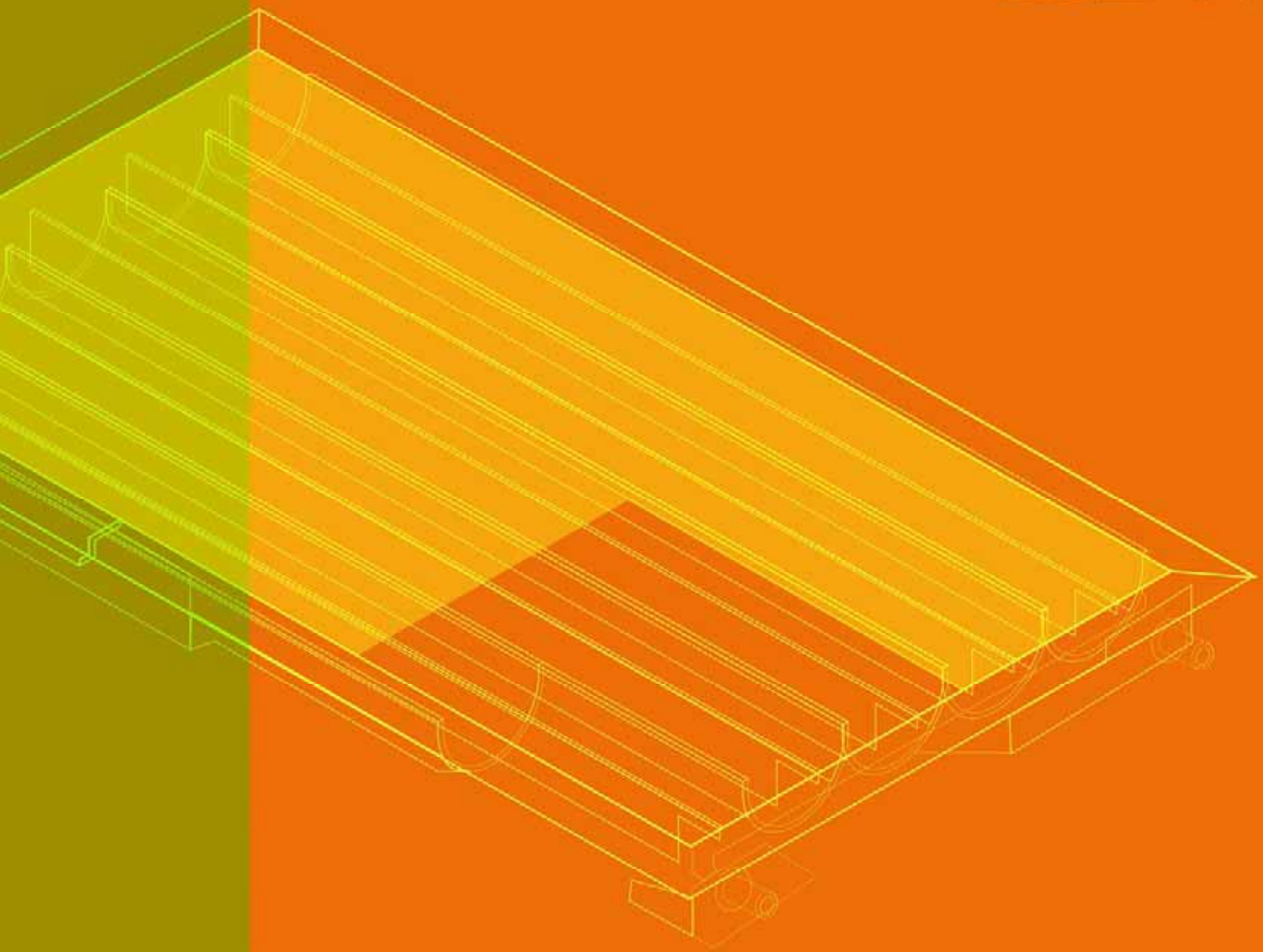
manual de INSTALACIONES para el CALENTAMIENTO de AGUA mediante el APROVECHAMIENTO de la ENERGÍA SOLAR



Ciudad Mágica

Secretaría del

El valor de la constante solar también puede calcularse empleando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{4\prod d^2}$$

Donde:

P = Energía irradiada por el Sol durante un segundo (4 x 10^{26} J)
d^2 = Distancia existente Sol -Tierra (149.5 millones de Km)
π = 3.1416 (valor de pi)

El conocimiento de la constante solar nos permitirá dimensionar una instalación solar conforme a los requerimientos de sus usuarios.

3.4. FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Para comprender el comportamiento térmico de los sistemas de calentamiento de agua, es muy importante conocer las formas o mecanismos de transmisión de calor. El calor es un estado de agitación molecular que se propaga de un cuerpo a otro y se realiza de tres formas diferentes.

- **Conducción**. Ocurre cuando la energía calorífica viaja de una molécula a otra, existiendo un contacto físico directo. Un ejemplo de ello es cuando se calienta una sartén en una estufa.

- **Convección.** Se presenta en los fluidos, mismos que al calentarse se expansionan y hacen que cada una de sus unidades volumétricas se vuelvan más ligeras, provocando que el calor escape hacia arriba dando lugar a corrientes llamadas de convección.

Este tipo de corrientes las podemos observar en el vapor que se genera cuando calentamos agua en un recipiente.

- **Radiación**. A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no necesita de un medio físico para propagarse; puede atravesar el vacío transmitiéndose de un cuerpo caliente a uno frío. Se transmite en forma de radiación electromagnética y su intensidad depende de la temperatura a la que se encuentre. Ejemplo de ello es el Sol que trasmite su energía a la tierra por radiación.

La energía radiante que incide sobre un cuerpo se transforma en calor y su capacidad de absorción depende mucho del color que éste tenga. Por ejemplo, una superficie de color negro absorbe mucho más radiación que uno de color blanco, esto debido a que el segundo refleja casi toda la radiación que le llega (ver Figuras 3a y 3b).

Figura 3a. Efectos de la radiación solar en una superficie brillante

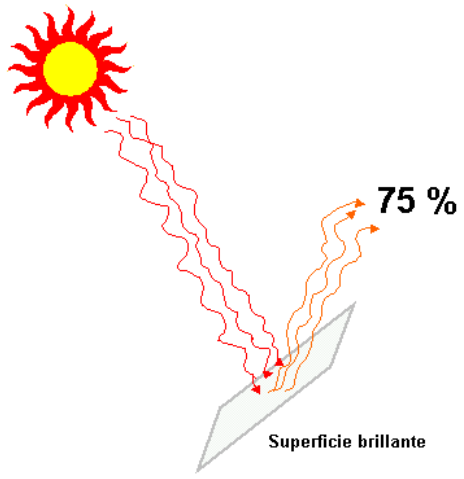
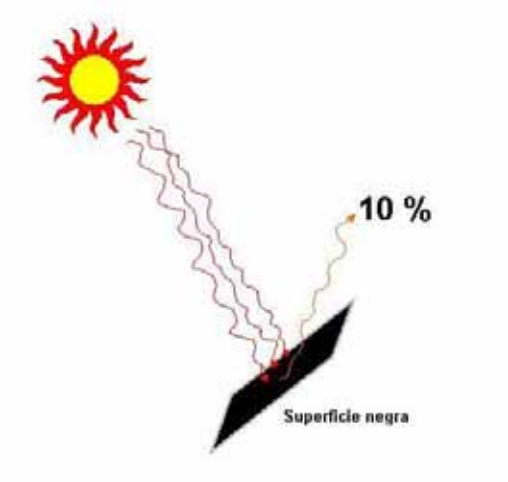


Figura 3b. Efectos de la radiación solar en una superficie negra



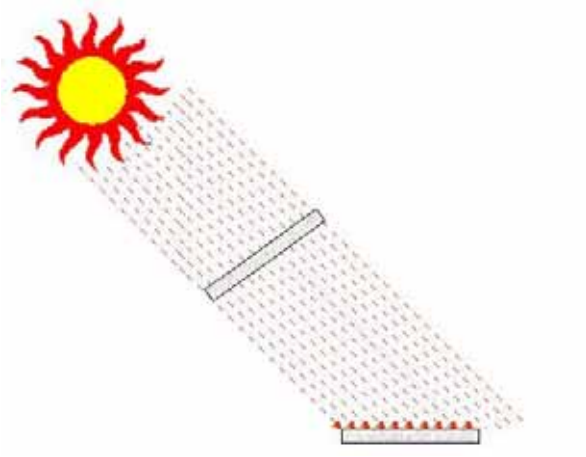
3.5. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que recibe la superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

1. **Radiación directa**. Proviene directamente del sol, es aquella que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de la propia radiación y se caracteriza por ser una luz cegadora.

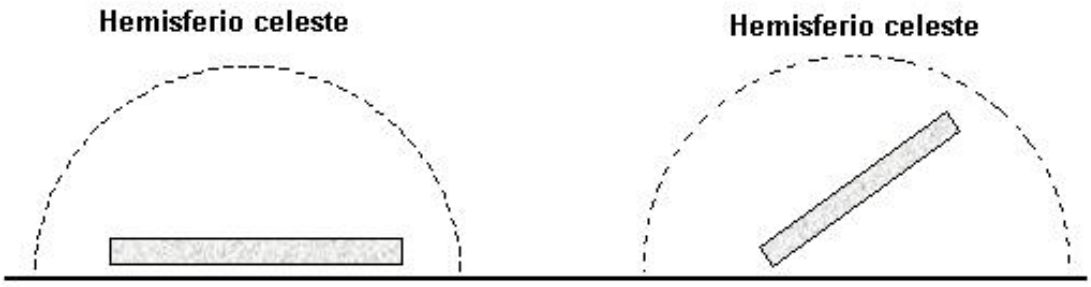
Una superficie captadora absorberá mayor radiación directa, si se instala con una inclinación que la coloque perpendicularmente a los rayos solares. De lo contrario tendrá pérdidas que pueden incrementarse en cuanto más oblicua esté.

Figura 4. Absorción de la radiación directa por una superficie



2. **Radiación difusa.** Es la producida por las nubes, tiene una radiación más débil que la directa, es térmicamente aprovechable y sus rayos son los encargados de producir el color azul del cielo.

Figura 5. Absorción de la radiación difusa por una superficie



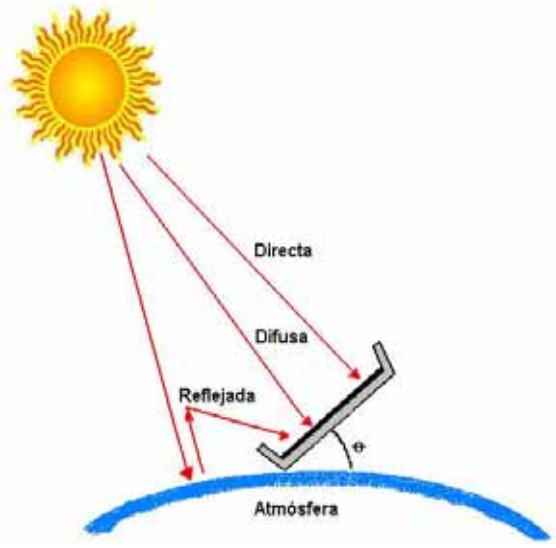
En este caso las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, pues ven toda la semiesfera celeste, en tanto que las verticales reciben menos radiación al ver solo la mitad de la semiesfera celeste.

3. **Radiación reflejada.** Esta constituida por la radiación directa o difusa que es reflejada cuando incide sobre la superficie de la tierra.

Una superficie captadora colocada en forma horizontal no recibirá ninguna radiación reflejada, pues no ven superficie terrestre. En tanto que las se colocan en posición vertical reciben más radiación.

A manera de resumen, se tiene que la radiación total que incide sobre una superficie inclinada es igual a la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada.

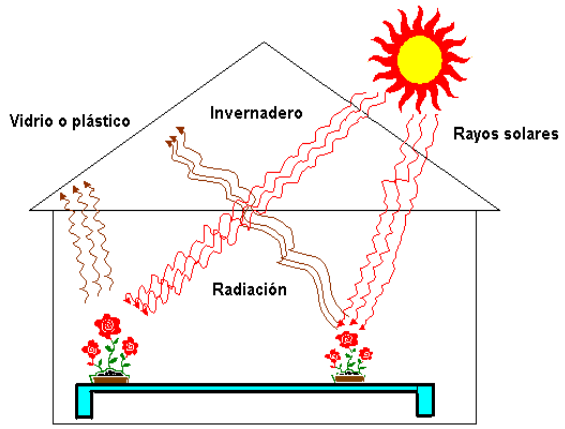
Figura 6. Tipos de radiación que inciden sobre una superficie inclinada



3.6. EL EFECTO INVERNADERO

Es un fenómeno en donde la radiación solar entra en un espacio acristalado (invernadero) y queda atrapada en éste calentándolo.

Figura 7. Esquematización del efecto invernadero



El vidrio actúa como un filtro y transmite en buena proporción la energía con longitud de onda corta (es transparente a la radiación visible) y no deja pasar la de onda larga (es opaco a la radiación infrarroja). En otras palabras, se tiene que cuando los rayos solares (con longitud de onda corta) entran en el invernadero, su radiación es absorbida por los objetos que se encuentran en su interior, los cuales a su vez se calientan emitiendo radiación infrarroja (longitud de onda larga), que no puede escaparse por que el vidrio es opaco a la misma.

En este principio científico se basa el funcionamiento de un colector solar.

3.7. LA CAPACIDAD CALORÍFICA O MASA TÉRMICA

Se define como la capacidad que tiene un cuerpo de almacenar calor.

Cuando se le aporta calor a un cuerpo, éste eleva su temperatura. Si esta elevación se va dando lentamente, puede decirse que el cuerpo tiene mucha capacidad calorífica, pues es capaz de almacenar mucho calor por cada grado centígrado de incremento en su temperatura.

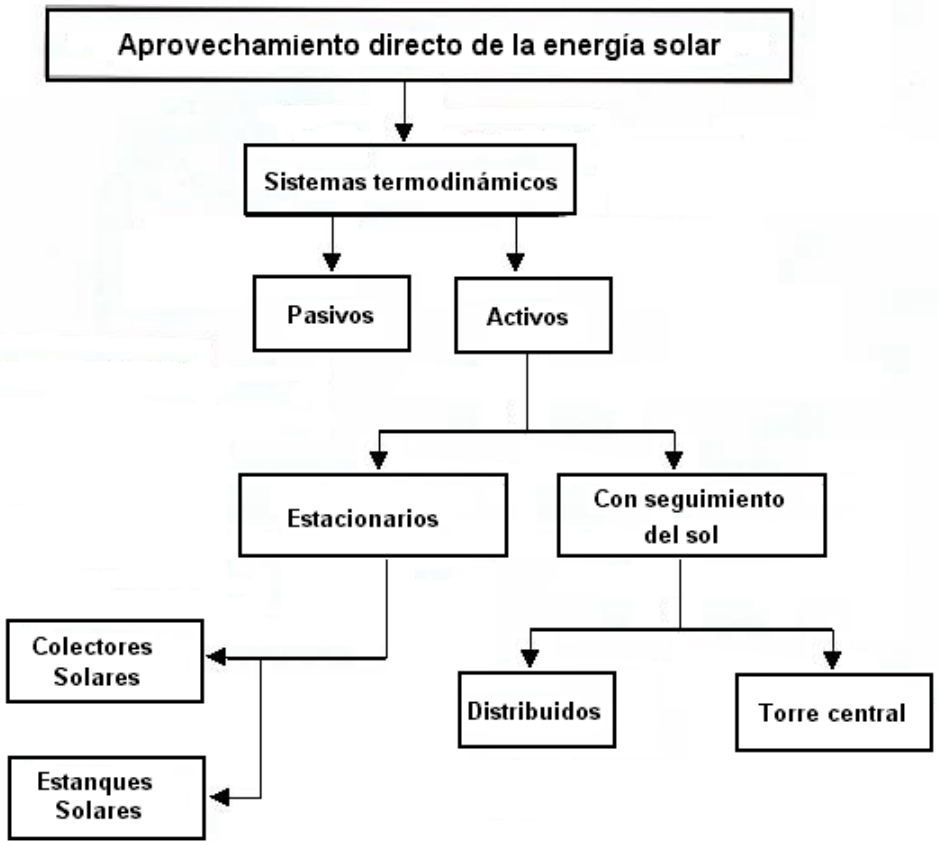
En las instalaciones solares para el calentamiento de agua, se recomienda emplear sistemas de captación de energía que tengan una masa térmica baja, pues elevan su temperatura rápidamente. Cosa que no ocurre con los sistemas de captación que tienen una masa térmica alta, pues, a pesar de que almacenan grandes cantidades de calor en poco volumen, requieren de un largo tiempo de exposición a los rayos solares para poder alcanzar una temperatura apreciable.

4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El aprovechamiento directo de la energía solar da lugar a sistemas termodinámicos solares, que se clasifican de acuerdo a su aplicación (calefacción o calentamiento) en activos y pasivos.

Figura 8. Sistemas termodinámicos de aprovechamiento de la energía solar



4.1. SISTEMA PASIVO

Este sistema esta encaminado a la climatización de espacios (orientación de ventanas, instalación de persianas e incorporación de materiales cerámicos) y no se requiere necesariamente la intervención de instalaciones solares. Debido a ello no será objeto de análisis en el presente manual.

4.2. SISTEMA ACTIVO

Buscan la instalación de equipos para la captación y acumulación de la radiación solar, para aprovecharla en aplicaciones como son: la generación de agua caliente para uso sanitario, calefacción de hogares y generación de energía eléctrica.

El aprovechamiento de la energía solar para la obtención de agua caliente, que es el objeto de este manual, implica la ejecución de tres procesos, que son:

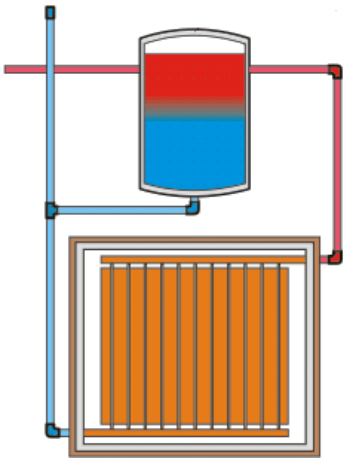
a) Captación de la radiación solar mediante un colector, para elevar la temperatura del agua que circula en su interior,

b) Acumulación del fluido calentado por medio de un depósito (acumulador), para usarlo en el momento que sea necesario, e

c) Incorporación de un medio de apoyo (sistema tradicional), para mantener la temperatura del agua cuando la radiación solar no sea suficiente.

Dado lo anterior se tiene que: una instalación solar térmica basa su funcionamiento en la captación de la energía solar para el calentamiento de un fluido que circula en el interior de un colector.

Figura 9. Instalación solar térmica



Fuente: www.textoscientificos.com

Dependiendo del valor de la temperatura a la que se quiera elevar el fluido de trabajo, estas instalaciones solares se clasifican en:

1) **Instalación solar térmica de baja temperatura.**
En ella el fluido alcanza temperaturas de hasta 90 °C. Aplicable al sector doméstico, climatización de piscinas, etc.

2) **Instalación solar térmica de media temperatura.**
En esta instalación el fluido es entregado en un rango de temperaturas que va de los 80 a 250 °C. Aplicable en procesos industriales, desalinización de agua de mar, etc.

3) **Instalación solar térmica de alta temperatura.**
En ellas se genera vapor para la producción de energía eléctrica, trabajándose con temperaturas superiores a los 250 °C.

En este manual solamente se estudiarán las instalaciones solares de baja temperatura para el calentamiento de agua, mismas que son descritas en el siguiente capitulo.

5. SISTEMAS DE BAJA TEMPERATURA

5. SISTEMAS DE BAJA TEMPERATURA - COLECTORES SOLARES TÉRMICOS

Un sistema de baja temperatura es aquel que es capaz de captar la energía calorífica del sol y transmitirla a un fluido (agua), para su posterior aprovechamiento. Entre sus principales aplicaciones están la generación de agua caliente para uso sanitario y la climatización de piscinas. Dichos sistemas también son conocidos con el nombre de colectores solares térmicos.

5.1. ¿QUÉ ES UN COLECTOR SOLAR?

Un **colector solar** es un dispositivo que absorbe la energía proveniente del sol, la convierte en energía térmica (calor) y utiliza dicha energía para calentar un fluido.

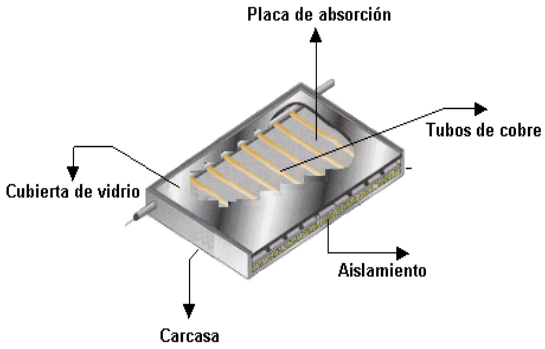
Los colectores solares se dividen en dos categorías:

1. **Colectores solares sin concentración.** Son usados en aplicaciones solares de baja temperatura (no superan los 70 °C), como es la generación de agua caliente para uso sanitario.

2. **Colectores solares de concentración.** Concentran la energía solar en un solo punto, elevan la temperatura del fluido de trabajo a más de 70 °C y son usados en aplicaciones de media y alta temperatura.

El equipo más utilizado es el **colector solar plano**, que es semejante a un cajón, se encuentra aislado por sus costados y en el fondo (para soportar las inclemencias del tiempo), en su interior tiene alojada una placa de color negro llamada **placa de absorción**. Todo esto se encuentra cubierto por una placa de vidrio transparente.

Figura 10. Componentes de un colector solar plano



De conformidad con la NADF-008-AMBT-2005, en el presente manual solo se hablará de los colectores solares sin concentración, en específico de aquellos cuya aplicación sea la generación de agua caliente.

5.2. ¿QUÉ TECNOLOGÍAS EXISTEN?

Existen tres tecnologías de colectores solares que son utilizadas para los sistemas de calentamiento de agua, estas son:

- Colector solar plano o de placa plana
- Colector de copolímero (plástico)
- Colector de tubos evacuados

A continuación se da una breve descripción de cada una de esas tecnologías.

5.2.1 Colectores Solares Planos

Este tipo de colectores fueron diseñados para aplicaciones de aprovechamiento térmico a baja temperatura (inferior a 100 °C), tienen su principal uso en el calentamiento de agua para uso sanitario (regaderas y lavamanos), son una tecnología sencilla, bastante probada y con un gran potencial de aplicación a nivel mundial.

Tienen en el mercado un costo aproximado de $4,500 a $6,000 (datos de 2006)

Colector solar plano

Funcionamiento

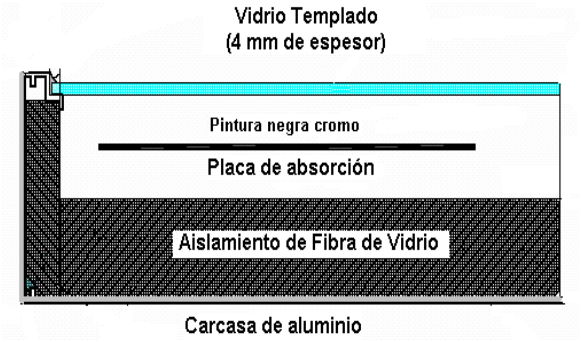
El principio de funcionamiento de un **Colector Solar Plano** se basa en el aprovechamiento del **efecto invernadero**. La radiación solar (con longitud de onda corta) incide sobre la cubierta de vidrio, que absorbe una parte de ella, refleja otra y deja pasar el resto. La energía que pasa a través del vidrio incide en la placa de absorción y se transforma en calor, que posteriormente es transferido al agua que se hace circular a través de un circuito colector montado en la placa de absorción.

La cubierta transparente es un elemento clave para el buen funcionamiento de este tipo de colectores, pues se encarga de minimizar las pérdidas de calor por convección y radiación.

Elementos que conforman el Colector

Como ya se comentó anteriormente un colector solar plano esta compuesto por cuatro elementos, que son: Carcasa, cubierta transparente, placa de absorción y aislamiento.

Figura 11. Características de los componentes de un colector solar plano



La descripción de cada uno de estos elementos se presenta a continuación:

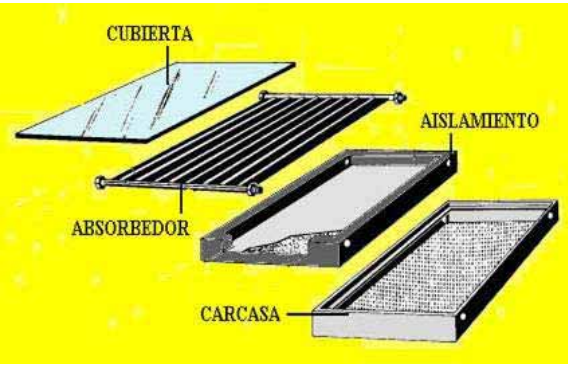
a) Carcasa

Se encarga de proteger y soportar a los elementos que conforman el colector. Se encuentra fabricada en aluminio anodizado y esta unida en los costados y en el fondo por tornillos de acero inoxidable.

Las características que debe de cumplir son:

- Resistencia a la presión del viento (debe contarse con parámetros de rigidez y resistencia estructural que garanticen la estabilidad del colector),

- Resistencia mecánica y química de los elementos de fijación, a fin de que soporten la transmisión de esfuerzos y los efectos de la corrosión,
- Resistencia a la intemperie, para soportar las inclemencias del tiempo y los efectos corrosivos de la atmósfera,
- Resistencia a la inestabilidad química,
- Facilidad de desmontaje de la cubierta transparente para acceder sin problemas a la cubierta de absorción, y
- Tener los elementos de diseño necesarios que eviten la acumulación de agua o hielo en el exterior del colector, así como su condensación en el interior de éste.



Elementos de un colector plano
(Fuente: www.mapel.es)

b) Cubierta transparente

Se encarga de producir el efecto invernadero y reduce las pérdidas de calor por convección y radiación. Los materiales utilizados para su fabricación son el vidrio y los materiales plásticos.

Es recomendable adquirir **cubiertas de vidrio** en especial aquellas que cuenten con vidrios recocidos o templados (extraclaros), así no se afectarán sus propiedades ópticas y se mejoraran sus propiedades mecánicas.

Una de tantas cualidades de este tipo de cubiertas es que son transparentes a radiaciones con longitudes de onda corta y opacas a radiaciones con longitudes de onda superiores.

No se recomienda adquirir **Materiales plásticos**, pues tienen una mala conductividad térmica, no resisten temperaturas altas y les afectan demasiado las inclemencias del tiempo. Dichos problemas pueden disminuirse si se aplican tratamientos especiales a la cubierta, desgraciadamente estos tratamientos incrementan de forma considerable el costo del colector y repercuten en la rentabilidad de una instalación.

La cubierta deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Mantener al menos durante dos años un alto coeficiente de transmisión de la radiación solar (0.3 a 3 μm),
- Tener un coeficiente de transmisión bajo para longitudes de onda largas (superiores a 3 μm),
- Contar con bajo coeficiente de conductividad térmica, a fin de minimizar pérdidas, dificultando con ello la transmisión de calor desde la superficie exterior a la interior, y

- Tener un alto coeficiente de reflexión para radiaciones de longitudes de onda larga emitidas por la placa de absorción, a fin de que retornen a ésta.

c) Placa de absorción

Se encuentra en el interior del colector y su misión es absorber de forma eficiente la radiación solar y transformarla en energía térmica, para posteriormente transferirla al agua que se hace circular a través de un circuito colector que se encuentra adherido a la placa de absorción.

Cuenta con un revestimiento en color negro (capa de pintura cromo-negro) tratado electroquímicamente, que evita la pérdida de sus cualidades con el paso del tiempo y aumenta su capacidad de absorción hasta en un 95%.

Los modelos más usados de placas de absorción son:

- Dos placas metálicas de cobre separadas por unos milímetros, entre las cuales circula el fluido a calentar,
- Placa metálica de cobre sobre la cual están soldados los tubos por los que circula el fluido a calentar, y
- Tubos de cobre aletados, en vez de una placa metálica se dota de aletas de cobre a los tubos de cobre.
- Dos láminas de metal de cobre unidas a gran presión excepto en los lugares que forman el circuito colector, los cuales han sido abombados mediante insuflación de aire.

d) Aislamiento térmico

Se coloca en los costados y en la parte posterior del colector. Su función es evitar las pérdidas de calor hacia el exterior y están hechos de fibra de vidrio, espuma rígida de poliuretano y poliestireno expandido

Las características que deben tener son:

- Resistencia a altas temperaturas sin deteriorarse,
- Resistencia a la humedad que pueda producirse en el interior del colector,
- Mínimo desprendimiento de vapores al descomponerse por el calor,
- Nula degradación por envejecimiento, y
- Contar con un coeficiente de dilatación que sea compatible con el resto de los componentes del colector.

Productos comercializados en México

La gama de productos que se ofertan en el mercado nacional y cuya aplicación va de acuerdo a los requerimientos del cliente son:

1. Cobre con cubierta de vidrio,
2. Cobre con aleta de aluminio con cubierta,
3. Aletados de cobre con cubierta,
4. De cobre encapsulados,
5. Cobre aletados, con cubierta de vidrio,
6. Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta, y
7. Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio

5.2.2 Colectores Solares de Copolímero (plástico)

Estos colectores son sencillos y económicos, se emplean en aplicaciones que no requieren temperaturas elevadas (hasta 38 °C) como lo es el calentamiento de albercas. Se asemejan a una alfombra y están conformados por una **superficie captadora** en color negro (3.1 m de ancho y diferentes metros de largo) **y dos colectores de cabecera**.

Figura 12. Componentes de un colector solar plástico

La descripción de estos elementos se presenta a continuación:

a) Superficie captadora

Es la encargada de captar la energía solar y de transferirla a un fluido caloportador (agua). Esta hecha de Polipropileno o Polietileno, cuenta con protección contra los rayos Ultravioleta (UV) del sol y se conforma de varios canales o tubos de plástico de 5 mm de diámetro.

b) Colectores de cabecera

Se encuentran soldados en los extremos de la superficie captadora, tienen un diámetro interno de 38 mm y son los encargados de distribuir y recoger el agua que se hace fluir por los canales o tubos de plástico.

Funcionamiento

La radiación solar incide sobre la superficie captadora, ésta la transforma en calor y posteriormente la transfiere al agua que circula a través de los canales o tubos de plástico, que están integrados a dicha superficie.

Colectores de Copolímero en una Alberca del DF.

Características del colector

Las principales características que tiene el colector de copolímero es que: requieren de un mínimo mantenimiento, son fácil de instalar, son resistentes y no presentan problemas de corrosión.

Otras características que tienen son:

- Rendimientos superiores al 80%.
- Resistencia a condiciones climatológicas severas (ozono, rayos UV, granizo, etc.).
- No se sobrecalientan.
- Pueden fabricarse en diferentes medidas.

Estos colectores son muy ligeros y debido a su poco peso se recomienda instalarlos en estructuras ligeras, pesan 2 kg sin agua y 5 con ella. Tienen un costo aproximado de $2,500 a $5,000 (datos de 2006).

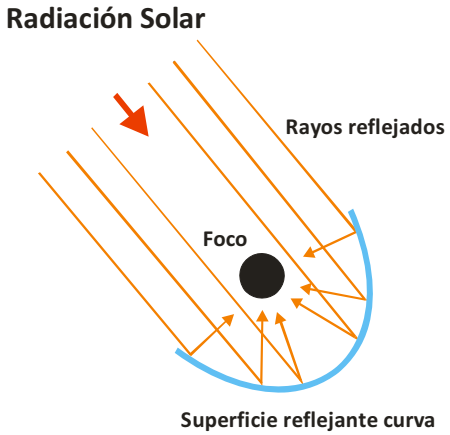
Productos comercializados en México

La gama de productos que se ofertan en el mercado nacional y cuya aplicación va de acuerdo a los requerimientos del cliente son:

1. Copolímero con cubierta,
2. Copolímero sin cubierta,
3. Polipropileno, descubiertos,
4. Polipropileno con cubierta,
5. PVC (plástico) desnudos, y
6. Plástico y sin cubierta; se instala sobre las lozas, requiere anclaje.

5.2.3 Colectores Solares de Tubos Evacuados

Este tipo de colectores basan su funcionamiento en un fenómeno llamado ***principio de la concentración***. La figura siguiente esquematiza dicho fenómeno y en ella podemos observar que la radiación solar que incide sobre una superficie reflectante curva, son reflejados por efecto de esta curvatura hacía la parte central (punto focal) en donde estos se concentran y alcanzan una temperatura elevada.



Funcionamiento

Los colectores solares de tubos de vacío o evacuados son utilizados en aplicaciones de alta temperatura (por encima de los 100 °C). Su circuito de calentamiento consta de un conjunto de tubos de vacío (tubos de vidrio cilíndricos y rectilíneos), que en su interior cuentan con un elemento absorbedor (tubo de cobre oscuro), el cual absorbe la energía solar y la transfiere a un fluido caloportador (agua).

Las pérdidas de calor se ven reducidas gracias a las propiedades aislantes del vacío.

Estos colectores son muy eficientes, tienen aplicaciones muy especificas, son idóneos para generar vapor a bajas presiones (entre 1 y 1.5 kg). Son muy caros, tienen un costo aproximado de $7,000 a $10,000 (datos de 2006).

Una de sus desventajas es que pierden el efecto del vacío con el paso del tiempo.

Los colectores de tubos evacuados proporcionan una alta eficacia de absorción, lo que les permite alcanzar rendimientos muy superiores a los que alcanzan los colectores solares planos. Esto hace que en una instalación se pueda reducir la superficie de captación y se logren los mismos beneficios.

Productos comercializados en México

La gama de productos que se ofertan en el mercado nacional y cuya aplicación va de acuerdo a los requerimientos del cliente son:

1. Concentradores solares,
2. Concentradores solares de tubos al vacío, y
3. Tubos al vacío de vidrio.

Colector de tubos evacuados

5.3. VIDA ÚTIL DE LOS COLECTORES SOLARES

El promedio de la vida útil de los colectores solares, sin tomar en cuenta su tecnología, es de 19 años. La tecnología que tiene mayor durabilidad es: *Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta, y el de Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio*, con 30 años de duración, en tanto que los de *cobre con aleta de aluminio sin cubierta* duran solamente 5 años. La tabla siguiente muestra la vida útil por tipo de tecnología.

Tabla 2. Vida útil de colectores solares por tipo de tecnología

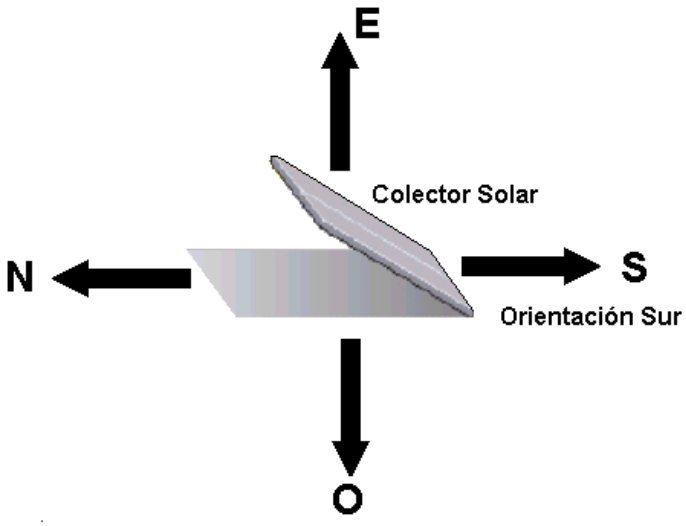
Tipo de colector o tecnología del colector	Años
- Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta - Tubo y aleta de cobre soldada con marco y perfil de aluminio y cubierta de vidrio	30
- Polipropileno, descubiertos - Polipropileno con cubierta - Cobre aletados, con cubierta de vidrio	25
- De cobre encapsulados - Concentradores solares - PVC (plástico) desnudos	20
- Tubos al vacío de vidrio	15
- Cobre con cubierta de vidrio	13
- Cobre con aleta de aluminio sin cubierta	5

5.4. POSICIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

Anteriormente se comentó que el aprovechamiento óptimo de la energía solar en una superficie receptora se dará solo si ésta se coloca en una posición que sea perpendicular a la dirección de los rayos solares.

Por este motivo, los colectores solares usados para el calentamiento de agua deberán de tener una inclinación igual a la de la latitud del lugar donde se instalan, orientándolos hacia el sur con una tolerancia máxima de desviación horizontal y vertical de 15°, cualquier variación en este parámetro traerá consigo la reducción de su eficiencia.

Figura 13. Posición e inclinación de un colector solar



5.5. TIPOS DE INSTALACIONES

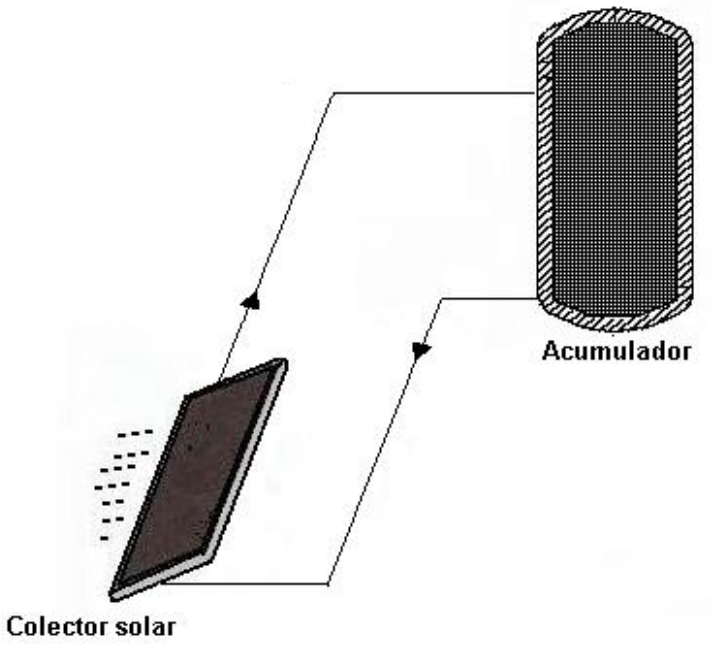
Las instalaciones solares de baja temperatura de acuerdo a su aplicación, se clasifican en dos tipos.

5.5.1. Circulación natural

En este tipo de instalaciones el movimiento del agua caliente (desde el colector hasta el depósito de almacenamiento), se produce por circulación natural o termosifón. Dicho efecto se origina como consecuencia de la diferencia de temperaturas del agua fría que entra y la caliente que sale del colector, por efecto de la radiación solar.

Uno de los inconvenientes de esta instalación es la forzosa ubicación del acumulador en el exterior y a una distancia mínima de 30 cm por encima del colector. De no hacerlo se afectaría la eficiencia del sistema de calentamiento.

Figura 14. Esquema característico de una instalación de Termosifón



5.5.2. Circulación forzada o bombeo mecánico

En estas instalaciones el fluido se mueve mediante la acción de una bomba eléctrica, la cual mejora su desplazamiento y permite que el acumulador pueda ser ubicado en el lugar más conveniente y no forzosamente sobre el colector solar.

Figura 15. Esquema característico de una instalación de Circulación Forzada

Dicha bomba es incorporada al circuito primario del sistema, es decir, en el circuito que enlaza al colector y al acumulador.

5.5.3. Componentes de las instalaciones solares de baja temperatura

Las instalaciones solares de baja temperatura deben diseñarse con base a cuatro componentes, que son:

a) Sistema de captación de la energía solar (colectores solares),
b) Sistema de almacenamiento de agua caliente (acumulador),
c) Sistema hidráulico y de transferencia térmica entre circuitos primario y secundario, y
d) Sistemas de apoyo para complementar la circulación del fluido de trabajo, control de temperaturas, protección, etc.

En el capitulo 6, Instalaciones solares de baja temperatura, se describe el funcionamiento y las características que tienen estos componentes.

5.6. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR

Al diseñar una instalación solar para el calentamiento de agua, es sumamente importante conocer con exactitud los parámetros de la radiación solar de la localidad o lugar donde se piensa realizar la instalación. Pues de ello depende la operatividad del sistema, actualmente existen varios instrumentos que nos permiten cuantificar estos parámetros, algunos de ellos son:

Piranómetro

Es un instrumento sencillo, no requiere mecanismos de seguimiento solar y se encarga de medir la radiación global correspondiente a los rayos directos y difusos que se reciben en todas direcciones.

Fuente: www.jcyl.es

Heliógrafo

Este instrumento mide la radiación solar durante el tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol.

Fuente: www.flickr.com

Piroheliómetro

Mide la radiación directa, para ello necesita estar situado sobre un sistema de seguimiento solar.

Fuente: www.epa.gov

Albedómetro

Mide la radiación difusa, para ello cuenta con una pantalla que se encarga de ocultar la radiación directa.

Fuente: www.ferestega.com

Medidor de irradiación

Se encarga de medir la irradiación representativa de la densidad de potencia que incide sobre una superficie, expresando sus valores en W/m^2.

Fuente: www.solostocks.com

5.7. RADIACIÓN SOLAR DISPONIBLE

Para la Ciudad de México, los datos que deben tomarse como referencia para poder calcular la capacidad mínima de operación del Sistema de Calentamiento, son los medidos por el Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, cuyos promedios para el periodo 1984-2004 se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 3. Energía Solar Disponible Promedio Diaria Mensual Sobre un Plano Horizontal [MJ/m² día]

ENE.	FEB.	MZO.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGS.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
17,5	19,2	22,2	22,5	21,8	19,0	19,7	19,1	16,6	16,3	16,1	15,5

6. INSTALACIONES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA

6. INSTALACIONES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA

A continuación se describen los tipos de instalaciones solares que existen para la generación de agua caliente, se mencionan los criterios de diseño que habrán de tomarse en cuenta para su dimensionado y se hará énfasis en dos de sus componentes básicos, el colector y el sistema de acumulación.

6.1. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Las condiciones de seguridad que deberán tomarse en cuenta al diseñar una instalación solar térmica para el calentamiento de agua, son:

6.1.1. Fluido de trabajo.

Deberá usarse agua de la red de abastecimiento como fluido de trabajo.

6.1.2. Protección contra heladas.

Las noches frías de invierno en la Ciudad de México, pueden ocasionar roturas en las tuberías de una instalación solar debido a la formación de hielo. Para evitar estos problemas la instalación y cualquiera de sus componentes deberán contar con sistemas de protección contra heladas.

Es obligación del fabricante o diseñador de la instalación solar, el especificar la mínima temperatura que permitirá el sistema, sin que sufra daños permanentes. Asimismo, tendrá que describir el método de protección contra heladas que se usará en ésta.

Los sistemas de protección anti-heladas más utilizados son:

1) Mezclas anticongelantes (adición de anticongelante al fluido de trabajo)

Es el sistema de prevención más usado, su uso exige que el acumulador tenga un intercambiador de calor, cuya función es la de impedir la mezcla del anticongelante con el agua de consumo. La incorporación de dicho intercambiador reduce la eficiencia del sistema e incrementa su costo.

A toda costa debe evitarse la mezcla del anticongelante con el agua de consumo.

Se recomienda usar como solución anticongelante propilenglicol en vez de etileno-glicol, pues el segundo debido a su toxicidad puede representar riesgos para los usuarios.

Instalación Solar de Baja Temperatura

2) Recirculación de agua de los circuitos (durante las noches mantiene al fluido en movimiento a través del circuito primario, cuando tiene el riesgo de helarse)

Requiere el empleo de un termostato o control diferencial que se encarga de poner en circulación el agua almacenada en el acumulador cuando la temperatura en los colectores es de 8 °C (evitando así los daños por congelamiento), posteriormente detiene la circulación cuando la temperatura alcanza los 11 °C.

3) Drenaje automático con recuperación de fluido (el fluido de los componentes del sistema es drenado hacia un depósito y cuando ya no tiene riesgo de helarse, es nuevamente utilizado)

El drenado deba realizarse cuando no se tenga suficiente irradiación solar. Además debe operarse automáticamente mediante controles y válvulas automatizadas, que dejarán de funcionar cuando los niveles de irradiación se normalicen.

6.1.3. Protección contra sobrecalentamiento

El sistema deberá estar protegido contra sobrecalentamientos, de manera que cuando haya intensas radiaciones solares y no se tenga consumo de agua caliente, no se produzcan eventos que afecten las condiciones normales de operación de la instalación y sean causa de riesgo para los usuarios de ésta.

6.1.4. Protección contra quemaduras

Debe considerarse la instalación de sistemas (válvulas de regulación de la temperatura) que limiten la temperatura de uso en los diversos puntos de extracción a 60 °C, evitando con ello que sean un peligro para los usuarios.

Válvula de regulación de temperatura
(Fuente: www.construnario.es)

6.1.5. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

La instalación solar no debe exceder la máxima temperatura permitida por los diversos materiales y componentes.

Otros requisitos que deberán tomarse en cuenta al diseñar una instalación solar son: Resistencia contra presiones, prevención de flujos inversos y de la legionelosis[1].

[1] Enfermedad que puede ser mortal si no se trata

6.2. ORIENTACIÓN Y CONEXIÓN DE LOS COLECTORES

La instalación de colectores solares en cualquier establecimiento, requiere la atención especial de los siguientes puntos:

- Integración arquitectónica (del colector a la estructura del edificio),
- Orientación e inclinación de los colectores y
- Capacidad de éstos para satisfacer la demanda de energía calorífica.

6.2.1. Integración arquitectónica.

Deben emplearse los colectores solares y elementos de sujeción más adecuados para conseguir una mejor integración a la estructura del edificio. Otra forma de conseguir dicha integración es colocándolos alineados con los ejes principales del inmueble.

La instalación de colectores solares no necesariamente deben perjudicar el aspecto exterior de un inmueble, por lo contrario deben realzarlo, acoplándose a la arquitectura de éste, de sus ventanas, puertas, etc.

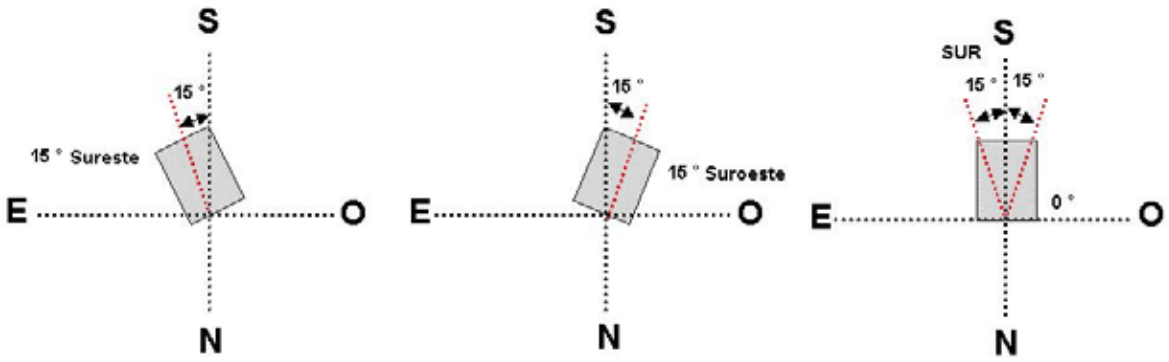
Integración arquitectónica de colectores solares a la estructura del inmueble
Club Pumas – Cd. México

6.2.2. Orientación e inclinación

La orientación e inclinación de los colectores solares deberá realizarse hacia el sur, coincidiendo con el eje norte-sur, con una tolerancia de 15° hacia el este o el oeste. En lo que respecta a su inclinación deberán tener una tolerancia de 10° o 15° hacia el este o el oeste.

Cualquier alteración de estos parámetros por mínima que sea, afectará la eficiencia y el rendimiento del colector.

Figura 16. Orientación de los colectores solares



6.2.3. Demanda calorífica

Los requerimientos de la demanda de energía calorífica de la instalación deberán satisfacerse realizando la selección adecuada de la superficie de captación (m^2 de colectores a instalar) y optimizando el rendimiento del colector.

La optimización del rendimiento de los colectores depende mucho de la forma en que éstos sean conectados. Los colectores pueden conectarse en paralelo (para incrementar el flujo), en serie (para aumentar la temperatura) y serie-paralelo (para combinar las condiciones anteriores).

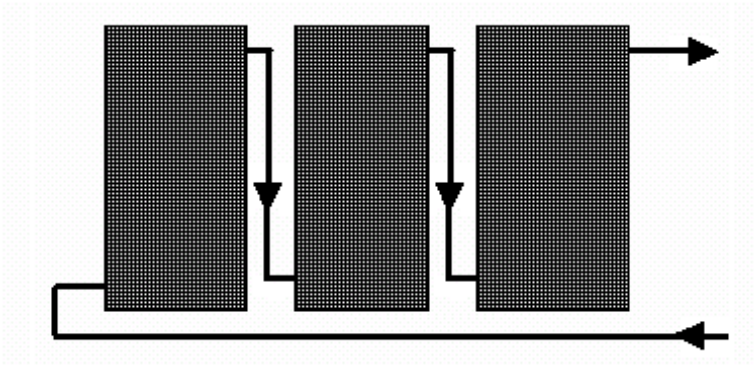
En cualquiera de estas conexiones deberán instalarse válvulas de cierre a la entrada y salida de los grupos de colectores solares y entre los equipos de bombeo del sistema de circulación, a fin de poder aislar sus circuitos durante las labores de mantenimiento.

Las características de estas configuraciones se muestran a continuación:

6.2.3.1. Conexión en Serie

El objetivo de esta configuración es el de alcanzar temperaturas más altas, sin importar que se reduzca el rendimiento. El flujo entre cada colector es el mismo, no así la temperatura que va incrementándose al paso por cada uno de ellos y afecta al último colector, el cual debe soportar una temperatura muy elevada que a su vez afecta su rendimiento. Por este motivo, el fabricante limita el número de colectores a usarse en este tipo de conexión.

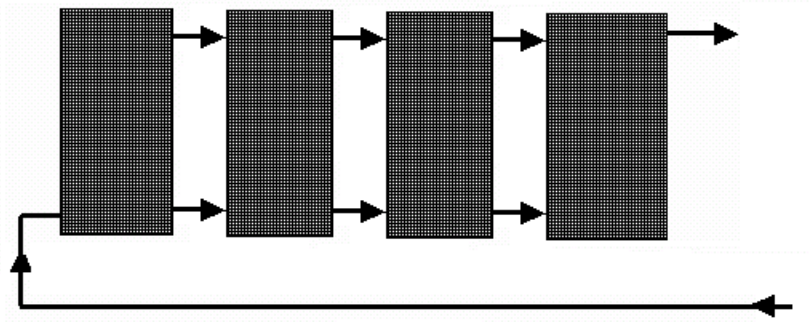
Figura 17. Conexión de colectores solares en serie



6.2.3.2. Conexión en Paralelo

Este montaje tiene un límite en el número de colectores a ser instalados, el cual es marcado por el fabricante a fin de evitar pérdidas de carga en los tubos de cada colector. Por otro lado, debe garantizarse que todos los colectores trabajen en las mismas condiciones, es decir que tengan un flujo equilibrado.

Figura 18. Conexión de colectores solares en paralelo



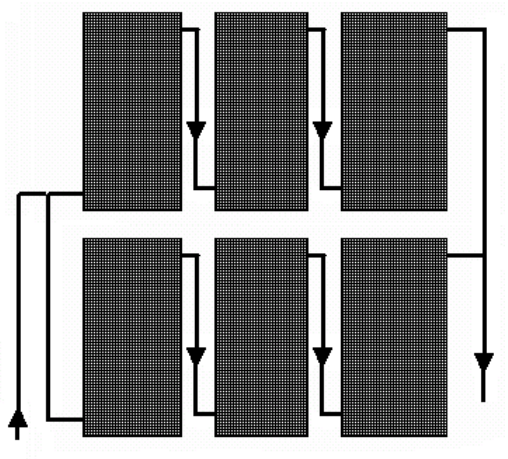
Esta configuración además de aumentar el flujo, mantiene una temperatura de trabajo baja que implica menores pérdidas del total de la energía recogida.

Un grupo de colectores solares conectados en paralelo capta más energía que otros conectados en serie.

6.2.3.3. Conexión en Serie-Paralelo

Esta conexión presenta las características de las dos configuraciones anteriores, la figura siguiente esquematiza este montaje.

Figura 19. Conexión de colectores solares en serie-paralelo



6.3. ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Los colectores solares deben asentarse sobre estructuras que se adapten al diseño arquitectónico del edificio y que además resistan condiciones climáticas adversas, como son: vientos fuertes, intensas lluvias, granizo, etc.

Las estructuras deberán estar construidas con materiales que resistan las agresiones del ambiente, contando para ello con tratamientos anticorrosivos y empleo de acero inoxidable en tornillería y otros componentes auxiliares.

Otras consideraciones a tomar en cuenta son:

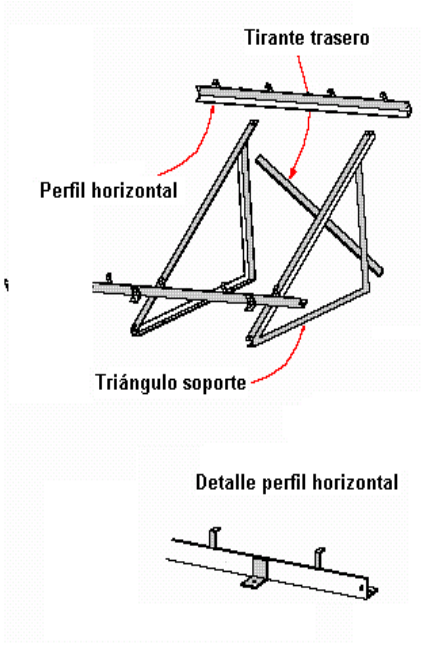
- El anclaje de los colectores a la azotea del edificio deberá estar diseñado para soportar ráfagas de viento de 100 km/hr.
- En estructuras de soporte montadas en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de la velocidad media del viento.
- Evitar que la estructura y los componentes de sujeción de los colectores arrojen sombra sobre estos mismos.
- Durante el diseño de la instalación habrá que calcular los esfuerzos de las estructuras, de conformidad con la normatividad y reglamentos de construcciones vigentes.

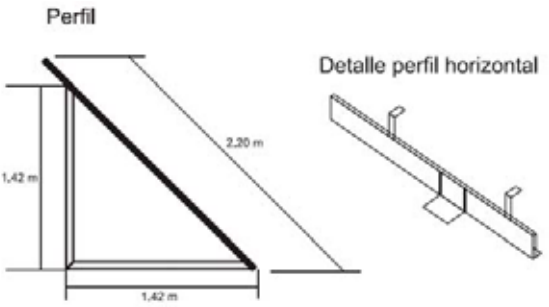
- Cualquier perforación que se haga en la azotea o área destinada para el anclaje de los colectores, deberá sellarse perfectamente para no perjudicar la impermeabilización.

Es necesario consultar el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias, a fin de que las cargas máximas que habrá que soportar la estructura no sean causa de riesgo para los colectores, sus accesorios y el propio establecimiento.

A continuación se muestran algunas estructuras de montaje para colectores solares, para su colocación en superficie planas.

Figura 20. Estructuras de montaje para colectores solares





Algunas de estas estructuras o soportes incorporan elementos que permiten ajustar la inclinación de los colectores, a fin de obtener un máximo aprovechamiento de la energía solar.

Estructura de montaje de un colector solar (Fuente: www.calefaccionsostenible.es)

Este campo de colectores, tiene como aplicación principal el uso sanitario. Debido a su peso requiere de una estructura metálica especial que lo soporte, misma que debe anclarse en piso firme, preferentemente loza de concreto.

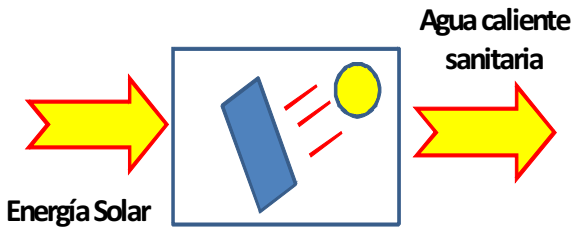
Campo de colectores montados sobre estructuras metálicas

6.4. CONFIGURACIONES BÁSICAS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR DE BAJA TEMPERATURA

Al dimensionar o proyectar una instalación solar para la generación de agua caliente, es sumamente importante obedecer los siguientes criterios: que tienen que ver con el modo de circulación a emplear, modo de transferencia térmica, etc.

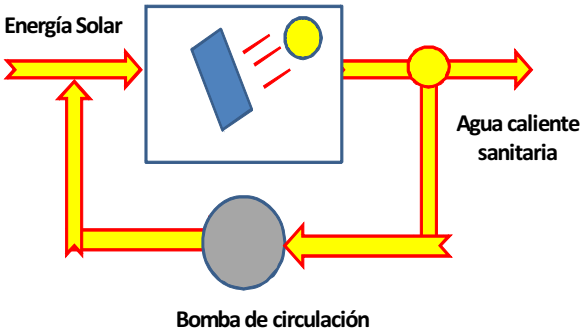
6.4.1. Modo de circulación del fluido

Como se mencionó con anterioridad, el hacer circular agua a través del colector solar es la manera de extraer el calor generado (energía solar absorbida) en éste y enviarlo (agua caliente) hacia un depósito o acumulador para que posteriormente sea usado en los distintos puntos de extracción.



Circulación natural de un fluido

El agua que circula a través del circuito colector-acumulador, puede llevarse a cabo de dos maneras: por gravedad, que se da gracias al efecto de termosifonamiento que se produce cuando se calienta un fluido o por bombeo mecánico, es decir, forzando la circulación del fluido.

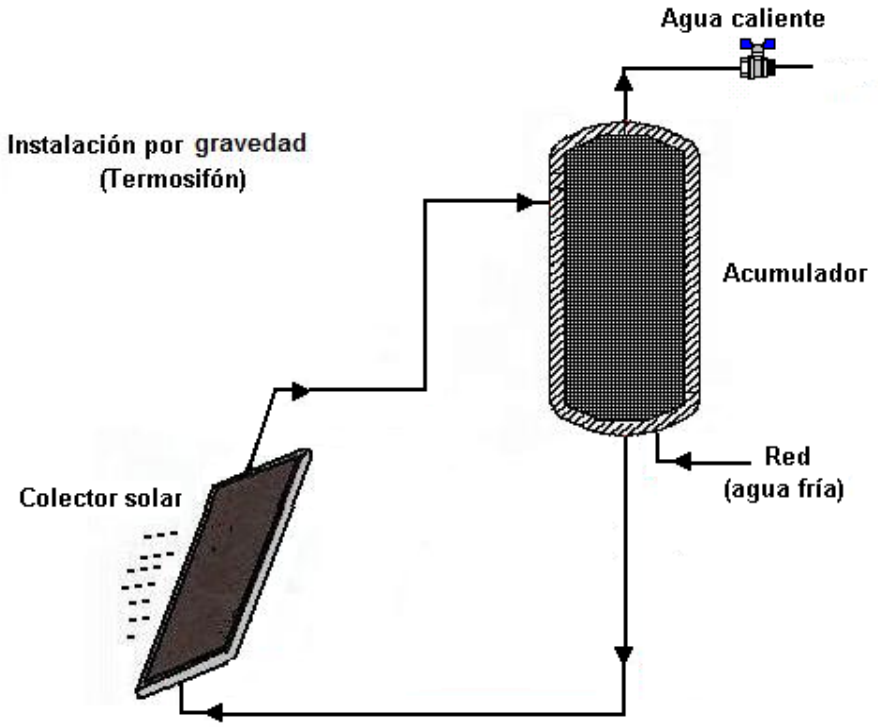


Circulación forzada de un fluido

6.4.1.1. Circulación por gravedad o termosifón

En las instalaciones por gravedad el acumulador debe colocarse por encima de los colectores solares (ver Figura 20). De esta manera, el agua, al calentarse en éstos da inicio a una corriente de convección que va hacia el acumulador y se encarga de empujar el agua fría del fondo de éste hacia los colectores, provocando así una circulación natural. Entre más radiación capten las placas de absorción de los colectores, mayor será la circulación y cuando no haya energía que captar, la circulación cesará automáticamente.

Figura 20. Esquema de conexión de una instalación de gravedad (termosifón)



Los factores que determinan el movimiento del agua, mediante el proceso de circulación natural, son:

a) La diferencia de temperaturas entre la de salida del colector y la de la parte inferior del acumulador.

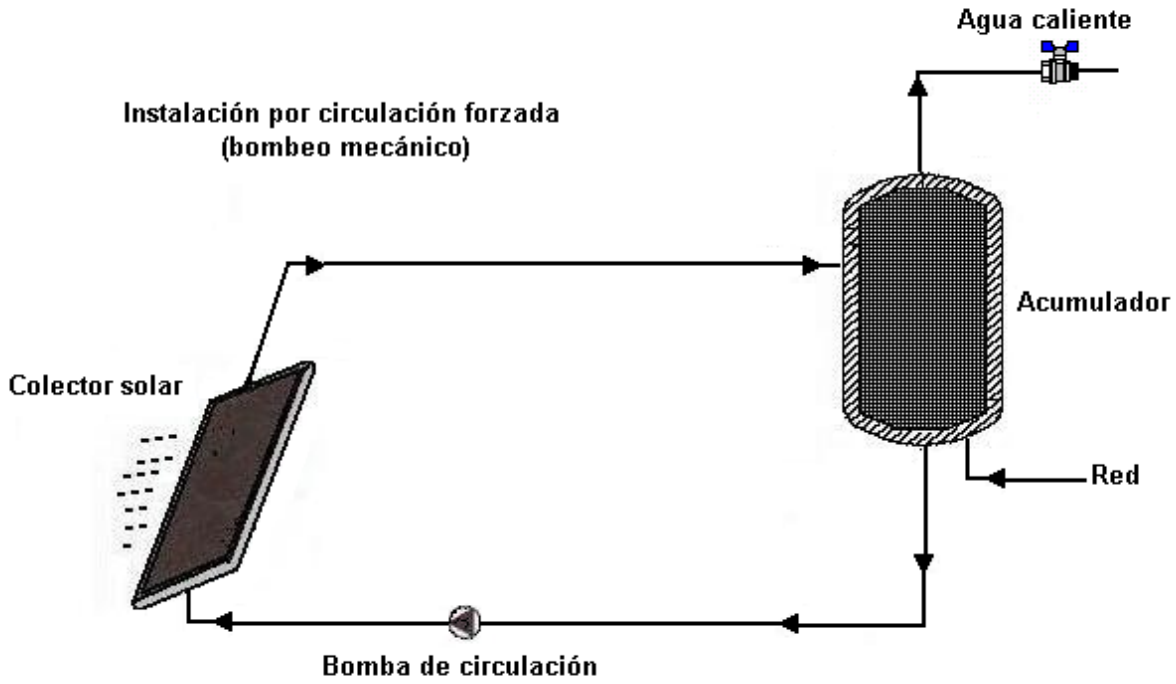
b) La diferencia de altura entre el colector y el acumulador. Para evitar pérdidas de eficiencia el acumulador debe situarse por encima del colector a una altura mínima de 30 cm.

6.4.1.2. Circulación por bombeo mecánico o forzada

En este modo de circulación, el desplazamiento del fluido lo provoca una bomba que se encuentra controlada por sensores térmicos o un sistema de control diferencial.

La potencia de la bomba de circulación se determina en función del flujo o caudal del agua que se hará circular, la diferencia de alturas entre el colector y el acumulador, y la distancia de separación de éstos.

Figura 21. Esquema de conexión de una instalación por bombeo mecánico (forzada)



6.4.2. Sistema de Acumulación de agua caliente

Un sistema de acumulación de agua caliente tiene como finalidad captar la mayor cantidad de energía posible (en las horas de sol) y suministrarla en forma de calor cuando las condiciones del clima no son propicias (atardecer y noche). Es el punto clave de toda instalación solar y si éste no existiera sólo dispondríamos de agua caliente cuando el sol estuviera brillando.

Los sistemas de acumulación se clasifican en:

1) Acumuladores de circuito abierto

Son depósitos o tanques de almacenamiento de acero que son capaces de retener la energía térmica de un fluido (proveniente de un colector solar).

Estos acumuladores reciben el agua caliente desde el colector solar, si el sistema de transferencia térmica es directo o desde un intercambiador de calor externo, cuando el sistema es indirecto

Figura 22. Acumulador de circuito abierto

Acumulador – Solar Home 2005-2007

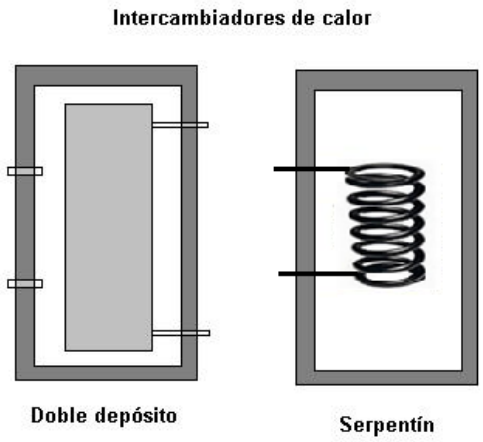
2) Interacumuladores

Es la unión en el mismo espacio físico de un acumulador y un intercambiador de calor. Se utilizan comúnmente en los sistemas de transferencia térmica de tipo indirecto

Existen dos categorías de interacumuladores, que son:

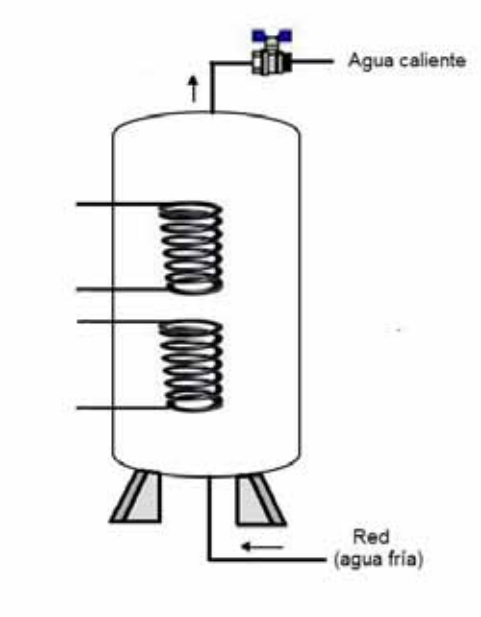
a) Intercambiador simple. Se refiere a la incorporación de un intercambiador de calor entre el fluido proveniente del colector solar y el agua caliente para consumo. Dicho intercambio se puede realizar de dos maneras: a través de un intercambiador de serpentín para el circuito primario (derecha) o mediante un intercambiador de doble depósito o pared (izquierda).

Figura 23. Interacumulador (intercambiador de calor simple)



b) Intercambiador simple. En este caso el acumulador puede contener dos intercambiadores de calor de serpentín, uno de ellos para que cumpla la función de intercambio entre el fluido que proviene del colector y el agua caliente para consumo y el otro para un sistema de apoyo térmico o calentador auxiliar.

Figura 24. Interacumulador (intercambiador de calor doble)



Existen tres factores que deben tomarse en cuenta cuando se quiera diseñar un sistema de acumulación, estos son:

6.4.2.1. Capacidad de Acumulación

La capacidad o tamaño del sistema de acumulación viene dado por las dimensiones de los colectores, el volumen de agua que habrá de producirse, las temperaturas del agua caliente en los puntos de consumo y la del agua fría en la red de abastecimiento.

Para estimar el volumen de agua caliente a producir, se recomienda consultar la tabla de ***Dotación mínima de agua potable y distribución por tipo de establecimiento***, que viene incluida en las **Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004**. Para efectos de la Norma Solar (NADF-008-AMBT-2005) se considerará como agua caliente utilizada, el 30% del valor total reportado en la tabla de dotación mínima.

Extracto Tabla de Dotación mínima de agua potable (DA) y distribución por tipo de establecimiento

Tipo	Dotación de agua potable	Unidades
SERVICIOS DIVERSOS		
Baños públicos	**300**	**l/bañista.día**
Servicios sanitarios públicos	**300**	**l/mueble.día**
Limpieza	**40**	**l/kg ropa seca**
Otros servicios	**100**	**l/trabajador.día**

Otras condicionantes de la instalación son el valor del agua de la red de abastecimiento, que para efectos de la norma es de 15.5 °C y el valor de la insolación o energía solar disponible.

6.4.2.2. Condiciones de instalación

Estas condiciones nos establecen los criterios de elección del acumulador y de su ubicación, a fin de alcanzar niveles altos de seguridad y rendimiento.

Las siguientes recomendaciones son de vital importancia para el instalador de sistemas solares de baja temperatura.

- El acumulador debe ser de tipo vertical, con una relación altura/diámetro mayor de dos y deberá ubicarse en zonas interiores
- Debe tener incorporado un termómetro, mismo que debe ser visible.
- En acumuladores con volumen superior a 20 m^3, deberán instalarse válvulas de corte a fin de facilitar las operaciones de mantenimiento.

A fin de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, las conexiones de los diferentes sistemas de acumulación deberán ajustarse a los siguientes puntos:

a) La conexión de entrada de agua caliente proveniente de los colectores o del intercambiador hacia el acumulador deberá realizarse a una altura comprendida entre el 50 y 75% de la altura total del mismo.

b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia los colectores o el intercambiador deberá realizarse por la parte inferior de éste.

c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, la extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

6.4.2.3. Conexión entre acumuladores

En las instalaciones de agua caliente para uso sanitario puede requerirse más de un acumulador, para poder satisfacer las necesidades del usuario. Independientemente de los acumuladores que intervengan es necesario que ellos dispongan de válvulas de cierre para que puedan ser aislados durante las tareas de mantenimiento.

La conexión de los acumuladores debe permitir la desconexión individual de los mismos sin que con ello se interrumpa el funcionamiento de la instalación. Los acumuladores pueden conectarse de dos maneras posibles, que son:

Figura 25. Conexión en serie invertida con el circuito de consumo

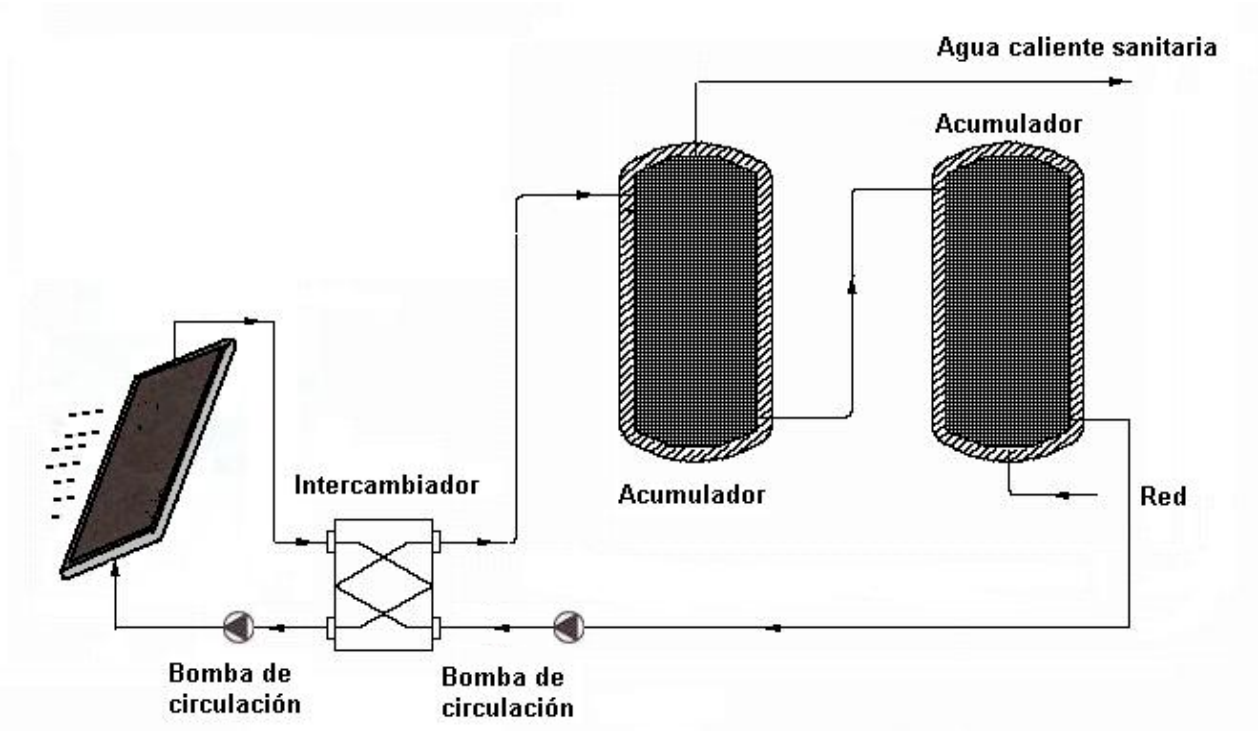
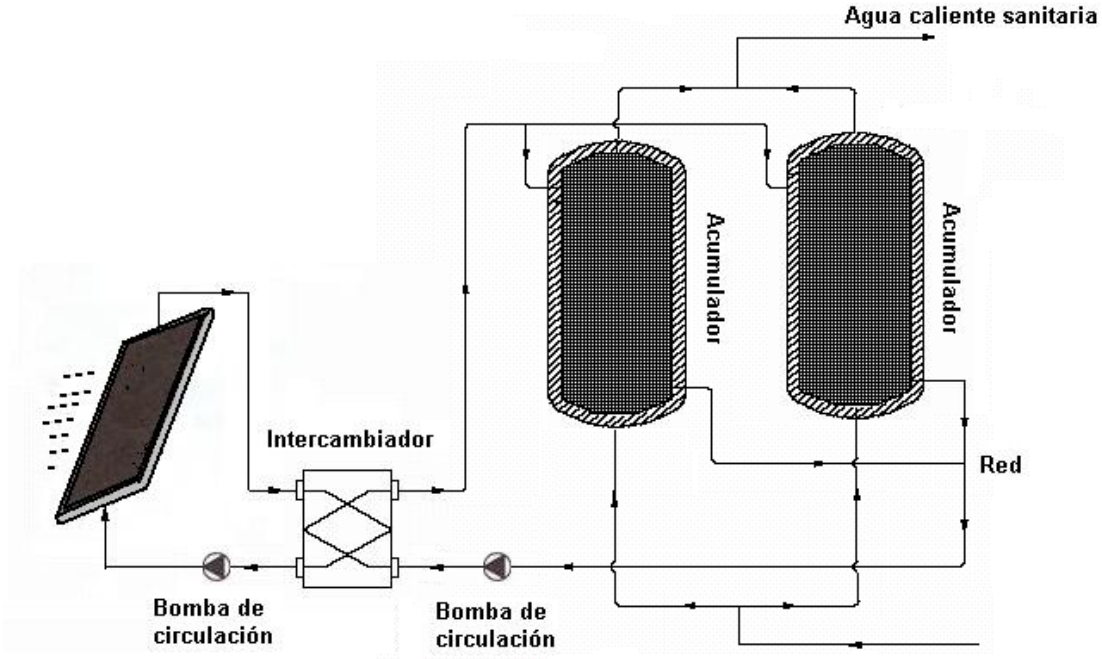


Figura 26. Conexión en paralelo, con los circuitos primario y secundario equilibrados



6.4.2.4. Características y especificaciones del acumulador

Un acumulador consta de los siguientes elementos:

- **Carcasa.** Se refiere a la estructura del equipo, esta hecha de acero galvanizado con revestimiento electroquímico y cocido al horno.

- **Aislamiento.** Esta hecho por capas de poliuretano, que sirven como aislante de los depósitos de acumulación, ayudando a reducir las pérdidas de calor. Se fabrican en espesores de 30 mm para depósitos pequeños y 40 mm para depósitos de gran volumen.

- **Cilindro.** Es donde se deposita el agua caliente para consumo sanitario, tiene un recubrimiento de acero inoxidable de algunos milímetros de espesor, cuenta con un ánodo de magnesio (sacrificio) que protege al acero de agentes oxidantes.

La placa de datos del acumulador debe contener la siguiente información:

- Capacidad de agua caliente sanitaria en litros

- Temperatura máxima del depósito en grados

- Presión máxima del depósito en bar

- Peso en vacío

Como sistema de protección del acumulador deberá incorporarse una válvula de seguridad, cuya función sea limitar la presión del interior del depósito al valor máximo especificado por el fabricante, evacuando fluido cuando sea necesario, a fin de restaurar la presión en la instalación.

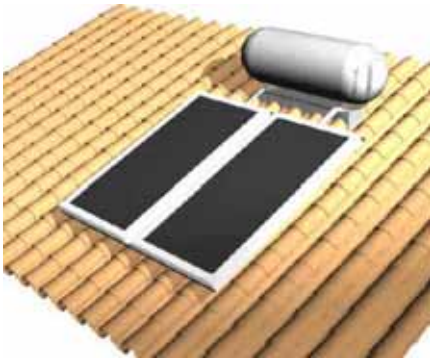
6.4.3. Acoplamiento entre el colector y el acumulador

El colector solar y el depósito de acumulación (acumulador) son los componentes principales de una instalación solar de baja temperatura, y dependiendo de la forma en que estén acoplados se clasifican en:

1. **Equipo compacto**. Estos equipos tienen sus componentes principales (captador solar y acumulador) montados en la misma estructura (ver figura).

Estos sistemas son empleados en instalaciones solares pequeñas, donde los requerimientos de agua caliente no son muy altos, como es el caso de las viviendas.

La circulación del fluido se da bajo el principio de termosifonamiento o circulación natural.



Energía solar térmica (www.luzverde.org)

2. **Equipo partido.** En estos equipos sus componentes principales (captador solar y acumulador) se encuentran separados a una cierta distancia, y es necesaria la instalación de tuberías para unirlos, ya sea mediante sistemas con intercambiador de calor interno o externo. En estos equipos la circulación del agua se da mediante bombeo mecánico.

Equipo partido

6.4.3.1. Disposición del colector y el acumulador

La forma en que sean dispuestos el colector y el acumulador, nos permitirá diferenciar una instalación solar. Ambos componentes pueden fijarse de la siguiente manera:

1. **Colector solar en sentido horizontal o vertical**. La elección del sentido esta motivada por requerimientos de aprovechamiento de la energía captada o puramente estéticos, por ejemplo, en una instalación de termosifón el colocar el colector en sentido vertical dará mayor circulación al fluido.

2. **Acumulador en posición horizontal o vertical**. Su elección obedece a criterios de aprovechamiento energético y no a estéticos.

En el segundo caso el aprovechamiento energético puede aumentarse considerablemente si se consigue la estratificación del agua caliente en su interior. Una buena estratificación de las temperaturas puede conseguirse empleando acumuladores esbeltos que estén dispuestos verticalmente, pues presentan una mayor capacidad de distribución del agua.

En lo que concierne a los acumuladores con disposición horizontal, su principal aplicación son los sistemas de termosifón (equipos compactos).

Energía solar térmica
(www.cosntrunario.es)

6.4.4. Modo de transferencia térmica

La transmisión de la energía térmica captada por el colector y su envío en forma de agua caliente hacia el acumulador, se puede realizar de diferentes formas, algunas de ellas son:

Directo

No requiere el empleo de intercambiador de calor. En este caso el agua que es usada para consumo es la misma que circula por el colector solar, se aplica a nivel industrial en donde no se requieren las condiciones sanitarias impuestas para consumo humano.

Indirecto (con intercambiador de calor en el acumulador)

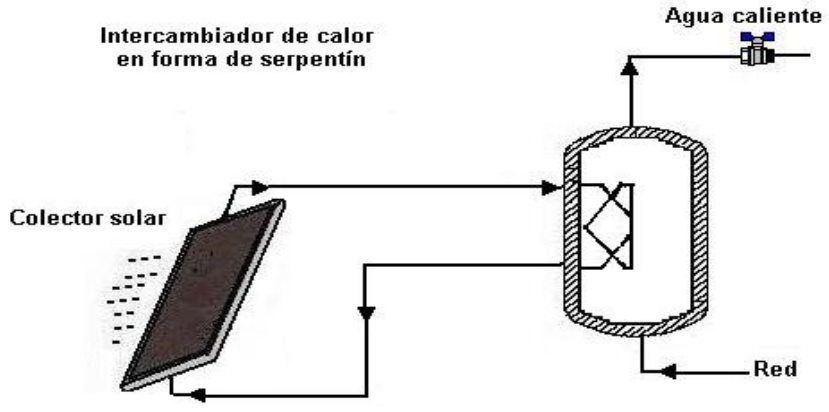
Es el procedimiento más utilizado y da lugar a dos circuitos aislados en lo que respecta a la circulación de fluidos, en el primer circuito (primario) se tiene el liquido del colector solar y en el segundo el agua caliente para consumo. Entre ambos circuitos se encuentra el intercambiador de calor que sirve como medio de transferencia térmica.

Un intercambiador de calor se conforma de dos tubos concéntricos, con sus correspondientes terminales de entrada y salida. El tubo superior se destina al circuito primario y recibe el agua caliente que viene del colector y el interior corresponde al circuito secundario, donde circula el agua caliente para consumo.

Este sistema de transferencia térmica puede adoptar las siguientes configuraciones:

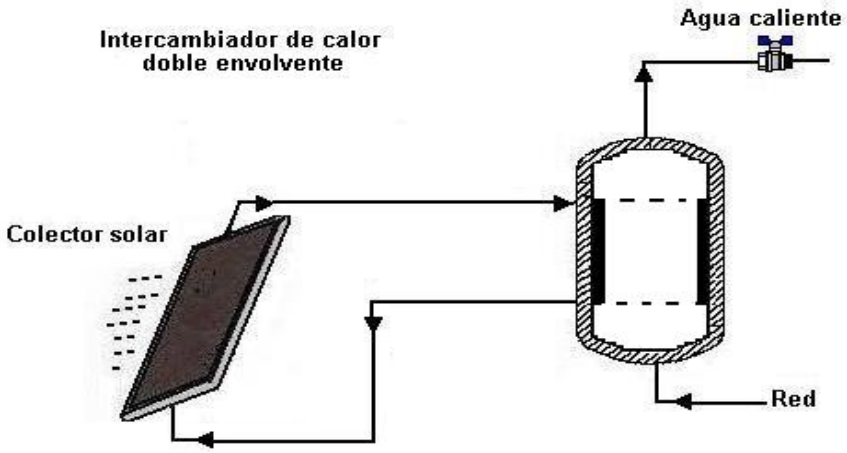
a) **Intercambiador en forma de serpentín** sumergido en el depósito del acumulador. Por él circula el líquido caliente del circuito primario para elevar la temperatura del líquido que lo rodea, que es el de consumo.

Figura 27. Transferencia térmica con intercambiador de calor en forma de serpentín



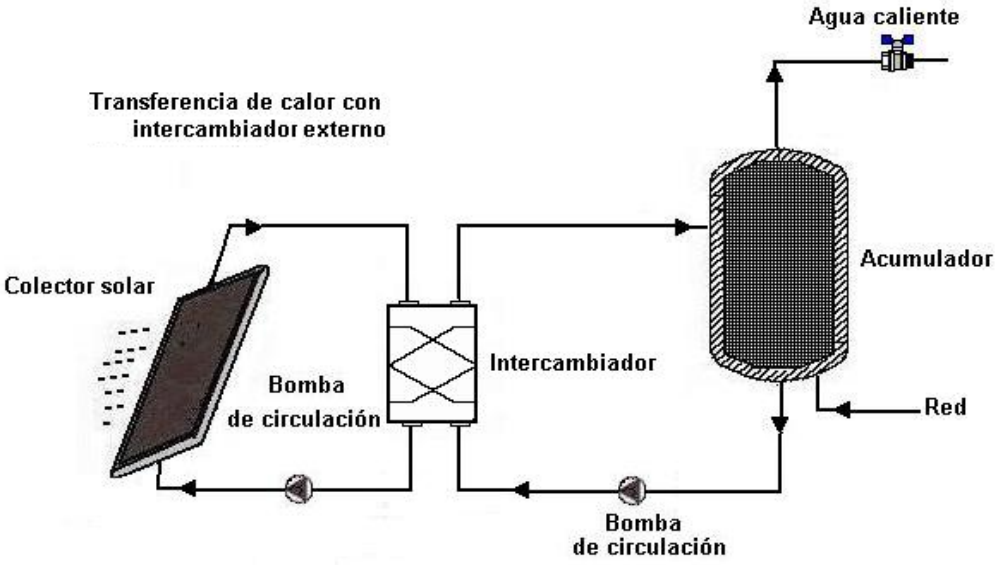
b) **Sistema acumulador de doble envolvente**, en el que la transferencia térmica se produce entre ambos compartimentos estancos.

Figura 28. Transferencia térmica con intercambiador de calor de doble envolvente



c) **Con intercambiador de calor térmico externo**, requiere la instalación de un intercambiador externo para formar con él los circuitos primario y secundario. El acumulador a usar deberá ser del tipo convencional. Su aplicación se da instalaciones de tamaño medio y grande, conforme a las necesidades de flujo.

Figura 29. Transferencia de calor con intercambiador de calor externo



6.4.5. Incorporación de sistemas de apoyo a la instalación solar

Algunas instalaciones solares requieren la incorporación de un sistema de apoyo para poder garantizar el abasto de agua caliente, sobre todo cuando se presentan un alto consumo durante un tiempo reducido. Sin embargo, no hay que olvidar que se tiene que aprovechar al máximo la energía solar y en el caso del sistema de apoyo usarlo sólo cuando sea necesario.

Los sistemas de apoyo energético se clasifican en:

a) **Instantáneo**. Se refiere a la incorporación de un calentador de gas o una caldera, dispuesto de modo centralizado o distribuido, es llamado instantáneo por que es capaz de aportar agua caliente al sistema en un tiempo muy corto.

b) **Acumulador.** Este sistema de apoyo se basa en el empleo del acumulador solar o de uno secundario para tal función.

6.4.5.1. Empleo de un sistema de apoyo en el acumulador

Un sistema de apoyo para elevar la temperatura del agua caliente a valores superiores a los proporcionados por el colector solar, puede configurarse de dos maneras distintas.

- Aprovechando el Efecto Joule, es decir calentar el agua mediante la incorporación de una resistencia eléctrica en el interior del acumulador.
- A través de la incorporación de un segundo serpentín por el que se haga circular agua caliente procedente de un calentador externo convencional.

Para efectos de esta norma ambiental, no es recomendable la conexión de un sistema de apoyo en el acumulador solar (incorporación de sistemas convencionales), pues traería consigo una disminución en los beneficios energéticos a obtenerse por la instalación de un sistema de aprovechamiento de la energía solar.

La figura siguiente muestra un ejemplo de instalación con un sistema convencional instantáneo.

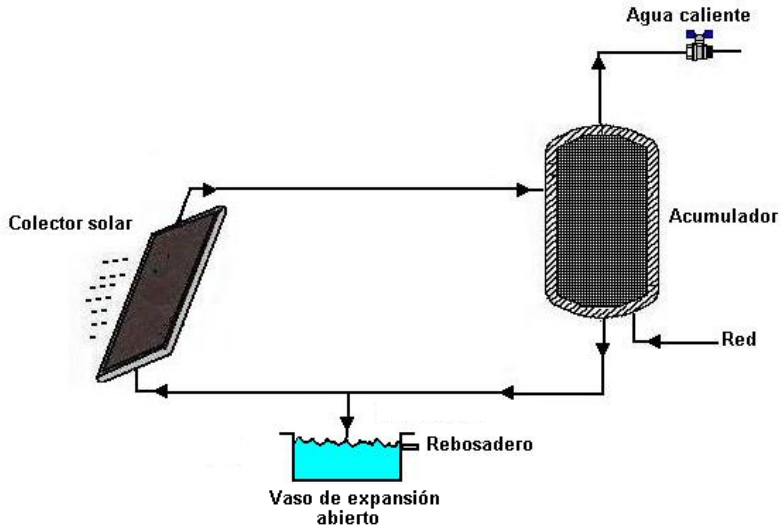
Figura 30. Instalación solar con sistema convencional instantáneo (caldera)

6.4.6. Sistema de expansión

Existen dos procedimientos de sistema de expansión para mantener la presión del fluido en el circuito primario, estos son:

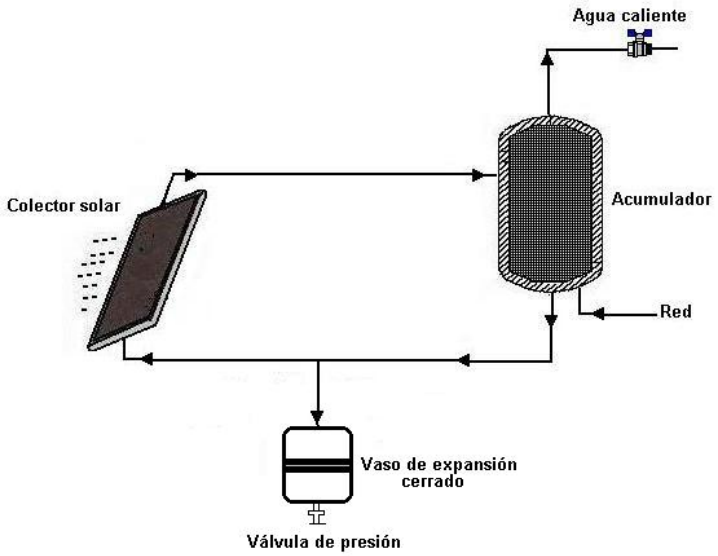
a) **Sistema abierto**, en el que la expansión tiene comunicación con la atmósfera.

Figura 31. Sistema de expansión abierto



b) **Sistema cerrado**, en el que se instala un vaso de expansión que consiste de una membrana de presión alojada en un depósito cerrado, más adelante se describirá con mayor detalle.

Figura 32. Sistema de expansión cerrado



El primer sistema requiere colocar el vaso de expansión en el punto más alto de la instalación, y como tal es poco empleado

6.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

El sistema o circuito hidráulico de una instalación solar de baja temperatura para el calentamiento de agua, con circulación forzada (objeto de la NADF-008-AMBT-2005), deberá estar constituido por los siguientes elementos:

1. - Bomba de circulación
2. - Tuberías
3. - Vaso de expansión
4. - Válvulas para el circuito hidráulico

A continuación se hace una descripción de cada uno de estos elementos y se mencionan los criterios de diseño que deben cumplir para garantizar la eficiencia y equilibrio del circuito hidráulico.

6.5.1. Bomba de circulación

Este equipo electromecánico hará circular el agua a una cierta velocidad y altura de impulsión. Funciona con energía eléctrica y puede controlarse por medio de un equipo electrónico, que en base a un monitoreo de las temperaturas del colector solar y del acumulador determina su encendido y apagado.

Los requisitos que deben cumplir los equipos de bombeo en el diseño de un circuito hidráulico son:

a) Mantener una caída de presión aceptablemente baja en todo el circuito.

b) Siempre que sea posible, las bombas en línea deberán montarse en las zonas más frías del circuito, evitando que se produzca cualquier tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

c) En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m^2, deberán montarse dos bombas idénticas en paralelo (dejando una de reserva), tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

d) El equipo de bombeo deberá ser resistente a la corrosión, los materiales con que este construido deben ser compatibles con el fluido de trabajo y deben resistir las agresiones calcáreas.

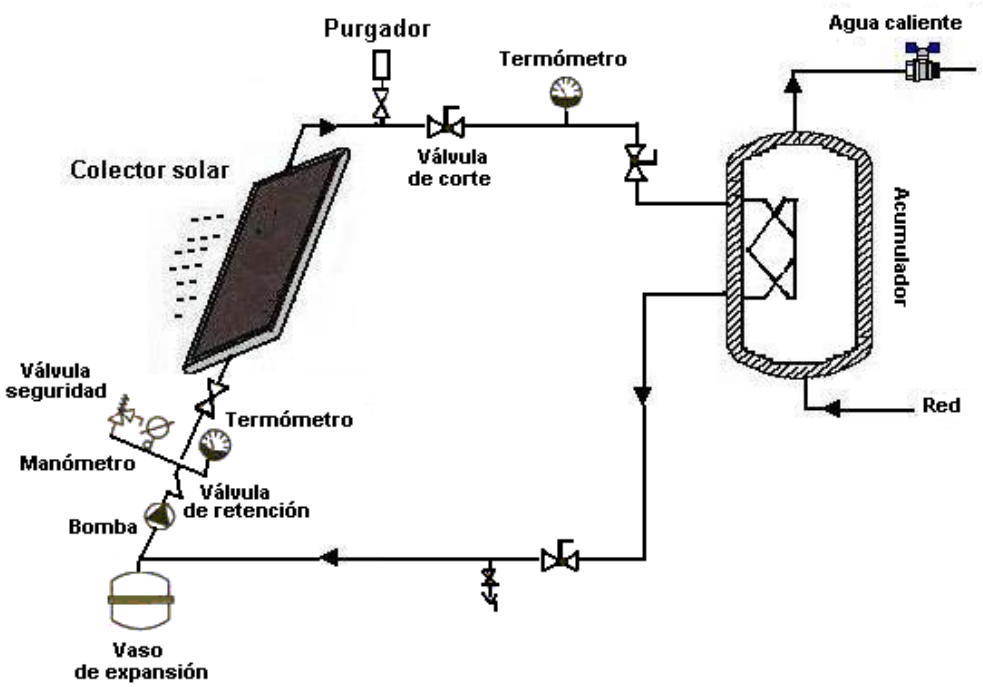
e) Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

f) En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bombafiltro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

Bomba de circulación

Las especificaciones técnicas que debe contener la placa de datos o manual de instalación del equipo de bombeo, son las siguientes: Potencia en Watts (W), Voltaje de alimentación (volts), Altura de elevación mínima (hPa) y Flujo (m^3/h)

Figura 33. Esquema de instalación de una bomba de circulación



6.5.2. Tuberías

Las tuberías de una instalación solar de baja temperatura deberán elegirse tomando en cuenta los siguientes criterios:

- En instalaciones de agua caliente sanitaria habrá que emplear tuberías con recubrimiento aislante, dichas tuberías pueden ser de cobre, acero o material plástico (capaz de soportar la temperatura máxima del fluido) y deben tener un recubrimiento aislante para minimizar pérdidas térmicas.

- En la superficie externa de las tuberías deberá aplicarse una capa de pintura anticorrosiva.

- Para evitar pérdidas térmicas, la longitud de las tuberías del sistema hidráulico deberán ser tan cortas como sea posible, disminuyendo al máximo el uso de codos y las pérdidas de carga.

- Evitar la formación de depósitos de cal y las obturaciones en los circuitos primario y secundario de la instalación, pues afectan drásticamente en su rendimiento.

- En instalaciones para climatización de piscinas podrán emplearse tuberías de PVC, cuyo diámetro deberá ser grande para conseguir un mayor flujo y reducir al máximo las pérdidas de carga.

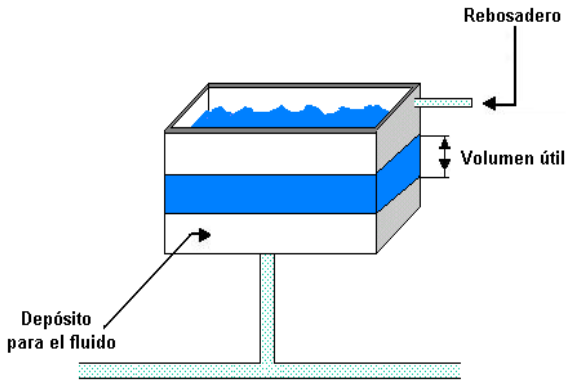
6.5.3. Vaso de expansión

Las variaciones en la temperatura del agua en el circuito primario (colector-intercambiador), originan cambios en la presión y volumen, que dificultan su circulación.

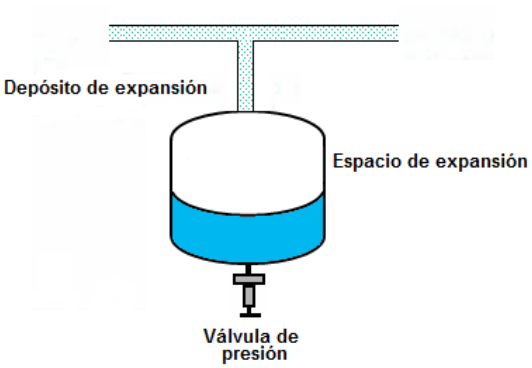
Para combatir este problema debe instalar en el circuito primario un **vaso de expansión**, cuya función es absorber la expansión volumétrica (dilatación) que experimenta el agua, manteniendo la presión constante.

Existen dos categorías de vasos de expansión, estas son:

a) **Vaso de expansión abierto.** Se sitúa en el punto más alto del circuito, dispone de una línea de alimentación automática mediante un sistema de flotador y cuenta con una salida de rebosamiento, cuyo diámetro es igual o mayor que el de la entrada de llenado.



b) **Vaso de expansión cerrado.** Se conforma de una almohadilla o membrana de presión dispuesta en un depósito cerrado. El espacio inferior es el ocupado por el fluido, cuya densidad puede cambiar como consecuencia de los incrementos de temperatura, situación que es absorbida por la membrana, y el de expansión está ocupado por aire o nitrógeno y tiene dispuesta una válvula de seguridad para limitar la presión al valor especificado por el fabricante.



Vaso de expansión y purgador automático (www.construnario.com)

Los vasos de expansión deberán conectarse preferentemente en la aspiración de la bomba.

De no cumplirse el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

Las especificaciones básicas de este componente son las presiones de precarga y servicio y las dimensionales.

6.5.4. Válvulas para el circuito hidráulico y accesorios de protección

Un sistema hidráulico requiere de un conjunto de válvulas de control que le permitan solucionar problemas en la instalación debido a: bolsas de aire, flujo inverso, etc. Estas válvulas son:

Válvula tipo esfera.

Es empleada para eliminar bolsas de aire en la circulación del fluido, pueden accionarse manual o automáticamente y se ubican en los lugares más altos de la instalación (salida de agua caliente del colector o acumulador.

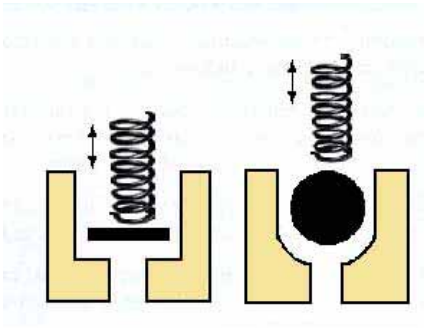
Purgador de aire

Las válvulas tipo esfera también son usadas para llenar y vaciar el agua del circuito, así como para cortar (aislar) el fluido en la entrada y salida de los subsistemas, para facilitar las tareas de mantenimiento.

Válvula de disco o bola.

Se emplea para evitar el retorno del fluido cuando la temperatura del acumulador es superior a la del colector (bajas temperaturas durante el horario nocturno).

La figura muestra la configuración básica de una válvula antirretorno.



Válvula de disco y bola

De acuerdo a su aplicación dentro de una instalación solar, se recomienda usar las siguientes válvulas:

Aplicación	**Válvula recomendada**
Aislamiento, vaciado, llenado y purgado	Válvula de esfera o globo
Equilibrado de circuitos	Válvula de asiento
Seguridad	Válvula de resorte
Retención	Válvula de disco de doble compuerta

Así mismo, se recomienda observar las siguientes condiciones de las válvulas y su relación con el circuito hidráulico:

1. El acabado de las superficies de asiento y obturador deben asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas para sus condiciones de empleo. Así mismo, tales superficies deben ser recambiables.

2. El volante y la palanca deben tener unas dimensiones que permitan el cierre y la apertura con comodidad, sin medios auxiliares.

3. El cuerpo de las válvulas tendrá indicación de su presión nominal en bar o kg/cm^2, así como su diámetro en mm o pulgadas, al menos cuando sea de 25 mm.

4. La presión nominal mínima de todos los tipos de válvulas y accesorios debe ser igual o mayor de 4 Kg/cm^2.

5. Las válvulas de seguridad deben ser capaces 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.

6. Las válvulas de retención se situarán en las tuberías de impulsión de la bomba.

7. Los purgadores automáticos tendrán la siguiente construcción: cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón, mecanismo, flotador y asiento de acero inoxidable y obturador de goma sintética.

6.5.5. Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm^3. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

6.5.6. Drenaje

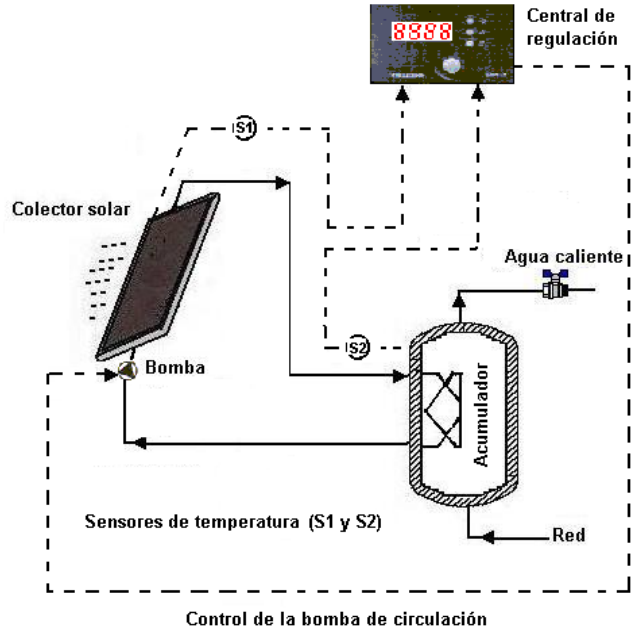
Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

6.5.7. Sistemas de control de temperatura

Para asegurar el correcto funcionamiento de una instalación solar de baja temperatura, con circulación forzada, es necesario instalar un sistema de control o medio electrónico que se encargue de controlar la temperatura del agua acumulada para consumo.

Este sistema de control, también es conocido con el nombre de Central de Regulación, y se encarga de controlar la velocidad y el arranque/paro de la bomba de circulación, en función de un control diferencial de temperaturas, para valores preestablecidos entre la salida del colector solar y el acumulador.

Figura 34. Instalación controlada por una central de regulación



La información de las temperaturas en el colector y el acumulador, la dan dos sensores de temperatura instalados en ellos y la envían a un dispositivo electrónico llamado Módulo de Control Diferencial (MCD) quien decide la acción a tomar.

Recomendación de ajustes.

El Módulo de Control Diferencial deberá ajustarse de manera que las bombas estén paradas cuando la diferencia de temperaturas sea menor a 2 °C y tendrán que ponerse en marcha cuando dicha diferencia sea mayor a 7 °C.

El sistema de control también puede ayudar a regular la temperatura máxima a alcanzarse por el agua dentro del depósito de almacenamiento y accionar el sistema convencional (caldera) cuando la instalación solar no sea suficiente para cumplir con los requerimientos de agua caliente.

6.5.7.1. Central de Regulación

Una central de regulación esta conformada por un microcontrolador y una memoria interna o externa que se encarga de almacenar los parámetros de configuración inicial (datos de temperaturas).

Los componentes que aseguran su correcto funcionamiento son:

- **Teclado local**. Sirve de medio para introducir los parámetros de funcionamiento (temperaturas diferenciales de arranque y paro de la bomba).

- **Pantalla LCD**. Para visualizar las situaciones que se van presentando.

- **Entrada de tensión analógica**. Registra la información proveniente de los termopares o sensores de temperatura.

- **Salida básica**. Sirve para controlar la bomba de circulación y para activar el sistema convencional o de apoyo.

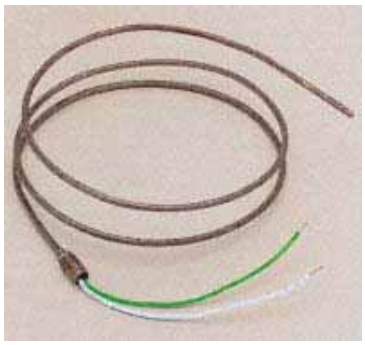
Central de Regulación

Las centrales de regulación avanzadas apropiadas para grandes instalaciones basadas en un conjunto de colectores y de acumuladores pueden incorporar una entrada especial para un sensor de la irradiación solar, el cual es empleado para acciones de control, y un bus de comunicación con un sistema informático para monitorizar datos de situaciones y servicio y para introducirle parámetros de definición de las condiciones de funcionamiento.

6.5.7.2. Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura comúnmente usados en una instalación solar son termopares del tipo PT1000 o similar, están conectados mediante cables a la central de regulación, tienen un recubrimiento de platino para inmersión en el líquido a través de una vaina y proporcionan un nivel de tensión (milivoltios) que depende de la temperatura.

La figura muestra un sensor formado por un termopar de cobre-constatan, cromo-constatan, hierro-constatan u otros compuestos inmerso en una cápsula protectora con elementos de fijación, en la que están dispuestas las dos conexiones eléctricas de salida.



Sensor de temperatura

6.5.8. Instrumentos unitarios de medida

La instalación solar también puede disponer de termómetros en los puntos en donde se crea necesario conocer el valor de la temperatura existente a efectos de control manual. La figura siguiente muestra algunos modelos de instrumentos (termómetro y manómetro) que existen en el mercado.

Manómetro

Termómetro

Con respecto a los rangos aconsejables de tales instrumentos, éstos son:

Termómetro:
O a 120°C máximo (existen escalas 0-60, 0-80 Y 0-120) para medir la temperatura del colector y del acumulador.

Manómetro:
0-6 Kg/cm2 máximo para medir la presión del circuito cerrado y comprobar con ello el llenado y el funcionamiento del sistema de expansión.

6.6. DIMENSIONADO DE INSTALACIONES

A manera de resumen se presentan las consideraciones y procedimientos a seguir, para dimensionar una instalación solar de baja temperatura para la obtención de agua caliente.

6.6.1. Objetivos fundamentales

Existen dos objetivos fundamentales que deben cumplirse al querer proyectar una instalación solar, estos son:

a) Lograr la máxima integración de los componentes de la instalación al entorno o diseño arquitectónico de la construcción o inmueble.

b) Obtener el máximo rendimiento energético

Los niveles de complejidad de una instalación solar están en función de su tamaño, son muy diferentes los problemas que pueden presentarse en una vivienda a los que podrían presentarse en un hotel.

6.6.2. Consideraciones

Para poder proyectar una instalación solar deberán tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1) Los colectores solares deberán orientarse e inclinarse hacia el Sur-Geográfico, a fin de obtener la mayor cantidad de irradiación solar,

No siempre es posible conseguir este objetivo, por lo cual es valido el empleo de software.

Para facilitar operaciones de auto limpieza, los colectores solares (placa plana y plástico), deberán inclinarse con un ángulo de 15° con respecto a la horizontal.

2) Determinar el tipo de colectores solares a emplear (placa plana, copo limeros, tubos evacuados) y su ubicación más adecuada (cubiertas, fachadas, terrazas, etc) tomando en cuenta criterios de integración y de rendimiento,

Debe tenerse mucho cuidado con la distancia de separación entre el colector y el acumulador, tendrán que evitarse tramos muy largos, pues las pérdidas de energía son proporcionales a la longitud de las tuberías que las unen.

3) Establecer si la instalación será del tipo centralizado, individual y el medio de apoyo a emplear, en caso de ser necesario,

4) Disponer medios de seguridad y señalización en las tuberías por las que transite el fluido caliente y similares,

5) Observar el cumplimiento con la normativa vigente,

6) Facilitar el acceso a todos los componentes del sistema para poder realizar las tareas de mantenimiento y, las revisiones para prevenir la legionelosis,

7) Obtener datos de la climatología del lugar (de la latitud correspondiente al emplazamiento de la instalación) a lo largo del año, y

8) Obtener información sobre los hábitos de consumo de agua caliente de los usuarios, así como del número de ellos. Días de operación anual del establecimiento, consumo de combustibles, etc.

Estas consideraciones y la información que se recabe con su aplicación, le permitirán al proyectista dimensionar las superficies de captación solar (m^2) y el volumen de agua a ser almacenada (m^3).

7. PROBLEMAS A ENFRENTARSE EN UNA INSTALACIÓN SOLAR

7. PROBLEMAS A ENFRENTARSE EN LA OPERACIÓN DE UNA INSTALACIÓN SOLAR.

En el capitulo anterior describimos los criterios de diseño que deben ser aplicados a una instalación solar para que pueda ser dimensionada correctamente. El no hacer caso a dichos criterios ocasionará problemas en la instalación.

A continuación mencionaremos los más comunes.

7.1. MALA ORIENTACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

En la fotografía se tiene la presencia de sombras sobre los colectores solares, las cuales pudieron haberse evitado. Esta mala orientación provoca una baja captación de la radiación solar, que a su vez repercute en la eficiencia del sistema teniéndose una menor a la esperada. Además de que en ciertas estaciones del año, en vez de calentar agua se enfría.

Mala orientación de los colectores

7.2. FALLAS POR CONGELAMIENTO

Aislamiento en el sistema hidráulico

El dejar “cargados” los colectores solares (llenos de agua), aunado a un aislamiento no adecuado de las tuberías de agua, puede ocasionar que en las noches de invierno se presenten problemas de enfriamiento en el sistema y en algunos casos el congelamiento de ciertos tramos de tubería.

Como consecuencia de ello se presentaran fugas en el sistema hidráulico.

7.3. FALLAS POR SOBRE CALENTAMIENTO

Esta falla se presenta cuando se dejan “cargados” los calentadores (llenos de agua), en el día y sin circulación de agua, esto puede ocasionar la evaporación del agua y en consecuencia el rompimiento de los tubos o fugas de agua en los mismos.

7.4. DEFICIENCIA DE CALENTAMIENTO

La mala limpieza de los colectores por parte de los usuarios, hace que la transferencia de calor decaiga y debido a ello el calentamiento de agua no es el adecuado.

En Figura siguiente, se observa que los colectores desnudos de plástico (copo limeros) en su parte inferior tienen tierra y basura acumulada, además de que toda la superficie de los tubos se encuentra también cubierta de tierra. En lo que respecta a los colectores con cubierta de vidrio se observa que la superficie tiene tierra, que impide el paso de los rayos solares, por otro lado existe polvo acumulado en el interior de los colectores, que están cubriendo parcialmente la superficie de calentamiento.

Deficiencias de mantenimiento

Tubos de plástico

Deficiencias de mantenimiento

Cubierta de vidrio

7.5. FUGAS POR SOBRE PRESIONES EN EL SISTEMA

El operar manualmente un sistema puede provocar además de las fallas mencionadas anteriormente, golpe de ariete o sobre presiones en el sistema hidráulico.

Pequeña fuga de agua debido a sobre presión en el sistema.

7.6. DISEÑO HIDRÁULICO

Algunos instaladores tienen la mala costumbre de diseñar el sistema hidráulico mediante prueba y error, pues carecen de experiencia o de herramientas para pronosticar el comportamiento hidráulico del arreglo. Esto hace que aparezcan problemas de fugas por sobre presiones y sub dimensionamiento del sistema de bombeo. Además que no diseñan los sistemas conforme lo establece el Reglamento de Construcciones del DF y sus Normas Técnicas Complementarias, por lo que es imprescindible que las instalaciones solares acaten las disposiciones normativas aplicables.

ANEXO A

Aplicaciones solares de baja temperatura

ANEXO A. APLICACIONES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA

A continuación se describen algunos usos de los sistemas solares de baja temperatura, que tienen que ver con el calentamiento de agua.

A1. Sistemas de calentamiento para albercas

Es una de las aplicaciones de la energía solar más usadas, pues presentan claras ventajas económicas y fáciles de instalar, en comparación con las tecnologías que utilizan sistemas convencionales.

Para calentar el agua de una alberca se usan colectores de material plástico en color negro, resistentes a los rayos ultravioletas y a las condiciones climáticas. Los materiales más usados para su fabricación son: polipropileno, polietileno y un monómero de etileno propileno (EPDM).

Estos colectores trabajan con una eficiencia muy alta, manteniendo un rango de temperaturas entre 20 y 28 °C, debido a su baja temperatura de operación las pérdidas de calor son mínimas.

Instalación Deportiva – Cd. De México

En este tipo de instalaciones solares el tiempo de amortización de la inversión es inferior a 2 años y tienen una vida útil de veinte años.

Funcionamiento del Sistema de Calentamiento

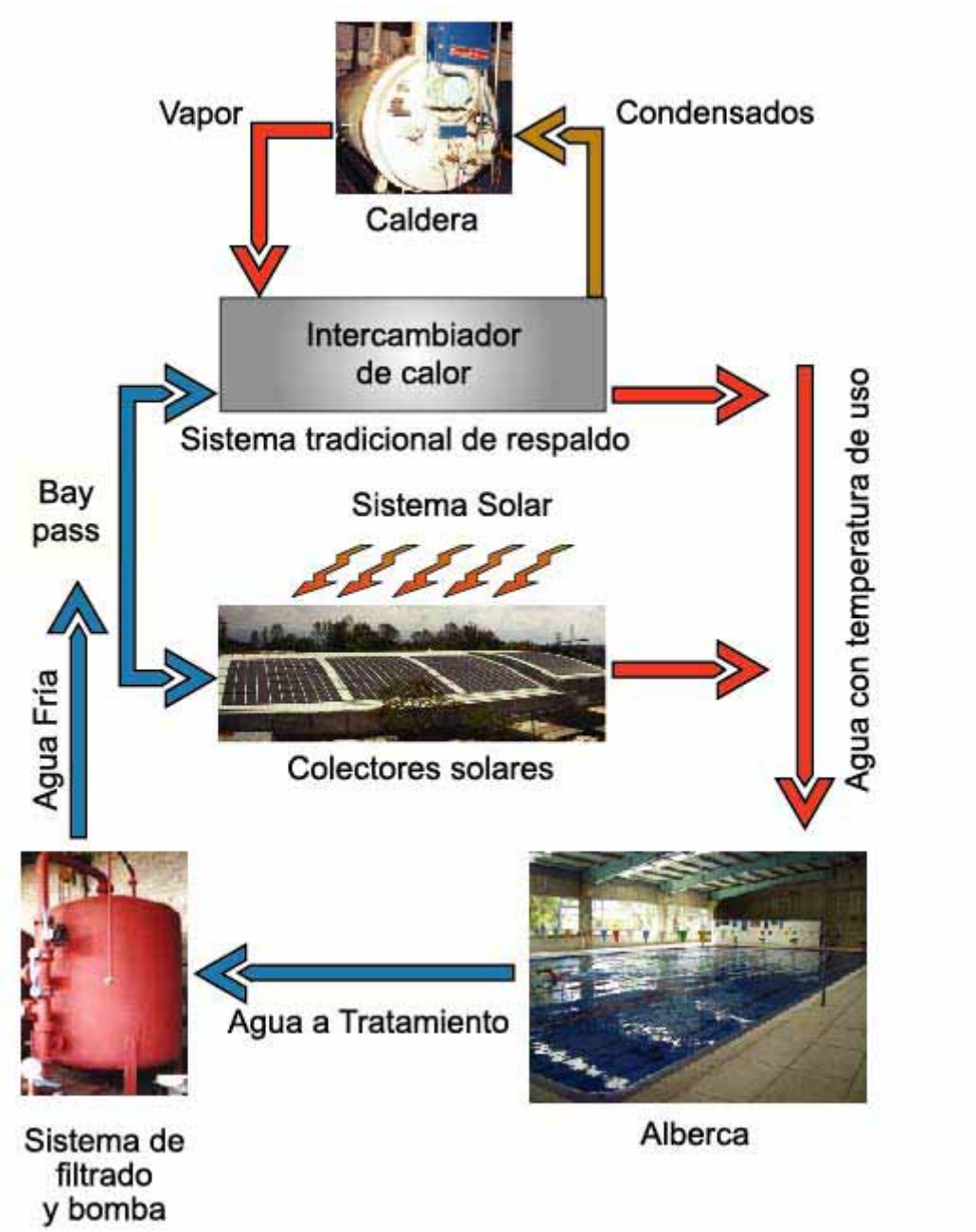
La descripción del proceso de calentamiento de agua para una alberca es el siguiente:

Primera etapa

El agua de la alberca es enviada a un sistema de filtrado en donde se le da un tratamiento para quitarle todo tipo de impurezas.

Segunda etapa

Después de su tratamiento el agua fría es bombeada y mediante una válvula de tres vías (bay pass), que es accionada por medio de un control termodiferencial, se selecciona el tipo de calentamiento a realizar, ya sea por sistema tradicional (intercambiador de calor con utilización de una caldera) o vía un sistema de calentamiento con colectores solares. Es decir, si tenemos una radiación solar adecuada el control termosolar accionará la válvula de tres vías y automáticamente dará paso al agua para que entre a los colectores, e inicie el ciclo de calentamiento del agua de la alberca. En caso de que no haya sol o esté lloviendo, el control termosolar mandará la orden para encender el sistema tradicional, que mediante una caldera y un intercambiador de calor se encargará de calentar el agua de la alberca.



Tercera etapa

Cuando el agua entra a los colectores absorbe la energía solar para ser calentada, posteriormente regresa a la alberca a una temperatura mayor y sigue recirculandose hasta alcanzar la temperatura de uso. Cada vez que el agua pasa por los colectores eleva su temperatura en 0.5°C.

A2. Sistemas de calentamiento para uso doméstico

Son una buena alternativa respecto a los sistemas convencionales (calentadores de gas y eléctricos). Emplean colectores planos con recubrimiento de vidrio que como recordará provocan dentro de ellos un efecto invernadero.

En aplicaciones de uso doméstico se emplean dos tipos de sistemas, estos son: el de termosifón y el forzado.

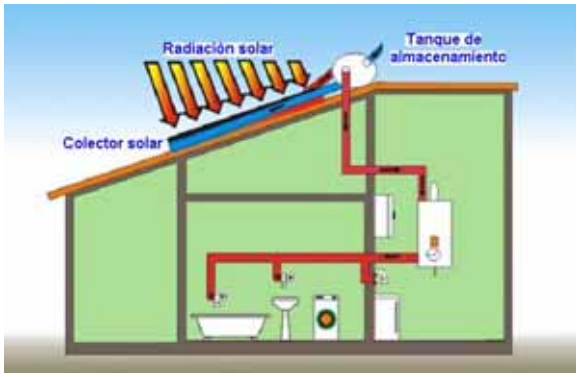
Sistema Termosifón

Es muy usado en lugares en donde las condiciones climáticas no presenten peligro de congelación, se instala normalmente sobre el techo de casas o viviendas, su tanque de almacenamiento esta ubicado en una posición superior a la del colector.

Equipo Termosifónico instalado en una Vivienda en el Estado de Cancún

Funcionamiento del Sistema Termosifón

El colector solar capta la radiación del sol (directa y difusa) y por el principio de termosifonamiento, el agua se calienta y sale del colector para subir hasta el tanque de almacenamiento y hace que el agua fría (más pesada) baje hacia el colector para ser calentada iniciando así el ciclo.



Fuente: www.solomantenimiento.com

El tanque de almacenamiento cuanta con un excelente aislamiento que solo permite pérdidas de calor (mínimas) durante la noche. En situaciones climáticas adversas y a fin de garantizar el abasto de agua caliente a la vivienda, estos sistemas llegan a instalar como sistema de apoyo una resistencia eléctrica de encendido y apagado automático.

Fuente: www.installscaler.com

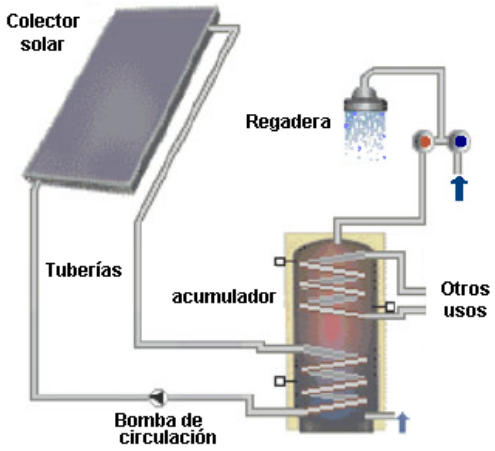
Sistema forzado

En los sistemas forzados los colectores solares se instalan sobre el techo y el tanque de almacenamiento en un lugar bajo techo, se le llama forzado porque requiere de una bomba de circulación que transporte el agua del tanque de almacenamiento al colector para ser calentada y viceversa.

Estos sistemas son muy estéticos, pero tienen un elevado costo al requerir de tuberías y más materiales para su correcto funcionamiento.

Funcionamiento del Sistema Forzado

Mediante un control termodiferencial, apoyado por dos sensores de temperatura que se ubican en la parte más caliente del colector y otro en la parte más fría del termotanque, se echa a andar la bomba de circulación y así iniciar el proceso de calentamiento.



Fuente: www.fontaliberic.com

El agua fría del tanque es bombeada hacia el colector, para ser calentada y, una vez caliente, regresa al tanque.

Cuando la temperatura del colector es igual a la del tanque, el control termodiferencial apaga la bomba (normalmente en la tarde). El tanque debe estar bien aislado para que el agua tenga pérdidas de calor mínimas y conserve el agua para su consumo al día siguiente.

Fuente: www.censolar.es

A3. Sistemas de calentamiento para otros usos

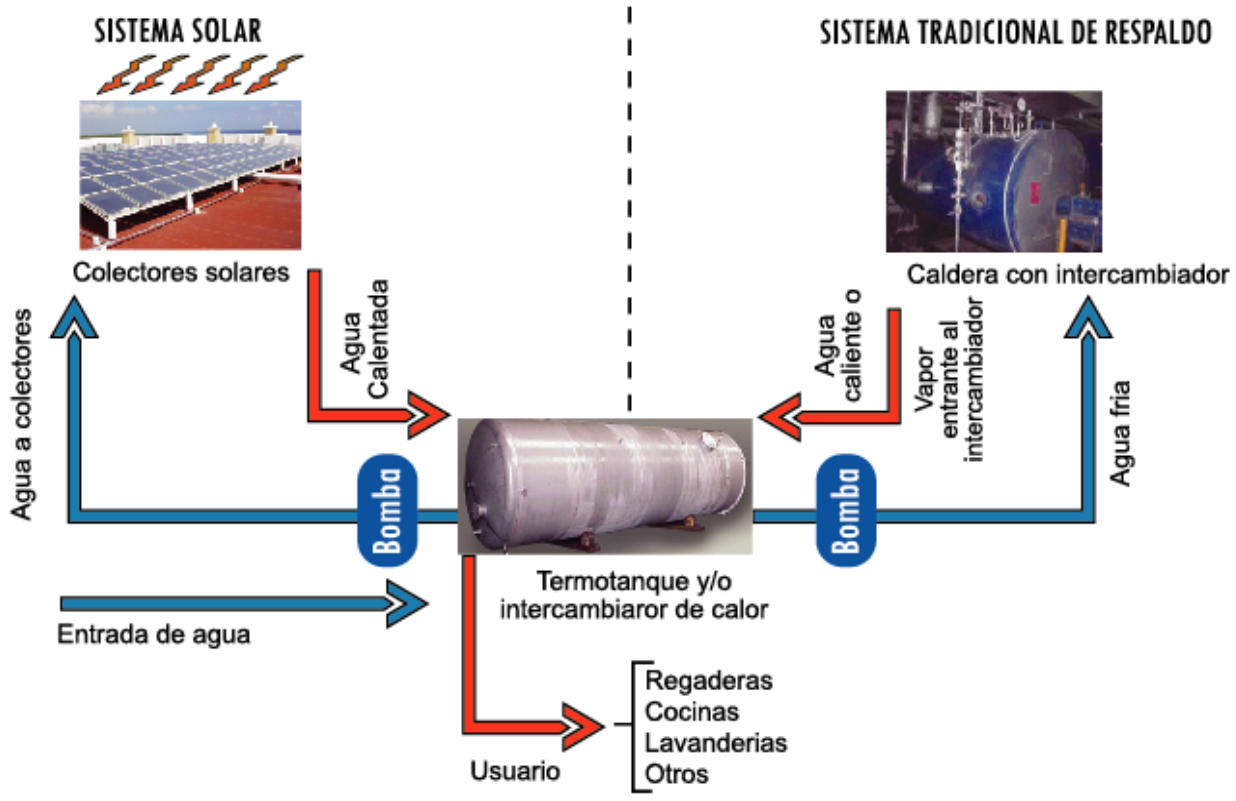
A continuación se describe el proceso de un sistema de calentamiento solar para otros usos (regaderas, cocinas, lavanderías etc.)

Primera etapa
El agua municipal llega como repuesto a un termo tanque (tanque con aislamiento térmico) y es bombeada hacia el sistema de colectores; el agua pasa por éstos y absorbe la energía solar para calentarse.

Segunda etapa
Una vez que el agua sale de los colectores, ésta regresa al termotanque y repite el ciclo de calentamiento hasta alcanzar la temperatura deseada.

Tercer etapa
Ya que se alcanzó la temperatura deseada en el termotanque, el agua es distribuida para su uso en regaderas, cocina, etc.

Esta instalación también requiere de un sistema tradicional como respaldo al sistema de calentamiento solar.



GLOSARIO

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acumulador: Depósito en el que se acumula el agua calentada proveniente de un colector solar.

Aislamiento térmico: Aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en los sistemas solares tiene por objeto reducir las pérdidas de calor.

Área de apertura: Máxima área proyectada a través de la cual la radiación solar no concentrada entra al colector solar plano.

Bomba de circulación: Dispositivo que produce el movimiento forzado de un fluido.

Calor útil: Energía que de manera efectiva se aprovecha en un proceso para incrementar la temperatura de un fluido de trabajo, después de convertir la energía solar disponible a energía térmica.

Capacidad de calentamiento: Cantidad de calor que aporta el colector solar en un periodo de tiempo.

Circulación por termosifón o natural: Movimiento del fluido de trabajo a través del sistema de aprovechamiento de energía solar, inducido por la convección libre generada por la diferencia de densidades del agua fría y el agua caliente.

Circulación forzada: Movimiento del fluido de trabajo a través del sistema de aprovechamiento de energía solar, inducido por dispositivos externos o auxiliares.

Circuito primario: Circuito conformado por los colectores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: Circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Colector solar: Dispositivo que absorbe la energía solar incidente, la convierte en energía térmica y la transfiere al fluido que está en contacto con él. También llamado Calentador Solar.

Colector solar plano: Colector para aplicaciones de baja temperatura cuya superficie de absorción es absorbedora es totalmente plana.

Colector de tubos evacuados: Colector que utiliza un tubo transparente (cristal cilíndricos y rectilíneos) donde se ha realizado el vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

Constante Solar: Valor de la radiación solar en el tope de la atmósfera, expresado en W/m^2.

Energía solar: Radiación electromagnética emitida por el sol.

Energía solar disponible: Cantidad de radiación solar promedio diaria mensual estimada estadísticamente, a partir de mediciones históricas en cierto lugar geográfico.

Equipo compacto: Equipo solar cuyos componentes se encuentran montados en la misma estructura.

Equipo partido: Equipo solar cuyos componentes principales (captador solar y acumulador) se encuentran separados a una distancia física relevante.

Fluido: Agua o cualquier otro medio utilizado para el transporte de energía en un sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar.

Golpe de ariete: Fenómeno transitorio que se presenta en los conductos a presión ante un cierre abrupto de válvulas, presentándose aumentos y reducciones bruscas de presión en el fluido que pueden llevar a la falla del sistema.

Intercambiador de calor: Dispositivo en donde se produce la transferencia de energía del circuito primario al circuito secundario.

Legionelosis (Legionella pneumophilia): bacteria Gram negativa de forma bacilar, que de no ser controlada en una instalación solar puede provocar casos de neumonía en personas. Crece en agua a temperaturas comprendidas entre 20 y 50 ªC, que por debajo de los 20 ªC permanece latente y sin multiplicarse; y muere por encima de los 60 ªC.

Manómetro: Dispositivo para medir la diferencia de presión entre un sistema y el medio ambiente.

Radiación solar: Energía enviada por el Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Sistema de baja temperatura: Sistema capaz de captar la energía del sol (calorífica) y transmitirla a un fluido.

Sistema de control diferencial de temperaturas: Dispositivo electrónico que controla distintos elementos eléctricos de la instalación (arranque y paro de bombas, electroválvulas, etc.), para valores de temperaturas preestablecidos en distintos puntos de la instalación.

Sistema convencional de calentamiento de agua: Equipo que se utiliza para calentar agua, mediante la utilización de combustibles fósiles o electricidad.

Sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar: Conjunto formado por el colector(es) solar(es), el termotanque o sistema de acumulación de agua caliente, tuberías, accesorios, así como todos y cada uno de los componentes que permiten el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua.

Sistema de expansión: Dispositivo que permite absorber los cambios de volumen y presión en un circuito cerrado ocasionados por las variaciones de temperatura del fluido de trabajo. Dependiendo de su comunicación con la atmósfera, puede ser abierto o cerrado.

Termotanque o sistema de acumulación de agua caliente: Depósito en el que se almacena el fluido calentado mediante el aprovechamiento de la energía solar y que se utiliza para conservar su temperatura con las menores pérdidas térmicas posibles.

Válvula anti-retorno (disco o bola): Dispositivo que evita el paso de fluido en un sentido.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AMBT: Ambiente
cm: Centímetros
cm^2: Centímetros cuadrados
cm^3: Centímetros cúbicos
ºC: Grados centígrados
DA: Dotación mínima de agua potable
DF: Distrito Federal
GDF: Gobierno del Distrito Federal
hPa: Hectopascal
hr: Hora
kW: Kilowatts
kg: kilogramos
km: Kilómetro
LCD: Pantalla de cristal líquido (Liquid crystal display)
lt, l: litros
m: Metros
m^2: Metros cuadrados
m^3: Metros cúbicos
MCD: Módulo de Control Diferencial
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio
µm Micrómetro
MJ: Megajoules
mm: Milímetros
mV: Milivoltios
MW: Mega Watts
NADF: Norma Ambiental para el Distrito Federal
PVC: Policloruro de vinilo (Poly Vinyl Chloride)
SMA: Secretaría del Medio Ambiente
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México
USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
UV: Ultravioleta
V: Volts
W: Watts

REFERENCIAS

Bibliografía
Sitios WEB

Bibliografía

Agua Caliente Solar (Manual Práctico), Kevin McCartney.
H. Blume Ediciones. España, 1981.

Arquitectura y Energía Natural, Rafael Serra Florensa – Helena Couch Roura. Alfa omega, 1era Edición 2005.

Guía del Instalador de Energías Renovables, Tomas Perales Benito.
Limusa Noriega Editores, 1era Edición 2006.

Energía Solar – Conceptos Básicos y su Utilización, Shyam S. Nandwani

Manual sobre Energía Renovable – Solar Térmica, Bun Centro América, PNUD, GEF.

Instalaciones de Energía Solar Térmica – Pliego de condiciones técnicas de baja temperatura, Octubre 2002

Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para el Calentamiento de Agua, Muhlia V. Agustín, Sánchez F. Alfredo, Sierra C. Federico y Ramoneda R. Enrique. Noviembre 2005, México.

NADF-008-AMBT-2005, Norma Ambiental para el Distrito Federal, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la Energía Solar en el Calentamiento de Agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías. 2005, México.

Aplicaciones del Cobre, ICA International Copper Association,
LTD – PROCOBRE. 2007

SITIOS WEB

Ligas en Internet (Sitios WEB)

FISICANET
Monografías – El Sol
http://www.fisicanet.com.ar

Gracias Sol
Fundamentos de la Energía Solar
http://gracias-sol.com/fun.html

CONAE
Comisión Nacional para el Ahorro de Energía **http://www.conae.gob.mx**

NASA
http://www.gsfc.nasa.gov

PROCOBRE
Aplicaciones del Cobre – Energía Solar
http://www.procobre.com

Solo Mantenimiento.com
Portal de Mantenimiento Industrial
(Energía Solar – Colectores)
http://www.solomantenimiento.com

Anpasol
Energía Solar 2006
http://www.anpasol-energiasolar.com

Sitio Solar
Energía Solar
http://www.sitiosolar.com

Solar Web
Energía Solar
http://www.solarweb.net

Este **Manual de Instalaciones para el Calentamiento de Agua mediante el Aprovechamiento de la Energía Solar**, tiene como objetivo el servir como una herramienta de apoyo y consulta, para todas aquellas personas, técnicos, instaladores o personal de mantenimiento del Gobierno del Distrito Federal, a fin de que cuenten con los elementos técnicos necesarios que deben tener las instalaciones solares para poder cumplir con las disposiciones de la **Norma Ambiental de Calentamiento de Agua para el Distrito Federal (NADF-008-AMBT-2005)**.

Secretaría del Medio Ambiente

Plaza de la Constitución No. 1 3er Piso
Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc
C.P. 06068, Tel. 5345 81 90
www.sma.df.gob.mx