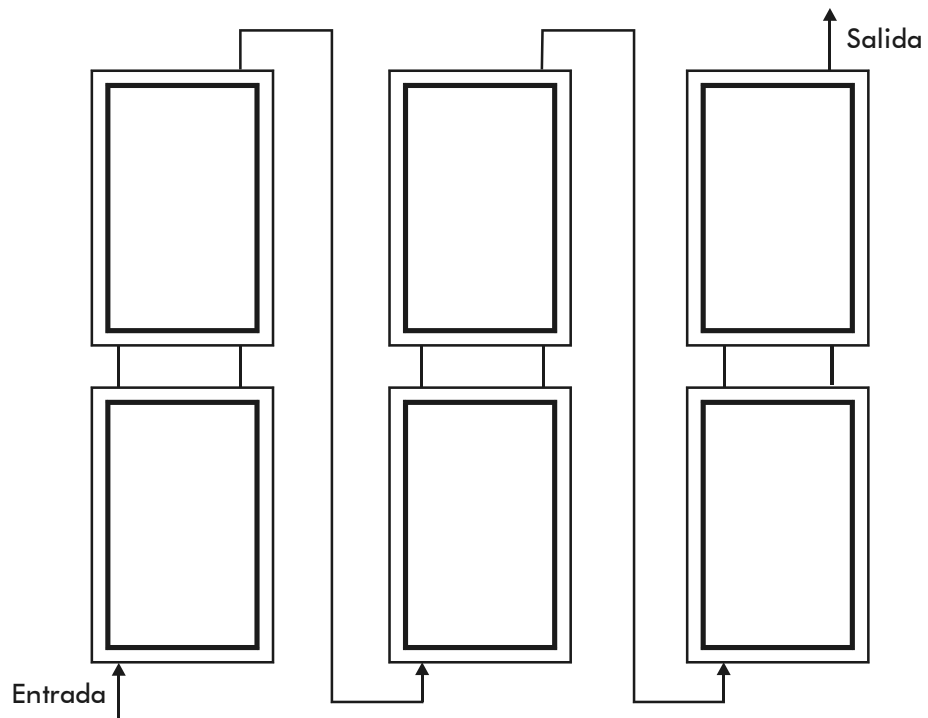
El RITE especifica que las instalaciones mixtas pueden estar formadas por:

- La conexión en paralelo de baterías formadas por un máximo de tres captadores conectados en serie.



Conexión de colectores mixta, formada por dos grupos paralelos de tres colectores conectados en serie

- La conexión de un máximo de tres baterías en serie formadas por captadores en paralelo.



Conexión de colectores mixta, formada por tres grupos de colectores paralelos conectados en serie

## **2. El fluido caloportador**

---

El fluido caloportador pasa a través del absorbedor y transfiere a la parte del sistema de aprovechamiento térmico (acumulador) la energía almacenada a su paso por los colectores. Los tipos más usados son el agua, y la mezcla de agua y anticongelante; pueden ser también aceites de silicona y derivados del petróleo o líquidos orgánicos sintéticos. Todos ellos deben cumplir la legislación vigente.

Si el fluido caloportador solo es agua, se trata de la misma que se suministra para consumo doméstico, sin ningún tipo de aditivo químico. En este caso hay que asegurarse de que los conductores sean resistentes a la corrosión que produce el agua caliente, y de que son adecuados para la conducción de agua potable.

Más generalizado es el uso de agua con anticongelante en los circuitos cerrados o primarios de las instalaciones solares, muy conveniente en zonas con riesgo de heladas.

### **Nota**

Una zona se considera bajo riesgo de heladas cuando se hayan registrado temperaturas ambiente inferiores a 0 °C, en un periodo de 20 años.

Cuando se le añaden aditivos al agua hay que tener en cuenta que las propiedades físicas y químicas de la mezcla varían, por ejemplo, pueden hacer aumentar las pérdidas de carga del circuito y por lo tanto modificar las condiciones de funcionamiento de la instalación.

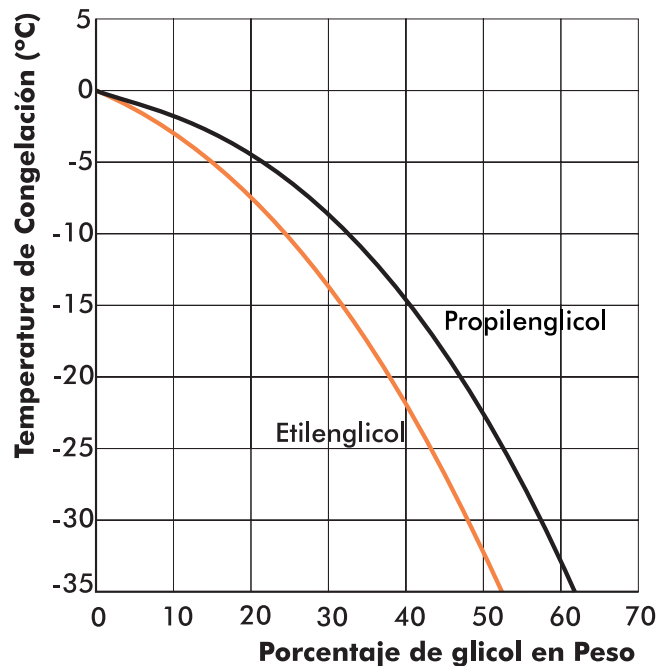
Los anticongelantes son glicoles, y los más usados son el etilenglicol y el propilenglicol.

Las características fundamentales de los anticongelantes son:

- Son tóxicos debido a que llevan una sustancia, que se conoce como inhibidores de la corrosión, que es beneficiosa para los dispositivos de la instalación. Se debe impedir que se mezcle con el agua de consumo, por ejemplo, haciendo que la presión del secundario sea mayor que la del primario, y si ante una rotura se produce una fuga en el intercambiador, será el fluido del circuito secundario el que entre en el primario y no al revés.
- Son muy viscosos: al ser más espesos le cuesta al líquido más avanzar, aumentando la pérdida de carga, factor a tener en cuenta a la hora de elegir la electrobomba, que suele ser de mayor potencia.
- Dilata más que el agua cuando se calienta. Para evitar las sobrepresiones se utiliza el vaso de expansión. Si se diseña el vaso para que aguante una presión como si el líquido fuese sólo agua, la membrana llega un punto en el que no da más de sí y se producirá la sobrepresión en el circuito.
- Es inestable a más de 120 °C. A más temperatura, se degrada convirtiéndose en un ácido muy corrosivo que afectaría a la vida de los elementos de la instalación. Además pierde sus propiedades por lo que deja de evitar la congelación. Los hay que aguantan más temperatura pero son más caros.
- La temperatura de ebullición disminuye a la del agua, lo que podría verse como una ventaja porque significa que absorbe más energía.
- El calor específico es menor que el del agua sin aditivos. Por absorber más energía, tarda también más en perderla o entregarla, por lo que la ventaja anterior se anula al no transferir todo el calor que ha ganado.

Para calcular la cantidad de anticongelante que hay que añadir a una instalación, primeramente hay que consultar en una tabla de temperaturas históricas, cuál es la mínima registrada en esa zona. Con esta temperatura, se busca en las tablas o gráficas que suministran los fabricantes de glicoles cual es el porcentaje que debe mezclarse. El anticongelante y el agua deben estar perfectamente mezclados, y no separarse o degradarse para temperaturas por debajo de la del punto de ebullición del agua. Los fabricantes de mezclas anticongelantes e inhibidores preparados comercialmente, deberán especificar la composición del producto y su duración o tiempo de vida en condiciones estables.

Los aceites de silicona son productos de gran calidad y muy estables, sin ser tóxicos ni inflamables. Sin embargo, resultan caros, lo que no los hace competentes frente a otros aditivos. Se usan en instalaciones térmicas a media y alta temperatura.



Con los derivados del petróleo y líquidos orgánicos sintéticos, hay que tener en cuenta lo dicho para los anticongelantes, también hay que tener en cuenta si el fluido caloportador es un líquido orgánico, sintético o derivado del petróleo, ya que estos fluidos son inflamables y por tanto, existe riesgo de incendio.

Algunas de las características que deben cumplir los fluidos térmicos son:

- El calor específico no será inferior a 0,7 Kcal/cal°C.
- El pH debe estar comprendido entre 5 y 12.
- El contenido de sales solubles en el agua del circuito primario no excederá 500 mg/l.
- El contenido en sales de calcio, expresados como contenido en carbonato cálcico no será mayor de 200 mg/l.
- El nivel máximo de CO<sub>2</sub> libre contenido en el agua no superará 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

- El porcentaje de glicoles en la mezcla, determinado por las curvas de los fabricantes, no será inferior en ningún caso al 10%, fijando la temperatura 5° por debajo de la temperatura mínima local registrada.

Por ejemplo, si la temperatura mínima histórica del lugar es -16 °C, el sistema se calculará para soportar 5° menos, es decir, -21 °C. Con esta temperatura se entra en tabla del anticongelante, que en el caso del propelinglicol nos da una proporción del 40%.

### **3. Sistema de almacenamiento o acumulación**

---

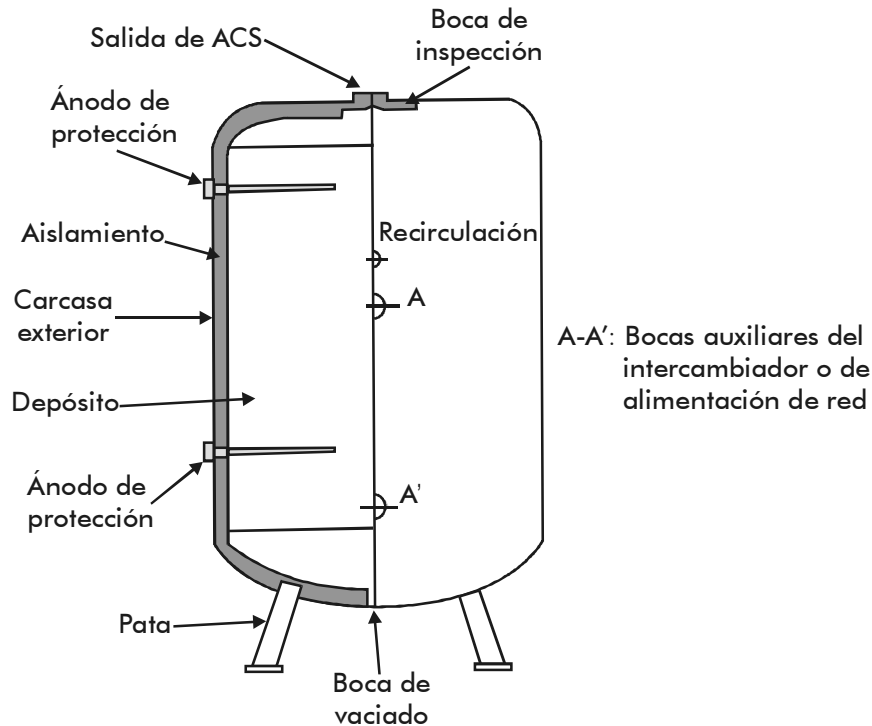
El acumulador es clave para el aprovechamiento de esta energía, ya que permite almacenar el agua que se ha calentado durante las horas de producción para ser consumida cuando ya no hay, adaptando la demanda de ACS a la disponibilidad solar.

El acumulador consiste en un depósito fabricado de acero al carbono o acero inoxidable y dotado de una serie de tomas por las que se conecta a la red de suministro, a los puntos de consumo, o en las que se produce la conexión de diversos elementos, como termómetros, termostatos, ánodos de protección, etc. La superficie exterior del depósito de acumulación está recubierta de material aislante para impedir las pérdidas de calor hacia el exterior.

El acumulador es una parte muy importante de la instalación, tanto por su costo como por sus dimensiones; y que hay que escoger con mucho cuidado ya que es un elemento clave en la vida de la misma, por estar sujeto a los problemas de corrosión producida por el agua caliente. Por eso, la calidad del agua y la temperatura que alcanza son los datos más importantes a la hora de escoger el acumulador idóneo para cada aplicación. Por eso mismo no hay un acumulador que resulte adecuado para todas las ocasiones.

#### **3.1. Componentes del acumulador**

En el depósito de acumulación térmica encontramos tres secciones: el **cilindro**, el **aislamiento** y la **carcasa**.



### 3.1.1. Cilindro

El **cilindro** es el depósito donde se acumula el agua para ser calentada, es de acero inoxidable de algunos milímetros de espesor o de acero al carbono. El interior se puede vitrificar o esmaltar para protegerlo contra la corrosión que con el paso del tiempo y los cambios de presiones y temperaturas puede llegar a atacar al metal. El cilindro puede contener un ánodo de magnesio que actúa como protección frente al fenómeno de la electrólisis, que con el paso del tiempo origina microporos en el revestimiento. Para limitar la presión en el interior del depósito, lleva incorporado una válvula de seguridad, por la que evacua el líquido cuando es necesario para restaurar la presión en el conjunto de la instalación.

## Cilindros de acero al carbono

Los cilindros de acero al carbono destinados a usos sanitarios, llevan revestimiento interior para evitar la corrosión. El revestimiento puede ser:

- Por **galvanización**. Es el método más económico para los grandes depósitos acumuladores. Consiste en la inmersión del tanque en un baño electrolítico con sales de cinc, de tal forma que sus iones se depositen por toda la superficie formando una capa de espesor apropiado para cada aplicación. Este tratamiento hace el acumulador adecuado para trabajar en un rango de temperaturas de 45 a 60 °C. A partir de 70 °C, se aceleran los procesos de corrosión, porque se produce la precipitación de las sales y el carácter ácido del agua.
- **Vitrificación**. En este proceso, el cilindro se reviste internamente con una capa líquida de sustancias cerámicas, y luego se introduce en un horno que está a una temperatura próxima a los 800 °C, donde se produce la cristalización o vitrificación de esta capa. Este proceso debe realizarse de manera cuidadosa, y precisa, ya que de la calidad del esmalte va a depender que se produzcan grietas, debido a que esmalte y acero tienen diferente coeficiente de dilatación. Por las características del proceso de vitrificación, éste queda limitado a depósitos de hasta 700 l. Las temperaturas adecuadas de trabajo se sitúan entre 55 y 65 °C, siendo 70 °C la temperatura máxima de utilización, por las mismas razones que en el caso anterior.
- Con **resinas epoxi**. Son una variante reciente de revestimiento, adecuado a depósitos de mayor volumen, ya que son más elásticos que los vitrificados, lo que hace que se adapten mejor a las dilataciones. Estos revestimientos deben ser compatibles con la temperatura de trabajo y con un sistema de protección catódica.

## Cilindros de acero inoxidable

Las propiedades anticorrosión de los cilindros de acero inoxidable dependen de los componentes de la aleación y del proceso de fabricación. El más usado para la

fabricación de depósitos de ACS es el acero inoxidable AISI 316 (17% Cr - 12% Ni - 2% Mo en su aleación). Pero este material por sí solo no es suficiente para que el depósito no sufra corrosiones; también es importante el proceso de fabricación, ya que las temperaturas que se emplean en la realización de las soldaduras, pueden alterar las características del acero, perdiendo así su capacidad anticorrosión si éstas no se realizan en una atmósfera inerte. La principal desventaja que presentan los cilindros de acero inoxidable es que su precio es elevado si se compara con el de los depósitos de otros materiales, no obstante, pueden encontrarse depósitos con capacidades que van desde 50-60 l hasta 800-1.000 l de capacidad.

### **3.1.2. Aislamiento**

El **aislamiento** térmico del acumulador tiene por objeto evitar las pérdidas de calor que se producen por la diferencia existente entre la temperatura del agua en el cilindro y la temperatura del lugar en el que éste se encuentra. Está constituido por una gruesa capa de espuma de poliuretano inyectada a presión o por poliuretano rígido, libre de CFC y de baja conductividad térmica. En los depósitos pequeños es rígida, de 30 a 40 mm de espesor. En los de gran tamaño, flexible de entre 60 y 70 mm.

### **3.1.3. Carcasa**

La **carcasa** o recubrimiento corresponde a la estructura del equipo. En ella se disponen los elementos de sujeción. Puede ser de acero galvanizado revestido electrolíticamente, acero inoxidable, aluminio, fibra de vidrio reforzado, plástico, polipropileno, etc.; en cualquier caso, el material debe poder soportar las condiciones climáticas que se dan en la zona en la que está colocado.

## **3.2. Tipos de acumuladores**

Las características que debe cumplir los acumuladores son: tener una alta capacidad calorífica, un volumen reducido, responder de manera rápida a la demanda, integrarse bien en el edificio, un bajo coste, ser seguros y tener larga duración.

### **3.2.1. Según su posición**

#### Acumuladores verticales

Esta disposición facilita el *fenómeno de estratificación*, que se produce por la diferente densidad que tienen el agua caliente y el agua fría. El agua más caliente tiende a subir por pesar menos, con lo cual, ésta se acumula en la parte superior del depósito, mientras el agua fría se encuentra en la parte inferior. Esto permite disponer de agua caliente a la temperatura de consumo sin necesidad de que ésta alcance a todo el depósito.

La estratificación también permite la aportación de calor adicional aprovechando fuentes de calor convencionales en la parte alta del acumulador sin que eso afecte al rendimiento del equipo solar.

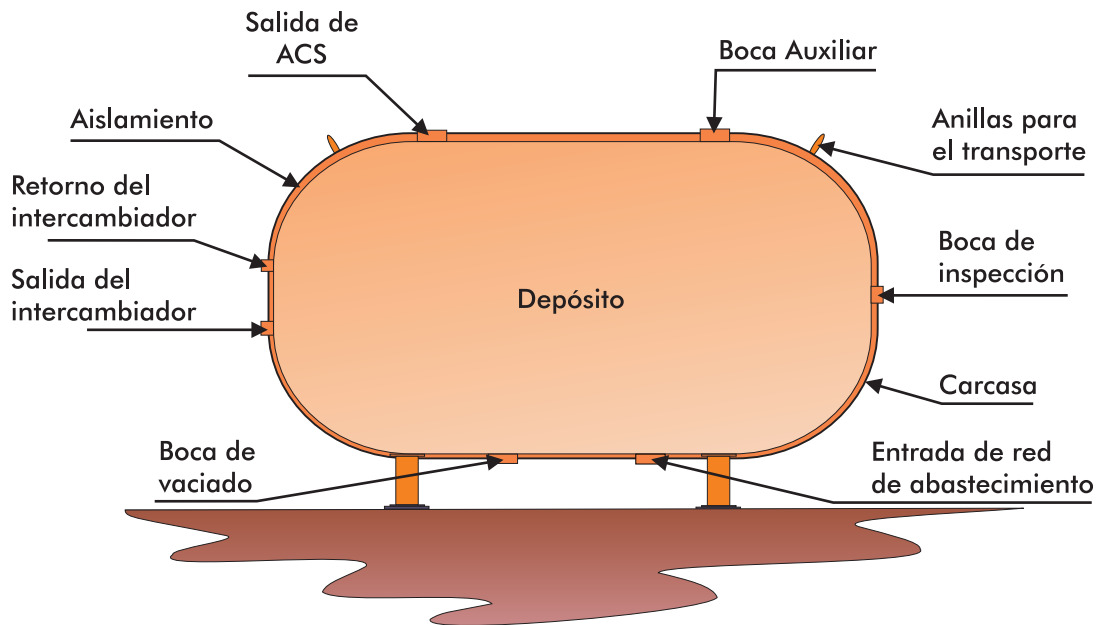
El volumen del acumulador está indicado por normativa y relaciona los consumos, el volumen y el área colectora.

#### Acumuladores horizontales

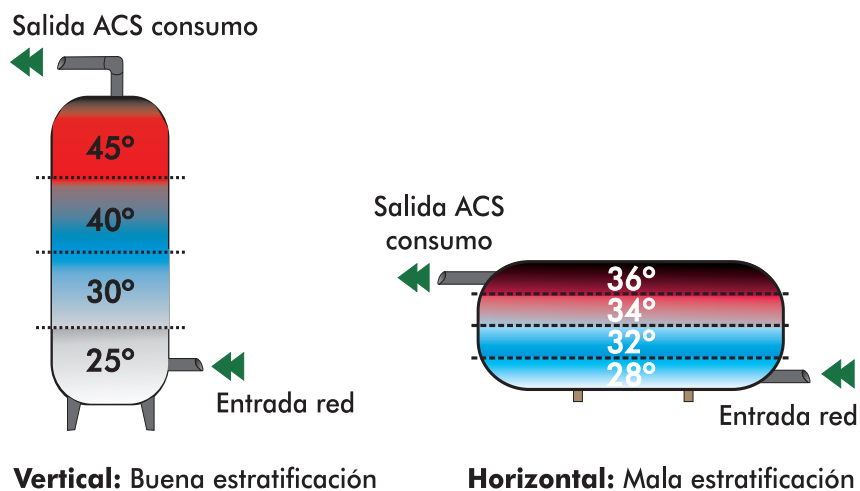
Esta disposición la emplean principalmente:

- Equipos solares compactos por termosifón, ya que permiten mejor integración arquitectónica.
- Grandes acumuladores y depósitos de más de 4.000 l, ya que la distribución de la carga sobre la superficie de soporte es mejor.

- Lugares de colocación de altura limitada, como techos abuhardillados, huecos de escalera, etc.



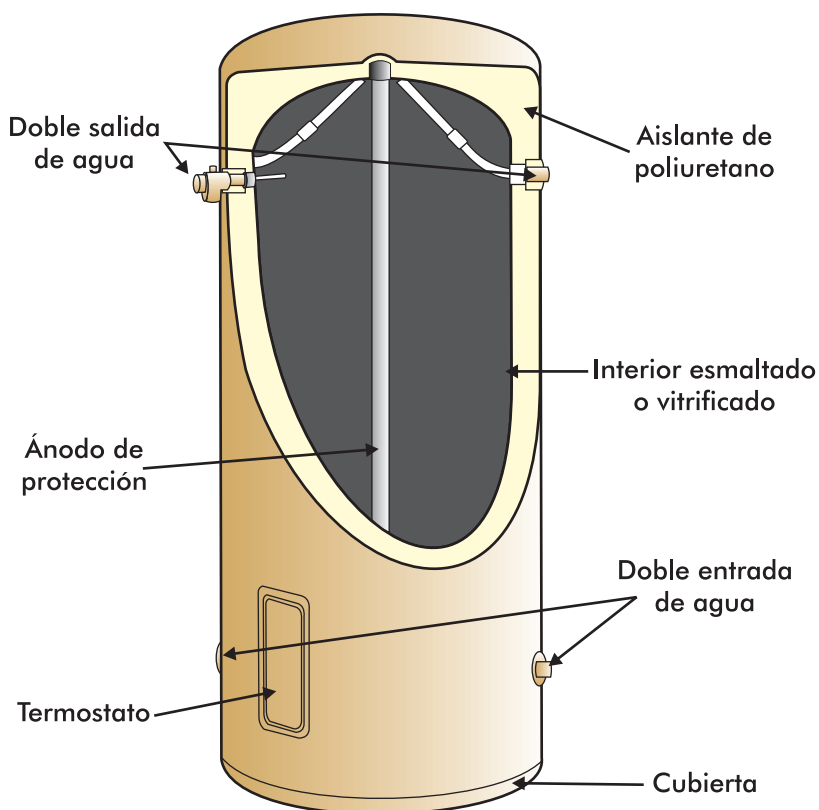
Con el depósito en esta posición no puede producirse la estratificación del agua por diferencia de temperatura, por lo que hasta que todo el depósito no se calienta no sale agua caliente por la toma superior, lo que hay que tener en cuenta cuando se conecte con los distintos sistemas auxiliares. Ésta también es la causa de que, salvo en los casos mencionados, apenas se usen acumuladores horizontales.



### 3.2.2. En función de su relación con la producción de calor

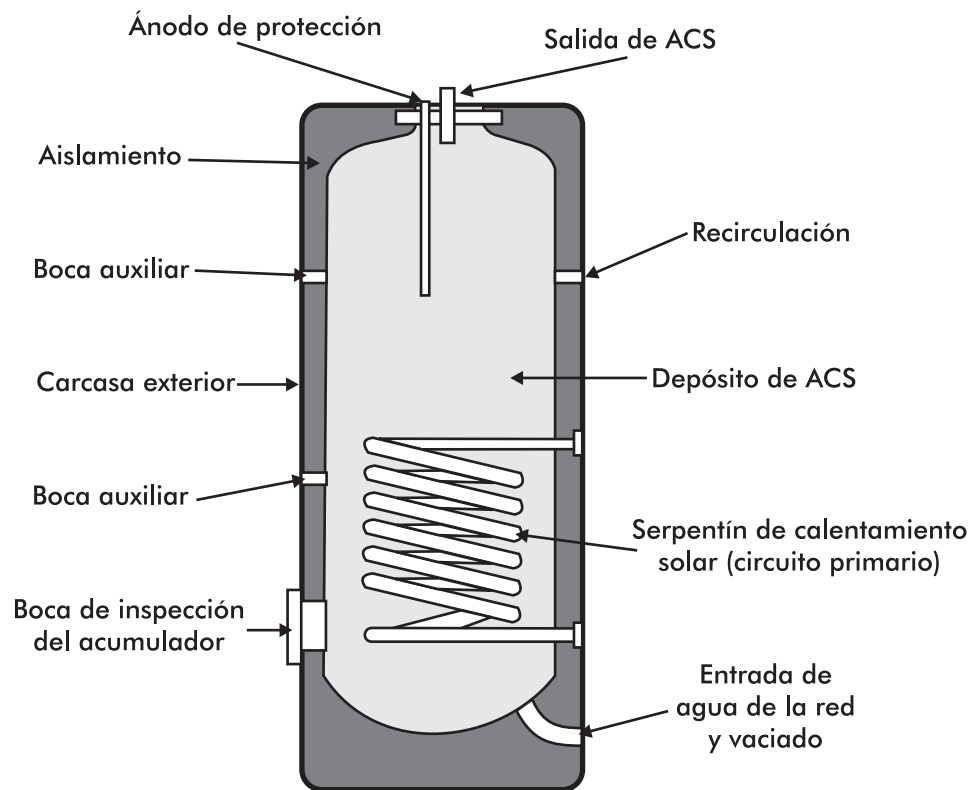
#### Acumuladores de ciclo abierto

En este tipo de depósito se produce solo la acumulación del agua que se ha calentado en el colector. Estos acumuladores son muy sencillos, aunque pueden incorporar un sistema de apoyo eléctrico con termostato para calentar el agua cuando la demanda energética es superior a la que proporciona la instalación solar, por ejemplo en días nublados.



## Acumuladores con intercambiador

Reciben el nombre de interacumuladores. Este sistema consta al menos de un intercambiador con el que se consigue mantener el agua del depósito a la temperatura de utilización apropiada. Cuando el sistema de intercambio es simple, éste puede estar formado por un serpentín correspondiente al circuito primario o por una doble envoltura por la que circula el fluido caliente del circuito primario. El intercambiador puede incorporar un segundo intercambiador de serpentín, así utiliza uno como intercambiador básico entre el fluido del colector y el ACS, y el otro como sistema de apoyo, el lugar de proceder al sobrecalentado por un sistema tradicional.



Acumulador con intercambiador sumergido

## **4. Sistema de intercambio**

---

El **intercambiador** es un sistema de transferencia térmica entre dos circuitos, el primario y el secundario, aprovechando la diferencia de temperaturas entre ambos fluidos. Se introduce en la instalación solar cuando se requiere que ambos sean circuitos independientes, consiguiendo la separación entre el fluido del colector y el agua para consumo humano. Así, se pueden añadir al fluido primario sustancias anticongelantes y agentes inhibidores, para evitar riesgos de heladas y de calcificación. Además, ambos circuitos, primario y secundario, pueden trabajar a presiones diferentes, más adecuadas el caso del circuito primario a la que se necesita en los captadores. Permite también, para obtener la optimización energética, regular la circulación en el circuito primario.

Las principales características del intercambiador son su potencia térmica, su efectividad o rendimiento térmico (relación entre la energía obtenida y la energía introducida) que debe ser mayor del 95%, y la pérdida de carga.

Otras trabas a su uso son el aumento de coste del sistema y el cumplimiento de reglamentación adicional debido a que el agua del primario no es potable.

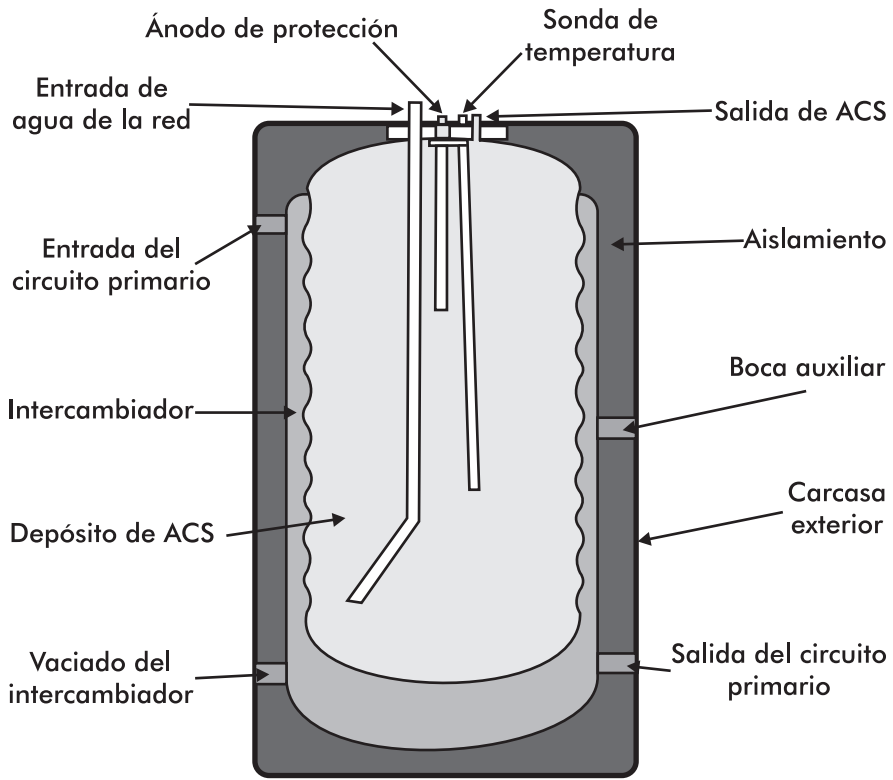
El proceso de intercambio puede llevarse a cabo en intercambiadores externos al acumulador o en intercambiadores integrados en el acumulador. Los intercambiadores de calor interiores, los incorporados al acumulador, pueden ser de serpentín o de doble pared. Para intercambiadores incorporados al acumulador, la potencia térmica y el rendimiento son tratados de forma global, y transformados en metros cuadrados de superficie útil de intercambio.

### **Nota**

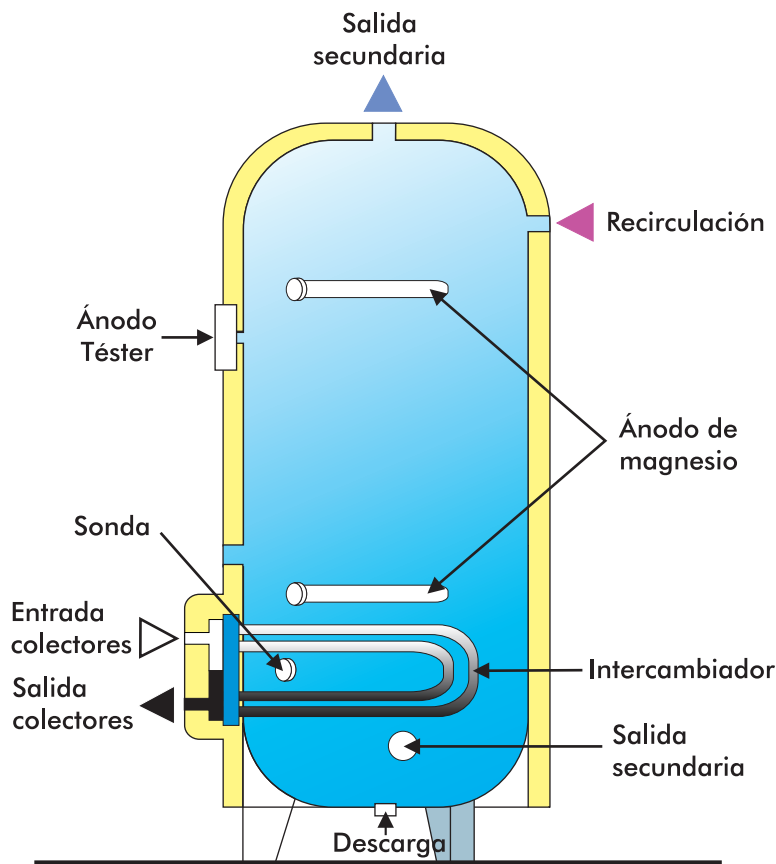
La superficie útil de intercambio representa la superficie total del intercambiador que está en contacto con el agua del acumulador; para definir un parámetro que permita comparar distintos diseños se suele indicar por metro cuadrado de superficie de captación. Los valores normalmente utilizados suelen estar comprendidos entre 0,25 y 0,40.

Los de **serpentín**, están formados por un tubo curvado en espiral, en serpentín, o por un haz de tubos en U, del mismo material que el depósito, por el que circula el agua calentada procedente los captadores. Están situados en la parte inferior del acumulador, sumergidos en el agua del circuito secundario, sin que haya mezcla entre ellos. Existe la posibilidad de incorporar un doble serpentín en el depósito. Esta configuración permite la utilización de dos fuentes generadoras de calor distinta: captadores solares térmicos o generador de calor convencional (caldera de gas-oil, apoyo eléctrico, etc.). Cuando se emplea el doble serpentín, la fuente energética solar se conecta al serpentín inferior, y tendrá mayor superficie de intercambio. La fuente energética convencional se conectará al serpentín superior, y tendrá menor superficie de intercambio. Con esta disposición, el montaje resulta más fácil y más económico.

En los de **doble envolvente**, el circuito primario, por donde circula el fluido caliente procedente del generador de calor, envuelve al circuito secundario que contiene el ACS de consumo, existiendo mucha superficie de contacto.



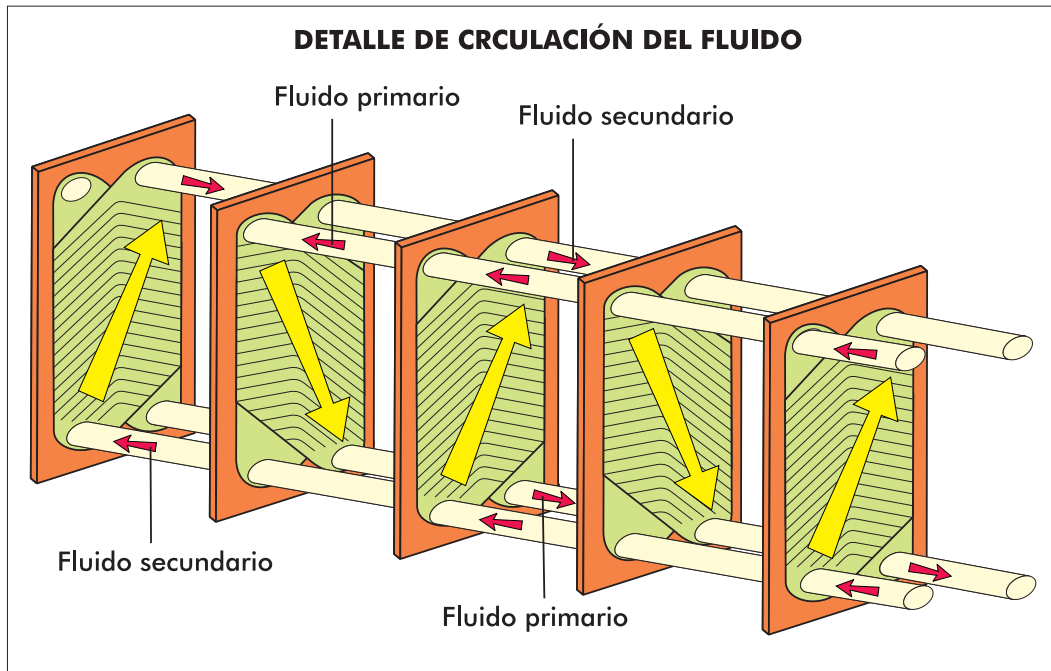
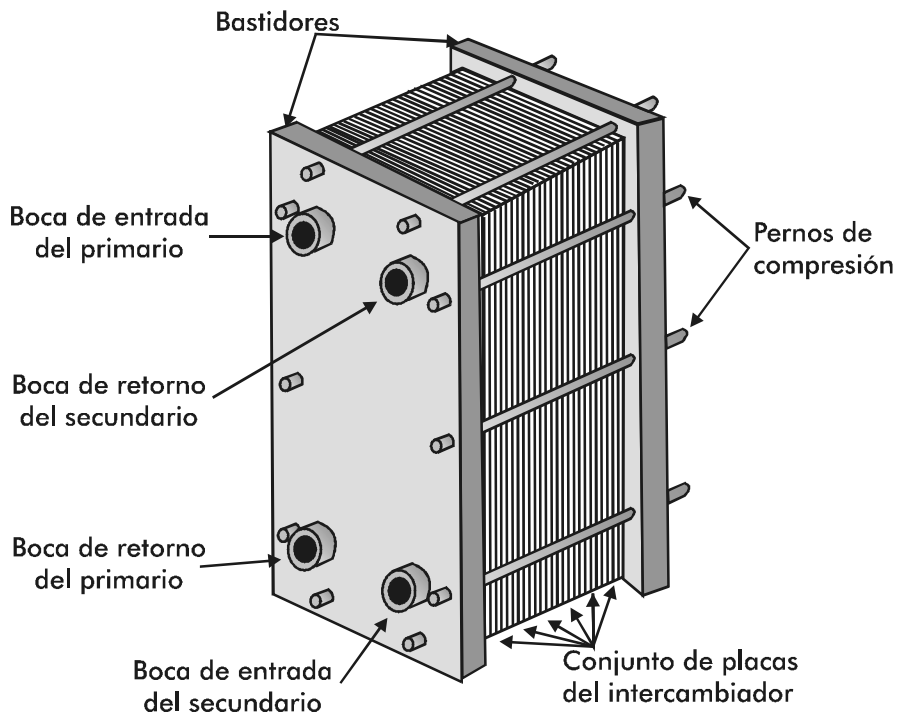
Acumulador con doble envoltorio



Este tipo de intercambiadores son recomendables para instalaciones pequeñas, tanto en sistemas por termosifón como en sistemas forzados, con capacidades entre 500 y 1.500 l. El intercambiador de serpentín, al estar sumergido en el fluido secundario, tiene mejor rendimiento que el de doble pared, aunque sea de menor superficie.

<b>Características de los intercambiadores integrados en el acumulador</b>	
<b>Doble pared</b>	<b>Serpentín</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Frecuentes en acumuladores con capacidades próximas a los 700 l.</li><li>- Gran superficie de intercambio.</li><li>- Baja pérdida de carga.</li><li>- Menor rendimiento que el de serpentín.</li><li>- Acumuladores con bajo coste.</li><li>- No necesitan un sistema de bombeo especial.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Frecuentes en acumuladores con capacidades próximas a los 1.500 l.</li><li>- Poca superficie de intercambio.</li><li>- Pérdida de carga media.</li><li>- Rendimiento medio.</li><li>- Acumuladores de mediano coste.</li><li>- No necesitan un sistema de bombeo especial.</li></ul>

En instalaciones con acumuladores de capacidad superior a los 1.500 l, se usan intercambiadores exteriores. En el pasado, estos intercambiadores eran de haz tubular, pero en la actualidad casi todos son de placas de acero inoxidable o cobre, de espesor comprendido entre 0,4 y 3 mm, y que tienen un gravado especial que hace que el fluido circule a gran velocidad, lo que produce turbulencias y aumenta el coeficiente de transferencia de calor. Las placas están comprendidas entre dos bastidores y fijadas mediante pernos de compresión. El conjunto se completa con las conexiones hidráulicas a los circuitos primario y secundario. Una variante en el intercambiador de placas electrosoldadas, en el que las placas no son desmontables, sino que están soldadas formando un bloque de menores dimensiones, y de menor coste.



## 5. Circuito hidráulico

---

Este circuito permite que el trasiego entre el captador solar y el sistema de acumulación se produzca de forma controlada. El sistema hidráulico está formado por la **bomba de circulación**, las **tuberías**, el **vaso de expansión**, y las **válvulas y accesorios** responsables de la protección del circuito.

### 5.1. Bomba de circulación

En los sistemas de circulación forzada, como el acumulador está situado más bajo que el sistema captador, es necesario una **bomba** que haga circular el fluido a través de las tuberías dispuestas entre los sistemas de captación y acumulación. De esta forma, con el uso de la bomba se compensan las pérdidas de carga de los diferentes accesorios que forman el circuito: tuberías, válvulas, derivaciones, captadores e intercambiador. Existen diferentes tipos de bombas (rotor sumergido, monobloc...).

Las bombas están compuestas por dos partes:

- La parte hidráulica, fabricada en hierro fundido, bronce o acero inoxidable, en la que se encuentra el rodete de impulsión.
- La parte eléctrica, unida a la parte hidráulica por unión atornillada, y que mueve dicho rodete.

Estas dos partes forman un conjunto compacto que se completa con las conexiones eléctricas para el motor, y con las tomas adecuadas para unir la parte hidráulica con las tuberías, por unión roscada o bridas.

## Energía solar térmica

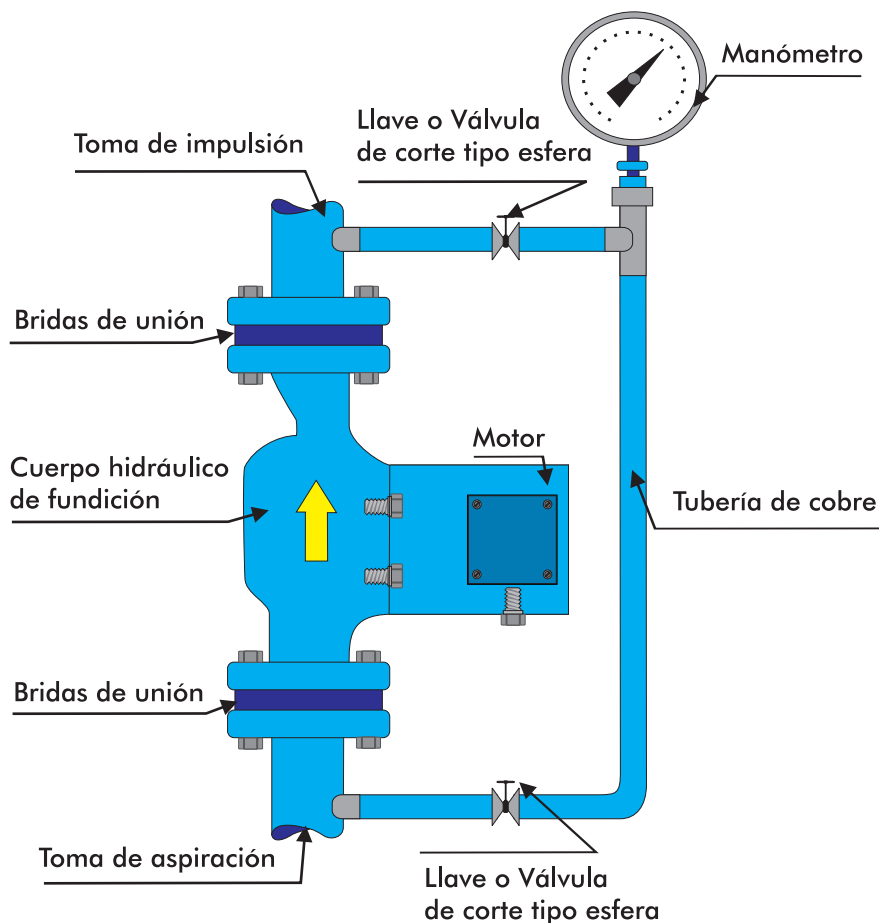
### Componentes de las instalaciones

---

El material en el que se fabrica la parte hidráulica de la bomba, depende de si el circuito en el que trabajan es cerrado o abierto. En un circuito cerrado, el material que se emplea es el hierro fundido, ya que al no entrar el fluido que circula en el circuito de consumo, no deben mantenerse las características del agua, que ya contiene aditivos. Además, resulta más económico que otros materiales.

Si la bomba se instala en un circuito abierto, esta parte debe ser de bronce o de acero inoxidable, que es más resistente a la corrosión que producen las sales que contiene el agua, que además va directa a consumo: además de estar en contacto con el agua de consumo, el material de construcción del rodete no debe alterar las características del agua.

Por lo que respecta al motor que mueve el rodete de la bomba, se emplean los de inducción, y funcionan a una tensión de red de 240 V en CA monofásica y/o 380 V en trifásica, a una frecuencia de 50 Hz.



Generalmente se prefieren las bombas de rotor sumergido, que se montan en línea con la tubería: cuando la bomba empieza a funcionar, el fluido baña el rotor o eje del motor y los cojinetes, provocando su refrigeración y lubricación. Siempre que sea posible, se montarán en las zonas más frías del circuito y en tramos de tubería verticales, evitando las zonas más bajas del circuito. Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado.

Estas bombas tienen una vida muy larga y su mantenimiento es mínimo.

Las bombas suelen tener varias velocidades de funcionamiento con las que se adaptan a las distintas necesidades de caudal. Esto se consigue mediante un selector de velocidad incorporado en la caja de conexiones del motor. Lo aconsejable es que se trabaje en una velocidad intermedia para así poder subir o bajar la velocidad.

Las bombas quedan definidas por:

- La potencia consumida, en W.
- La tensión de alimentación, en V.
- La altura de elevación mínima, en hPa.
- Caudal, en m<sup>3</sup>/h.
- Conectores para los tubos, en mm o pulgadas.

Las bombas deben ser resistentes a la corrosión. Deben diseñarse teniendo en cuenta que, con el tiempo, se produce corrosión en las tuberías, con lo que las pérdidas de carga aumentan. También debe tenerse en cuenta, que como el fluido que circula por el circuito puede contener productos anticongelantes o similares y no solo agua, en la práctica la bomba que se elija debe estar un poco sobredimensionada.

Asociados a la bomba hay una serie de componentes, como son un filtro a la entrada, para evitar que entren impurezas de las soldaduras y del resto de la instalación en la bomba. También lleva una válvula antirretorno para evitar retrocesos del fluido desde el colector a la bomba.

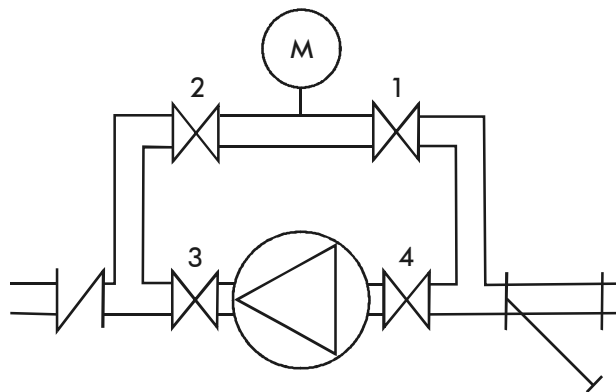
La bomba se instalará de manera general en la línea de retorno entre el intercambiador y los captadores para evitar el excesivo calentamiento del fluido a la salida de los captadores. En caso de elegir otra ubicación, habrá que tener en cuenta las limitaciones de temperatura y presión mínimas para el correcto funcionamiento del sistema.

Es conveniente que junto a la bomba de circulación se instale un manómetro de presión diferencial, que permite comprobar las presiones manométricas en las tomas de aspiración e impulsión de la bomba, con vistas a obtener el valor de la pérdida de carga real en el circuito primario que impulsa la bomba.

Para poder realizar la reparación o cambio de la bomba sin necesidad de vaciar por completo el circuito primario, hará falta colocar llaves de corte en las conexiones hidráulicas de la bomba.

Las llaves numeradas con el 3 y 4 se utilizan en caso de avería de la bomba para ser sustituida.

Cerrando la llave 1 y dejando abierta la llave 2, obtenemos en el manómetro la presión de impulsión. Cerrando la llave 2 y abriendo la llave 1, obtenemos en el manómetro la presión de aspiración. Si restamos los resultados se obtiene la pérdida de carga de la bomba, que debe coincidir con la de la instalación.



## 5.2. Tuberías

La elección de las tuberías se hará teniendo en cuenta el caudal, la presión máxima admisible, que las pérdidas térmicas sean mínimas, que no sean atacadas por el fluido caloportador, etc. La instalación de las tuberías se realizará teniendo en cuenta las mismas normas que en cualquier obra de fontanería. Se instalarán lo más próximas posible a los paramentos, dejando el espacio necesario para manipular el aislamiento, válvulas, etc. En los tramos horizontales la pendiente mínima será del 1% en el sentido de la circulación del fluido. La longitud de las tuberías del sistema será tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y todo aquello que pueda causar pérdidas de carga.

Se pueden emplear tuberías de cobre, acero o plástico. El material más adecuado es el cobre, por ser el más noble, pero en instalaciones de grandes dimensiones, se emplean otros de precio inferior como puede ser el acero. En caso de utilizar varios metales en la misma instalación, el agua debe ir desde el menos noble al más noble por el problema de la electrolisis. Las tuberías de material plástico que se empleen, serán de un tipo capaz de soportar la temperatura máxima del fluido, con un aislante para limitar las pérdidas térmicas. El plástico que más aguanta es el polietileno reticulado (100 °C unas pocas horas), por lo que no es aconsejable utilizarlo en el circuito primario. Sí se pueden utilizar tuberías de PVC en aplicaciones como son la climatización de piscinas y similares, cuyo diámetro será grande para conseguir un gran caudal y evitar las pérdidas de carga. Para la elección del material de las tuberías, se tendrá en cuenta:

- Los saltos térmicos pueden ser importantes, lo que afecta a la dilatación.
- Los factores ambientales y atmosféricos, que pueden producir corrosión.
- Que hay materiales incompatibles entre sí, y que su uso conjunto puede acelerar la corrosión del más débil.

Para evitar la corrosión, en las tuberías que así lo necesiten, la superficie externa tendrá una capa de pintura anticorrosión.

<b>Comparación de materiales usados en el circuito primario</b>	
<b>Cobre</b>	<b>Polipropileno</b>
<b>Ventajas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo coeficiente de dilatación.</li> <li>- Facilidad de trabajar.</li> <li>- Económico.</li> <li>- Gran variedad de formas y accesorios en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo coeficiente de transmisión térmica.</li> <li>- Unión por termofusión.</li> <li>- Elasticidad mecánica y compatibilidad con los metales.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmisión térmica elevada.</li> <li>- Uniones por soldadura empleando aleaciones.</li> <li>- Incompatibilidad con tuberías de otros metales.</li> <li>- Corrosión galvánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado coeficiente de dilatación.</li> <li>- Coste elevado.</li> <li>- Necesita herramientas especiales.</li> </ul>

Las uniones entre tuberías pueden ser roscadas, soldadas o embridadas. Las conexiones de los equipos a redes de tuberías se harán siempre de forma que la tubería no transmita ningún esfuerzo mecánico al equipo, debido al propio peso, ni el equipo a la tubería, debido a vibraciones. Las conexiones deben ser fácilmente desmontables por medio de acoplamientos, por bridas o roscadas, a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de sustitución o reparación. Los elementos accesorios del equipo como válvulas de regulación, instrumentos de medida y control, etc., deberán instalarse antes de la parte desmontable de la unión hacia la red de distribución.

Las tuberías de acoplamiento a la bomba, no podrán ser nunca de diámetro inferior al que tiene la toma de aspiración.

### **5.2.1. Aislamientos**

Las tuberías, depósitos y accesorios hidráulicos de una instalación solar térmica mantienen durante el funcionamiento temperaturas superiores al ambiente. Para evitar las pérdidas de energía, es precisa la colocación de aislamientos térmicos en todos los componentes del sistema en general, y a las tuberías en particular.

Su función es determinante en el correcto funcionamiento de la instalación, por lo que en su selección debe primar la cobertura de las exigencias técnicas, su facilidad de instalación y su longevidad por encima de su coste.

El aislamiento de las tuberías situadas en el exterior debe tener una serie de características:

- Resistencia a los agentes atmosféricos así como a la formación de hongos.
- Resistencia a las radiaciones solares; en caso contrario habrá que cubrirlo con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas.

Los valores que deben indicarse respecto al aislante son:

- Coeficiente de conductividad térmica del material.
- Margen de temperaturas de trabajo dadas por el fabricante.
- Coeficiente de absorción de agua.
- Espesor nominal en función de la aplicación.
- Características y sistema de protección para aquellos tramos instalados en el exterior y expuestos al sol.

Estos aislamientos deben cumplir la normativa vigente. Debe disponerse un aislamiento térmico equivalente al espesor de un material cuyo coeficiente de conductividad térmica a 20 °C sea 0,04 W/m°C.

El espesor del aislamiento para tuberías y accesorios situados en el interior, en función de la temperatura de trabajo y del diámetro, viene dado en la siguiente tabla.

<b>Fluido interior caliente</b>				
<b>Diámetro exterior (mm) (*)</b>	<b>Temperatura del fluido (°C) (**)</b>			
	<b>40 a 65</b>	<b>66 a 100</b>	<b>101 a 150</b>	<b>151 a 200</b>
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(\*\*) Se escoge la temperatura máxima en la red.

Si la tubería es exterior, los diámetros interiores se incrementan en 10 mm, como mínimo.

Para materiales cuya conductividad térmica sea distinta de 0,04 W/m°C, hay que calcular el espesor mínimo correspondiente, para lo cual pueden usarse tablas de equivalencia facilitadas por los fabricantes, o bien calcularlos aplicando fórmulas.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

### **5.3. Vaso de expansión**

Es un elemento que asegura el correcto funcionamiento de la instalación. Consiste en un dispositivo que contrarresta las variaciones de volumen (y de presión) que se producen en el circuito primario como consecuencia de los cambios de temperatura. Cuando el líquido en el interior del circuito primario aumenta su temperatura, se dilata y al dilatarse, aumenta la presión en el interior del circuito

(ya que las dimensiones de éste no cambian), lo que puede dificultar la circulación.

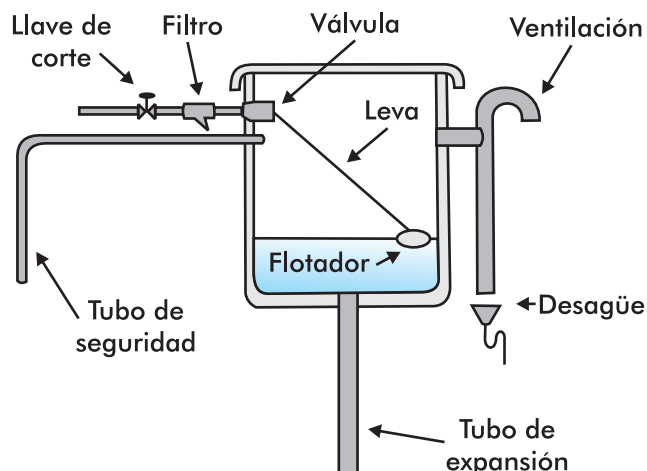
Para mantener constante la presión se emplean los **vasos de expansión**: cuando el líquido se dilata, el sobrante entra en el vaso de expansión y cuando baja la temperatura y su volumen disminuye, el fluido contraído sale del vaso de expansión para volver al circuito.

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán a la aspiración de la bomba.

Existen dos tipos de vasos de expansión: **abiertos** y **cerrados**.

Los **vasos de expansión abiertos** consisten en un recipiente o vaso abierto de plancha de acero galvanizado que se encuentra a la presión atmosférica. Se instalan por encima del fluido en circulación, a una altura que garantice que el vaso no se va a desbordar y que no se va a producir la entrada de aire en el circuito primario; así la presión que ejerce sobre el fluido, contrarresta la expansión. Debe tener una capacidad útil capaz de absorber la expansión; por lo menos para admitir un aumento de volumen 1/3 por encima del nivel del depósito. También debe tener una salida de rebose. El vaso de expansión puede usarse como método de llenado o de rellenado, para lo cual dispondrá de una línea de alimentación automática y tendrá sistema de flotador o similar que limitará el llenado. El diámetro del rebosadero será igual o mayor que el de la tubería de rellenado.

En los sistemas abiertos, se utilizan vasos de expansión abiertos. Actualmente, se utiliza muy poco debido a los inconvenientes que presenta (pérdidas de fluido por desbordamiento y pérdidas de calor).



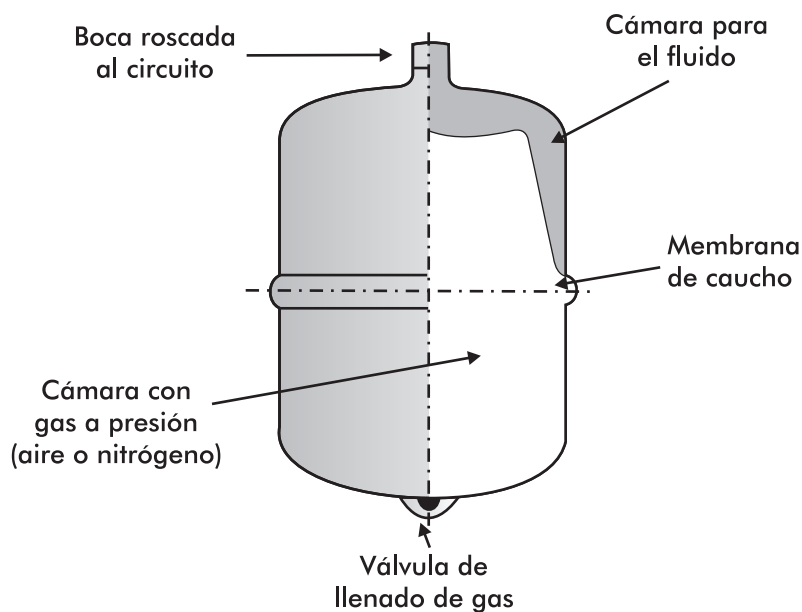
## Energía solar térmica

### Componentes de las instalaciones

---

Los **vasos de expansión cerrados** disponen de un pequeño depósito estanco, normalmente de acero que contiene una membrana que los divide en dos partes, una que está conectada hidráulicamente al circuito cerrado de la instalación y la otra que contiene un gas presurizado, normalmente nitrógeno o aire. Cuando crece la presión en la instalación debido a la dilatación del fluido caloportador, el líquido sobrante entra en el vaso y empuja la membrana. El gas se comprime, evitando variaciones de presión. Cuando se enfría, el gas vuelve a su volumen inicial, empujando al líquido fuera del vaso, hacia las tuberías del circuito.

El vaso debe contener siempre un mínimo de fluido para evitar que la membrana se deteriore. El gas nunca debe quedar por encima del fluido porque se formarían bolsas de aire que además de provocar el mal funcionamiento, corroen la membrana. Hay varios tipos de vaso de expansión cerrados, hay alguno que no tiene membrana, por lo cual es necesario un gas que no se mezcle con el agua.



La tubería de conexión del vaso de expansión cerrado no se aislará y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Las razones para usar un vaso de expansión cerrado en lugar del abierto son, básicamente:

- Evitar las pérdidas por evaporación del fluido del circuito.
- Evitar los riesgos de corrosión de las cañerías por contacto con el oxígeno atmosférico.
- No es necesario aislarlos.
- Fácil montaje. No es necesario que esté en la parte más alta de la instalación.
- El menor coste debido a la fabricación en grandes series y a que el material empleado es más económico.

La diferencia entre usar vasos de expansión abiertos o cerrados está en que el vaso de expansión abierto, al funcionar según el principio de los vasos comunicantes, se ha de colocar en la parte más alta de todo el circuito. El vaso de expansión cerrado se puede colocar en la parte de la instalación que sea más fácil, ya sea por razones de accesibilidad o por espacio.

## **5.4. Válvulas y accesorios**

Generalmente, en las instalaciones solares térmicas, las válvulas y accesorios que se emplean son los mismos que en cualquier otra instalación generadora de calor.

Las válvulas convencionales más usadas como llaves de corte son las de tipo esfera, válvulas antirretorno, válvulas de clapeta, válvulas tipo York, purgadores, separadores de aire, válvulas de seguridad, etc.

Estas válvulas tienen la función de aislar cualquier elemento (bomba, intercambiador, etc.) del resto de la instalación para su reparación o substitución por otro nuevo sin necesidad de vaciar todo el circuito. También se utilizan para cortar el suministro de agua de la instalación.

## Energía solar térmica

### Componentes de las instalaciones

---

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que van a desempeñar y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), pero preferentemente, se hará como sigue:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas se identifican por las siguientes características funcionales:

- Caudal, dependiente de la superficie libre de paso.
- Pérdida de presión a obturador abierto, dependiente de la forma del paso del fluido.
- Hermeticidad de la válvula a obturador cerrado o presión diferencial máxima, que depende del tipo de cierre y de los materiales empleados.
- Presión máxima de servicio, que depende del material del cuerpo de válvula, las dimensiones y el espesor del material.
- El tipo y diámetro de las conexiones, por rosca, bridas o soldadura.

A continuación se explican estos y otros elementos que completan la instalación.

## 6. Otros elementos

---

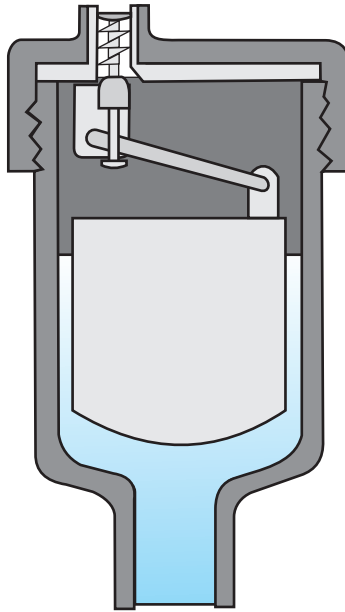
### 6.1. Purgadores

Los **purgadores** se emplean para evacuar el aire que existe en red de tuberías de los circuitos cerrados. Eliminar correctamente el aire contenido en estos circuitos es muy importante ya que si no se realiza de manera adecuada, provoca un "tapón" en la tubería que evita la libre circulación del fluido, y entonces, el calor no se transmite como debe, con lo cual la instalación no cumple su cometido. Deben situarse en la parte más alta de la instalación, como por ejemplo, en la salida del agua caliente del colector solar, y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.

El purgador consiste en una válvula de esfera o macho, el cuerpo está fabricado en latón estampado y el flotador en plástico resistente a la temperatura.

Dispone de una conexión roscada para adaptarlo a la tubería o elemento específico del que debe eliminarse el aire y una pequeña boca de descarga del aire equipada con un tapón roscado.

Pueden ser manuales o automáticos. Los más utilizados en las instalaciones son los de tipo automático con flotador, pero si es previsible la formación de vapor en el circuito, no se usarán estos últimos. Además, en caso de usar purgadores automáticos, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.



Es importante conocer los parámetros máximos de funcionamiento del purgador (temperatura y presión máxima de trabajo) para no sobrepasarlos, y evitar deterioros.

Otras medidas que pueden emplearse para evitar la presencia de aire en los circuitos son:

- Evitar la formación de sifones.
- Montar las bombas en tramos verticales, de forma que se impida la formación de bolsas de aire en el interior de las mismas.
- No bajar la velocidad de circulación de tuberías de 0,6 m/s.
- En los circuitos cerrados, montar el vaso de expansión a la entrada de la bomba.
- Mantener una presión mínima en el punto más alto de 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

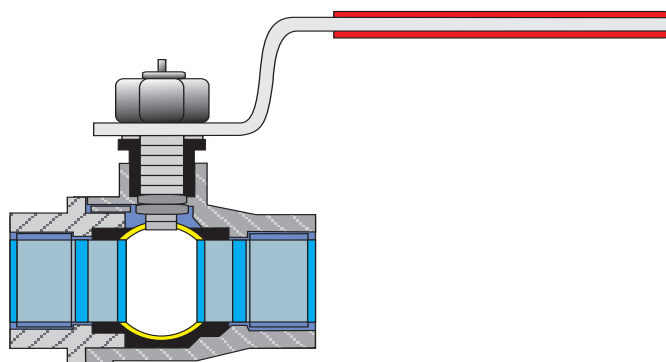
## 6.2. Válvulas de llenado y vaciado

Sirven para llenar y vaciar el circuito. Se emplean válvulas de esfera. Las válvulas de vaciado deben situarse en los puntos más bajos de la instalación, de forma que se posibilite el vaciado total o parcial de las zonas que se configuren en la instalación.

Los sistemas cerrados deben incorporar un sistema de llenado automático o manual que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. El llenado es conveniente realizarlo por la parte inferior del circuito, de forma que se evite la formación de bolsas de aire retenidas durante el llenado. Los sistemas que requieren anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del anticongelante.

## 6.3. Válvulas de aislamiento o corte

Se emplean para cortar el fluido a la entrada o salida de subsistemas, aislándolo durante operaciones de reparación y mantenimiento. Las más empleadas son las válvulas de esfera o de bola, que reciben su nombre por la forma del elemento que obstruye el paso del agua.



Válvula de esfera

Estas válvulas se fabrican para una amplia variedad de medidas. Su unión a la tubería o a otros elementos se realiza, principalmente, roscada.

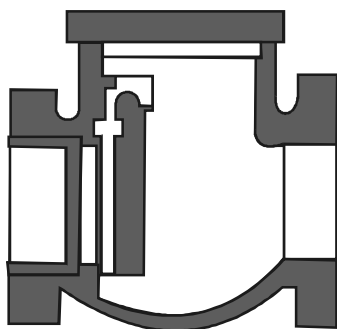
Habitualmente se utilizan válvulas de esfera para aislar cada batería de captadores solar, colocando una en la alimentación y otra en la tubería de retorno de los captadores.

La bomba de circulación traerá dos válvulas de corte (como ya hemos visto), una en cada boca. También se colocarán en el acumulador, en cada una de las tomas de conexión de las tuberías, tanto del circuito primario (intercambiador), como en el secundario, y en general, en cualquier elemento del circuito susceptible de ser cambiado.

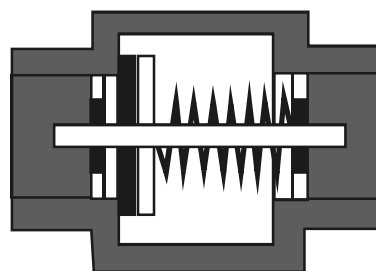
## 6.4. Válvula antirretorno

Estas válvulas se utilizan para evitar la circulación desde el acumulador hasta el colector (circulación inversa), cuando la temperatura del primero es mayor que la del segundo, y producir así el enfriamiento del depósito, por ejemplo, por la noche.

Las válvulas antirretorno solo dejan circular el fluido en un único sentido; si por cualquier circunstancia el fluido intenta circular en sentido contrario, la válvula se cierra impidiendo su paso. Se utilizan válvulas de compuerta o clapeta, también pueden utilizarse válvulas tipo York. Las válvulas de clapeta solo tienen una posición de trabajo, por lo que si se colocan al contrario, de entrada, no dejan pasar al fluido y el sistema no funciona como debe. En cambio, las válvulas tipo York pueden colocarse en cualquier posición, respetando siempre los sentidos de circulación del fluido.



Válvula de clapeta



Válvula tipo York

## 6.5. Válvula de seguridad

La válvula de seguridad es un elemento importante de la instalación solar térmica y, en general, a cualquier instalación de generación de calor y frío. Deben incluirse en los circuitos primario y secundario de la instalación, por estar sometidos a presión y a variaciones de temperatura. Debe ser capaz de derivar la potencia máxima del captador solar, incluso en forma de vapor, para que en ningún caso se sobrepase su valor nominal de trabajo. Como válvulas de seguridad se emplean válvulas de resorte.

La válvula de seguridad es un dispositivo de apertura de un circuito que actúa por el efecto de la presión o de la acción combinada de presión y temperatura. Cuando se logra la presión de tarado de la válvula, la fuerza ejercida por el muelle es equilibrada por la fuerza producida por la presión sobre el área del disco de cierre. A partir de aquí, un pequeño aumento de presión abrirá el circuito y descargará el vapor sobrante a la atmósfera. Si se trata de una válvula de seguridad de apertura instantánea, el disco de cierre se separará repentina y totalmente, debido al incremento de la fuerza resultante del producto de la presión por el incremento del área del disco de cierre. Pero si se trata de una válvula de alivio de presión, la válvula abrirá proporcionalmente al incremento de presión producido. Cuando la presión disminuye, la válvula cierra a una presión ligeramente inferior a la presión de tarado como consecuencia de la energía cinética del fluido en el escape.

La elección de la presión de calibrado de la válvula se realizará de forma que la máxima presión de ejercicio del circuito quede siempre por debajo de la presión máxima de trabajo, a la temperatura de funcionamiento de los aparatos y equipos presentes en el circuito. Es aconsejable que las válvulas de seguridad dispongan de un manómetro calibrado para determinar si trabajan a la presión correcta.

Las válvulas de seguridad deben llevar entre la descarga y la tubería de desagüe un elemento llamado **embudo de desagüe** que permite observar que la evacuación del líquido es correcta.

## **6.6. Equipos de medida**

Se incorporan en determinados puntos de la instalación, a fin de realizar el control manual de la misma, proporcionando la información suficiente para que el usuario conozca el estado de funcionamiento de la instalación.

Los más utilizados en las pequeñas instalaciones solares térmicas son:

- Manómetro de esfera con escala graduada de 0 a 4 ó 6 kg/cm<sup>2</sup> que permite medir la presión del circuito cerrado para verificar el llenado del circuito y el funcionamiento del sistema de expansión.
- Termómetro de esfera con escala graduada de 0 a 60, 80 ó 120 °C para medir la temperatura en circuitos y/o en acumulador.

Cada vez son más utilizados los termómetros analógicos o digitales que permiten medir a distancia y con mayor precisión.

## **6.7. Equipo auxiliar**

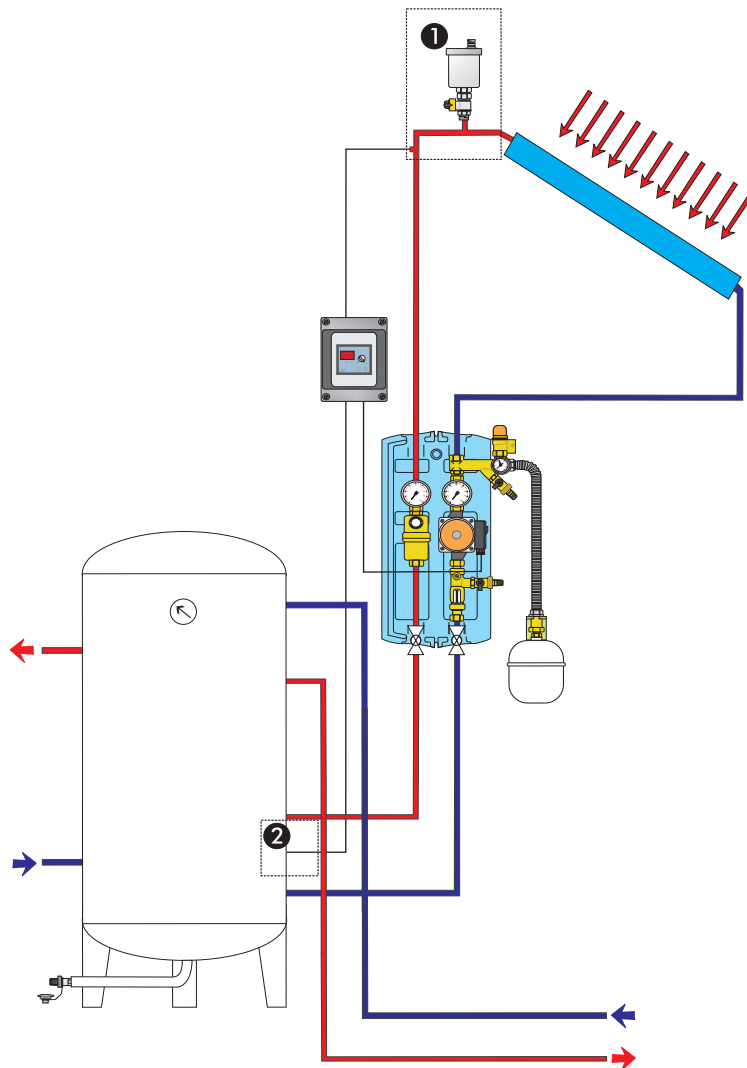
Se utiliza para abastecer la demanda completa de agua caliente en caso de no poder hacerse por vía solar. En ese sentido, debe considerarse como un sistema convencional de calentamiento de agua. Su acoplamiento a una instalación solar exige la toma en consideración de los siguientes aspectos:

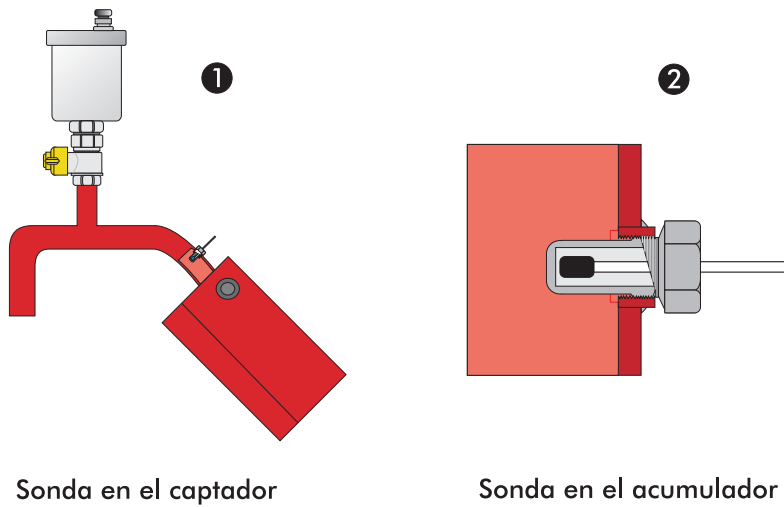
- La temperatura de salida del acumulador solar puede variar en un amplio margen.
- El sistema de calentamiento auxiliar no debe interferir el proceso de aprovechamiento de la radiación solar.
- Debe optimizarse el acoplamiento para conseguir el máximo rendimiento del conjunto.

Para ello es necesario que el agua, en el sentido de circulación, se caliente primero en el acumulador solar y después pase por el sistema auxiliar antes de ser consumida.

## 6.8. Sistema de regulación y control

Este sistema se usa en instalaciones con circulación forzada, para gobernar la bomba de manera inteligente en función de las temperaturas de salida del colector y del acumulador. Mediante unos sensores de temperatura colocados en los conductos de ambos elementos, se obtienen dichas temperaturas, a partir de las cuales la central de regulación ordena el arranque o parada, y la regulación de las revoluciones de la bomba intercalada en el circuito primario, que hará que trabaje siempre en su modo óptimo. También es el encargado de activar el sistema auxiliar de apoyo cuando no se dispone de energía solar suficiente para obtener las temperaturas necesarias en el sistema.





Sonda en el captador

Sonda en el acumulador

Pueden incorporar también una función anti-heladas, que permite evitar los problemas que causan éstas en los captadores cuando la temperatura ambiente es muy baja. Cuando la sonda del captador detecta temperaturas de riesgo, envía una señal y manda ponerse en marcha la bomba para hacer circular el agua desde el depósito y calentar los captadores, evitando la congelación y la rotura de los tubos del intercambiador. Las grandes instalaciones compuestas por un conjunto de colectores y acumuladores, pueden incorporar una entrada especial para un sensor de irradiación solar, un bus de comunicación con un sistema informático, etc.

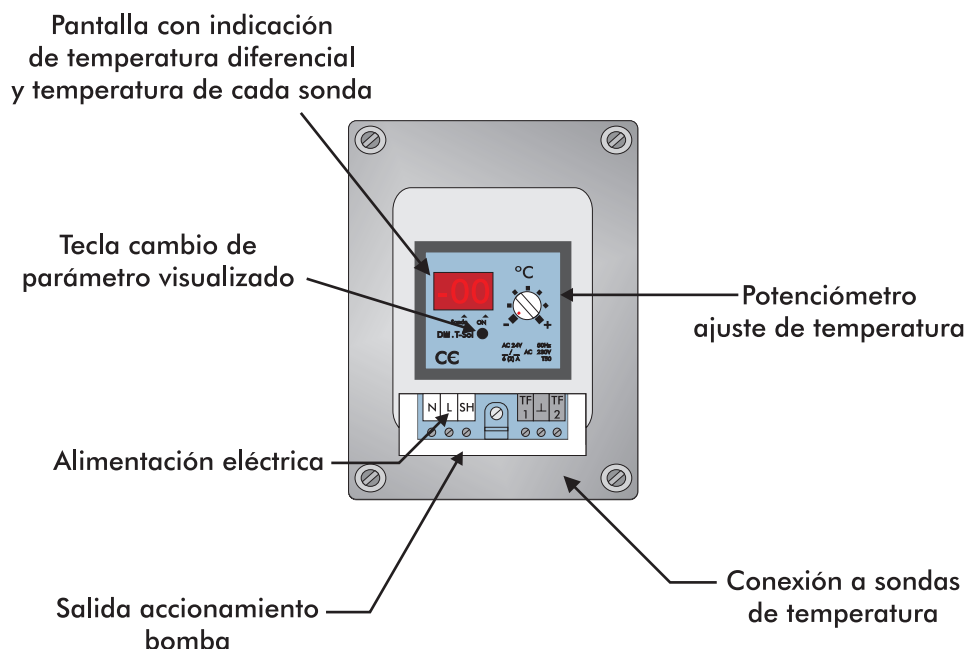
Por lo general, manda funcionar la bomba cuando la diferencia entre la temperatura de salida del primario y la del acumulador varía de 4 a 6 °C (temperatura diferencial de arranque) y manda pararla cuando la diferencia es de 2 a 4 °C (histéresis), aunque estos valores pueden cambiar según convenga a una mejor explotación del sistema.

El sistema de control puede incluir señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema y del funcionamiento de bombas. El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, entre -10 y 50 °C.

En el diseño de la instalación debe cuidarse la ubicación de sondas de forma que se detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. La incorporación de otros sensores de temperatura puede proporcionar al sistema de regulación datos adicionales sobre su funcionamiento.

Las centrales de regulación contienen un microprocesador y una memoria interna o externa que contiene los parámetros de configuración inicial y otros acumulativos para dar información de diferentes situaciones. En general, contienen unas secciones comunes, que son:

- Pantalla de visualización de datos, en la que se indican las temperaturas de la sonda del colector y del acumulador, el rendimiento de la bomba, si el sistema funciona correctamente o si da fallo, etc. También pueden usarse diferentes *leds* para indicar diferentes situaciones de funcionamiento.
- Un teclado para la introducción de datos.
- Botones de selección y ajuste de funciones, temperaturas, etc.
- Conexiones de entrada para las sondas que proporcionan los datos de funcionamiento, cuyo número depende de las que estén instaladas, y salida para controlar la bomba, que será activada por un circuito eléctrico dotado los elementos necesarios tanto para su activación como para su protección eléctrica.



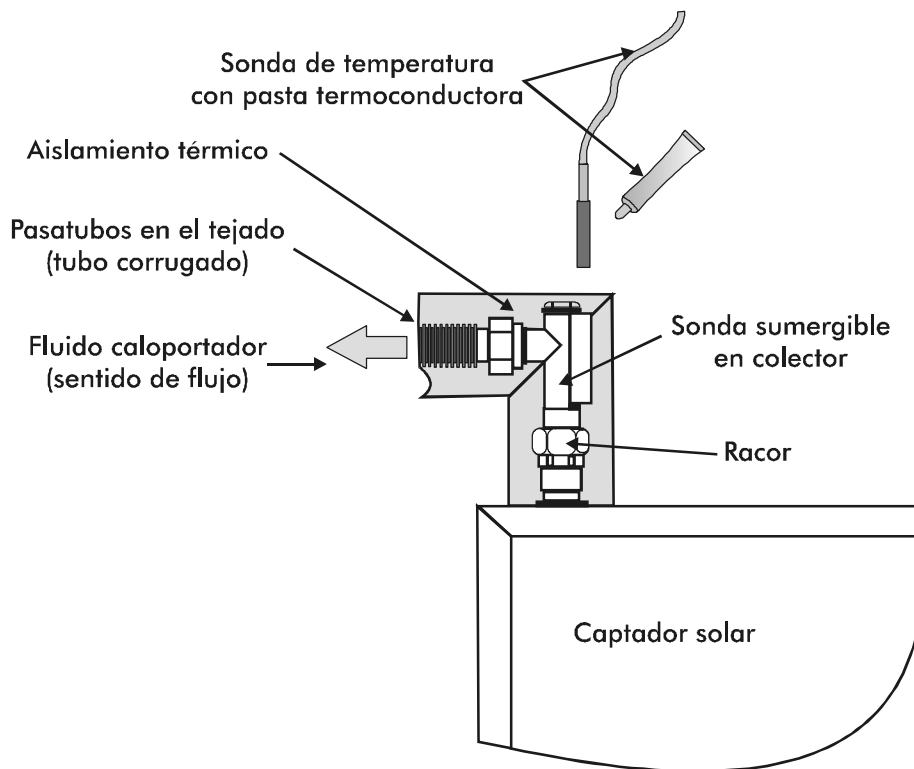
La instalación y puesta en marcha de los sistemas de regulación solo puede ser llevada a cabo por personal especializado.

---

### 6.8.1. Sensores de temperatura

Como sensores de temperatura suelen emplearse sondas termopares de cobre-constantán, cromo-constantán, hierro-constantán, u otros, recubiertos con un revestimiento de platino. Van inmersos en una cápsula protectora con elementos de fijación, en la que están dispuestas dos conexiones eléctricas de salida.

Las sondas de temperatura se colocan inmersas dentro del tubo de salida del captador, desde donde envían el dato de temperatura de salida hasta la central de regulación. Esto se realiza mediante la colocación de una vaina con el correspondiente accesorio roscado, que permite esta ubicación.



Como las sondas son resistencias variables con la temperatura, es importante tener en cuenta la distancia que hay desde el punto de colocación de la sonda a la central de regulación. El valor medido será correcto cuando se reste la temperatura correspondiente al incremento térmico debido a la resistencia del cable de conexión. La mayoría de los equipos permiten corregir esto desde un menú del

módulo, cuando es montado por el instalador. En caso contrario, el fabricante del equipo indicará cómo debe corregirse la variación de lectura que esta situación ocasiona.

La sonda del acumulador tiene las mismas características que la sonda del captador. De hecho, son dos sondas iguales y deben seguirse los mismos criterios de montaje. Debe colocarse en el circuito primario, a la salida del intercambiador, o bien en el circuito secundario en la parte baja del acumulador. Hay que tener en cuenta, que si se coloca la sonda en la parte media o superior del depósito, se corre el riesgo de que la bomba se pare antes de que todo el depósito se haya calentado, perdiendo eficiencia el sistema.

Es importante comprobar que tanto los cables de las sondas como los del resto de componentes del equipo, se han conectado correctamente, para que la información llegue al módulo de control.