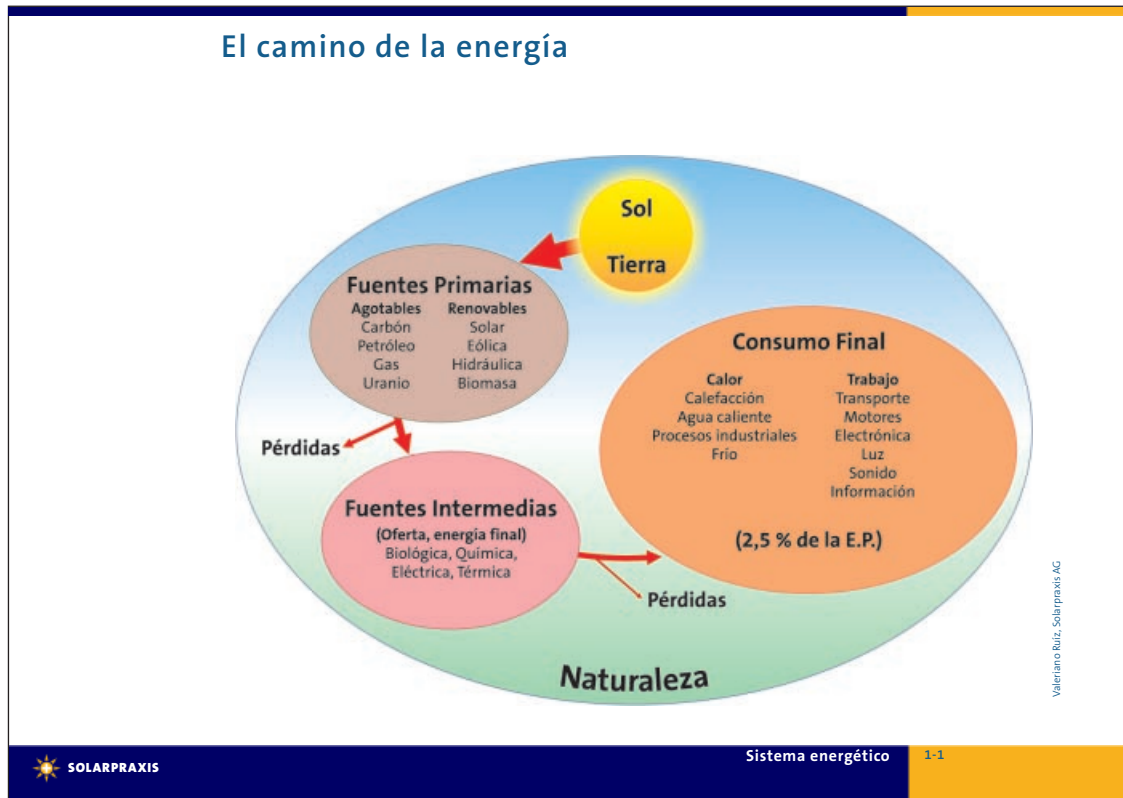


1. Introducción

- Sistema energético
- Aspectos medioambientales
- Aspectos económicos y de mercado

1. Introducción

Sistema energético



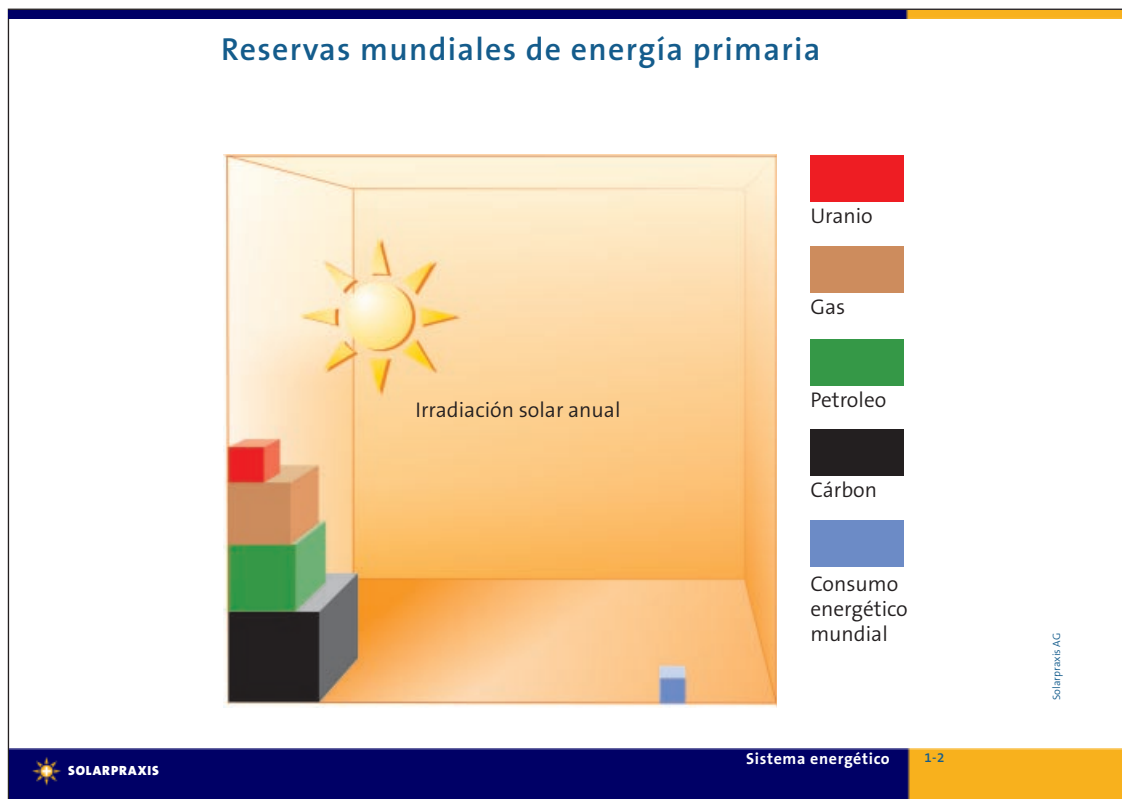
Sistema energético

El sistema energético está inmerso en la naturaleza. En ella empieza y en ella termina.

- Empieza con las *fuentes primarias* con la clasificación que se indica en la diapositiva en: fuentes agotables y fuentes renovables.
- Estas fuentes primarias son transformadas, en las instalaciones industriales correspondientes (refinerías y centrales eléctricas) en *fuentes intermedias* que son las disponibles en el mercado, principalmente electricidad y combustibles. Lo importante de esta clasificación, a efectos prácticos es que la electricidad no es almacenable y los combustibles, si.
- La etapa final de este “camino de la energía” es el *consumo final* produciendo el uso final (calor, frío, movimiento, luz artificial, información, etc.) a partir de las energías intermedias.
- El rendimiento global de todo el sistema es muy bajo. Del orden del 2,5 %. Eso significa que el 97,5 % de la energía primaria que emplean los seres humanos no es empleada para satisfacer sus necesidades y se tira a la Naturaleza.

1. Introducción

Sistema energético



Reservas mundiales de energía primaria

Puede observarse gráficamente las relaciones entre las cantidades de energía primaria disponible, en comparación con el consumo anual de todos los seres humanos. Las 9 Gtep de consumo al año con las 800 Gtep de carbón o las 250000 Gtep en forma de radiación solar que llegan a la Tierra. Se puede apreciar también la limitación de los recursos de los otros combustibles fósiles y de la nuclear.

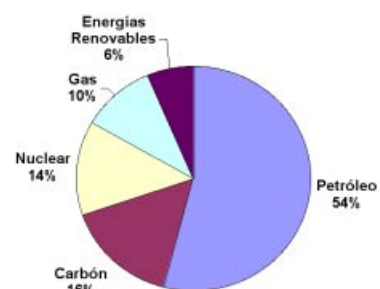
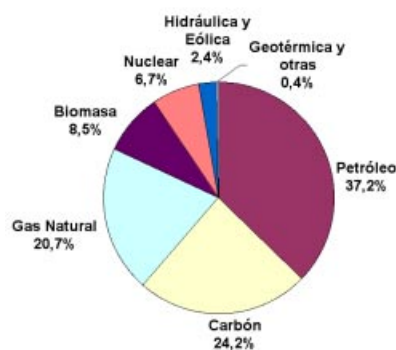
1. Introducción

Sistema energético

Energía Primaria en el mundo y en España

Total 1996: 9234 Mtep

Total 1998: 114 Mtep



Dependencia: 70 %

Valeriano Ruiz

Fuentes primarias de energía

Los datos que se aportan son la distribución por fuentes energéticas del consumo de energía primaria, a nivel mundial y de España.

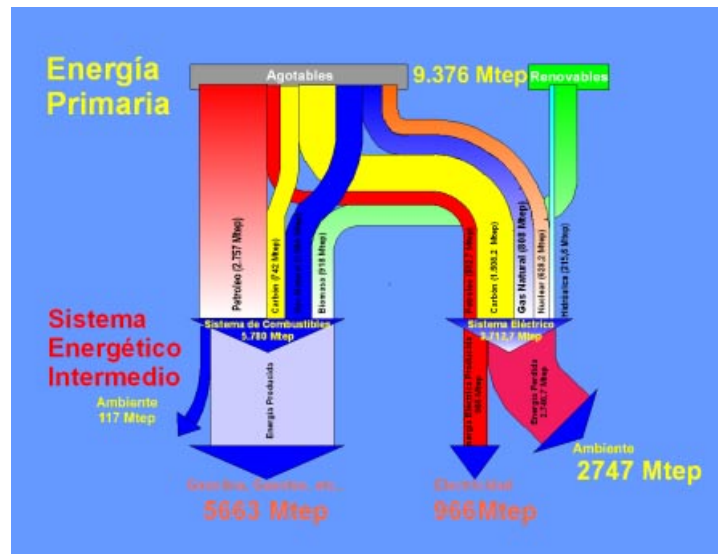
Hay varias conclusiones que se pueden extraer de estos datos:

- El sistema está dominado por los combustibles fósiles con más de un 80 % tanto a nivel mundial como de un país. En el caso de España, el petróleo tiene un claro predominio (> 50 %) por encima del total mundial (37 %).
- Las energías renovables suponen un porcentaje de una cierta importancia, a nivel mundial (11,3 %), mientras que en un país como España solo representa un 6 %.
- La energía nuclear, en la que algunos tienen puestas las expectativas para paliar el calentamiento global, solo representa un 6,7 % a nivel mundial y un 14 % en el sistema energético español.

1. Introducción

Sistema energético

Sistema energético mundial



Valeriano Ruiz

Sistema energético mundial

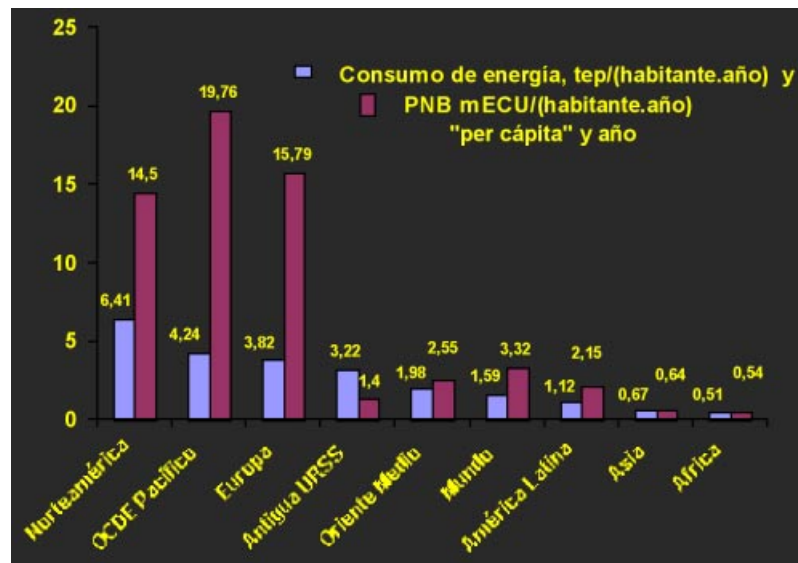
En esta diapositiva se presentan algunos detalles numéricos del sistema energético mundial que resulta conveniente comentar:

- El sistema se inicia con más de 9 Gtep (miles de millones de toneladas equivalentes de petróleo) de energía primaria que se pueden comparar con los 6 mil millones de seres humanos que habitamos la Tierra.
- Una parte de esos 9 Gtep van al subsistema de combustibles (casi los 2/3) y el otro tercio restante “alimenta” el sistema eléctrico. Conviene hacer notar que el sistema de combustible es casi el doble que el sistema eléctrico. Las personas de la calle piensan en electricidad cuando se habla de energía y la realidad es otra.
- El sistema de combustibles transforma casi toda la energía primaria que le llega en energía intermedia (gasolina, gasóleo, butano, etc.). Es en el proceso de consumo (vehículos automóviles sobre todo) donde se producen las mayores pérdidas ya que los motores tienen rendimientos muy bajos.
- En el sistema eléctrico son muy evidentes las pérdidas puesto que es en las centrales termoeléctricas (incluidas las nucleares) donde se producen estas pérdidas, ya que las máquinas que se emplean tienen rendimientos limitados por las Leyes de la Termodinámica. Ya se ve en la diapositiva: se produce aproximadamente 1 Gtep de electricidad y se pierden casi 3.

1. Introducción

Sistema energético

Consumo de energía



Valeriano Ruiz

Consumo de energía y nivel de vida

Muchos piensan que mayor consumo de energía equivale a mayor nivel de vida. Si es cierto al revés: mayor nivel de vida lleva aparejado normalmente mayor consumo de energía (en realidad mayor despilfarro de energía).

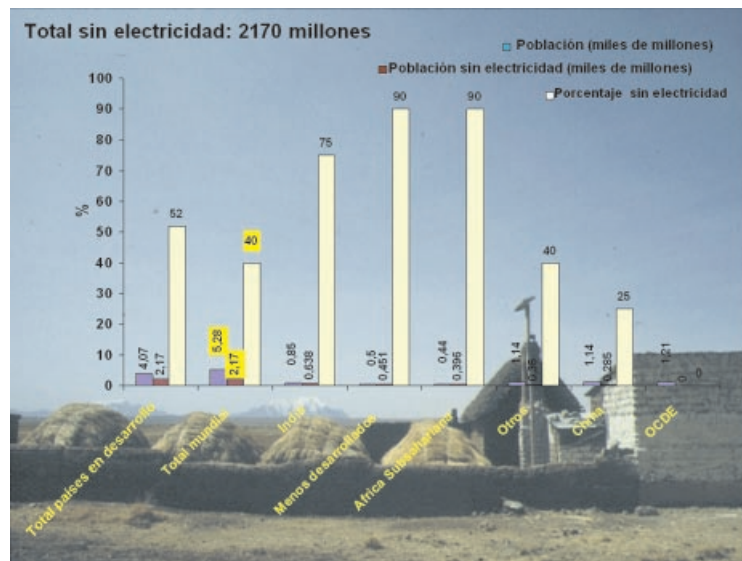
En esta diapositiva se puede apreciar como los países que más energía consumen y derrochan (Estados Unidos y Canadá) no son los que más nivel de vida (medido por el PIB/habitante) tienen y que los que más nivel de vida tienen consumen mucho menos que los Estados Unidos y Canadá.

Por el lado de los que tienen un PIB/habitante inferior a la media mundial, los países de la antigua Unión Soviética consumen mucho más que la media mundial, lo cual demuestra que esta agrupación de países también tienen un sistema energético altamente ineficiente.

1. Introducción

Sistema energético

Población mundial sin acceso a electricidad



Valeriano Ruiz

Seres humanos sin electricidad

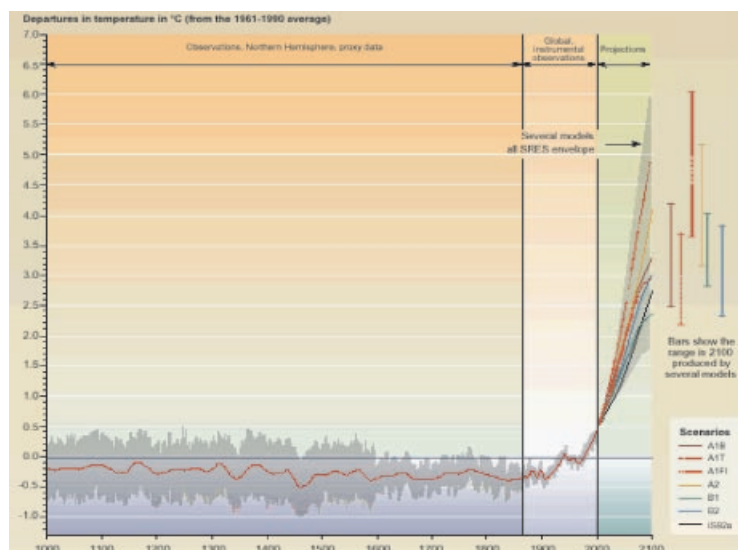
En la diapositiva se muestra la población de ciertas agrupaciones de países y su disponibilidad de energía eléctrica (en cantidad total y en porcentaje) como representación de su acceso a bienes energéticos.

Se puede observar que el 40 % de la población mundial no tiene acceso a la electricidad (en los principios del siglo XXI) y que su distribución es muy irregular: mientras que en los países de la OCDE no hay seres humanos sin electricidad, en el África subsahariana y en los demás países menos desarrollados se llega al 90 % de la población sin este servicio energético. También países tan poblados como China o la India tienen carencias importantes en este asunto, con diferencias importantes entre ellos. Es de destacar que China está cambiando fuertemente esta situación en los últimos años.

1. Introducción

Aspectos medioambientales

Calentamiento global 1000 a 2100



Calentamiento global

Como representación de la interacción del sistema energético actual y pasado con la naturaleza se presenta esta gráfica que muestra la evolución de la temperatura de la Tierra desde el año 1000 hasta el 2100. Es claro que los últimos 100 años son previsiones de especialistas en clima.

Lo importante es que todos coinciden en que la tendencia será la que se muestra. Es decir a un crecimiento aun mayor que el constatado por la medidas realizadas. Lo importante es ver que la actividad humana de los últimos años y, en particular a través del sistema energético, está produciendo un *calentamiento global* del planeta con las consecuencias desastrosas que ya se están apreciando.

A ese efecto medioambiental negativo hay que sumar otros efectos locales, como lluvias ácidas, desertificación, inundaciones, disminución de la capa de ozono, etc

Valor y precio de la energía



Valor y precio de la energía

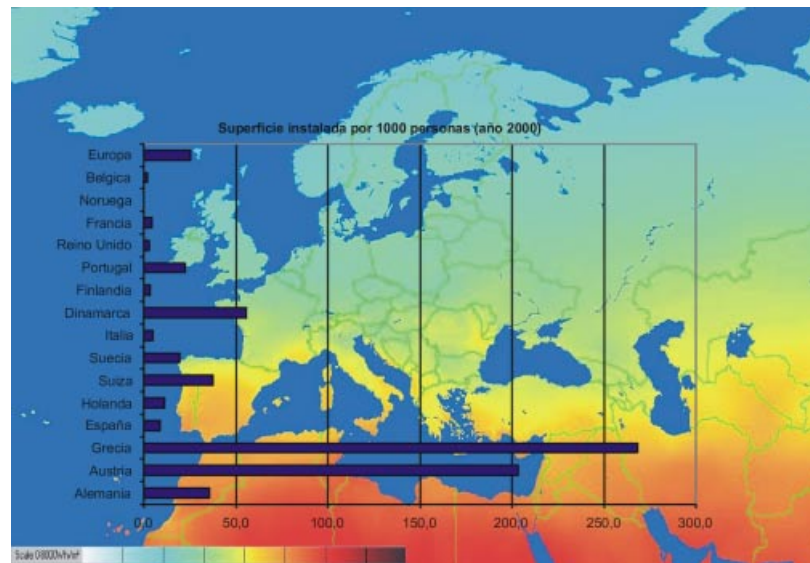
Un poeta español (Machado) decía: “es de necios confundir valor y precio”

Esta frase es especialmente cierta en el caso de la energía, sobre todo cuando las energías disponibles en el mercado (combustibles y electricidad) tienen precios muy alejados de su valor. En particular porque en el precio no se incluyen los sustanciosos subsidios que han recibido de las administraciones públicas y, menos aún, los costes medioambientales del sistema.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado

Realidad de las instalaciones solares térmicas en Europa



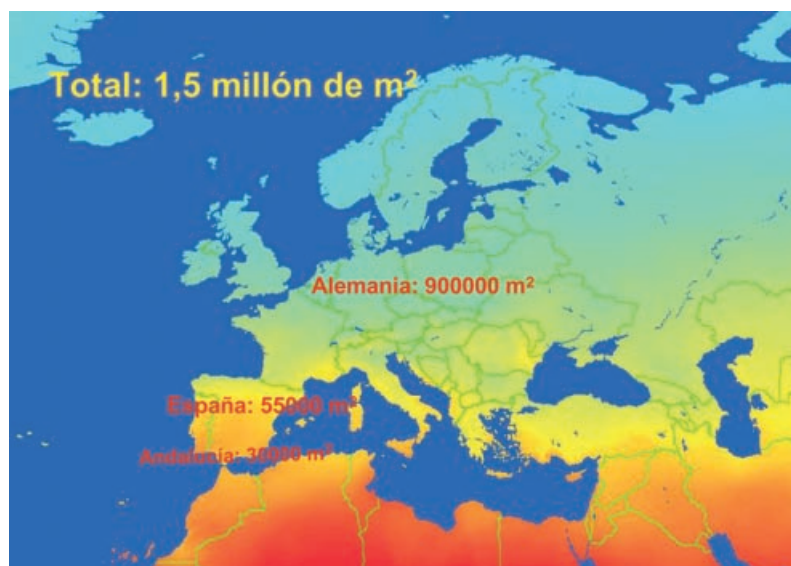
Realidad de las instalaciones solares térmicas en Europa

Se puede observar que países con bajo nivel de irradiación solar tienen una cantidad importante de instalaciones solares térmicas mientras que otros con alto nivel de irradiación solar tienen cantidades muy pequeñas. Este último caso es el de España.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado

Instalaciones solares térmicas en Europa - Año 2001



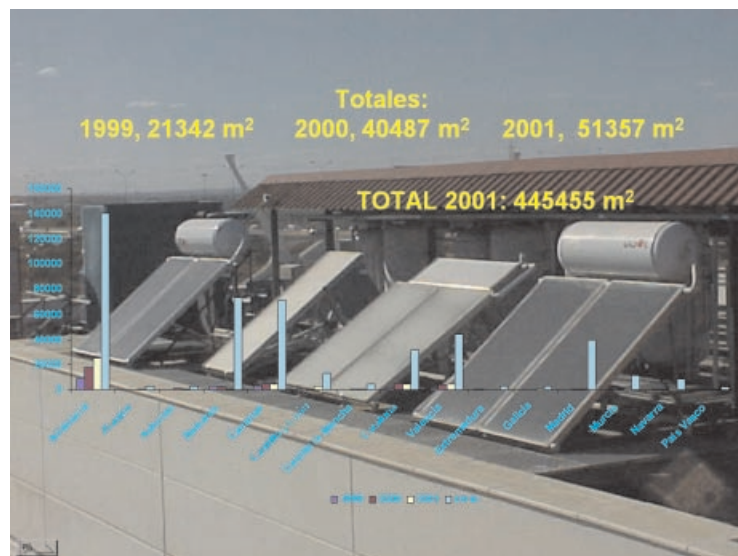
Instalaciones solares térmicas en Europa - Año 2001

Con datos del año 2001 se observa que el potencial de instalaciones solares térmicas en España es muy elevado ya que seguiremos la pauta que marcan los países europeos como Alemania más concienciados.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado

Solar térmica en España



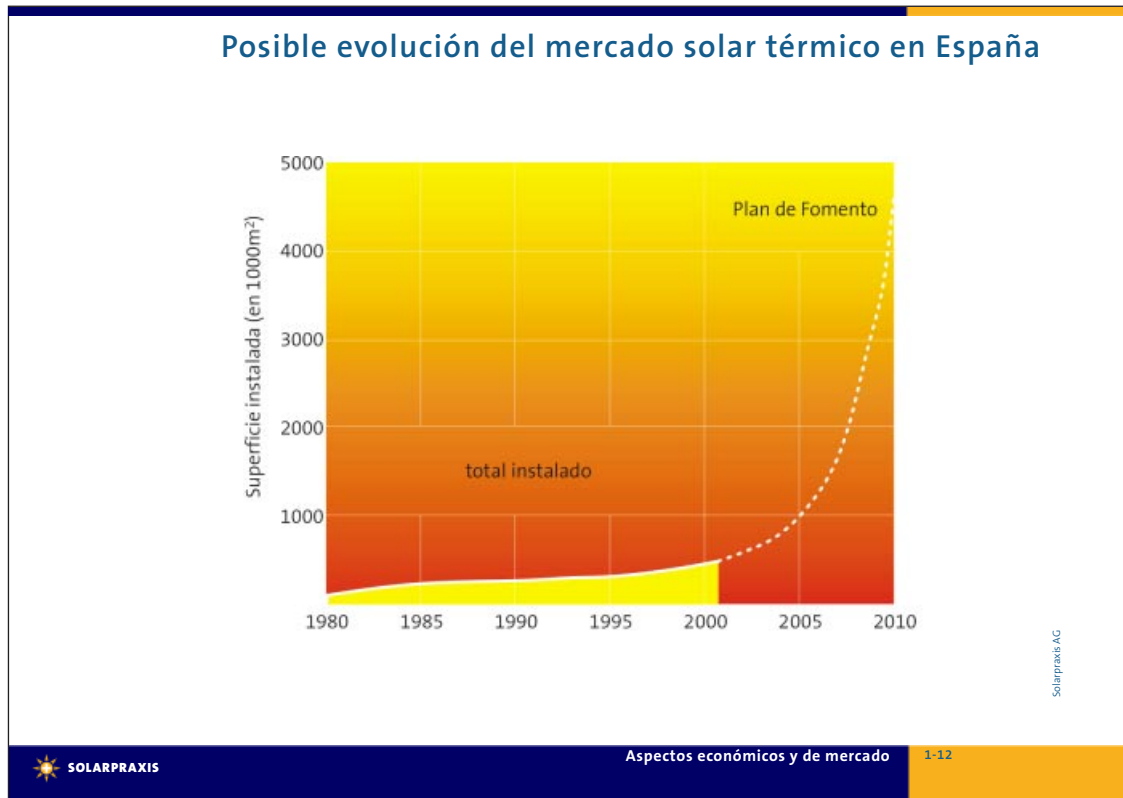
Valeriano Ruiz, IDAE

Solar térmica de baja temperatura en España

En el proceso de desarrollo creciente de la solar térmica en España, las comunidades autónomas tienen programas y planteamientos diferentes que se reflejan en la realidad de los mercados correspondientes.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado



Posible evolución del mercado solar térmico en España

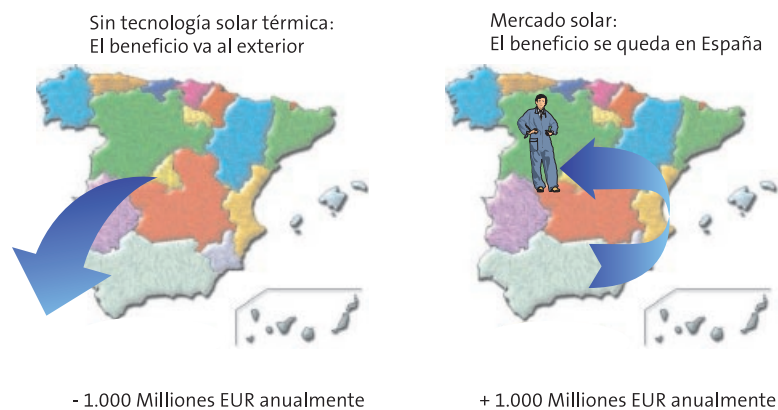
Según el Plan de Fomento de Energías Renovables del gobierno español el mercado solar térmico en España debería seguir el ritmo que se indica en la gráfica. Eso llevaría a que el volumen total del mercado en el año 2010 sería de casi mil millones de euros.

Esta cifra no debe sorprender ya que ese mismo volumen de negocios es el actual en Alemania y además las previsiones del IDAE son de 26.5 millones de metros cuadrados como potencial máximo.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado

Efectos económicos de la solar térmica en España



Solarpraxis AG

Repercusiones económicas de la energía solar en España

Es obvio que sin instalaciones solares los beneficios del mercado del calentamiento del agua van en su mayor parte al extranjero mientras que con el aprovechamiento solar casi todos los beneficios se quedan en el país. Además de los beneficios puramente económicos se generan otros de carácter social y disminuye fuertemente la dependencia del exterior, haciendo posible un desarrollo sostenible con recursos propios.

1. Introducción

Aspectos económicos y de mercado

Empleo asociado a la solar térmica en España



Empleo asociado a la solar térmica en España

- Las instalaciones de energía solar dan lugar a empresas y mano de obra locales con gran continuidad en el tiempo.
- Este sector energético requiere fabricación, diseño, instalación y mantenimiento. Todo ello muy distribuido territorialmente.
- Con datos del programa PROSOL de Andalucía 150 m² de instalación suponen un puesto de trabajo equivalente.

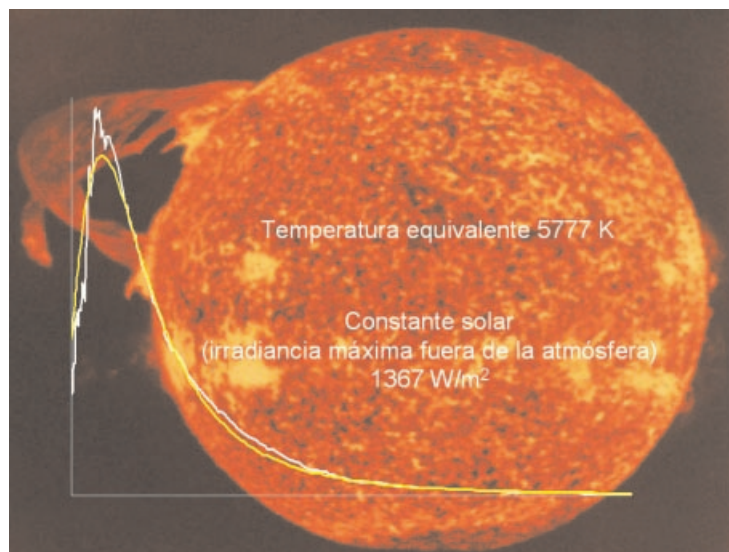
2. Recurso solar - Radiación solar

- El Sol como fuente energética
- Geometría Sol-Tierra
- Interacción de la radiación solar con la atmósfera
- Medidas de la radiación solar
- Cálculos de la radiación solar
- Mapas y tablas

2. Recurso solar - Radiación solar

El Sol como fuente energética

El Sol como fuente energética

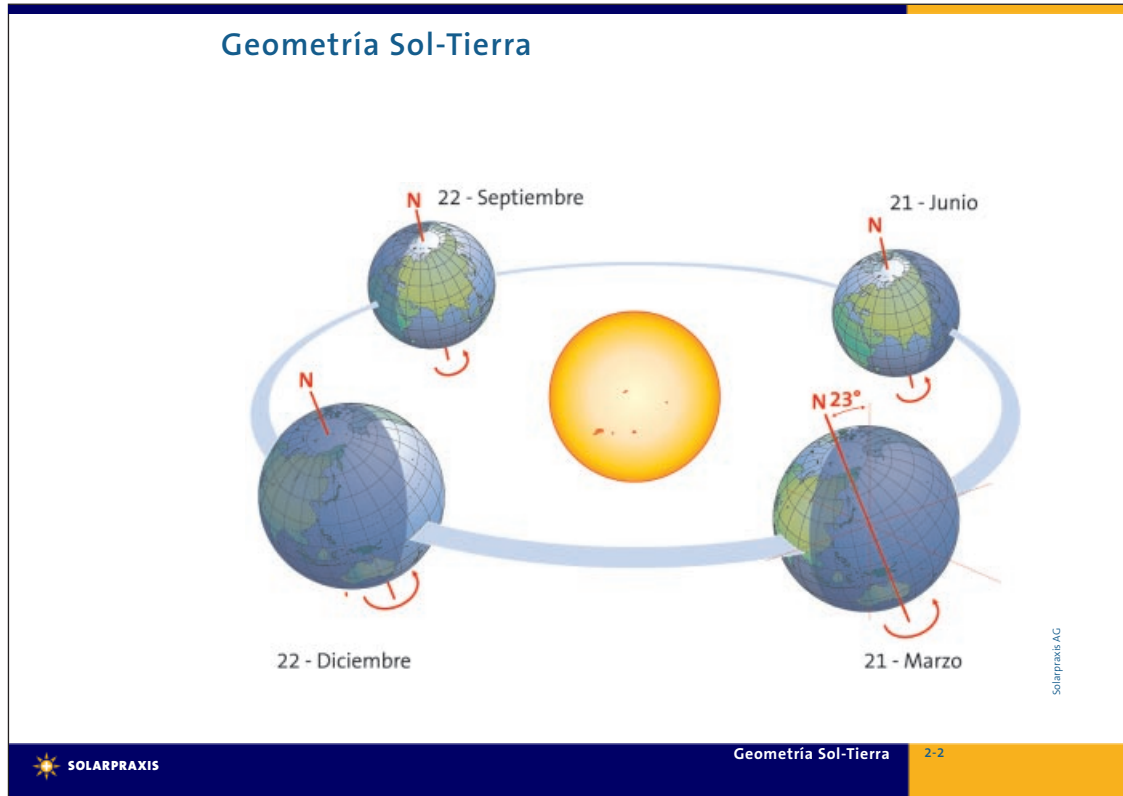


El sol como fuente energética

- El Sol es una fuente energética inagotable (frente a la vida de los seres humanos).
- Puede asimilarse a un radiador integral (cuerpo negro) a 5777 K que nos hace llegar 1367 W/m^2 fuera de la atmósfera.
- En realidad es un reactor nuclear de fusión que se encuentra a 150 millones de km de distancia de la Tierra.

2. Recurso solar - Radiación solar

Geometría Sol-Tierra



Geometría Sol - Tierra

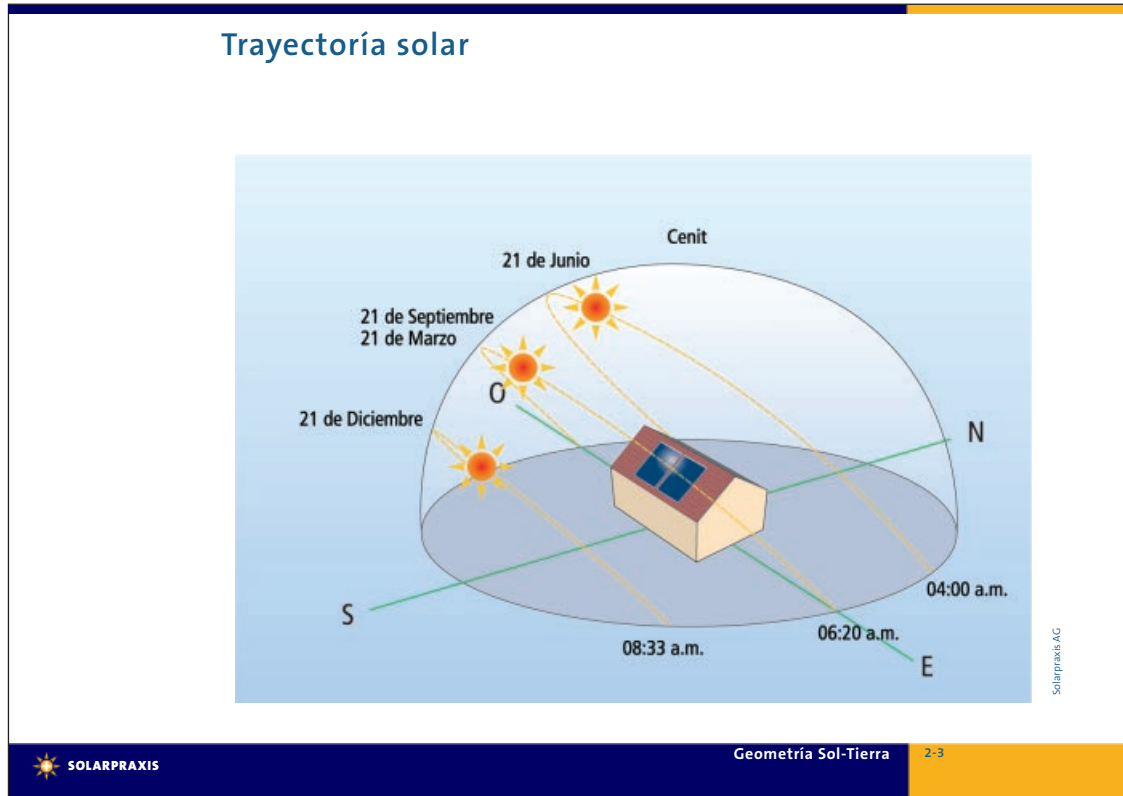
El movimiento relativo de la Tierra respecto del Sol y respecto a sí misma justifica las posiciones del sol respecto de un determinado observador en un lugar de la Tierra en la que se quiera hacer aprovechamiento de la energía solar.

Vale la pena conocer brevemente los movimientos principales:

- Traslación alrededor del Sol. Es bien conocido que la Tierra gira alrededor del Sol con una velocidad aerolar constante (2ª Ley de Kepler) por lo que la velocidad lineal no lo es con lo que se da lugar a que la duración del día (tiempo en el que el Sol se ve en el mismo lugar del horizonte dos veces consecutivas) no es la misma a lo largo del año. El periodo de este movimiento es de un año.
- Rotación alrededor de su eje. El periodo de este movimiento es de aproximadamente un día. Lo más significativo a los efectos que aquí nos interesan es que el eje de rotación forma un ángulo de $23^{\circ} 27'$ respecto del plano de traslación. Esta circunstancia es la que da lugar a que el día y la noche tengan duración diferente en los diversos lugares de la Tierra y en las distintas épocas del año.

2. Recurso solar - Radiación solar

Geometría Sol-Tierra



Trayectoria solar

Como consecuencia de los movimientos relativos de la Tierra y el Sol, en un determinado lugar de la Tierra, el Sol aparece en el horizonte (orto) según se indica en la figura, va subiendo en la bóveda celeste hasta llegar a una altura máxima, para después ir bajando hasta llegar de nuevo al horizonte (ocaso). Esto ocurre todos los días del año con trayectorias diferentes entre el día de solsticio de invierno (21 de Diciembre) y el de verano (21 de Junio) pasando por los equinoccios de primavera (21 de Marzo) y otoño (21 de Septiembre). Entre esas dos trayectorias extremas se encuentra el Sol todos los días del año.

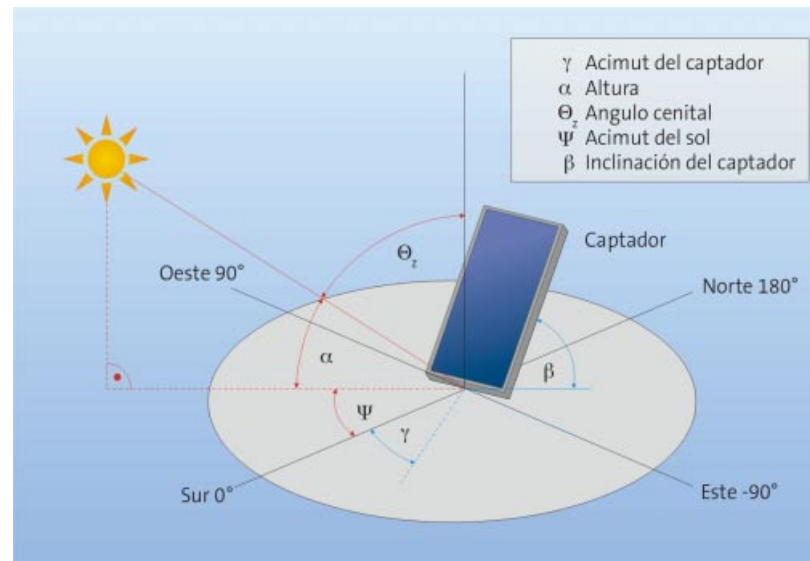
La altura máxima del sol se calcula con bastante facilidad:

- Equinoccios: $90^\circ - \text{latitud}$
- Solsticios: $(90^\circ - \text{latitud}) \pm 23^\circ 27'$
- Otros días: $(90^\circ - \text{latitud}) \pm \text{declinación solar}$

2. Recurso solar - Radiación solar

Geometría Sol-Tierra

Denominación de ángulos



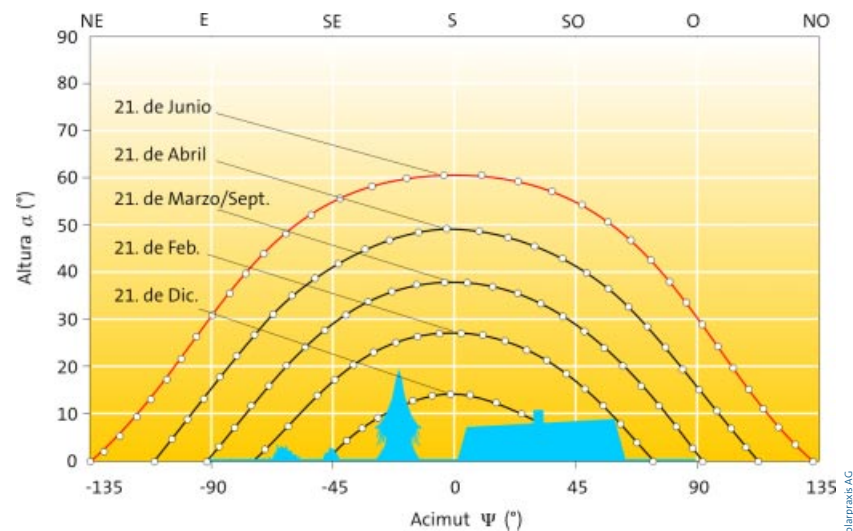
Ángulos significativos

Para situar una instalación solar correctamente es necesario conocer los ángulos más importantes de posición del sol y de los captadores.

2. Recurso solar - Radiación solar

Geometría Sol-Tierra

Diagrama de altura solar con perfil de obstáculos



Gráficas de posición del sol. Altura - acimut

Cada día del año, el sol sigue una trayectoria en la bóveda celeste cuyas dos coordenadas principales, acimut y altura vienen representadas en la gráfica.

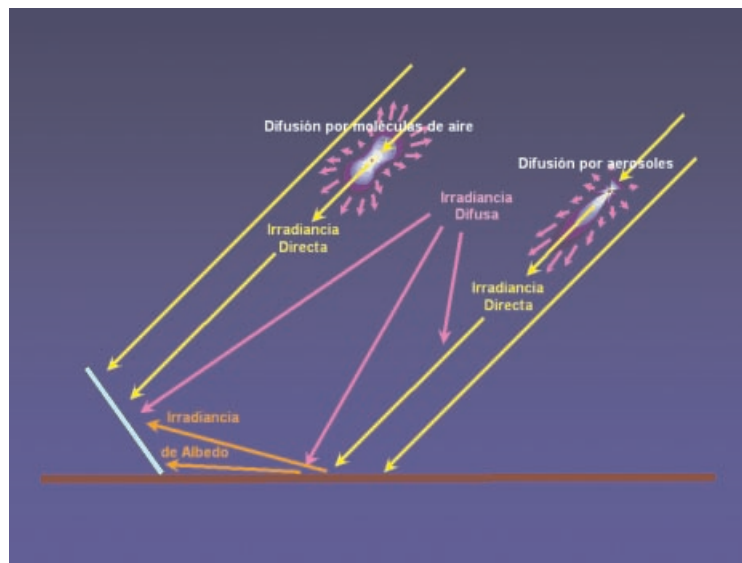
En ella también se pueden representar el acimut y la altura de los posibles obstáculos de una instalación solar determinada.

En esta gráfica se puede determinar, por tanto, los intervalos de tiempo y los días en los cuales la instalación solar no recibe directamente la radiación solar directa.

2. Recurso solar - Radiación solar

Interacción de la radiación solar con la atmósfera

Interacción de la radiación solar con la atmósfera



Valeriano Ruiz

Interacción de la radiación solar con la atmósfera

La radiación solar atraviesa la atmósfera y, en su recorrido, sufre modificaciones en su intensidad y en su dirección como consecuencia de su interacción con los componentes atmosféricos.

Las interacciones principales son de dos tipos:

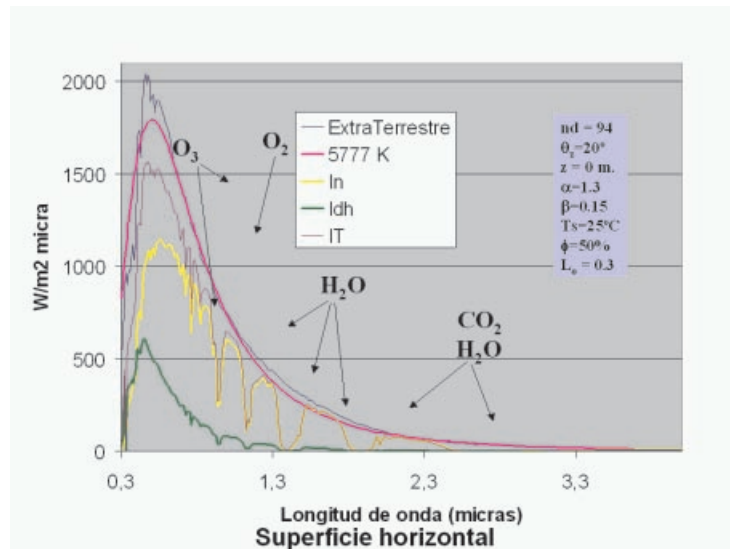
- **Absorción.** Los componentes atmosféricos de mayor tamaño (en relación con la longitud de onda de la radiación solar) pueden absorber totalmente el haz de radiación que les llega, disminuyendo la intensidad de la radiación. Por otro lado, este componente atmosférico aumenta su energía interna y, como consecuencia, su temperatura, con lo cual se convierten en emisores de radiación de onda larga que también inciden en parte sobre la Tierra, contribuyendo a la radiación difusa que llega.
- **Difusión.** Los componentes de menor tamaño (moléculas de aire, por ejemplo) producen variación de la dirección del haz de radiación provocándole una dispersión y dando lugar a la radiación difusa de onda corta que nos llega procedente de toda la bóveda celeste.

La figura esquematiza estas dos formas de interacción de la radiación con los componentes de la atmósfera.

2. Recurso solar - Radiación solar

Interacción de la radiación solar con la atmósfera

Radiación solar sobre la superficie terrestre



Valeriano Ruiz, José Manuel Pinazo

Radiación solar sobre la superficie terrestre

La radiación solar llega a la superficie terrestre una vez que ha atravesado la atmósfera con las consiguientes modificaciones en intensidad, dirección y composición espectral.

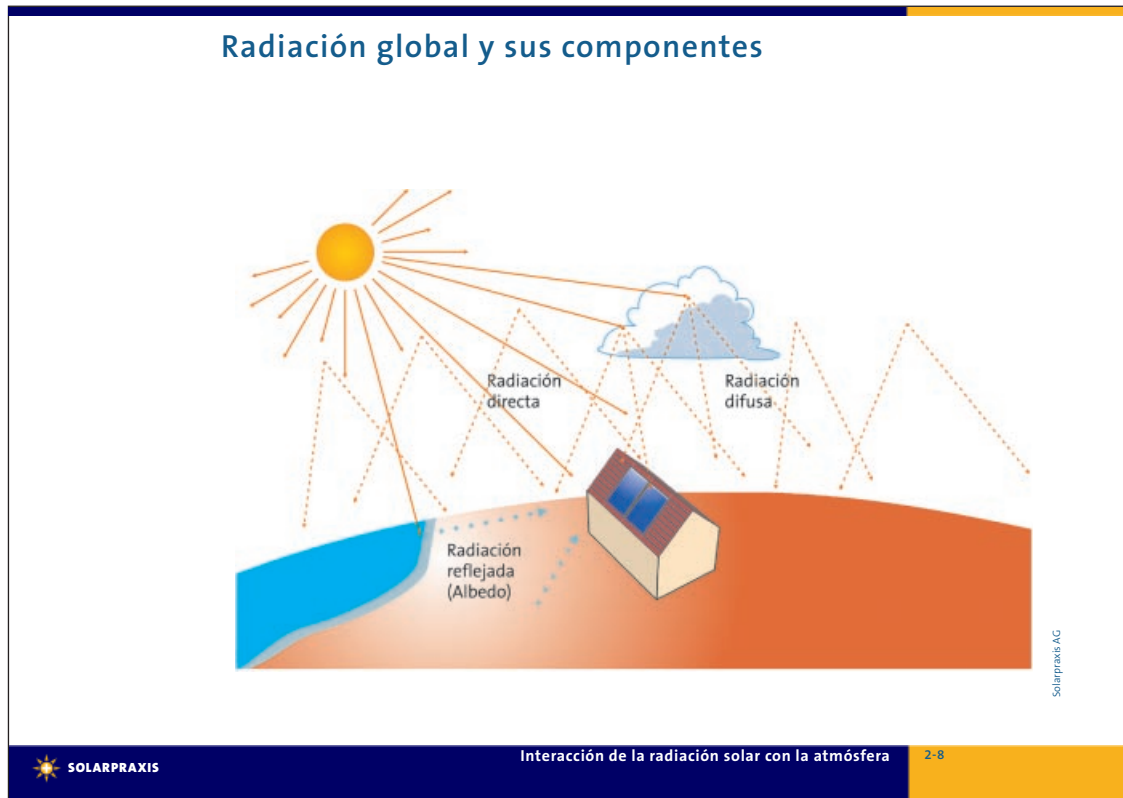
En la gráfica se muestran los siguientes espectros:

- De la radiación solar extraterrestre.
- De un radiador integral (cuerpo negro) a 5777 K equivalente a la radiación extraterrestre.
- De la radiación solar global a nivel del suelo, suponiendo que la atmósfera tiene la composición que se indica al margen.
- De la componente directa de la radiación solar.
- De la componente difusa de la radiación solar.

Como curiosidad debe hacerse notar que la componente difusa de la radiación, siendo menor en cantidad que la directa (en un día sin nubes) tiene una composición espectral de menor longitud de onda lo que la hace más utilizable por las plantas y eso explica el que en países donde hay menos radiación directa y global que en el nuestro, haya un buen crecimiento de las plantas.

2. Recurso solar - Radiación solar

Interacción de la radiación solar con la atmósfera



Radiación global y sus componentes

Después de lo visto hasta ahora queda claro que la radiación solar que llega a una instalación tiene las siguientes componentes que quedan de manifiesto en la imagen:

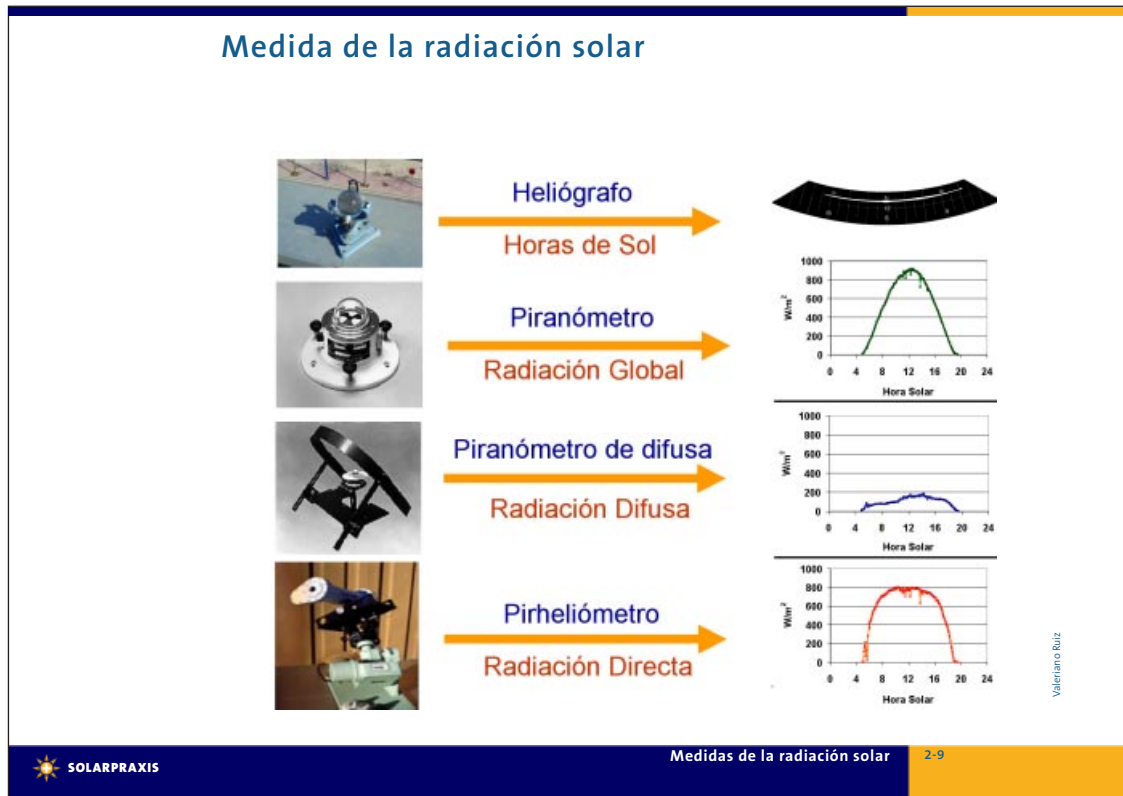
- Directa, que procede del disco solar sin modificación de su dirección.
- Difusa, procedente de toda la bóveda celeste.
- Reflejada que proviene del suelo circundante, como consecuencia de la reflexión que las componentes directa y difusa han producido en el suelo.

Las instalaciones solares térmicas sin concentración aprovechan las componentes directa, difusa y reflejada de la radiación solar. Las instalaciones de concentración solo aprovechan la componente directa.

Es obvio que el coeficiente de reflexión (albedo) del suelo tiene influencia en esta componente y que el ángulo de visión del suelo, desde los captadores de la instalación, también tiene gran importancia en la cantidad de radiación que llega a la instalación con este origen. En general, y en situaciones habituales, esta componente es pequeña.

2. Recurso solar - Radiación solar

Medidas de la radiación solar



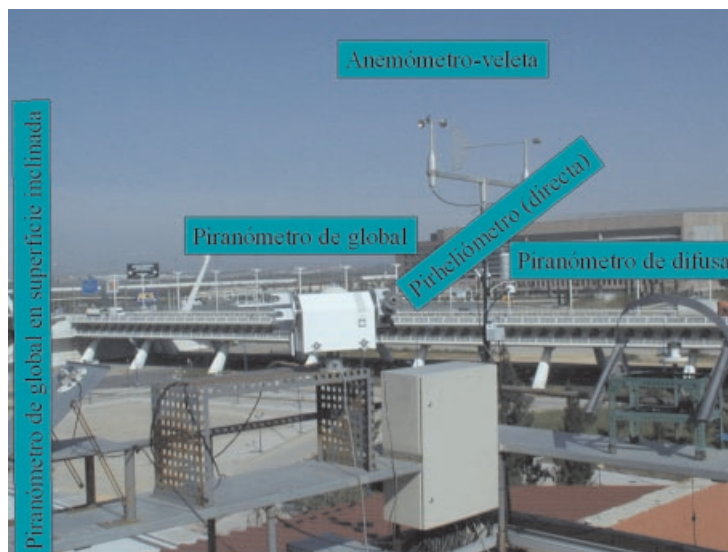
Medida de la radiación solar

- Piranómetro. Se trata de una pila termoeléctrica que produce una fuerza electromotriz (fem) cuando sobre él incide radiación solar. La medida de esta fem permite la determinación de la irradiancia solar (valor instantáneo en W/m^2). El montaje horizontal que se muestra mide la *irradiancia solar global horizontal*.
- Piranómetro de difusa. El mismo aparato anterior incorpora una “banda de sombra” que evita la componente directa de la radiación incidente. Este dispositivo permite la medida de la *irradiancia solar difusa*.
- Pirheliómetro. Mide la componente directa de la radiación solar. Requiere un “seguidor solar” y un colimador para mantener siempre al disco solar enfocado y ocultar el resto de la bóveda celeste. El sensor es una pila termoeléctrica. Mide la *irradiancia solar directa*.
- Heliógrafo. En realidad no mide radiación solar, sino el tiempo en el cual la radiación solar directa ha tenido un valor superior a uno umbral (aprox. $120\text{--}300 \text{ W/m}^2$). Conviene destacar que esta información sobre la radiación solar es la más abundante. La dificultad es conseguir una relación precisa con una variable energética como la irradiancia solar.

2. Recurso solar - Radiación solar

Medidas de la radiación solar

Estación de medida de radiación solar y variables meteorológicas



Valeriano Ruiz

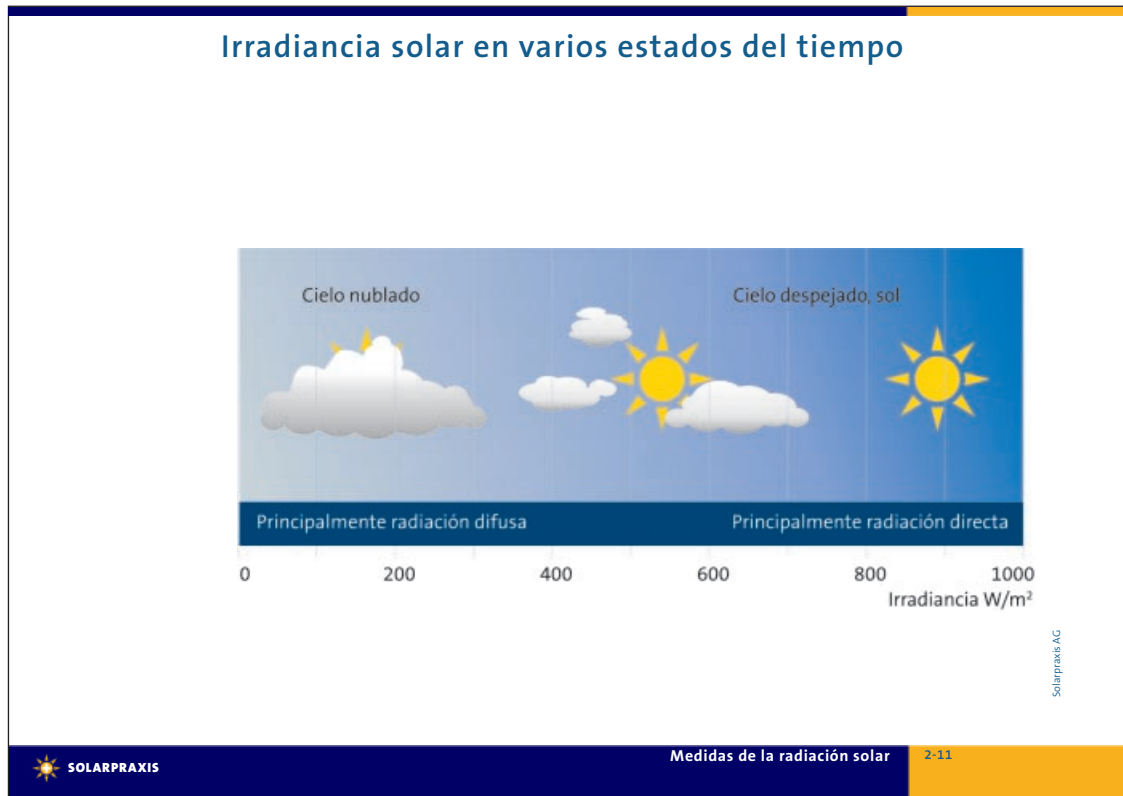
Estación de medidas de radiación solar

Una estación de medida de radiación solar debe incluir los dispositivos que se muestran en la fotografía, en la que se incluyen también dispositivos de medida de velocidad y dirección del viento y temperatura ambiente (seca y húmeda) y/o humedad relativa.

Conviene aclarar que hay en el mercado otros dispositivos para la medida de la radiación solar, basados en células fotovoltaicas, que, por su simplicidad y bajo precios, son muy abundantes. Es mejor eso que nada pero conviene saber que sus determinaciones son poco precisas y que requieren calibraciones frecuentes para poder validar sus medidas.

2. Recurso solar - Radiación solar

Medidas de la radiación solar



Radiación solar según los estados del tiempo

En la gráfica se muestran los valores aproximados de irradiancia solar global en superficie horizontal según el estado del tiempo. Como es obvio, los días despejados se alcanzan niveles de irradiancia altos (también depende de la época del año) que pueden ser del orden de 800 a 1000 W/m² mientras que los días totalmente nublados solo se tienen 200 W/m² e incluso menos.

Irradiancia solar es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie. Se expresa en W/m².

Irradiación solar es la energía de la radiación solar en un intervalo de tiempo determinado. Se expresa en J/m² y también en kWh/m².

Un día bueno del verano la irradiación puede alcanzar valores de 7 kWh/m².

2. Recurso solar - Radiación solar

Cálculos de la radiación solar

Cálculos de la radiación solar

PAIS:	ESPAÑA	Orientación:	0° (0° Orientación Sur o 180° Norte)
CIUDAD:	SEVILLA	Coef. albedo:	0,2
LATITUD:	37,4	Modelo de radiación:	Pérez
		Modelo de R _t :	Frutos

IRRADIACION DIARIA MEDIA MENSUAL

Inclin.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media anual
0°	2,31	3,16	4,54	5,49	6,54	6,94	7,09	8,4	5,22	3,72	2,78	2,06	4,88
5°	2,6	3,44	4,81	5,83	6,83	6,98	7,12	8,54	5,46	4,01	3,07	2,34	4,89
10°	2,86	3,73	5,07	5,79	6,89	7	7,14	8,67	5,7	4,3	3,38	2,6	5,88
15°	3,14	3,99	5,31	5,91	6,71	6,98	7,15	8,70	5,9	4,57	3,67	2,85	5,24
20°	3,38	4,23	5,51	6	6,7	6,88	7,07	8,8	6,96	4,9	3,94	3,08	5,37
25°	3,8	4,44	5,88	6,05	6,85	6,78	6,98	8,8	8,19	5,01	4,18	3,29	5,47
30°	3,8	4,63	5,8	6,05	6,88	6,62	6,85	8,78	8,27	5,18	4,8	3,48	5,53
35°	3,97	4,78	5,8	6,02	6,42	6,43	6,87	8,96	8,32	5,31	4,88	3,66	5,88
40°	4,12	4,9	5,95	5,98	6,25	6,2	6,85	8,95	8,32	5,42	4,74	3,79	5,88
45°	4,24	4,98	5,95	5,88	6,03	5,94	6,2	8,39	8,28	5,48	4,88	3,91	5,81
50°	4,33	5,05	5,94	5,72	5,78	5,64	5,9	8,18	8,2	5,51	4,85	4	5,43
55°	4,38	5,07	5,87	5,55	5,49	5,52	5,59	5,94	8,08	5,51	5,01	4,07	5,32
60°	4,45	5,07	5,77	5,34	5,18	4,98	5,23	5,85	8,02	5,47	5,04	4,11	5,18
65°	4,43	5,02	5,83	5,1	4,83	4,58	4,85	5,35	8,73	5,38	5,03	4,12	5,81
70°	4,41	4,95	5,45	4,83	4,5	4,2	4,40	5	5,43	5,28	4,89	4,1	4,8
75°	4,35	4,84	5,24	4,53	4,11	3,78	4,04	4,63	5,22	5,13	4,81	4,05	4,57
80°	4,27	4,7	4,99	4,2	3,71	3,37	3,6	4,23	4,82	4,86	4,8	3,98	4,31
85°	4,15	4,53	4,72	3,84	3,28	2,94	3,16	3,82	4,59	4,73	4,88	3,89	4,83
90°	4,01	4,33	4,41	3,47	2,87	2,53	2,73	3,36	4,23	4,49	4,49	3,76	3,73

Modelo de radiación: Pérez Modelo R_t: Frutos Unidades: kWh/m²

Valeriano Ruiz

Cálculos de radiación solar

Las instalaciones solares se colocan en diferentes inclinaciones y orientaciones en las que no se dispone de medidas de radiación solar. Por ello, se han desarrollado procedimientos de cálculo de irradiancia e irradiación (energía solar en un intervalo de tiempo, una hora, un día, un mes, etc.) a partir de valores medidos y tratados estadísticamente en superficie horizontal.

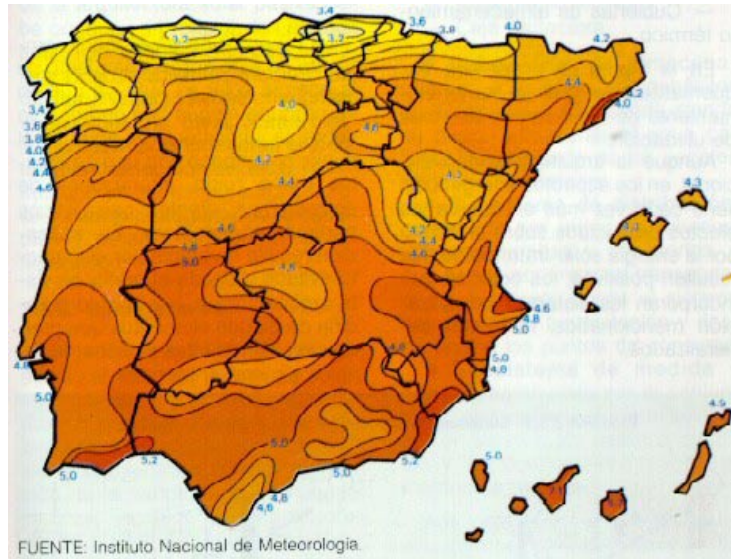
En esta diapositiva se incluyen algunos de estos valores calculados para una ciudad española, Sevilla, de la que se dispone de abundantes valores medidos, que han servido para contrastar la validez del método empleado.

La calidad de los datos de partida (irradiación global en superficie horizontal) condiciona extraordinariamente la validez del resultado final. Hay varias fuentes - aunque ninguna fiable - para obtener los datos de partida y los valores calculados en superficie inclinada.

La base de datos más completa es la que proporciona CENSOLAR y el tratamiento más preciso es el que realiza el grupo de Termodinámica y Energías Renovables de la Universidad de Sevilla.

CIEDIC
CENTRO ESPAÑOL DE INFORMACIÓN DEL COBRE

Radiación global - valor diario mediano en superficie horizontal



Instituto Nacional de Meteorología

Aquí incorporamos un mapa de radiación global en superficie horizontal de España, obtenido por el Instituto Nacional de Meteorología. La unidad representada es kWh/m².

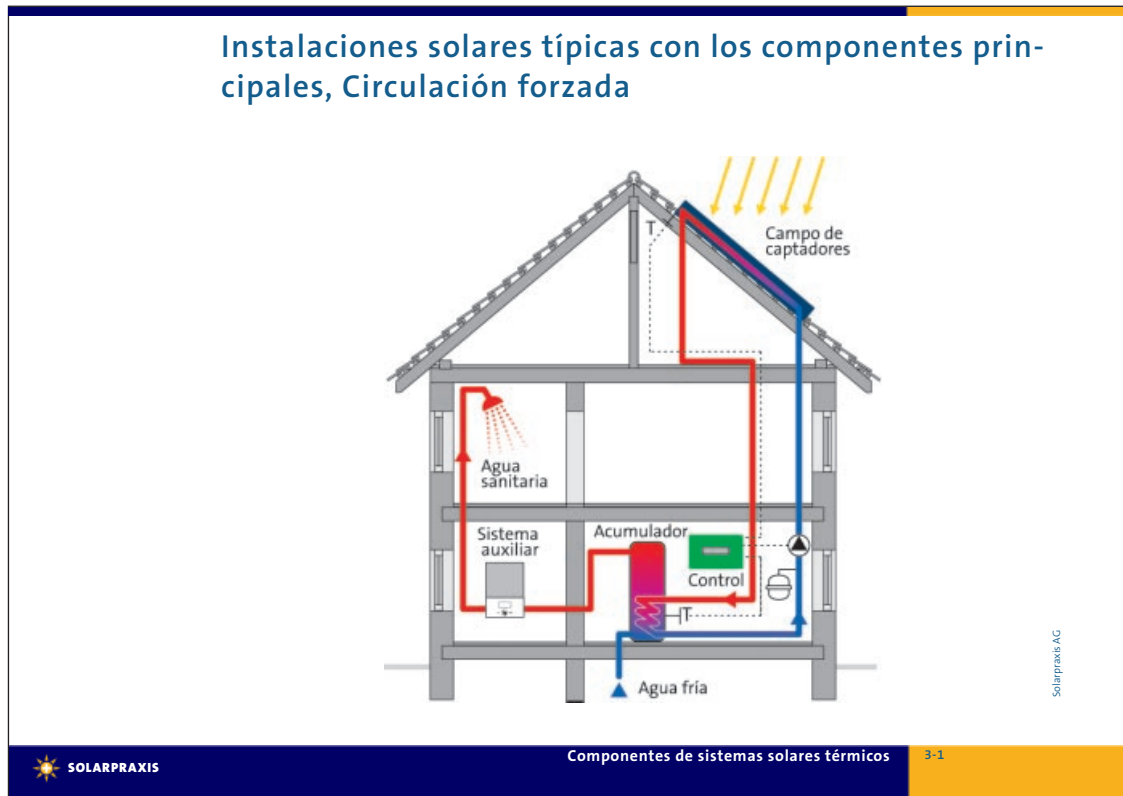
3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

- Componentes de sistemas solares térmicos
- Componentes
- Acumuladores
- Intercambiadores de calor
- Vasos de expansión
- Otros componentes
- Subsistemas de instalaciones solares térmicas

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes de sistemas solares térmicos



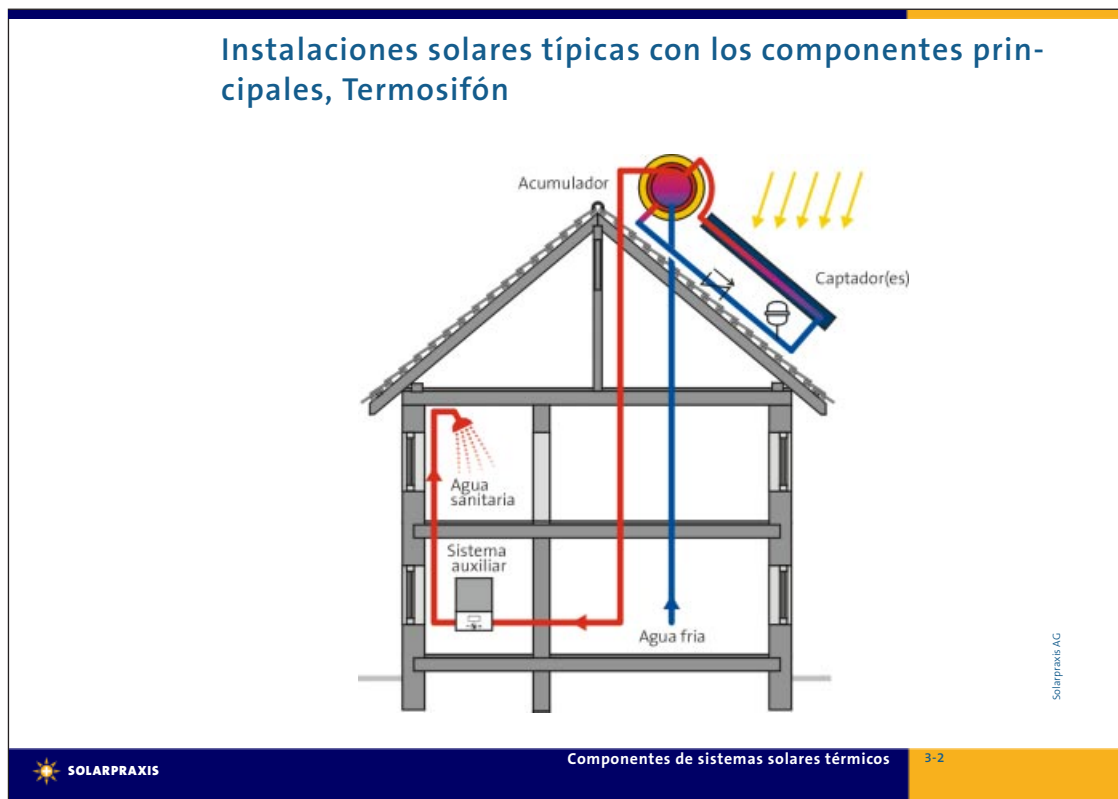
Circulación forzada

En la imagen se puede apreciar una instalación solar térmica para agua caliente en una vivienda. Es la instalación que consideramos más típica por las siguientes razones:

- Es de circuito indirecto (cerrado) y forzado. Es decir, el fluido que pasa por los captadores es independiente del agua de consumo con lo cual se puede utilizar un fluido con anticongelante y anticorrosivos con lo cual se evitan los problemas de heladas y de corrosión de manera que la instalación tiene mayor durabilidad y es más fiable. Al ser de circulación forzada (con una bomba) se puede integrar mejor la instalación en la cubierta de la vivienda ya que el acumulador se puede instalar en el interior con la ventaja adicional de tener menos pérdidas térmicas y mayor durabilidad.
- El sistema auxiliar se coloca en serie con el consumo y, al ser una caldera de combustión se consigue mayor rendimiento final en el pequeño consumo que significa y, sobre todo, al emplear como energía auxiliar una fuente almacenable, solo se consume cuando se necesita.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes de sistemas solares térmicos



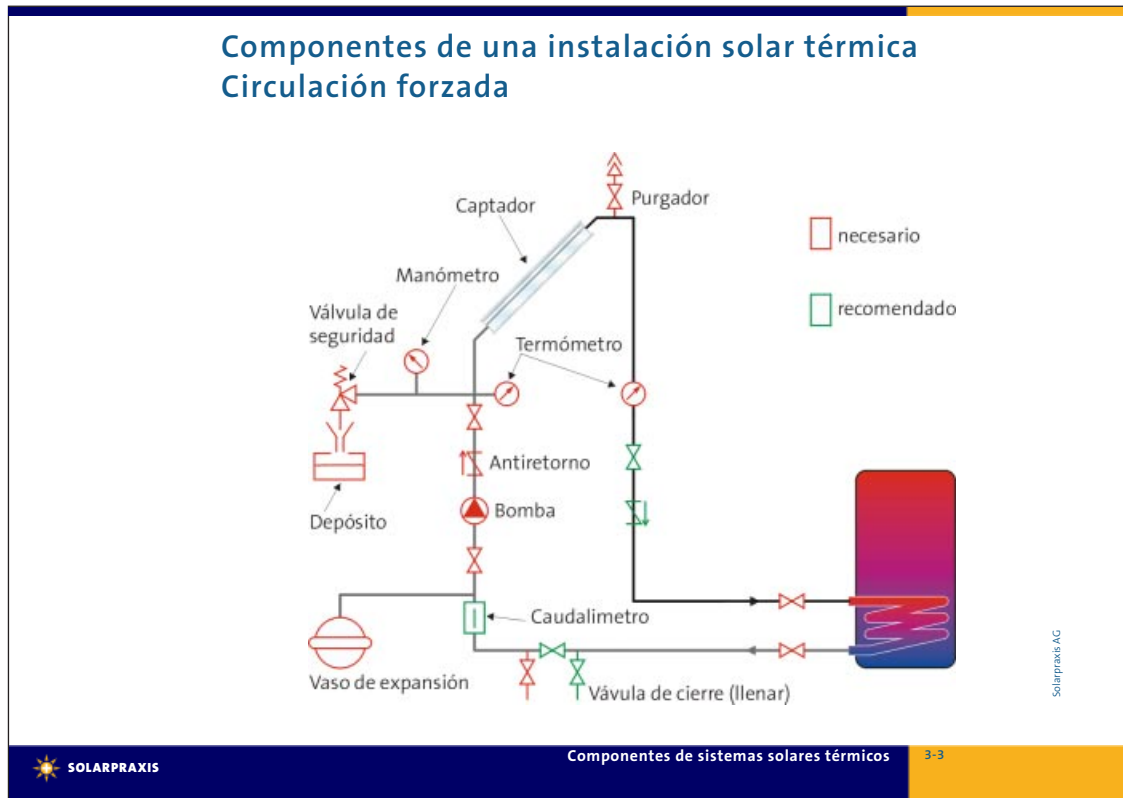
Circulación por termosifón

Como en el caso anterior, esta instalación solar térmica es muy típica porque presenta ventajas sobre la anterior, aunque también inconvenientes:

- Es de circulación natural o termosifón. Puede ser de circuito indirecto (la que se esquematiza en el dibujo) o de circuito directo, solo válida en determinadas circunstancias de calidad del agua y sin riesgo de heladas.
- Ventaja principal. Más sencilla y más barata.
- Inconvenientes principales. Menos integrabilidad (y, por tanto, mayor impacto visual) al tener el depósito acumulador en las proximidades de los captadores y, normalmente, en el exterior. Menos durabilidad al ser menos controlable y poder ocurrir sobrecalentamientos en épocas de poca utilización y mucha radiación solar.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes de sistemas solares térmicos



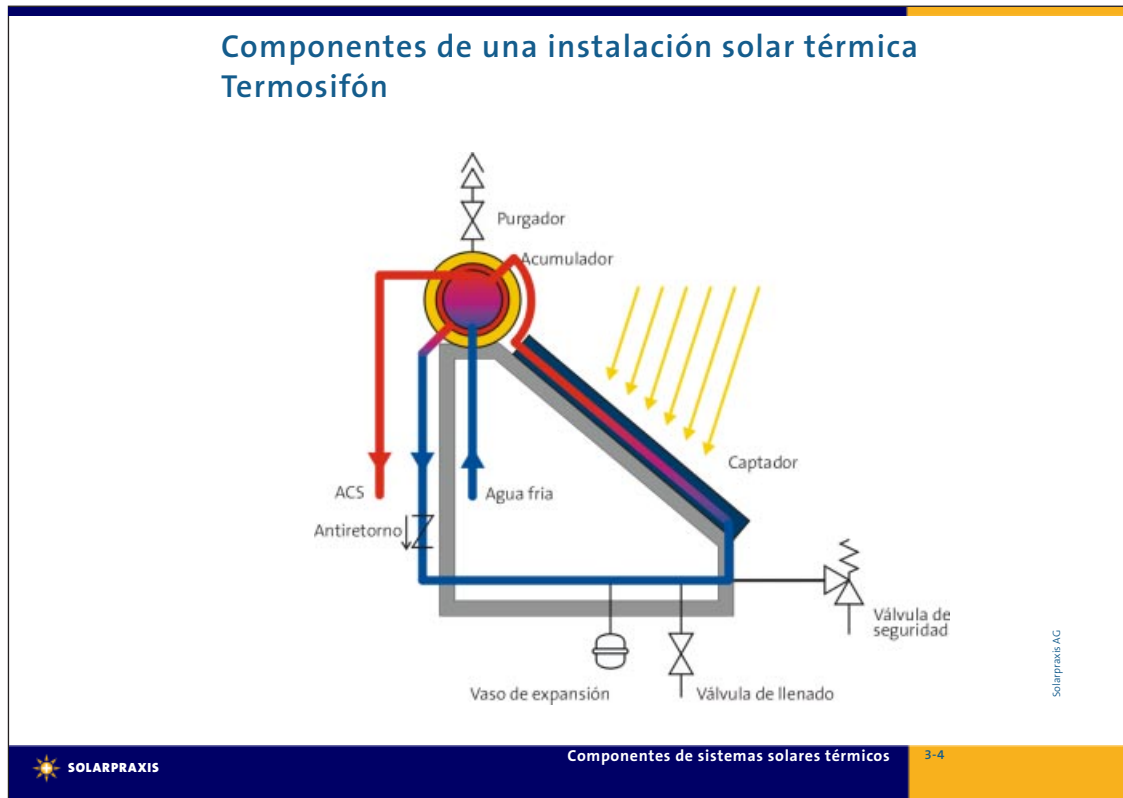
Componentes de una instalación solar de circulación forzada y circuito indirecto

En la figura se pueden apreciar los componentes de una instalación solar típica:

- Campo de captadores
- Acumulador
- Bomba
- Tuberías
- Vaso de expansión
- Purgador
- Diversos tipos de válvulas
- Sensores de temperatura y de presión
- Algunos elementos recomendados aunque no necesarios.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes de sistemas solares térmicos



Componentes de una instalación solar de circulación por termosifón y circuito indirecto

En la figura se pueden apreciar los componentes de una instalación solar de termosifón típica:

- Campo de captadores
- Acumulador
- Tuberías
- Vaso de expansión
- Purgador
- Diversos tipos de válvulas
- Sensores de temperatura y de presión

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

Captador solar térmico plano



Captador solar térmico de baja temperatura

Un captador solar térmico es un dispositivo que transforma la radiación solar en energía interna de un fluido, normalmente agua o aire.

Sobre todo debe tener una larga vida útil, de varias décadas.

Las características generales que debe reunir un captador solar térmico son las siguientes:

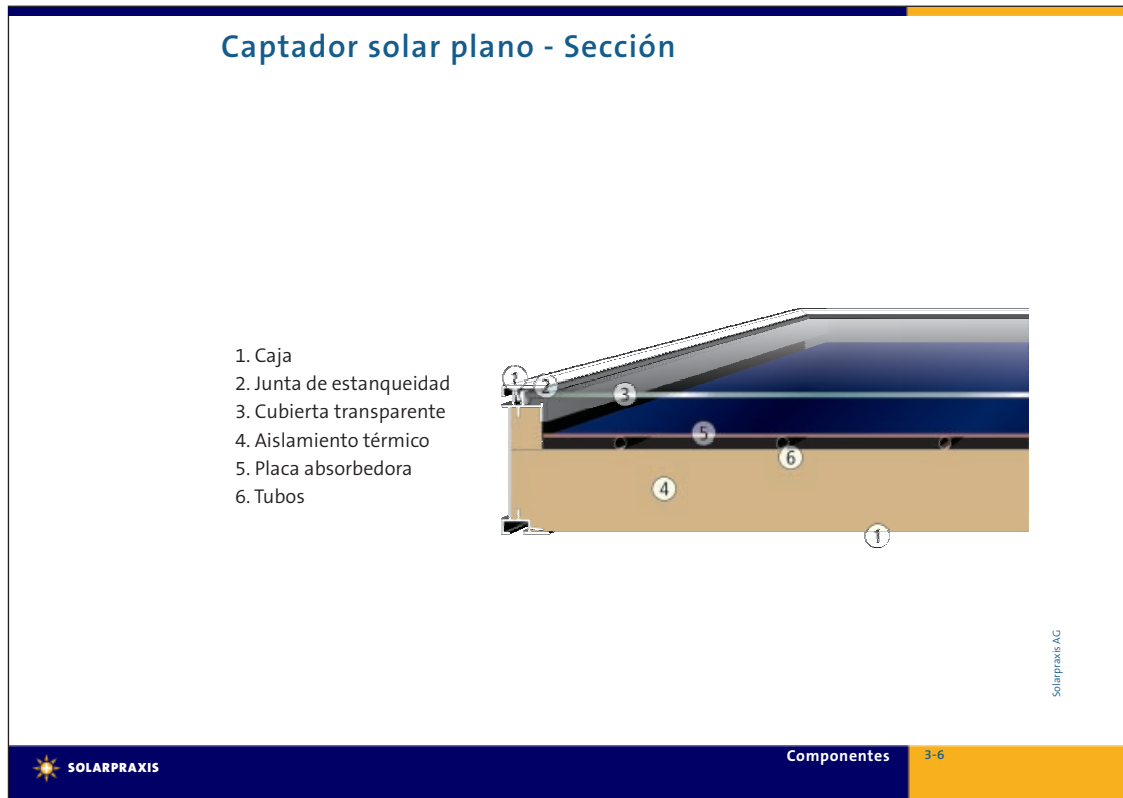
- Resistente a las condiciones exteriores (ambientes marinos, polvo, nieve, granizo, etc.)
- Resistentes a temperaturas altas y bajas
- Estable y duradero
- Fácil de montar
- Eficiente en conversión de energía

Estas características son las que se exigen en las normativas vigentes y las correspondientes certificaciones exigidas en los programas de fomento.

Normas UNE 94101, EN 12975, ISO 9806 e INTA 610001.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



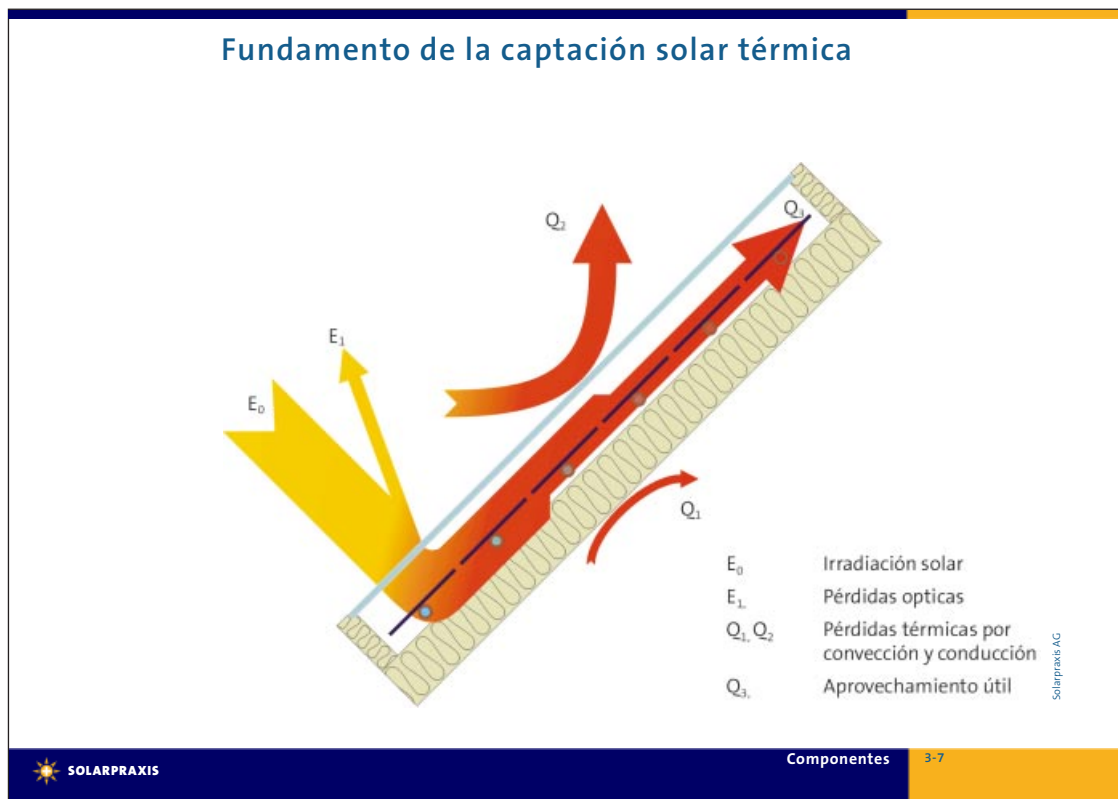
Captador solar térmico de baja temperatura

Están formados por los siguientes elementos fundamentales:

- **Placa absorbedora.** Es la parte del dispositivo donde se produce la conversión de la radiación en energía interna del fluido que debe estar en el interior de la placa absorbedora. Normalmente construida de metal cubierta de pintura o tratamiento negro que tenga una alta absorción a la radiación solar. Mejor aún si tiene, al mismo tiempo, una baja emisividad en longitudes de onda larga. En este último caso es lo que se llama una superficie selectiva.
- **Cubierta transparente.** Es otro elemento de importancia en un captador solar térmico. Se encarga de producir el efecto invernadero sobre la placa absorbedora, dejando pasar en su mayor parte (alta transmitancia) la radiación solar incidente e impidiendo la salida (baja transmitancia) de la radiación infrarroja producida en la placa absorbedora.
- **Aislamiento térmico.** Sirve para disminuir las pérdidas térmicas por la cara posterior y los laterales del captador.
- **Carcasa.** Es la caja que contiene a todos los elementos del captador y sirve sobre todo para protegerlos del exterior. Las hay de muchos tipos y materiales.
- **Junta de la cubierta transparente.** Es un material elástico cuya función principal es mantener la estanqueidad del captador impidiendo la entrada de agua cuando hay lluvia.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Fundamento de la captación solar térmica

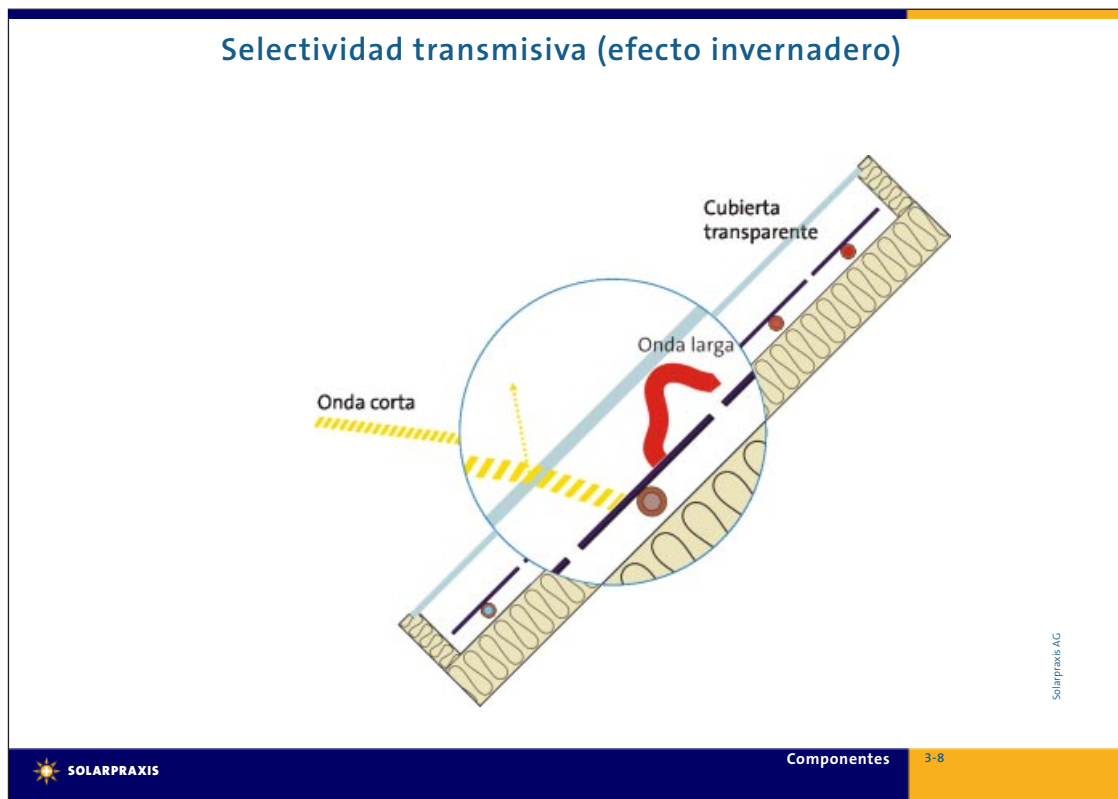
El esquema explica los principales intercambios energéticos de un captador solar térmico.

Pérdidas ópticas: por reflectividad, del 4-6 % de la irradiancia incidente, dependiendo del tipo de vidrio. Si la cubierta transparente no es vidrio, la reflectividad puede ser muy diferente.

Pérdidas térmicas: Básicamente las mayores pérdidas térmicas en un captador solar se producen por la cara anterior (cubierta transparente) en aproximadamente un 80 % del total de las pérdidas. El resto se pierde por la cara posterior y los laterales dependiendo del aislamiento térmico que se incorpore y de las condiciones de temperatura y velocidad del viento exteriores.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Selectividad transmisiva (efecto invernadero)

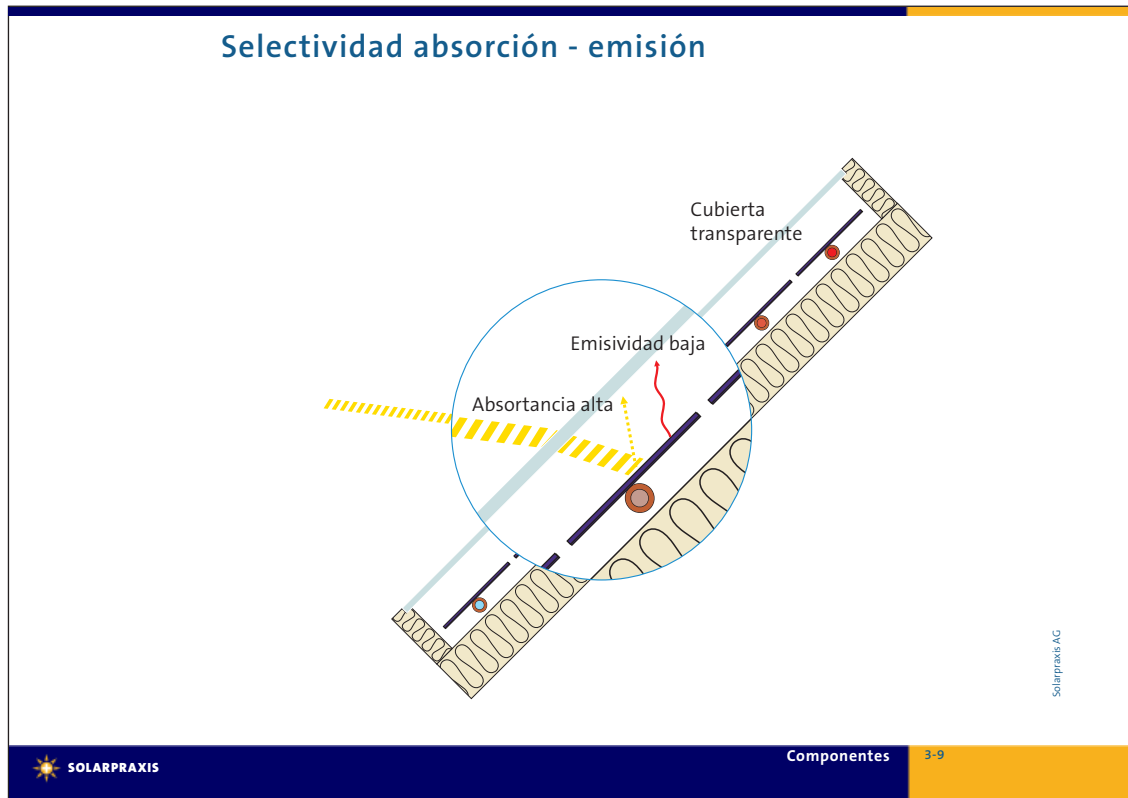
El funcionamiento de un captador solar térmico se basa en dos propiedades de algunos materiales:

- *Selectividad transmisiva.* Que tienen ciertos materiales (vidrio y plásticos transparentes) con altos valores de transmitancia en las longitudes de onda corta de la radiación solar ($0,2 - 3 \mu\text{m}$) y, al mismo tiempo, baja transmitancia en las longitudes de onda larga ($10 - 14 \mu\text{m}$) en las que emiten los cuerpos a las temperaturas de la placa absorbente.

En definitiva, un buen captador solar térmico debe aceptar el máximo posible de radiación solar (transmitancia elevada), absorber la mayor parte (absortancia elevada), emitir la menor posible y dejar salir la menor posible (transmitancia baja en onda larga).

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

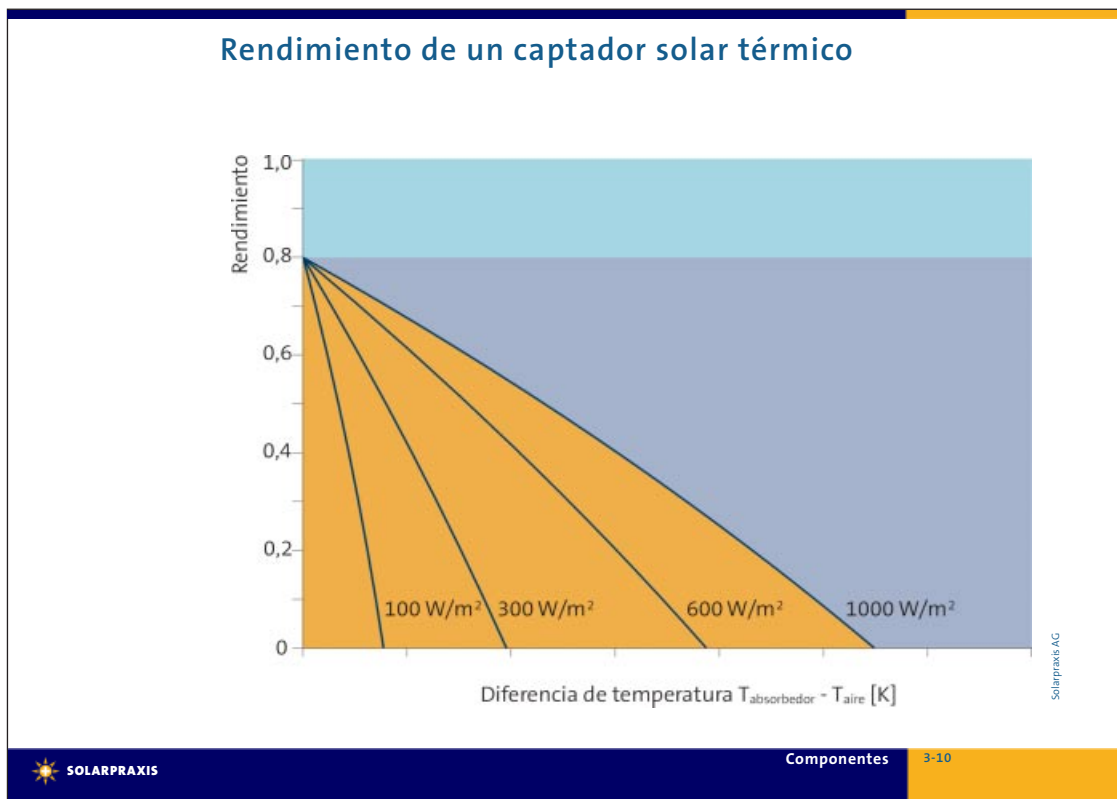


Selectividad absorción - emisión

Consiste en un valor alto de la absortancia en las longitudes de onda corta de la radiación solar (entre 0,2 y 3 μm) que incide sobre el captador y un bajo valor de la emisividad en las longitudes de onda larga en que emite el captador a su temperatura de funcionamiento.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

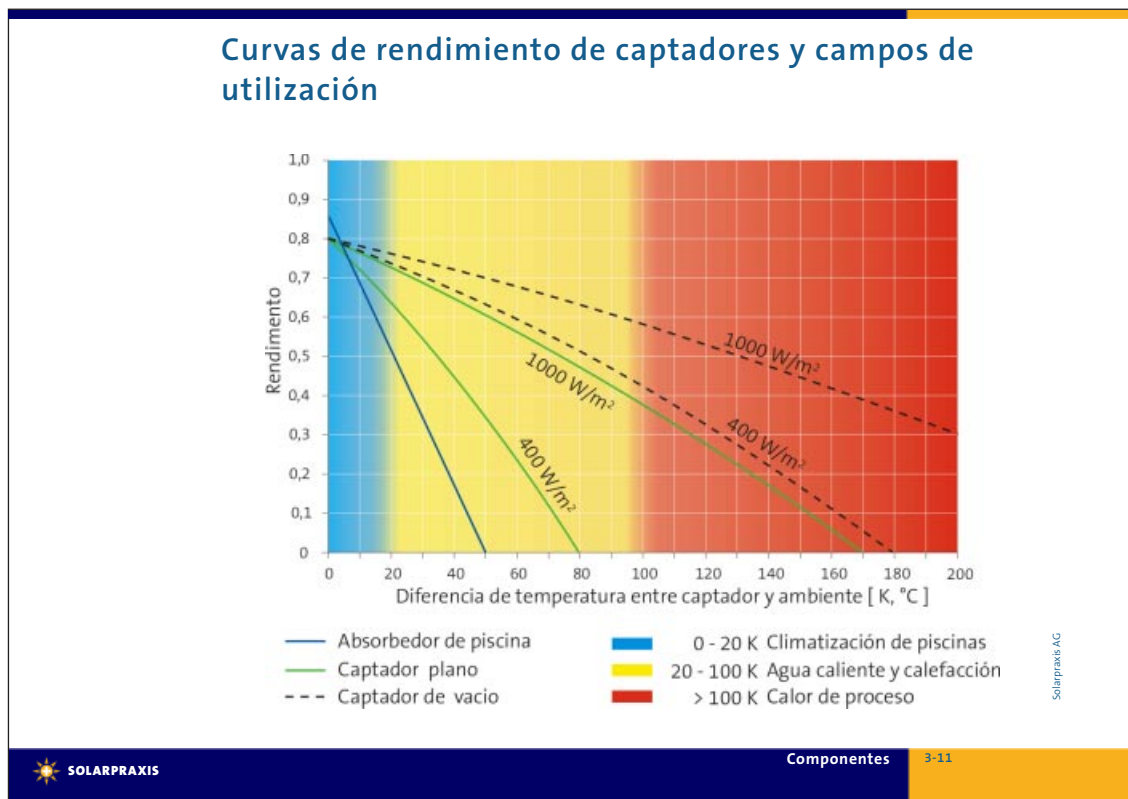


Rendimiento de un captador solar térmico

El rendimiento de un captador solar térmico (energía absorbida/energía solar incidente) depende de la diferencia de temperatura entre el absorbedor y el ambiente para cada nivel de irradiancia. Para una diferencia de temperatura dada, el rendimiento es mayor cuanto mayor es la irradiancia solar.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Curvas de rendimiento de captadores y campos de utilización

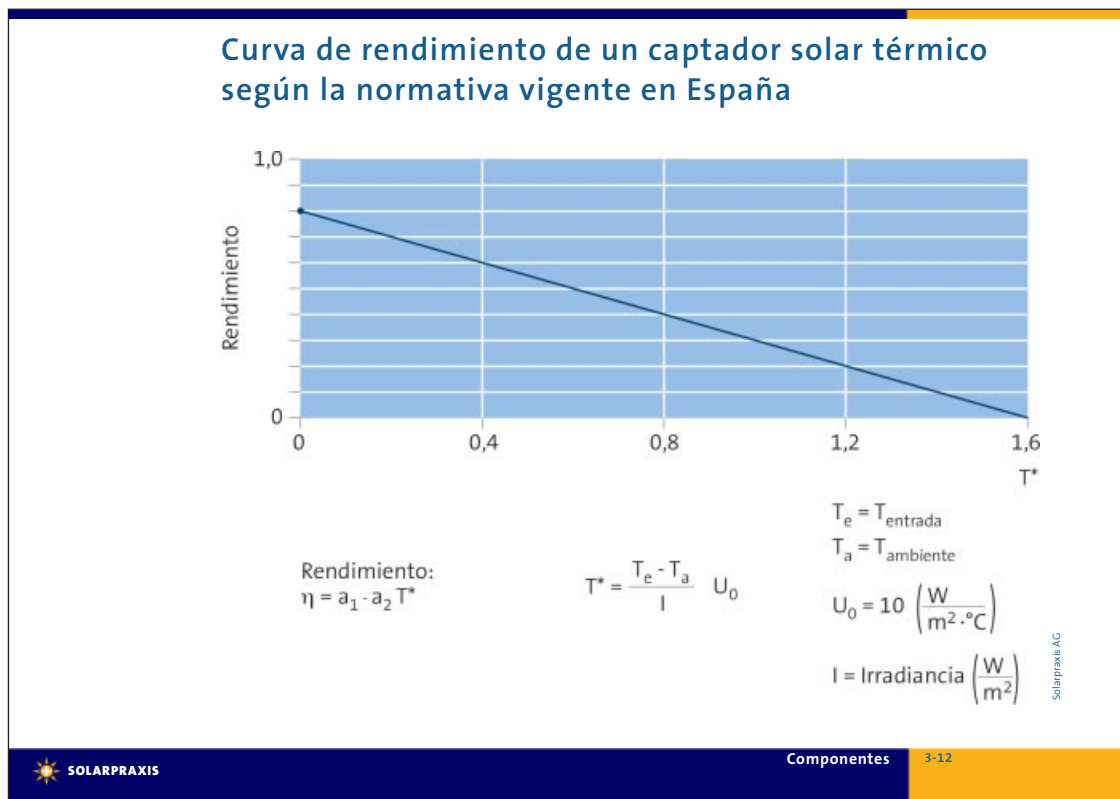
Los diferentes tipos de captadores tienen comportamientos muy variados y son de utilidad preferente para diversas aplicaciones. En la gráfica se pueden observar estas características básicas, desde los captadores sin cubierta transparente que se suelen emplear para calentamiento de piscinas hasta captadores de vacío o CPCs que se pueden emplear para activar máquinas de refrigeración o climatización por absorción.

Es importante tener en cuenta que un determinado captador puede llegar a alcanzar temperaturas elevadas cuyo límite se tiene en la gráfica por el punto de corte de la curva de rendimiento y el eje de abscisas. A este valor hay que sumarle la temperatura ambiente de ese instante, dando lugar a la llamada „temperatura de estancamiento“.

Esta circunstancia de que en el captador se alcancen las temperaturas de estancamiento no es infrecuente por lo que hay que tenerlo muy en cuenta.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Curva de rendimiento de un captador solar térmico según la normativa vigente en España

En España todos los captadores solares térmicos deben estar homologados por el Ministerio responsable a partir de un informe de comportamiento energético realizado por el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial), como el que se presenta en la figura.

Se puede observar que la curva de rendimiento de un captador solar térmico es una línea recta cuya ordenada en el origen representa las pérdidas ópticas del captador y la pendiente las pérdidas térmicas.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

Captador sin cubierta transparente



Captador sin cubierta transparente

Tienen muchas pérdidas térmicas, se fabrican de materiales plástico y se usan sobre todo en aplicaciones que requieren temperaturas poco elevadas, como por ejemplo el calentamiento de piscinas.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

Captador solar térmico „normal“



Captador solar térmico „normal“

Es el más frecuente en las aplicaciones por lo que se explicará con más detalle en adelante. La principal aplicación es para la producción de agua caliente sanitaria.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

Captadores planos especiales



Valeriano Ruiz

Captadores planos especiales

Cuando se quieren obtener temperaturas superiores a las que producen los captadores „normales“ se disminuyen las pérdidas térmicas aplicando diversas técnicas.

En función de esas técnicas podemos hacer la siguiente clasificación:

- *De vacío*: En este tipo de captadores se hace vacío entre el absorbedor y un tubo de vidrio para disminuir las pérdidas térmicas.
- *CPC (Compound Parabolic Concentrator)*: Con estos captadores se aumenta la radiación sobre el absorbedor. Incorporan una pequeña concentración óptica mediante espejos parabólicos y se disminuye la superficie de emisión del absorbedor con lo cual se disminuyen las pérdidas térmicas.
- *TIM (Transparent Insulation Materials)*: Los captadores de este tipo incorporan una cubierta transparente con propiedades aislantes que disminuyen las pérdidas térmicas por la cara anterior del captador.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Definiciones de área en un captador plano

Las prestaciones energéticas de un captador solar suelen referirse a un „área de referencia“ que es necesario definir con precisión.

En concreto no suele emplearse como área de referencia el área total del captador, es decir el producto de la longitud por la anchura exterior del captador.

En la norma europea de ensayo de captadores (EN 12975-2) se hace referencia tanto al área de apertura (área que atraviesa la radiación incidente) como al área del absorbedor.

Por todo ello es muy conveniente definir con claridad a que área del captador nos referimos en cada caso. Por ejemplo al dar como información de un captador su coeficiente global de pérdidas (W/m^2K) según que se emplee el área de apertura o el área de absorbedor pueden resultar números diferentes.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes



Formas más frecuentes de placa absorbedora

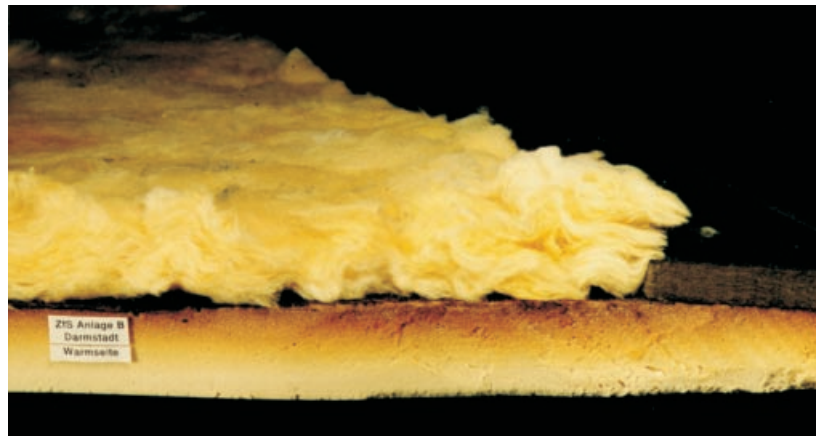
La experiencia de los últimos años ha llevado a diseños de placas absorbedoras diversos que son los más frecuentes en los productos actuales del mercado solar. La elección del diseño más adecuado para una determinada aplicación debe hacerse en función sobre todo de las conexiones y de la distribución interna del fluido en el captador.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la sección de los tubos que suelen conformar una placa absorbedora ya que condicionan las pérdidas de carga y por tanto el comportamiento hidráulico del conjunto de la instalación. (Ver capítulo 6)

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Componentes

Aislamiento térmico de los captadores



Solarpraxis AG

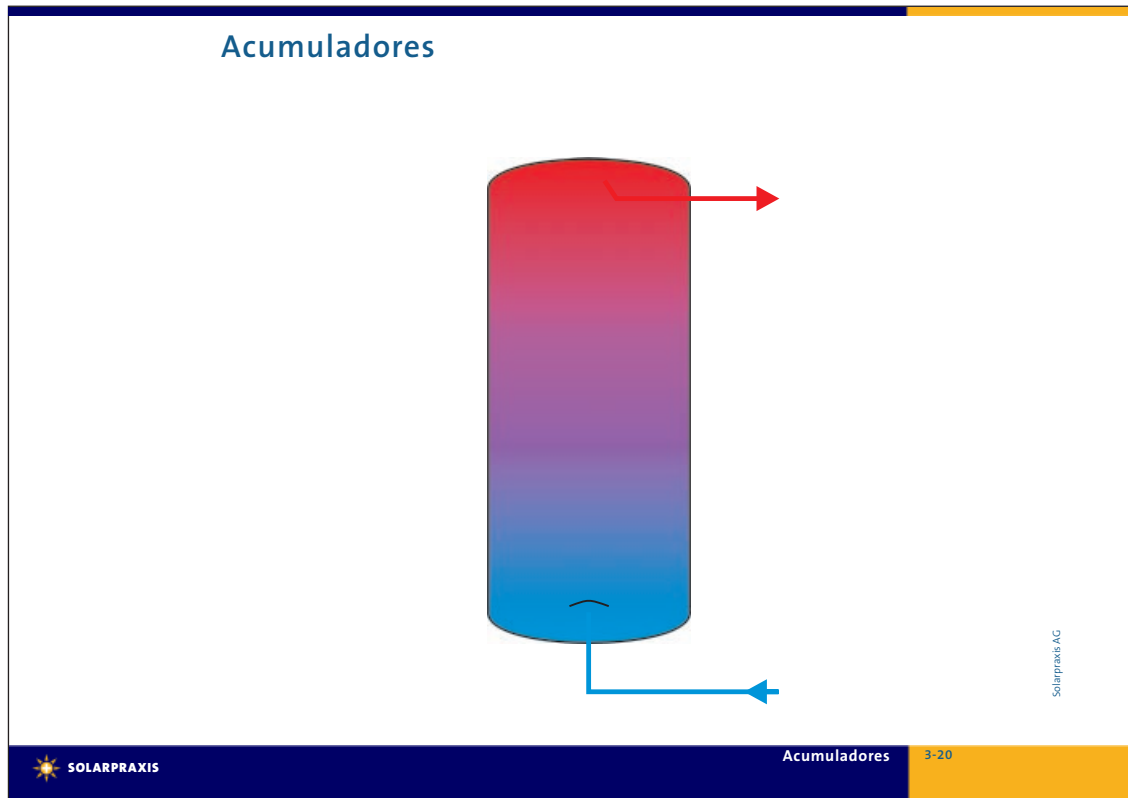
Aislamiento térmico de los captadores

En un captador térmico bien diseñado y construido las pérdidas térmicas que se evitan con el aislamiento de la parte posterior y lateral del mismo son del orden del 20 % de las pérdidas térmicas totales. Para conseguirlo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Material que resista las altas y bajas temperaturas, que no pierda características aislantes con la humedad y que sea abundante, barato y no contaminante.
- Espesor adecuado para conseguir el aislamiento deseado

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Acumuladores



Acumuladores

Una instalación solar térmica requiere la existencia de acumulación de energía que permite ajustar en el tiempo la oferta (el Sol) y la demanda (el agua caliente en el momento en que el usuario la quiera).

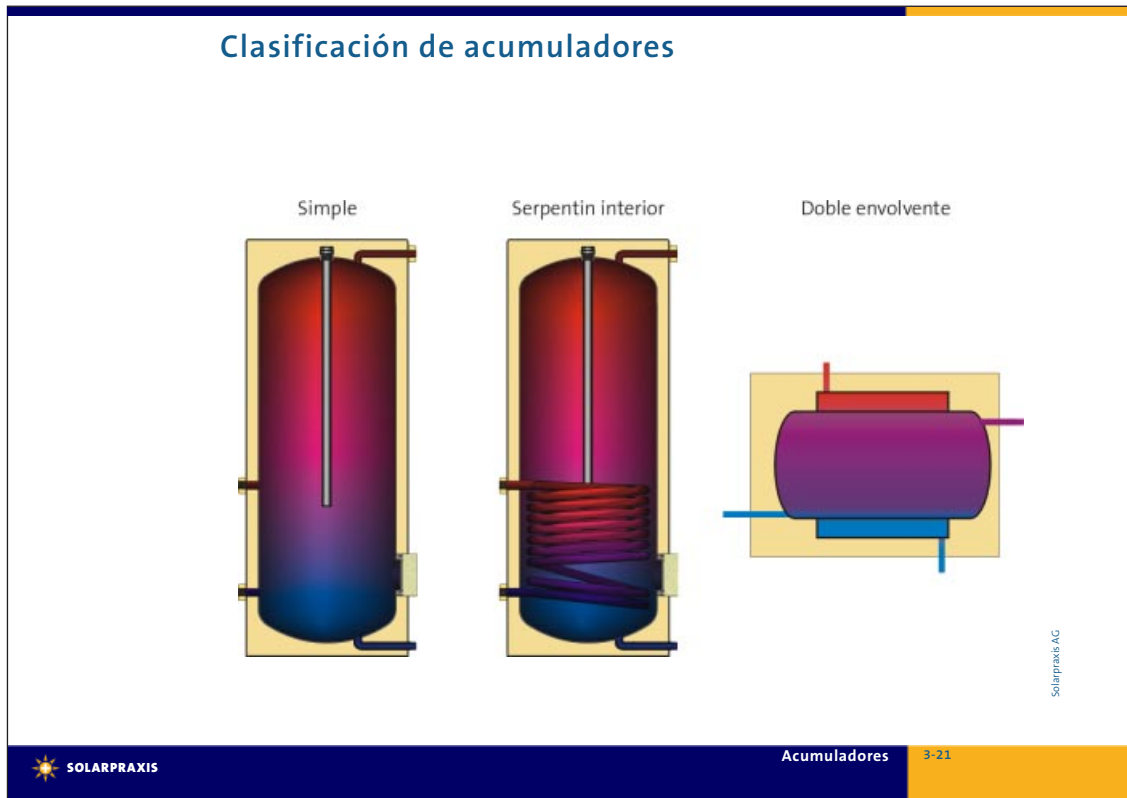
Un acumulador es el elemento de la instalación solar térmica que permite almacenar energía térmica con las mínimas pérdidas energéticas posibles.

Los más frecuentes en las instalaciones actuales suelen ser depósitos aislados térmicamente que pueden incorporar (o no) un intercambiador de calor.

Los aspectos más importantes de un acumulador son su resistencia mecánica, su durabilidad y la calidad del aislamiento que se mide en W/K (vatios dividido por Kelvin). Mientras menor es el coeficiente de pérdidas (que depende de la naturaleza y del espesor del aislamiento) mejor comportamiento tiene el acumulador.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Acumuladores



Clasificación de acumuladores

Según tres criterios fundamentales:

- Posición horizontal o vertical
- Sin intercambiador o con intercambiador incorporado. En este último caso, de serpentín o de doble envolvente.
- Por el material empleado

Para ciertas aplicaciones (por ejemplo en instalaciones mixtas de ACS y calefacción) existen diseños especiales.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Acumuladores

Detalles técnicos de los acumuladores



Detalles técnicos de los acumuladores

No olvidar conectar correctamente las tuberías a las tomas correspondientes en el acumulador. No es lo mismo la entrada que la salida.

Los acumuladores deberán soportar temperaturas de hasta 120 °C.

También es muy importante la protección a la corrosión.

Es muy importante que el acumulador tenga el correspondiente “ánodo de sacrificio” que puede ser de magnesio y si no, los de “corriente parásita” que hay que comprobar anualmente y cambiar cuando sea necesario (de 2 a 5 años).

- Los acumuladores de acero inoxidable son duraderos pero más costosos.
- Se emplea mucho el esmaltado. En ese caso (esmaltado interno) el acumulador correspondiente puede tener una vida útil muy larga.
- Los de plástico no se recomiendan como acumuladores principales por problemas de soporte de presión y temperatura e incluso por higiene.
- Tampoco se recomiendan los de zinc.

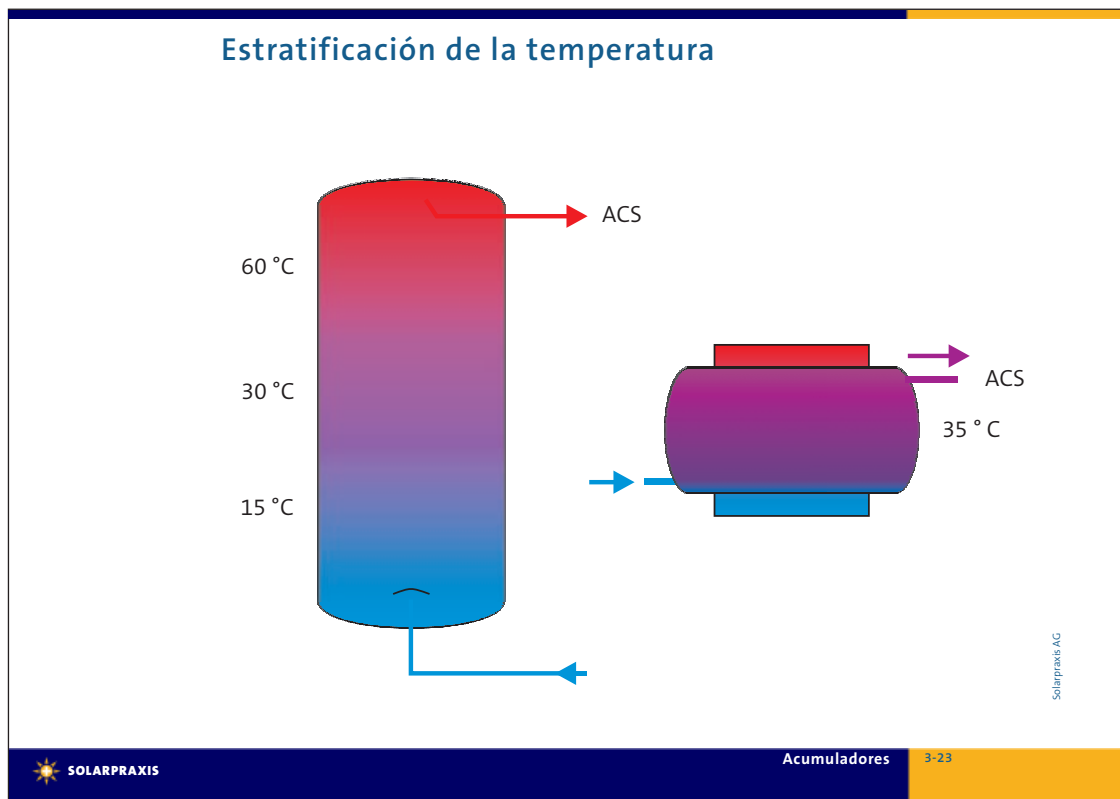
El depósito tiene que cumplir el Real Decreto 769/1999.

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social. Contraseña y fecha de registro. Número de fabricación. Volumen neto de almacenamiento, en litros. Presión máxima de servicio.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Acumuladores



Estratificación de la temperatura

Un buen diseño de un acumulador debe permitir que se produzca “estratificación”, es decir que la temperatura del agua se distribuya verticalmente. Con esto se mejora el funcionamiento de la instalación.

La principal ventaja de la estratificación de temperatura es que mejora el rendimiento de la instalación ya que el agua más caliente se sitúa en la parte más alta del acumulador y es la que va al servicio mientras que el agua que retorna al captador es la más fría con lo cual el captador es más eficiente (vease la curva de rendimiento de un captador, diapositiva nº 3-11)

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Acumuladores



Importancia del aislamiento en un acumulador

En una instalación solar térmica las pérdidas se producen sobre todo por la noche, a través del acumulador. Por eso es tan importante un buen aislamiento térmico de este.

En concreto, las principales zonas de pérdidas térmicas son las que se pueden observar en la figura. Es decir las conexiones de las tuberías, las tapas metálicas no aisladas o un aislamiento no muy bien realizado.

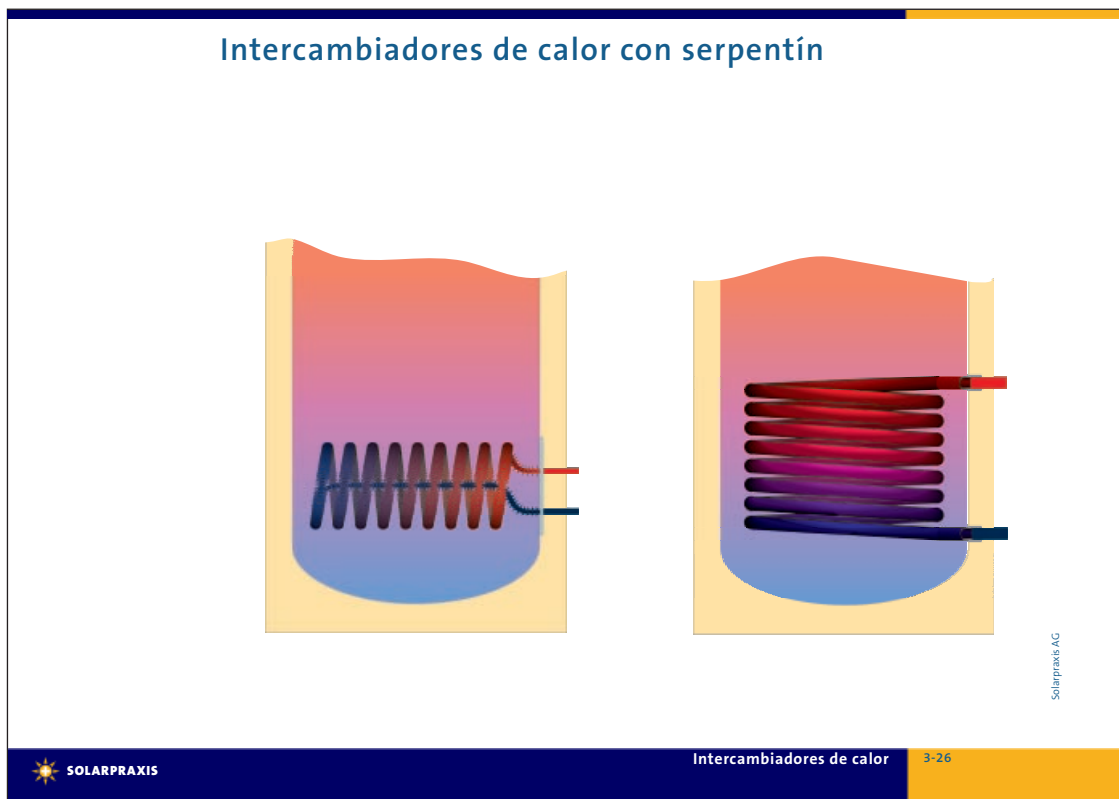
La importancia del aislamiento térmico de un acumulador se ejemplifica con el dato de que un acumulador de 300 l (instalación doméstica típica) no muy bien aislado puede perder aproximadamente 1200 kWh al año.

CIEDIC
CENTRO ESPAÑOL DE INFORMACIÓN DEL COBRE

En los intercambiadores de doble envolvente, muy frecuentes en las aplicaciones domésticas, conviene tener en cuenta los límites de presión admisibles. También es conveniente llenar en primer lugar el secundario.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Intercambiadores de calor



Intercambiadores de calor con serpentín

Disponibles solamente hasta ciertos valores (hasta aproximadamente $3,5 \text{ m}^2$ de superficie de intercambio, o sea 10 m^2 de captadores), para instalaciones más grandes se usan intercambiadores externos.

A igualdad de superficie de intercambio son un poco más eficientes que los de doble envolvente pero producen un poco más de pérdida de carga. En cualquier caso son despreciables ambas diferencias.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Intercambiadores de calor



Intercambiadores de calor exteriores

En instalaciones superiores a 10 m² aproximadamente, se suelen emplear intercambiadores de calor exteriores al acumulador.

Los hay de dos tipos:

- *Intercambiador tubular*: poca pérdida de carga como ventaja y pequeña potencia específica de transmisión como inconveniente. Se suelen emplear en piscinas.
- *Intercambiador de placas*: las principales ventajas son la alta potencia específica de transmisión, su pequeño tamaño y su precio. Sus inconvenientes son la pérdida de carga, su posibilidad de ensuciamiento y consiguiente pérdida de eficiencia. El material más empleado es acero inoxidable en instalaciones de ACS.

En el caso concreto de calentamiento de piscinas hay que tener la precaución de no utilizar intercambiadores de placas de acero inoxidable por la presencia de cloro en el fluido de trabajo. En este caso se utilizan aleaciones de cobre y titanio.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Vasos de expansión



Vasos de expansión

Depósito de expansión (vaso de expansión): dispositivo que permite absorber las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante.

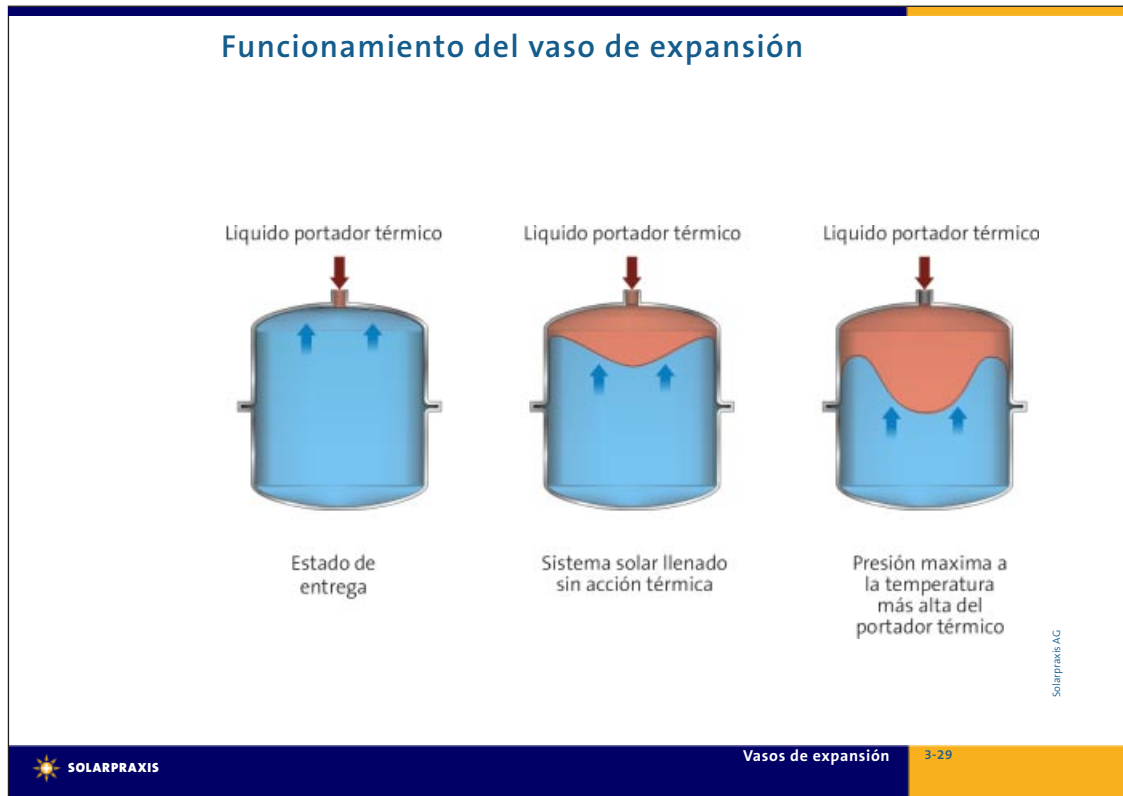
Un error muy frecuente en el diseño de las instalaciones solares térmicas es emplear un vaso de expansión demasiado ajustado en tamaño. Se recomienda sobredimensionar generosamente el vaso de expansión.

Con vasos de expansión de hasta 35 l pueden ser conectados directamente en la tubería correspondiente, preferentemente entrando el líquido por la parte superior del vaso. Cuando se trate de tamaños mayores el vaso de expansión viene provisto de patas de apoyo con lo cual normalmente se conectará a la red por la parte superior del vaso.

Se debe poner especial atención a la resistencia de la membrana a los componentes anticongelantes así como a su resistencia a la temperatura y esfuerzos mecánicos correspondientes. En cualquier caso debe ser de calidad alimentaria en el circuito secundario.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Vasos de expansión



Funcionamiento del vaso de expansión

El vaso de expansión es un depósito dividido en dos partes por medio de una membrana elástica. A un lado de la membrana está el fluido de trabajo correspondiente (normalmente agua en estado líquido) y en el otro aire o un gas inerte a la presión de trabajo, que puede ser modificada fácilmente. La presión inicial viene establecida por el fabricante y se puede ajustar posteriormente en la instalación.

El fundamento de la acción del vaso de expansión es la variación de volumen del fluido de trabajo cuando varía su temperatura.

El volumen de expansión será como mínimo el volumen total de los captadores solares y en el secundario variable en función de los usos de la instalación. En aquellas instalaciones en las que puede producirse vapor (por estancamiento) conviene tener en cuenta esta circunstancia cuando se dimensiona el vaso de expansión.

El diseño evitará que los vasos de expansión trabajen fuera de los límites recomendados por el fabricante. No olvidar que el fluido de trabajo en una instalación (a la intemperie) puede alcanzar temperaturas bajas.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Tuberías



Tuberías

Es evidente que una instalación de energía solar térmica tiene que incorporar las correspondientes tuberías por las que circula el fluido de trabajo.

El dimensionado correcto, la elección del material y el aislamiento cuando sea necesario, son aspectos claves para conseguir una buena instalación solar.

En general es bueno optimizar el trazado de las tuberías a emplear a una determinada instalación.

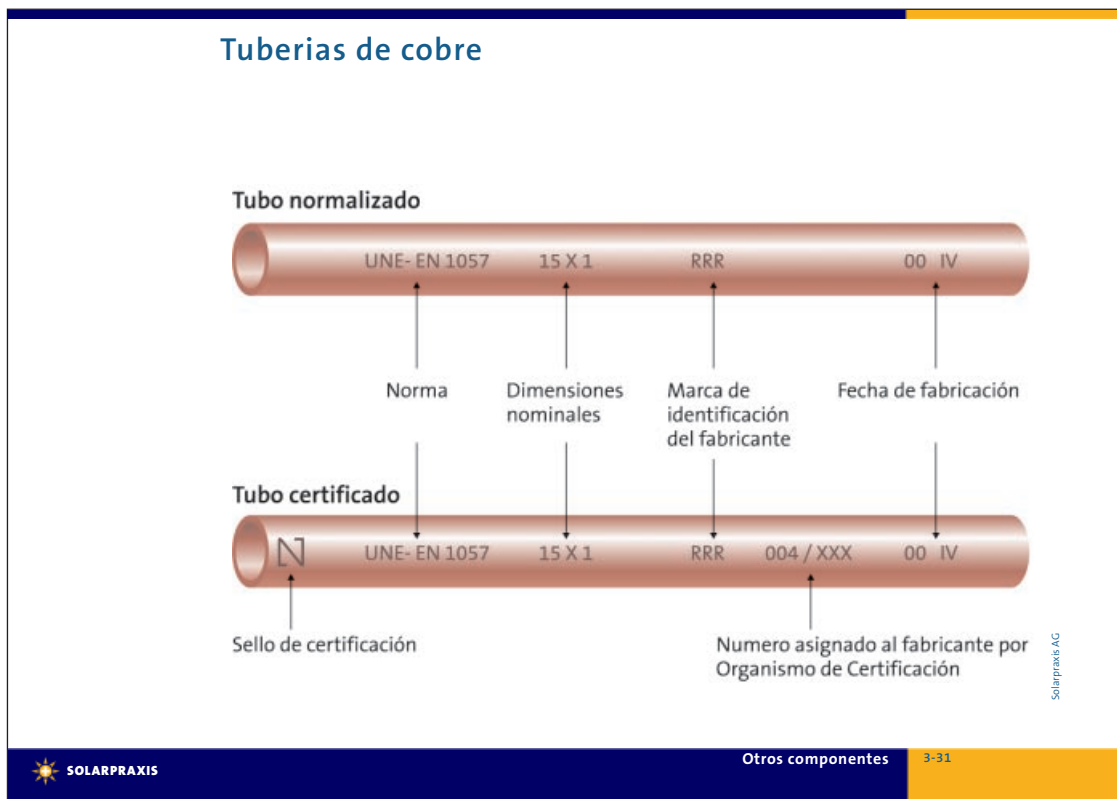
Teniendo en cuenta que el fluido de trabajo puede alcanzar temperaturas elevadas, las tuberías del circuito primario deben ser de cobre, acero inoxidable o acero negro. Las uniones de tuberías entre sí y con otros accesorios deben admitir también las temperaturas y presiones de trabajo pre-visibles. No olvidar los aspectos de corrosión cuando se utilizan materiales diferentes.

Sin embargo, las tuberías del circuito secundario pueden ser también de cobre, acero inoxidable y de material plástico acreditado para esta aplicación.

El acero galvanizado no debe emplearse en las partes de la instalación en las que intervenga el ACS.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes



Tuberías de cobre

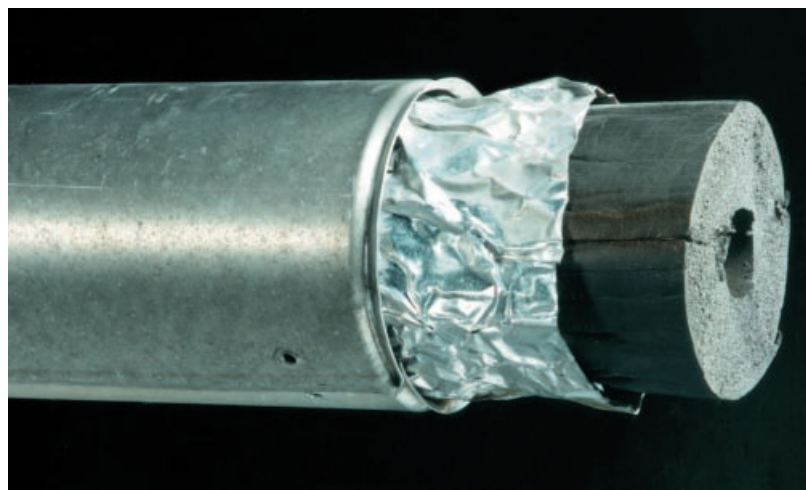
El cobre es un material especialmente adecuado para todas las tuberías a emplear en una instalación solar térmica. Presenta las siguientes ventajas:

- Resistencia a la corrosión
- Admite cualquier temperatura
- Fácil de instalar

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Aislamiento térmico



Solarpraxis AG

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico en las instalaciones solares térmicas es fundamental. En particular, en los acumuladores y en las tuberías.

En la elección de los materiales aislantes a emplear en las instalaciones solares hay que tener en cuenta una serie de circunstancias:

- Soportarán temperaturas elevadas (de 125°C durante mucho tiempo y de 180°C en periodos cortos).
- Deben ser resistentes a los efectos de la intemperie (radiación ultravioleta, corrosión por agentes externos) y a la fauna (roedores y pájaros).
- Deben cumplir los requisitos de espesor y conductividad según la normativa vigente.

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

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Bombas de circulación



Bombas de circulación

Normalmente en las instalaciones de energía solar térmica se emplean bombas para impulsar el fluido de trabajo, aunque en algunos casos pueda evitarse su uso y producir el movimiento del fluido por diferencias de densidad producidas por cambios de temperatura. Por tanto es un componente importante en las instalaciones.

Las bombas pueden ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada.

El diseño debe hacer que las bombas trabajen dentro de los límites recomendados por el fabricante y preferentemente en el retorno del circuito.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión y a las temperaturas del fluido y deben funcionar correctamente a la presión máxima del circuito.

Los materiales de la bomba del circuito primario han de ser compatibles con el fluido de trabajo utilizado.

Habitualmente se emplean bombas diseñadas para instalaciones de calefacción por lo que suelen dar caudales superiores a los necesarios sobre todo en instalaciones pequeñas.

La normativa española exige que en instalaciones grandes las bombas estén duplicadas para evitar paradas de la instalación cuando se produzca una avería.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Válvulas: Definición y clasificación



Solarpraxis AG

Válvulas: Definición y clasificación

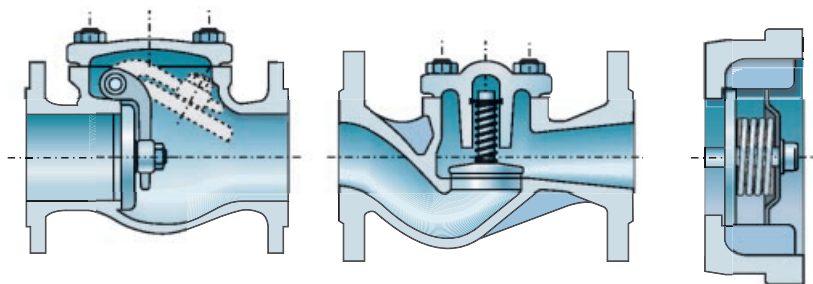
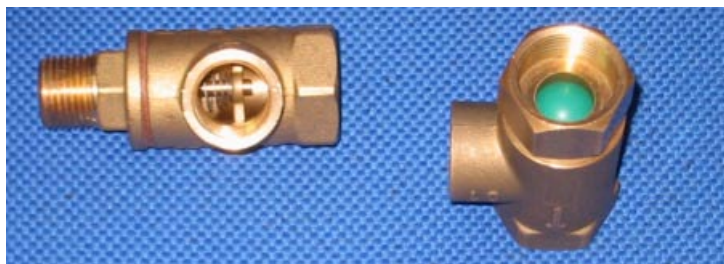
Todas las instalaciones de energía solar térmica requieren el uso de diferentes tipos de válvulas para cumplir funciones diversas.

- *Válvula de corte*: permite o impide el paso del fluido de trabajo. Este tipo de válvulas son muy frecuentes y se utilizan con gran profusión en todas las instalaciones.
- *Válvula de seguridad*: permite limitar la presión máxima del circuito. Normalmente se taran por debajo de la presión máxima de trabajo de los componentes del circuito.
- *Válvula antiretorno*: impide el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en el otro.
- *Válvula de regulación*: permite equilibrar hidráulicamente el circuito. Puede ser manual o automática.
- *Válvula de llenado automático*: sirve para introducir el fluido de trabajo en el circuito y mantener la presión de funcionamiento.
- *Válvula termostática*: permite limitar la temperatura del fluido por lo que sirve como elemento de control y seguridad frente a posibles quemaduras.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Válvulas antiretorno



Solarpraxis AG

Válvulas antiretorno

Impide el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en el otro. Tanto en el circuito primario como en el secundario, con lo cual se evitan pérdidas energéticas importantes.

Son de clapeta, de muelle o de retención de disco.

En las de clapeta (las más frecuentes) el cuerpo y la tapa suelen ser de bronce o de latón y el asiento y la clapeta, de bronce.

Las válvulas antiretorno de clapeta tienen pérdidas de carga apreciables en el sentido del flujo.

En sistemas termosifónicos se debe elegir una válvula antiretorno que produzca pocas pérdidas de carga.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Válvulas de seguridad



Válvulas de seguridad

Son válvulas *de resorte* y se emplean como elementos de seguridad frente a sobre presiones en los circuitos.

El cuerpo suele ser de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.

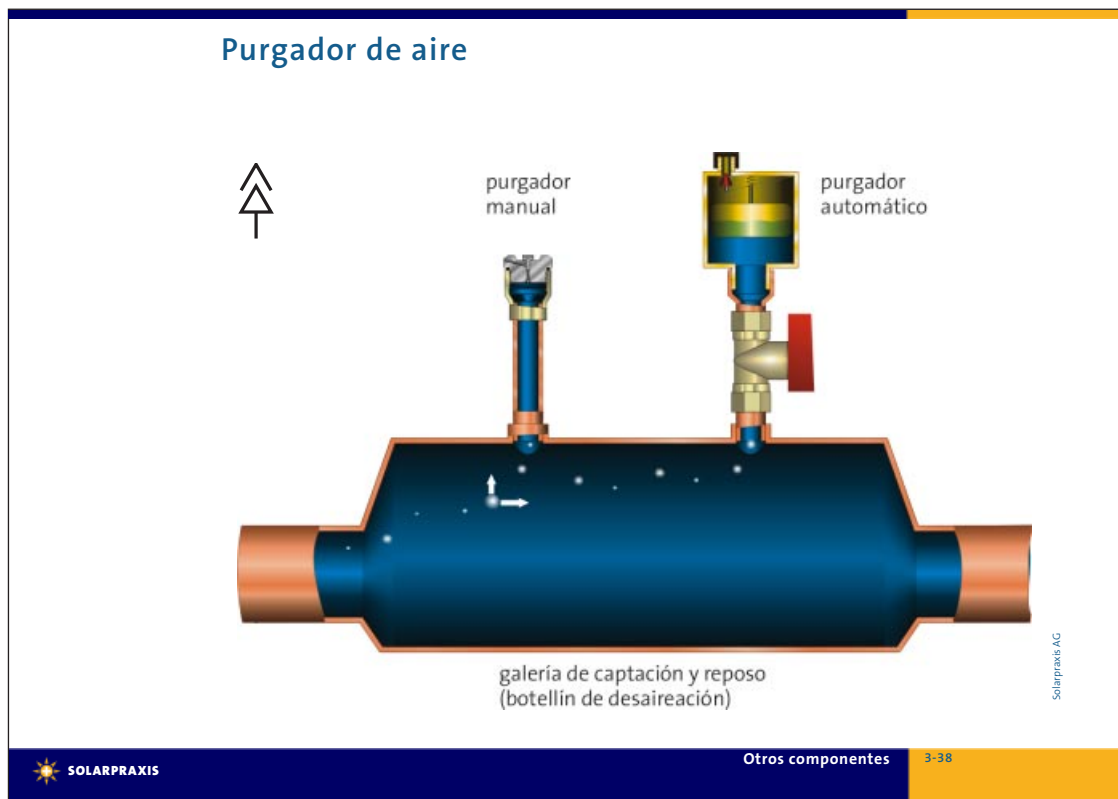
El obturador y el vástago son de acero inoxidable.

Los prensa-estopa son de latón y la estopada de amianto grafitado.

El resorte es de acero especial para muelles.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes



Purgador de aire

Es el dispositivo que permite la salida del aire que puede acumularse en los circuitos. Puede ser manual o automático.

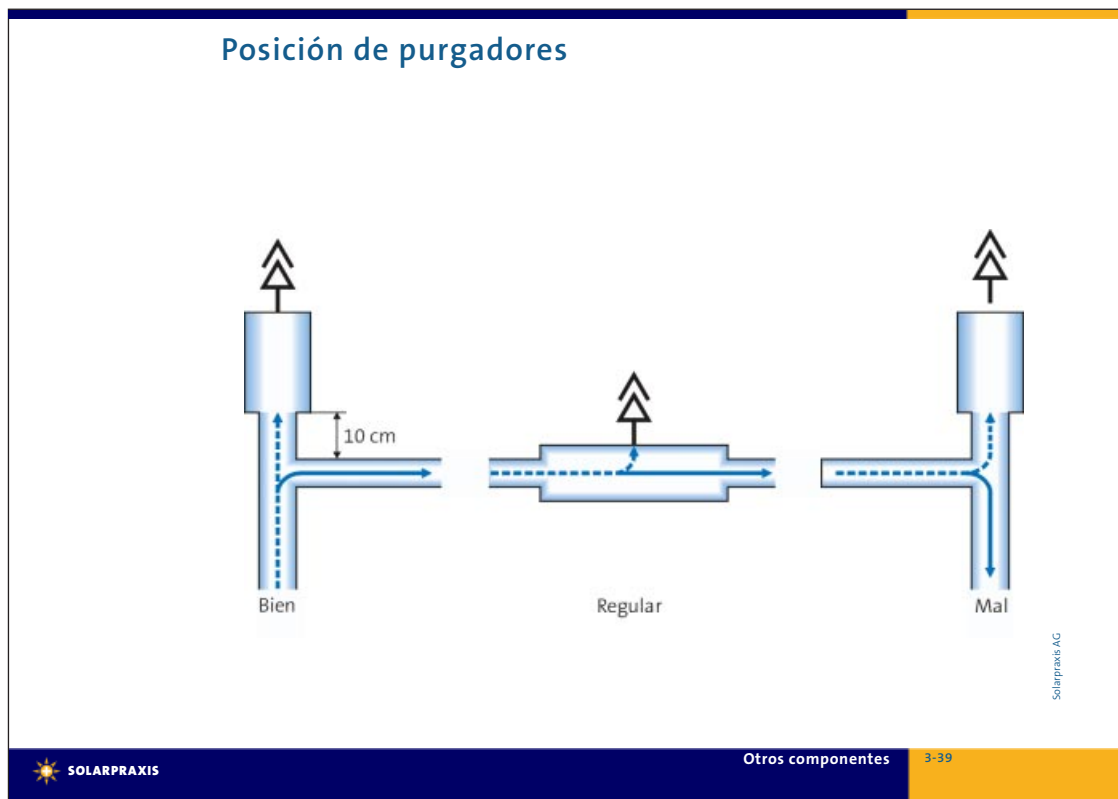
Deben resistir la temperatura máxima del fluido, por lo que el flotador no debe ser de plástico sino de acero inoxidable. Los purgadores también deben ser resistentes a la intemperie.

Los purgadores de aire serán de los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa, de fundición de hierro o de latón.
- Mecanismo, de acero inoxidable.
- Flotador y asiento, de acero inoxidable.
- Obturador, de goma sintética.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes



Posición de purgadores

La posición idónea de los purgadores es en la parte más alta de la instalación.

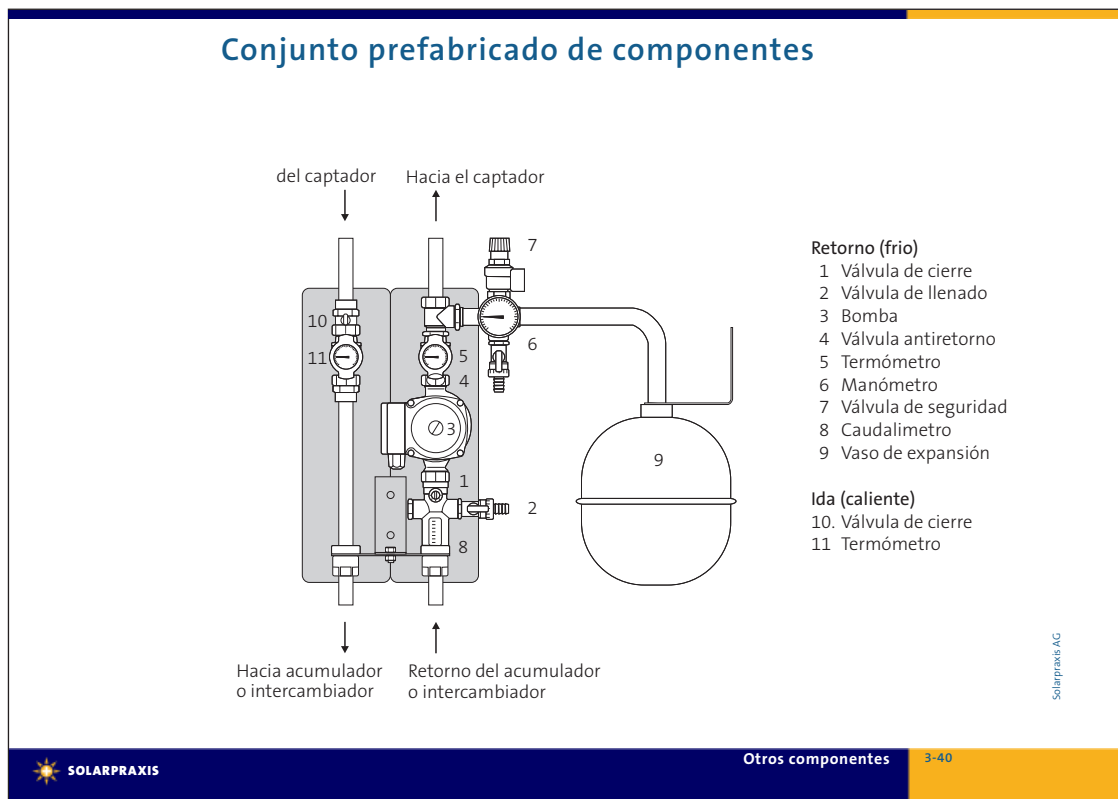
Es interesante incluir entre la instalación y el purgador un botellín de desaireación para acumular el aire que se pueda haber introducido en el circuito.

Conviene situar el purgador según se indica en el dibujo para evitar que el aire pueda ser arrastrado por el fluido. Esta circunstancia se puede producir con velocidades superiores a 0,4 m/s.

Es importante colocar purgadores donde se produzcan sifones.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes



Conjunto prefabricado de accesorios

En determinadas circunstancias de ciertas instalaciones resulta cómodo emplear un conjunto de componentes montados previamente (en fábrica) en una unidad (ver figura).

Las ventajas de montaje en fábrica son: mejor aislamiento térmico, menor mano de obra, conjunto previamente comprobado.

El vaso de expansión puede ser colocado en la aspiración de la bomba o en la impulsión (en instalaciones pequeñas).

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes



Sensores de temperatura

En las instalaciones solares térmicas puede ser conveniente tener conocimiento de las temperaturas del fluido. Para conseguirlo se emplean los correspondientes sensores y el dispositivo de lectura de la temperatura.

Existen diferentes tipos de sensores: de resistencia de platino (Pt 100, Pt 1000) o termistores (semiconductor NTC o PTC).

Un aspecto fundamental para una buena medida de temperatura es la colocación correcta del sensor, es decir que la temperatura que marca el dispositivo de medida sea lo más próxima posible a la temperatura del fluido que pretendemos medir. Para conseguirlo es mejor emplear una sonda de inmersión que una de contacto y, en este último caso, asegurarse de un buen contacto térmico y el correspondiente aislamiento.

Es evidente que hay que asegurarse que el sensor elegido es el adecuado (rangos de temperaturas, precisión de la medida, estabilidad y durabilidad).

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Otros componentes

Otros componentes de las instalaciones



Otros componentes de las instalaciones

En ocasiones resulta conveniente medir otras variables de las instalaciones solares:

Caudal: se emplean caudalímetros que se deben colocar en la zona de menor temperatura del circuito.

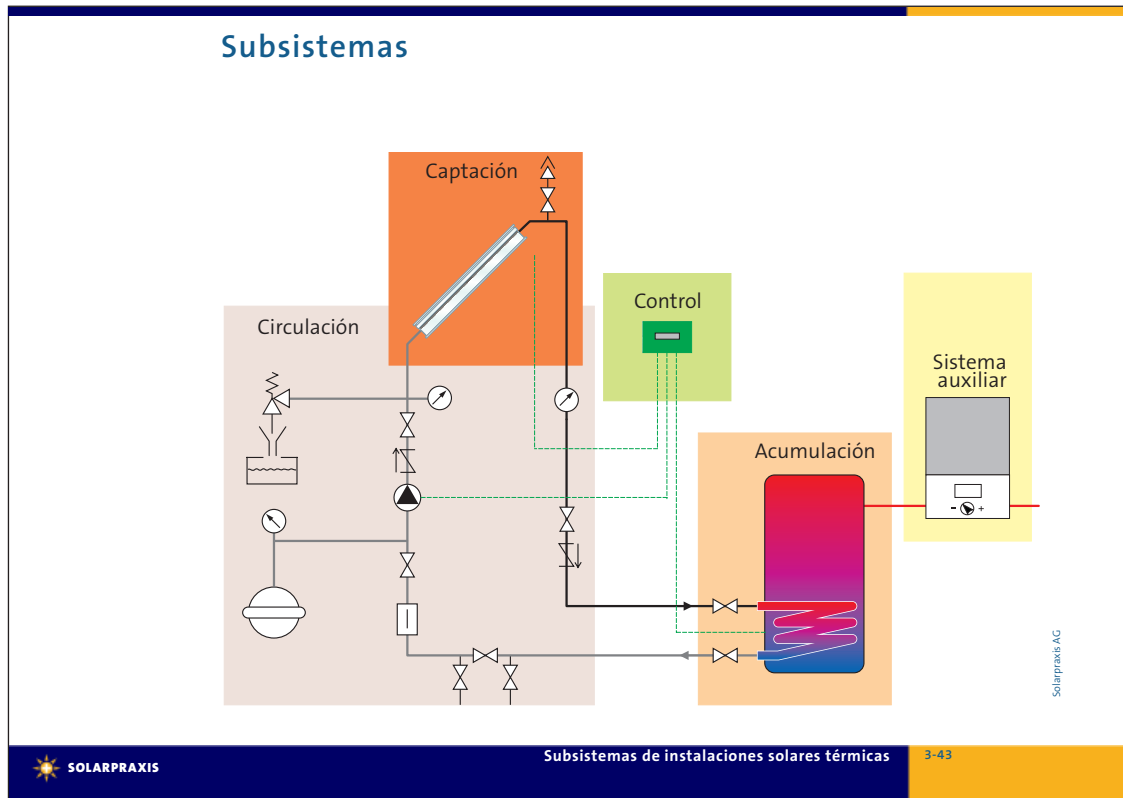
Adicionalmente se puede incorporar a la medida de caudal la de temperatura con lo cual podemos obtener la entalpía del fluido (vulgarmente conocido como *contador de calor*).

Presión: se emplean manómetros absolutos o relativos que permiten conocer las pérdidas de carga o visualizar la presión absoluta de un circuito.

Filtros: es interesante incluir filtros en algunas instalaciones en las que puedan introducirse elementos extraños al fluido de trabajo que perjudiquen el buen funcionamiento de algunos elementos.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Subsistemas

En una instalación térmica sus componentes se pueden agrupar de acuerdo con su función en diferentes subsistemas:

Captación: donde se transforma la radiación solar en energía interna del fluido.

Distribución o de circulación: formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía térmica producida, a los elementos de acumulación y de consumo con el mínimo consumo de energía externa y evitando al máximo las pérdidas térmicas

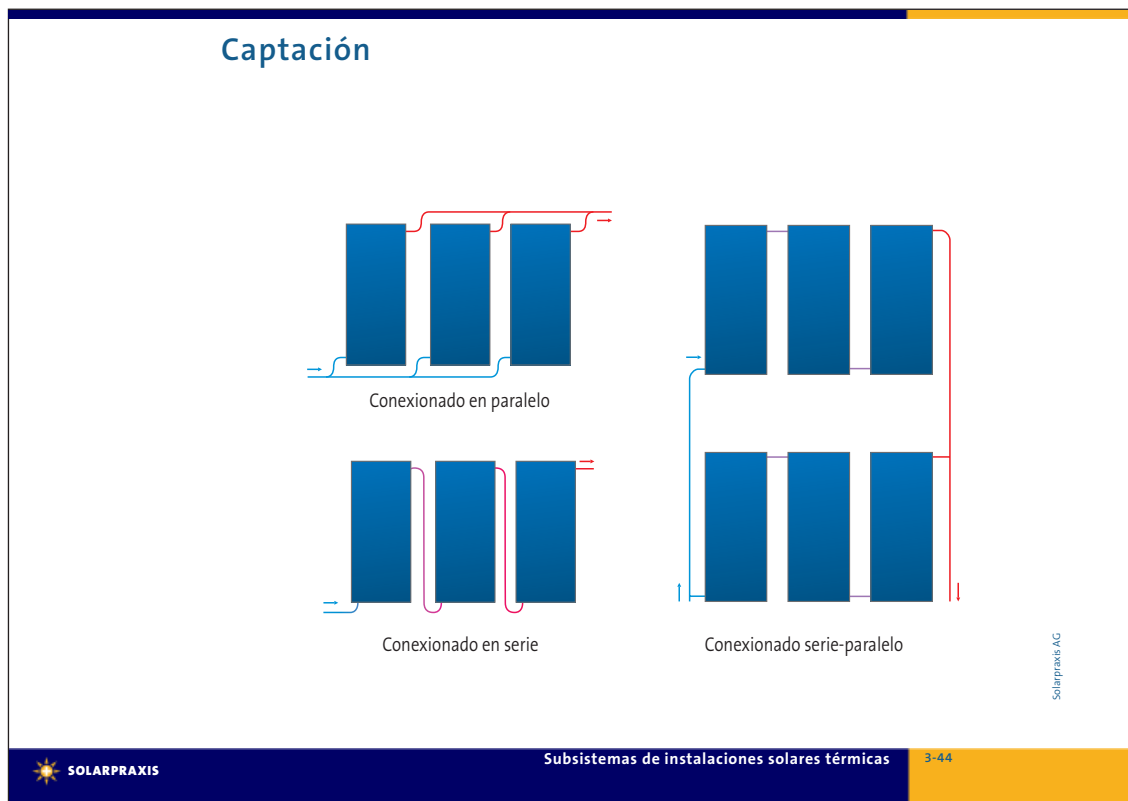
Acumulación: donde se almacena la energía interna producida en la instalación.

Auxiliar: es un elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de poca radiación o exceso de consumo. En su diseño hay que procurar que el consumo de energía primaria convencional sea la mínima posible.

Control: sirve para ajustar en el tiempo los aportes y los consumos y optimizar el funcionamiento del conjunto.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



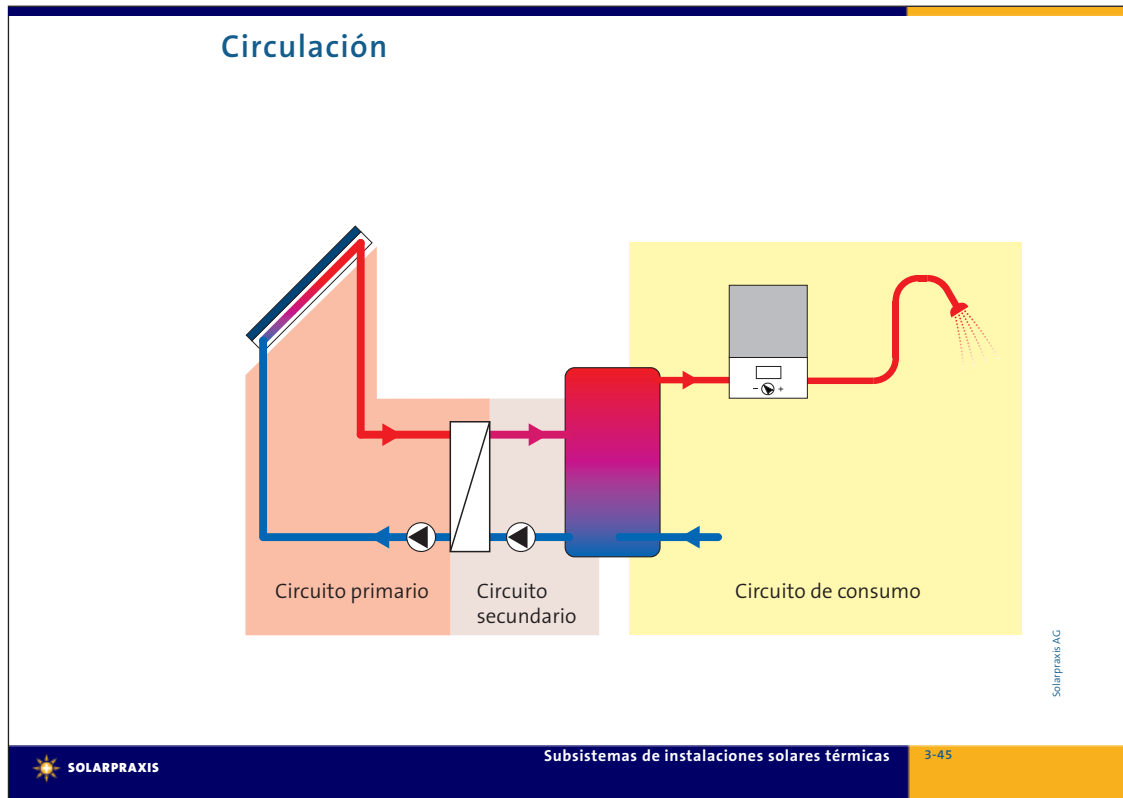
Captación

Está formado por los captadores asociados de diferentes maneras:

- *En serie* (según figura): Con esta asociación se consiguen temperaturas más elevadas (menor rendimiento energético) y se tienen mayores pérdidas de carga.
- *Paralelo* (según figura): Menor pérdida de carga y menor salto de temperatura (mayor rendimiento energético).
- *Combinación serie-paralelo*: es un compromiso de los dos montajes anteriores.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Circulación

El subsistema de circulación está formado por los siguientes circuitos:

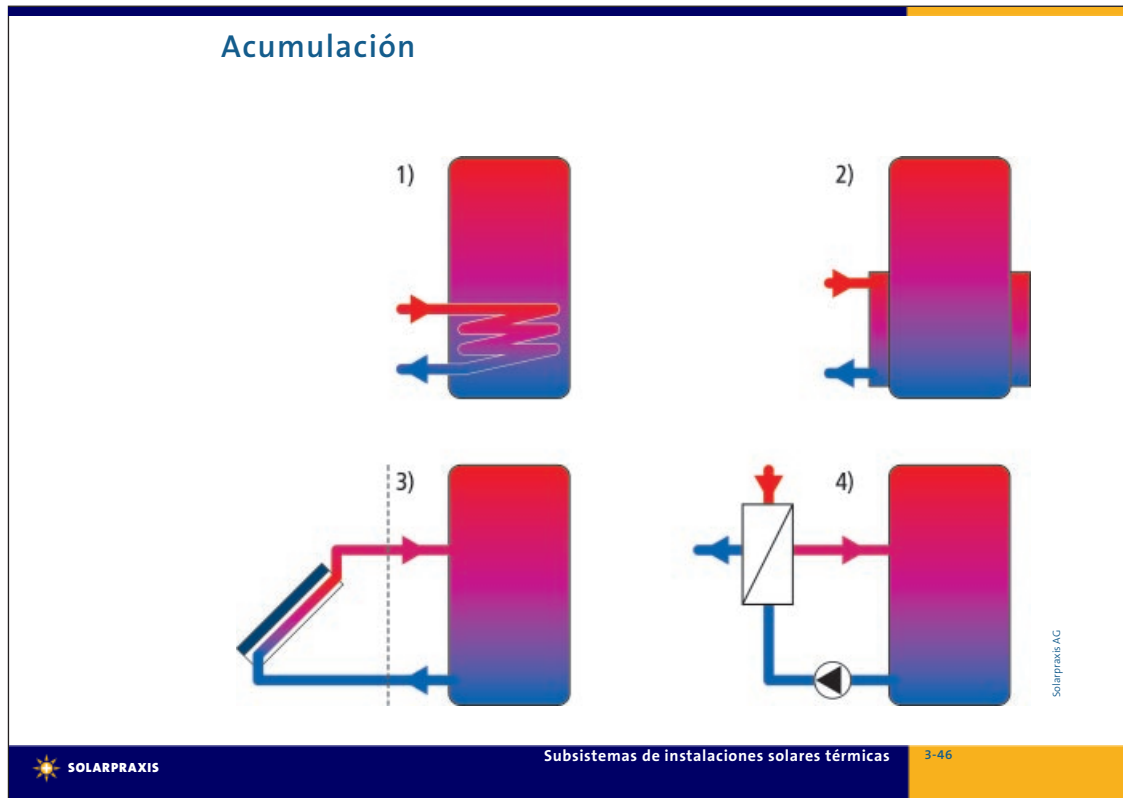
Circuito primario: circuito formado por los captadores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía térmica producida y la transmite directamente o a través de un intercambiador de calor al acumulador solar.

Circuito secundario: circuito en el que el fluido de trabajo recoge la energía transferida del circuito primario para ser acumulada.

Circuito de consumo: circuito por el que circula el agua de consumo.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Acumulación

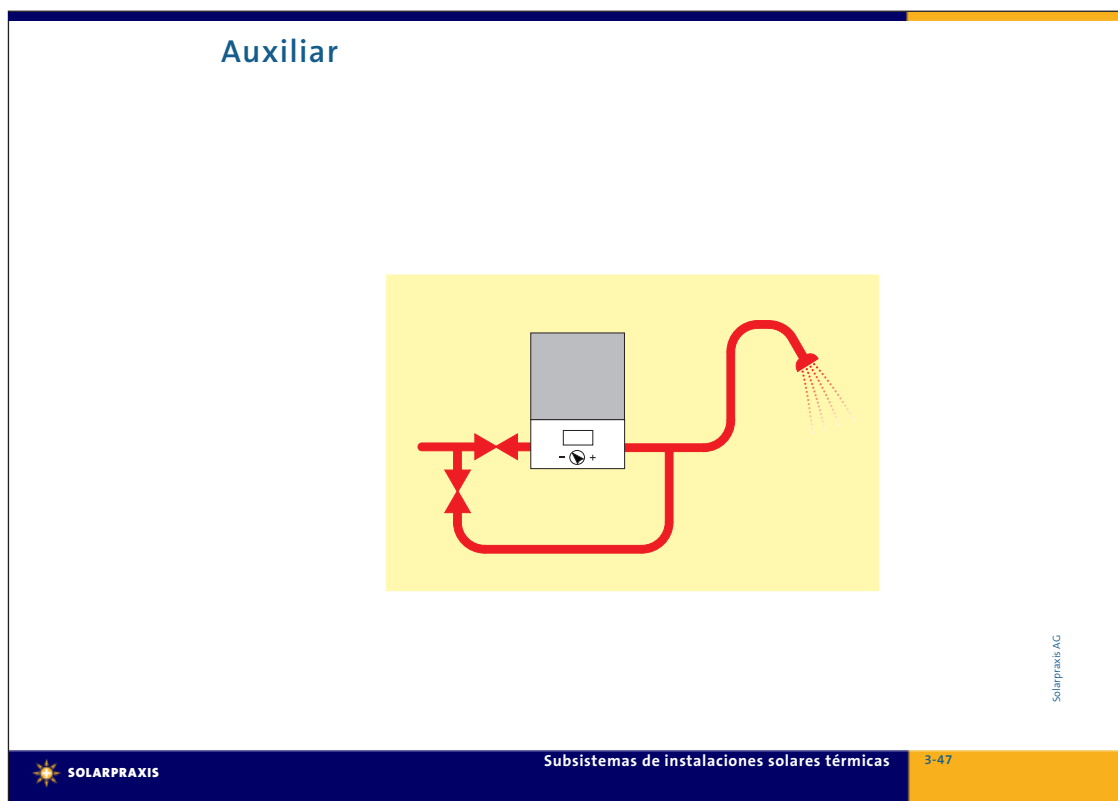
El elemento esencial es un depósito acumulador en el cual se almacena la energía interna del fluido de trabajo previamente obtenida en el subsistema de captación y transferida por el subsistema de circulación.

Se pueden presentar diferentes disposiciones del acumulador (ver figura).

- 1 El fluido caliente procedente de los captadores transfiere su energía al fluido de consumo almacenado en el depósito. Dependiendo de la velocidad de esta transferencia y de la de consumo, se producirá mayor o menor estratificación en el depósito.
- 2 Circunstancias similares al caso anterior.
- 3 Conexión directa sin intercambiador de calor. En este caso si la velocidad de circulación del fluido de trabajo es pequeña se favorece una buena estratificación del fluido de trabajo. Es evidente que en este caso no se pueden emplear mezclas anticongelantes.
- 4 Como en los casos 1 y 2 este montaje permite el uso de mezclas anticongelantes en el primario y la estratificación en el depósito (siempre deseable) depende del caudal de la bomba del secundario.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



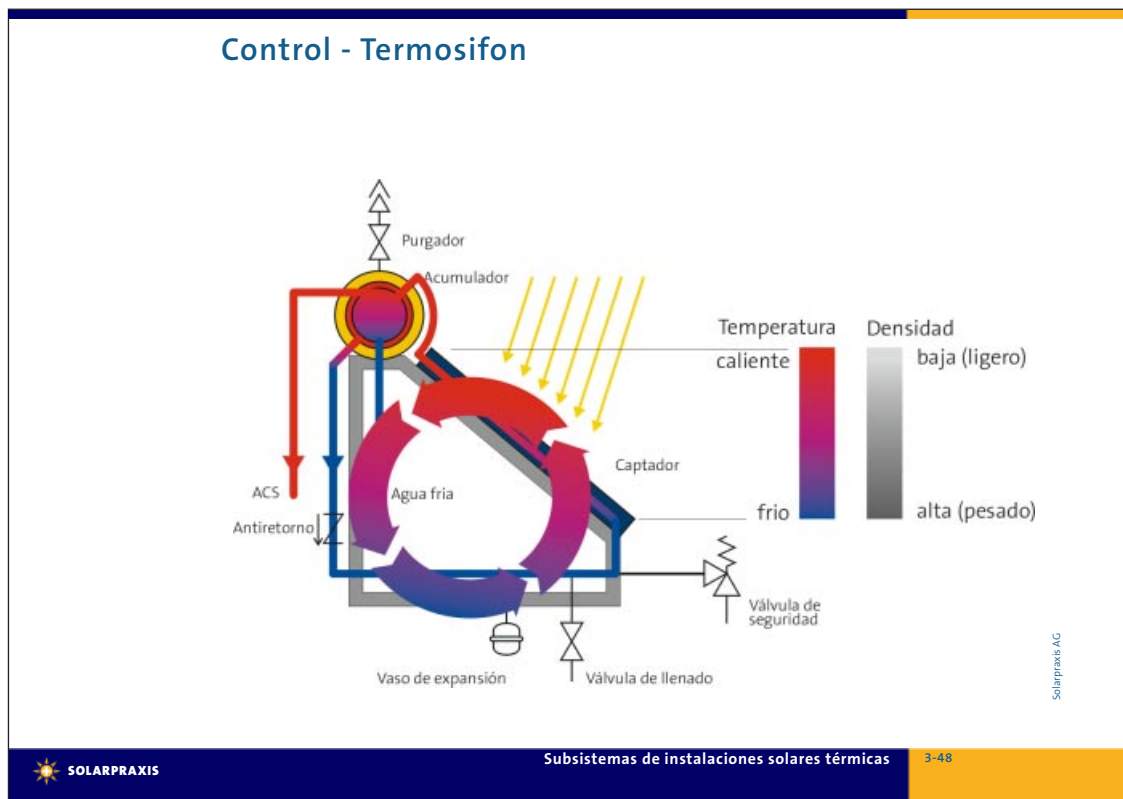
Auxiliar

Como consecuencia de la diferencia en el tiempo entre el aporte y el consumo de energía y de la limitación de tamaño de la acumulación en un sistema solar térmico es conveniente incluir, además del subsistema de acumulación, un subsistema de aporte energético con una energía auxiliar a fin de disponer de energía de consumo en cualquier momento que el usuario la requiera. Como se indica en la figura 3-47 el subsistema auxiliar debe colocarse en serie con el consumo, ya que si se sitúa dentro del acumulador (o en paralelo con él) perjudica de manera importante el rendimiento total del sistema.

En sistemas pequeños, si el sistema auxiliar en línea no es modulante, hay que hacer el conexionado mediante un by-pas según la figura.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Control - Termosifon

Es necesario ajustar en el tiempo el consumo, la captación solar, la acumulación y el aporte auxiliar. De aquí la necesidad de que las instalaciones solares térmicas incluyan un subsistema de control.

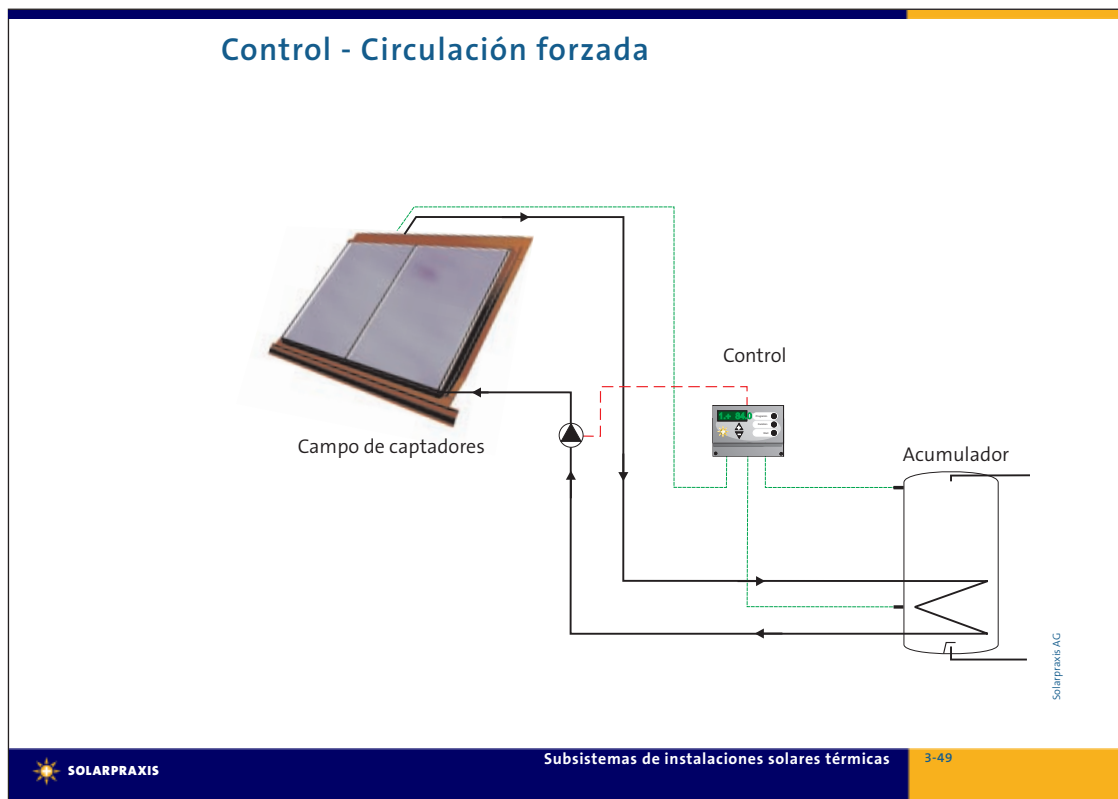
Del lado de la captación y la acumulación el sistema termosifónico supone por si mismo un magnífico instrumento de control ya que no se necesita ningún dispositivo especial.

Como se indica en la figura la circulación natural como consecuencia de la variación de temperatura del fluido de trabajo supone un buen procedimiento de captación y acumulación controlado por la intensidad de la radiación solar incidente.

En aquellos lugares donde haya riesgo de heladas la circulación por termosifón no impide usar un sistema de control de esta eventualidad. Basta con utilizar mezclas anticongelantes en el primario de una instalación con circuito indirecto.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Control - Circulación forzada

Cuando la instalación es de circulación forzada es imprescindible un sistema de control basado en la medida de las temperaturas del fluido de trabajo en la salida de los captadores y en la parte baja del acumulador.

Hay que prestar atención a la colocación correcta y a la medición precisa de temperatura de los dos sensores de control.

El aparato de control debe incorporar una pantalla en la cual se pueda leer los valores más significativos del funcionamiento de la instalación.

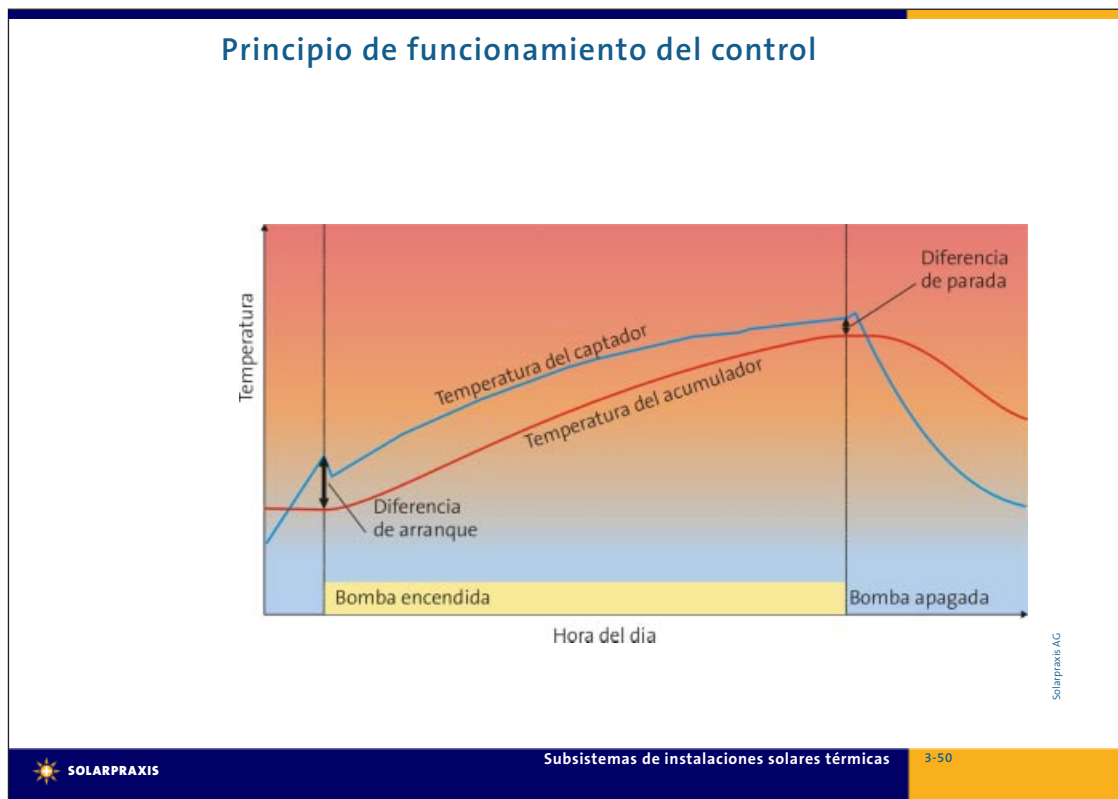
En cualquier caso es interesante conocer la temperatura del fluido disponible para consumo.

Hay aparatos de control que informan de defectos de funcionamiento de la instalación.

Es especialmente importante que se disponga de la documentación técnica del sistema de control durante mucho tiempo.

3. Componentes y Subsistemas de instalaciones solares térmicas

Subsistemas de instalaciones solares térmicas



Principio de funcionamiento del control

En una instalación con circulación forzada se acciona la bomba cuando la diferencia de temperaturas (entre la parte baja del acumulador y la parte más caliente de los captadores) es superior a un cierto valor (aproximadamente 7 ó 8 K) y se para cuando esta diferencia de temperaturas baja a otro valor inferior (aproximadamente 2 a 4 K).

En caso de no contar con suficiente experiencia se recomienda dejar el control con los parámetros de fábrica.

Piense siempre que las medidas que accionan el control pueden no ser perfectas (los errores de medida de temperaturas pueden ser de hasta 2 K o más) y dar lugar a funcionamientos inadecuados. Por ello debe asegurarse bien una instalación adecuada de los sensores y un funcionamiento correcto del conjunto del sistema.

4. Instalaciones solares térmicas

- Clasificaciones
- Configuraciones básicas
- Sistema auxiliar

4. Instalaciones solares térmicas

Clasificaciones

Instalaciones solares térmicas Clasificación por norma europea



Instalaciones solares térmicas- Clasificación por norma europea

La clasificación de las instalaciones solares se puede establecer en función de diferentes criterios: Por forma de fabricación y tamaño (norma europea EN 12976-1:2000 así como EN 12976-2 y las normativas experimentales prENV 12977-1:2000 a prENV 12977-3 :2000):

- Instalaciones prefabricadas
- Instalaciones a medida pequeñas
- Instalaciones a medida grandes

4. Instalaciones solares térmicas

Clasificaciones

Sistemas solares prefabricados



Instalaciones prefabricadas

Sistemas solares de calentamiento prefabricados (instalaciones prefabricadas) son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan como un todo.

Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario un nuevo informe de ensayo. Los requisitos y métodos de ensayo para los sistemas solares de calentamiento prefabricados se encuentran recogidos en las normas EN 12976-1:2000 y EN 12976-2.

Hay varios tipos de productos dentro de esta categoría:

- Sistemas con captador-depósito integrados para agua caliente sanitaria.
- Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.
- Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.

4. Instalaciones solares térmicas

Clasificaciones

Sistemas solares a medida



Instalaciones a medida

Sistemas solares de calentamiento a medida (Instalaciones a medida) son aquellos sistemas contruidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo.

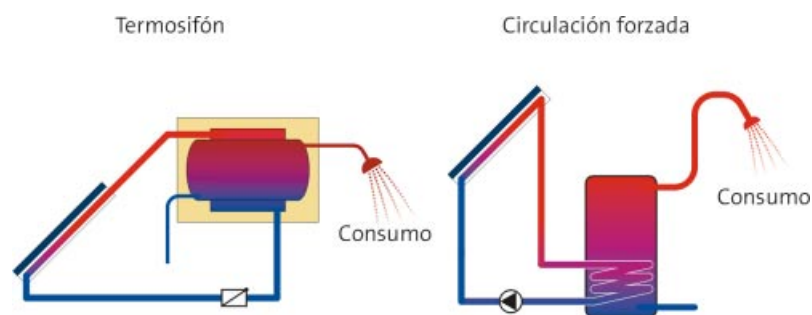
Los requisitos para los sistemas solares de calentamiento hechos a medida se recogen en ENV 12977-1:2000, los métodos de ensayo se especifican en prENV 12977-2:2000 y peENV 12977-3:2000. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

- Sistemas pequeños a medida son ofrecidos por una compañía y descritos en el así llamado archivo de componentes, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la lista se considera un solo sistema a medida.
- Sistemas grandes a medida son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.

4. Instalaciones solares térmicas

Clasificaciones

Instalaciones solares térmicas Clasificación por principio de circulación



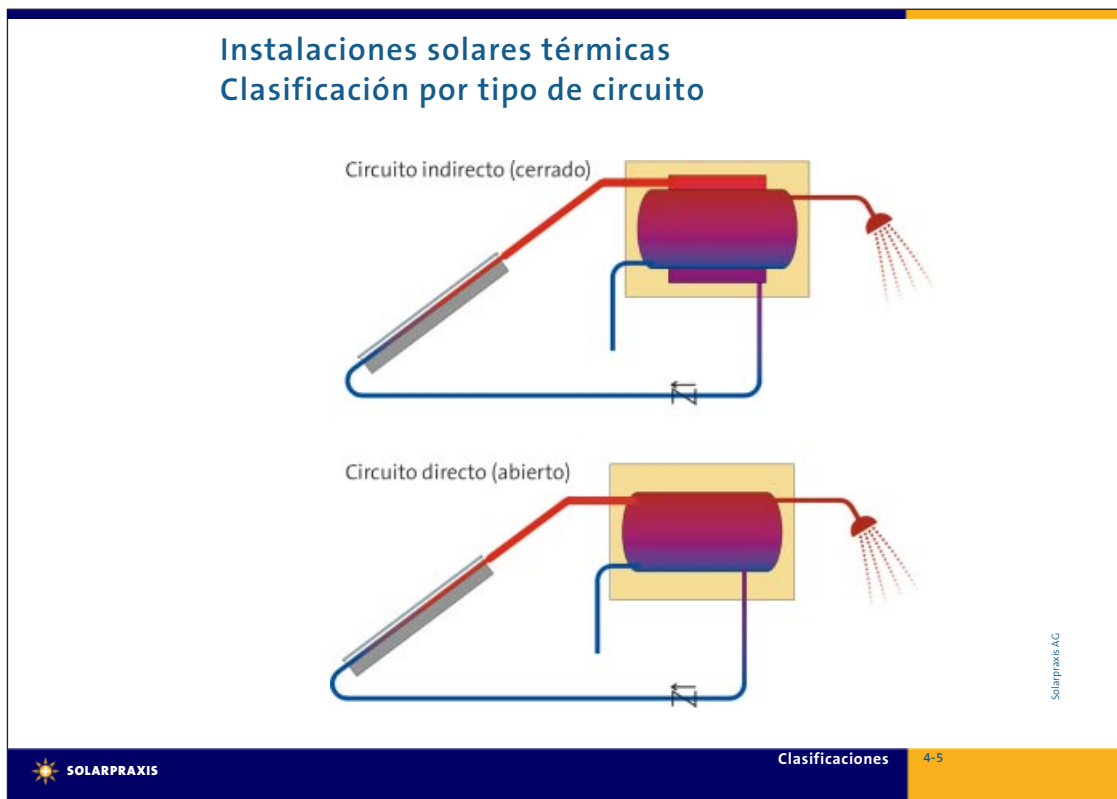
Solarpraxis AG

Instalaciones solares térmicas - Clasificación por principio de circulación

- Instalaciones por termosifón: en la que el fluido de trabajo circula por convección natural
- Instalación con circulación forzada: instalación equipada con dispositivos (bombas) que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

4. Instalaciones solares térmicas

Clasificaciones



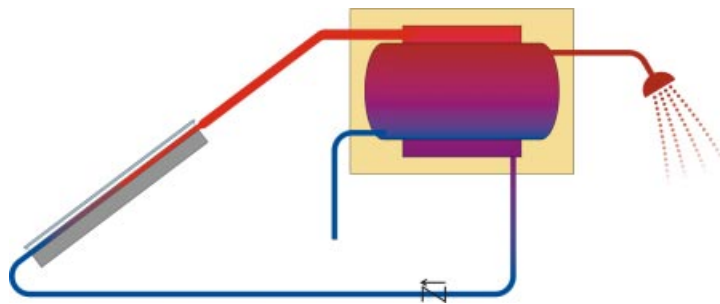
Instalaciones solares térmicas - Clasificación por tipo de circuito

- Instalaciones de sistema directo: son aquellas en las que el fluido de trabajo se calienta directamente en los captadores solares y el circuito que sigue el fluido de trabajo es abierto. Es decir el fluido que circula por los captadores es el mismo que va al consumo
- Instalaciones de sistema indirecto: en las que el fluido que se calienta en los captadores solares no es el mismo que el que va al consumo. Es decir el agua de consumo se calienta indirectamente a partir del fluido de trabajo que circula por el primario de la instalación. En particular hay un circuito primario cerrado sin comunicación con el de consumo, con el que solo intercambia energía térmica.

4. Instalaciones solares térmicas

Configuraciones básicas

Configuración nº 1: indirecta por termosifón con intercambiador en el acumulador solar



Solarpraxis AG

Indirecta por termosifón con intercambiador en el acumulador solar

Esta configuración de instalación solar es muy abundante, sobre todo en instalaciones pequeñas, dada su sencillez, bajo coste, simplicidad de mantenimiento y solo presenta un inconveniente cuando no se diseña correctamente.

- Ventajas:

Barata, no piezas movibles (bomba), no necesita conexión a la red eléctrica

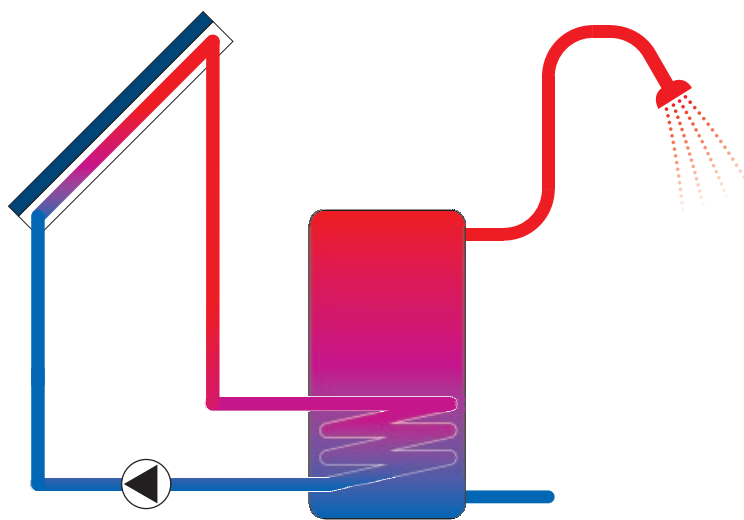
- Desventaja:

No control de temperatura máxima y por tanto riesgo de sobrecalentamiento

4. Instalaciones solares térmicas

Configuraciones básicas

Configuración nº 2: indirecta de circulación forzada con intercambiador en el acumulador solar



Solarpraxis AG

Indirecta de circulación forzada con intercambiador en el acumulador solar

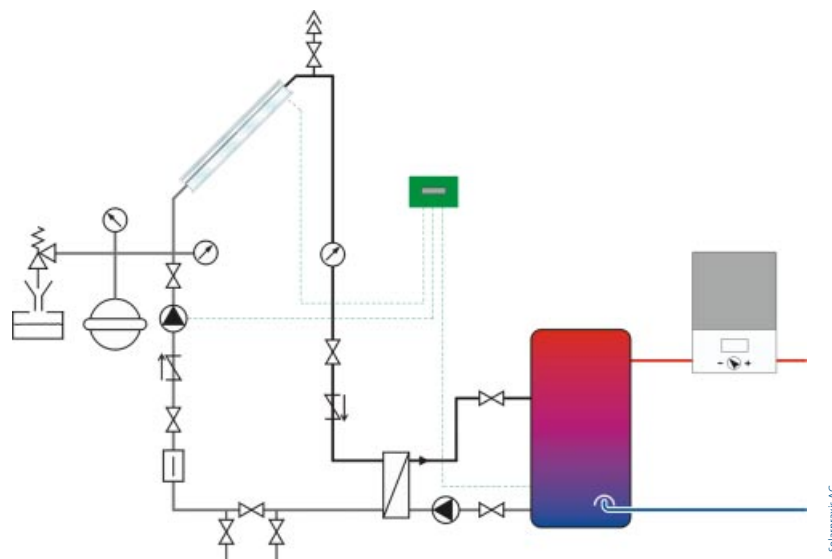
Esta configuración, aunque es un poco más cara que la nº 1 y tiene bomba, también es muy abundante en instalaciones pequeñas y medianas y presenta dos ventajas importantes: esta configuración es muy adecuada para conseguir una buena integración arquitectónica ya que el acumulador se puede situar en cualquier posición respecto a los captadores, por ejemplo en el sótano del edificio.

Además permite controlar el sobrecalentamiento y emplear sistemas antiheladas diferentes del uso de anticongelante.

4. Instalaciones solares térmicas

Configuraciones básicas

Configuración nº 3: indirecta con circulación forzada con intercambiador exterior

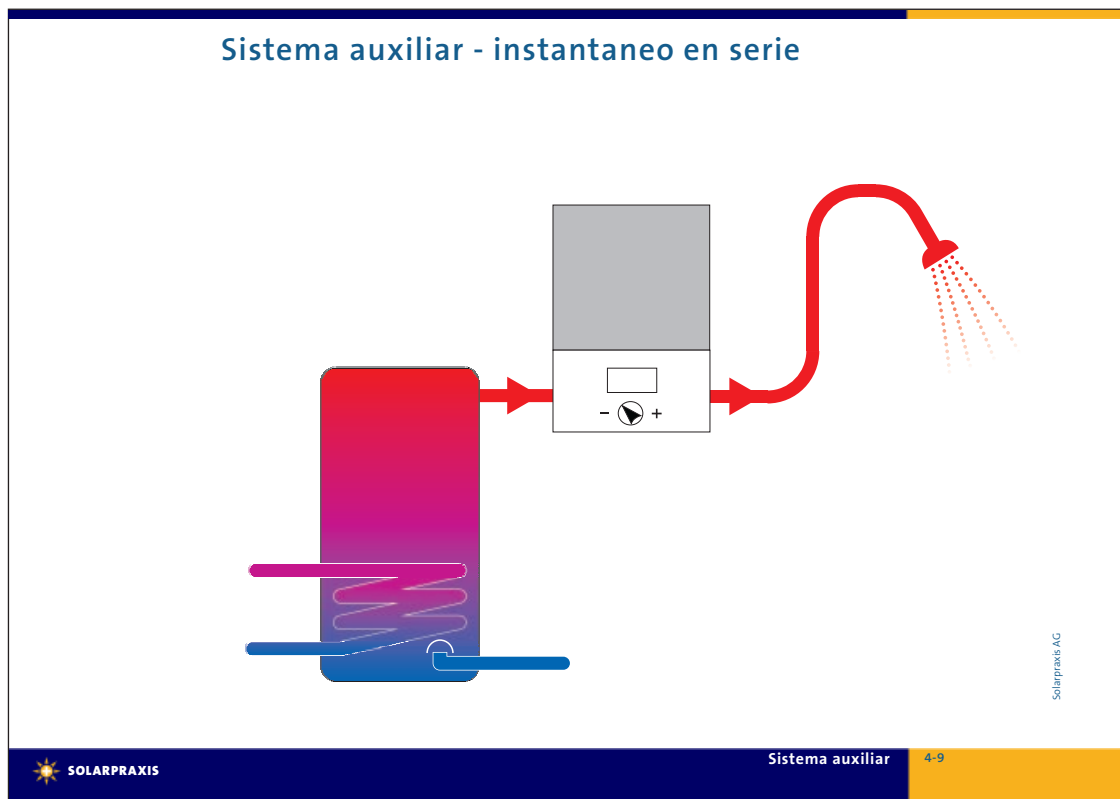


Indirecta con circulación forzada con intercambiador exterior

Es la configuración más frecuente en instalaciones a medida medianas y grandes y tiene muy buenas prestaciones energéticas, sobre todo porque permite un buen control del comportamiento del sistema.

4. Instalaciones solares térmicas

Sistema auxiliar



Sistema auxiliar - en serie

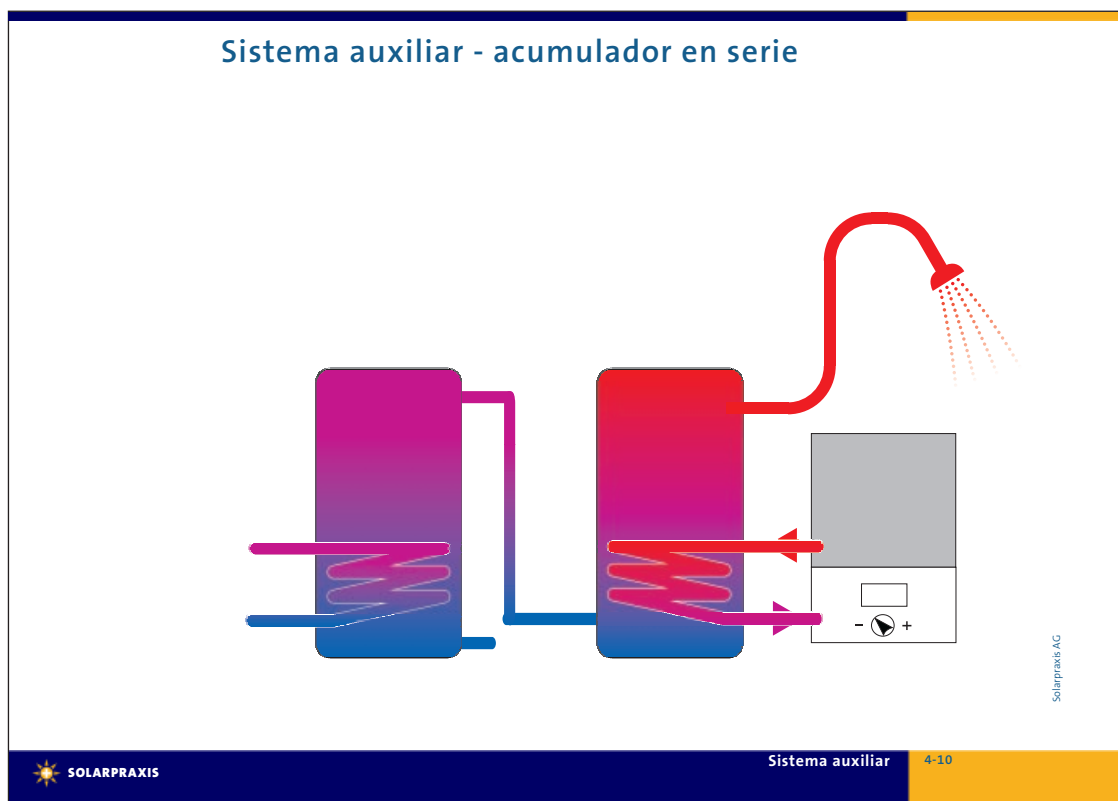
La conveniencia de un sistema auxiliar de calentamiento en las instalaciones solares térmicas viene justificada por la seguridad de abastecimiento de agua caliente que tiene el usuario. En muchos casos el usuario ya dispone de una instalación de ACS alimentada por energía convencional. Por eso resulta conveniente aprovechar esta instalación, ya existente, como sistema auxiliar de la instalación solar.

Por otro lado es importante dejar claro que siempre es bueno „separar“ la parte solar de la parte auxiliar de una instalación. De esa manera se aprovecha al máximo la conversión solar.

La situación más favorable y frecuente es una caldera al paso en serie con el consumo (figura). El sistema auxiliar debe ser apto para un rango de temperatura grande en la entrada y debe poder adaptar su potencia. No obstante se puede pensar también en una conexión de caldera al paso convencional existente en paralelo con el consumo que permite un uso alternativo de la instalación solar y la caldera al paso existente. Esta situación no es muy recomendable pero puede ser habitual cuando la caldera al paso existente no es capaz de adaptar su potencia (por no controlar temperaturas y solo hacerlo por caudal) y no se quiere cambiar la caldera al paso.

4. Instalaciones solares térmicas

Sistema auxiliar



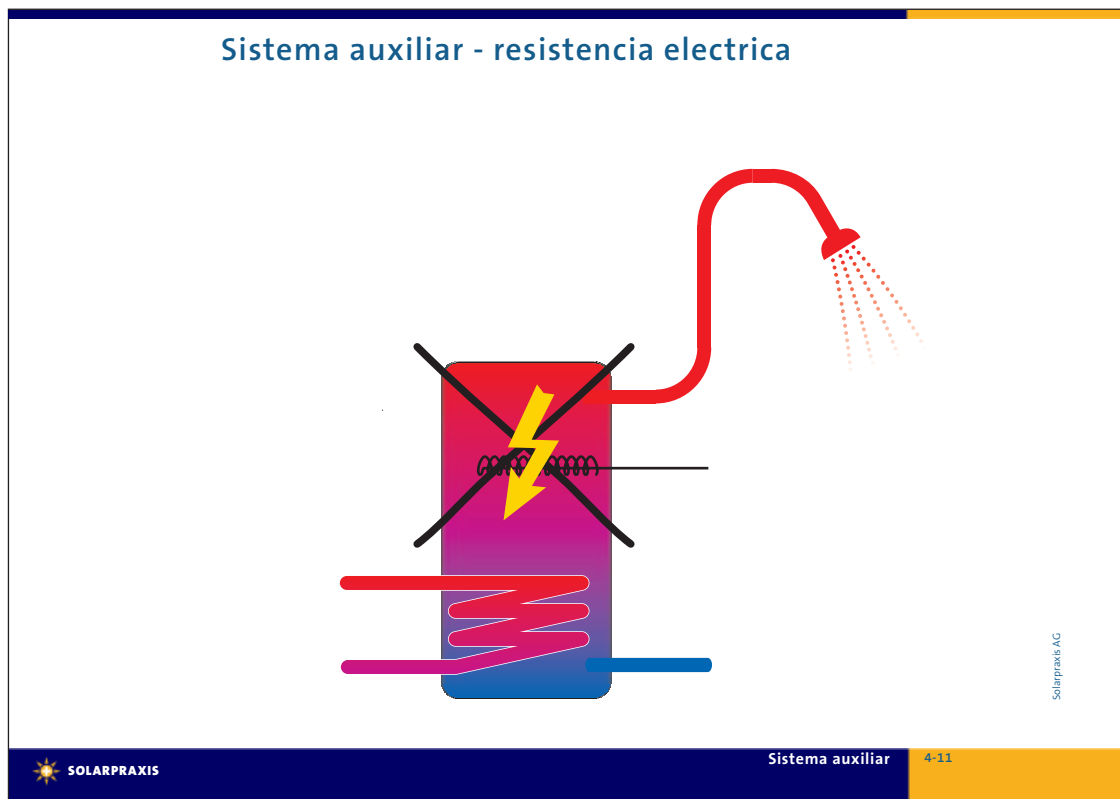
Sistema auxiliar - acumulador en serie

Cuando se quiere aprovechar instalaciones existentes se pueden dar circunstancias muy variadas y hay que estudiar detenidamente cada caso, especialmente si existen sistemas de recirculación. Se pueden conservar acumuladores secundarios ya existentes empleándolos como parte del sistema auxiliar (figura).

El sistema solar no cubre las pérdidas térmicas del acumulador secundario si no hay consumo, (se necesita una caldera auxiliar). Es evidente que en estas circunstancias hay pérdidas mayores debido a la existencia de dos acumuladores.

4. Instalaciones solares térmicas

Sistema auxiliar



Sistema auxiliar - resistencia electrica

Dado que una unidad de energía eléctrica requiere tres unidades de energía primaria para su obtención y, por tanto, ceder las dos unidades restantes al medioambiente, no se recomienda el uso de esta forma de energía para el calentamiento de agua sanitaria.

Especialmente hay que evitar el calentamiento por resistencia eléctrica incorporado en el acumulador porque en este caso una posible malfunction del control dará lugar a pérdidas energéticas importantes.

Incluso en el caso de buen funcionamiento del control, el sistema solar tiene menor rendimiento cuando el aporte auxiliar se realiza dentro del acumulador solar.

Piense también en que, si el consumo mayoritario de agua caliente se realiza al atardecer o por la noche, el sistema de control detecta una disminución de temperatura en el acumulador con lo cual pone en funcionamiento el sistema auxiliar (salvo que el control actúe en función de la hora del día) y a la mañana siguiente el acumulador ya está caliente con lo cual la instalación solar apenas aporta energía y en todo caso con rendimiento muy bajo.

5. Aplicaciones

- Agua caliente sanitaria (ACS)
- Calentamiento de piscinas
- Apoyo a la calefacción y climatización
- Otras aplicaciones

Sistemas solares térmicos. Agua caliente



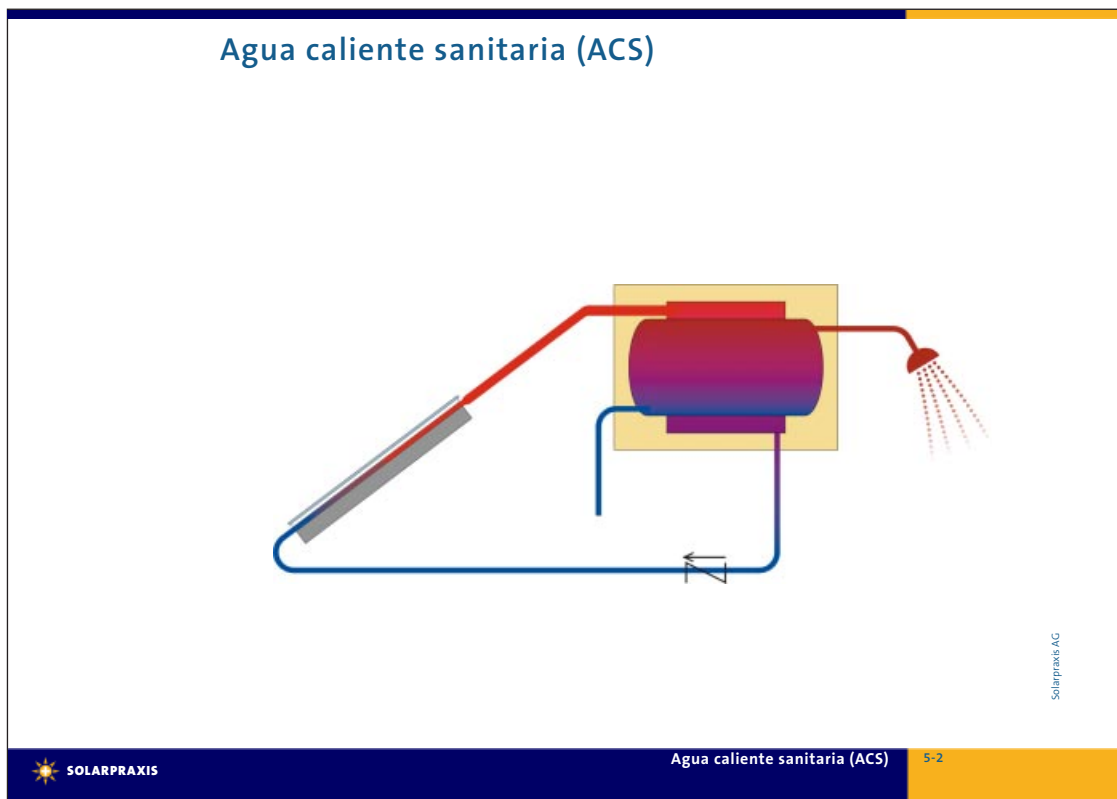
Agua caliente

La aplicación más importante de las instalaciones solares térmicas es calentar agua. Los sectores de utilización de este agua caliente son muy diversos e influyen en los detalles técnicos y económicos de las instalaciones.

La experiencia adquirida en estos años permite decir, que el sector doméstico, los servicios (sobre todo hoteles) y las industrias son los más susceptibles de realizar instalaciones de este tipo.

5. Aplicaciones

Agua caliente sanitaria (ACS)



Agua caliente sanitaria

La principal aplicación de las instalaciones solares térmicas es en los sectores que consumen agua para el uso humano (ACS), tanto en las viviendas individuales o colectivas como en instalaciones de servicios (hoteles, polideportivos, hospitales etc.) y en industrias diferentes (agroalimentarias etc.). Existen prototipos de instalaciones especialmente adaptados a estas aplicaciones.



Calentamiento de piscinas

El aumento de nivel de vida en los países de nuestro entorno da lugar al calentamiento de piscinas para aumentar el tiempo de uso de los mismas. Es claro que esta circunstancia se da, sobre todo, en sectores de la población de alto nivel económico. Por otro lado la legislación española (RITE) no permite el calentamiento de piscinas al aire libre con combustibles fósiles por lo que la única posibilidad es emplear la energía solar.

Esta aplicación es interesante porque el nivel térmico que se requiere es bajo y, por tanto, el rendimiento del sistema solar es alto. Como aspecto negativo el periodo del año en que se necesita es cuando menos radiación solar hay.

Para el calentamiento del agua de la piscina por lo general se emplean captadores con absorbedores de plástico y sin cubierta transparente que son baratos, con rápida amortización, de instalación fácil y por los que puede pasar directamente el agua de la piscina. Los materiales plásticos de estos captadores (p.e. EPDM) pueden llegar a tener una alta durabilidad.

También pueden emplearse captadores planos „normales“ que a estas temperaturas bajas tienen rendimientos energéticos altos.

Al usar captadores planos „normales“ se debe instalar un intercambiador de calor que sea resistente al cloro (p.e. aleación de cobre) y una bomba adicional.

5. Aplicaciones

Calentamiento de piscinas

Calentamiento de piscinas



Piscina solar



Valeriano Ruiz

Piscina solar

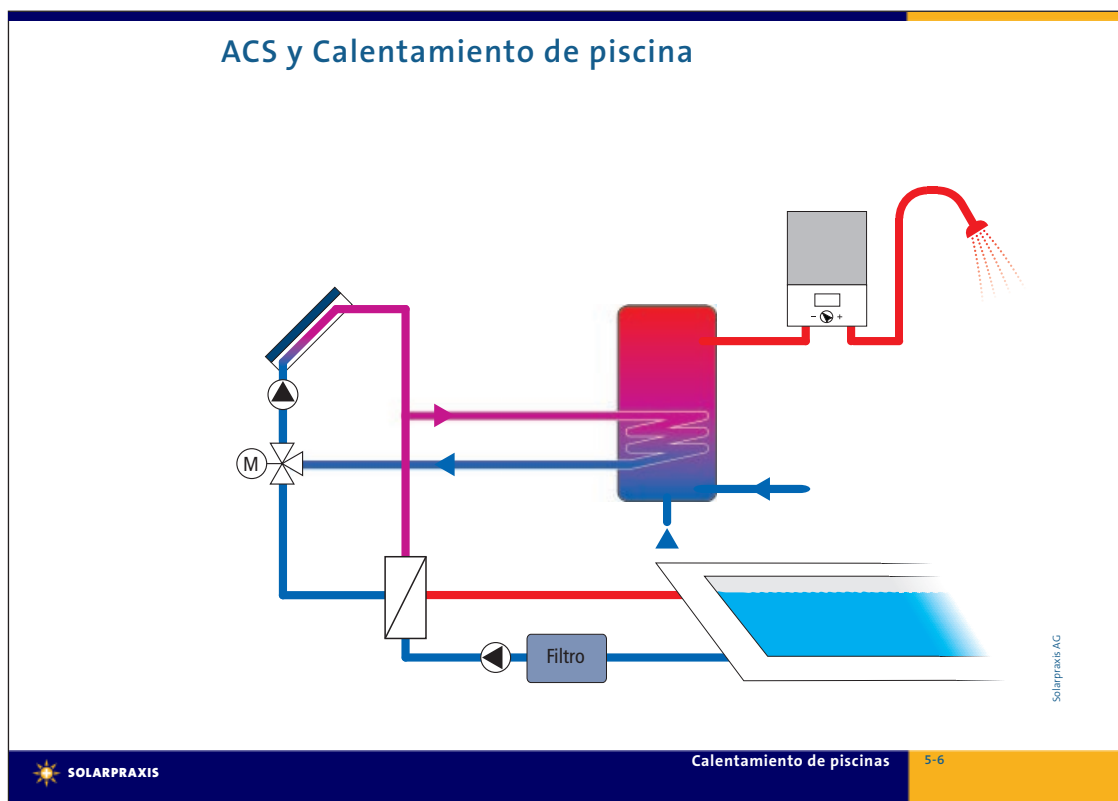
Aprovechando unas circunstancias técnicas de interés en relación con las piscinas se puede aprovechar directamente la tecnología solar para calentar el agua.

En efecto, el agua tiene una absorción a la radiación solar del 80 % y el terreno sobre el que se asienta el vaso de una piscina es, en general, buen aislante térmico. Además el agua de una piscina es un buen acumulador térmico.

Por eso con una cubierta transparente (propiedades selectivas transmisivas) sobre el vaso de una piscina se puede conseguir el calentamiento directo del agua.

Evidentemente esta forma directa de calentar el agua de una piscina debe estar complementada con un sistema auxiliar que puede incluir captadores solares „normales“ y/o calderas de cualquier combustible incluido biomasa residual de la poda de árboles.

En la foto se muestra una de estas piscinas. Se puede observar que la cubierta de la piscina es plegable con lo cual puede ser transportada en su totalidad en el verano y la piscina ser utilizada en esta época del año como una piscina normal.



ACS y Calentamiento de piscina

Si se dispone de una instalación solar térmica se puede diseñar y dimensionar para el suministro de ACS y el calentamiento del agua de una piscina simultáneamente. En estas instalaciones se suelen emplear captadores solares „normales“.

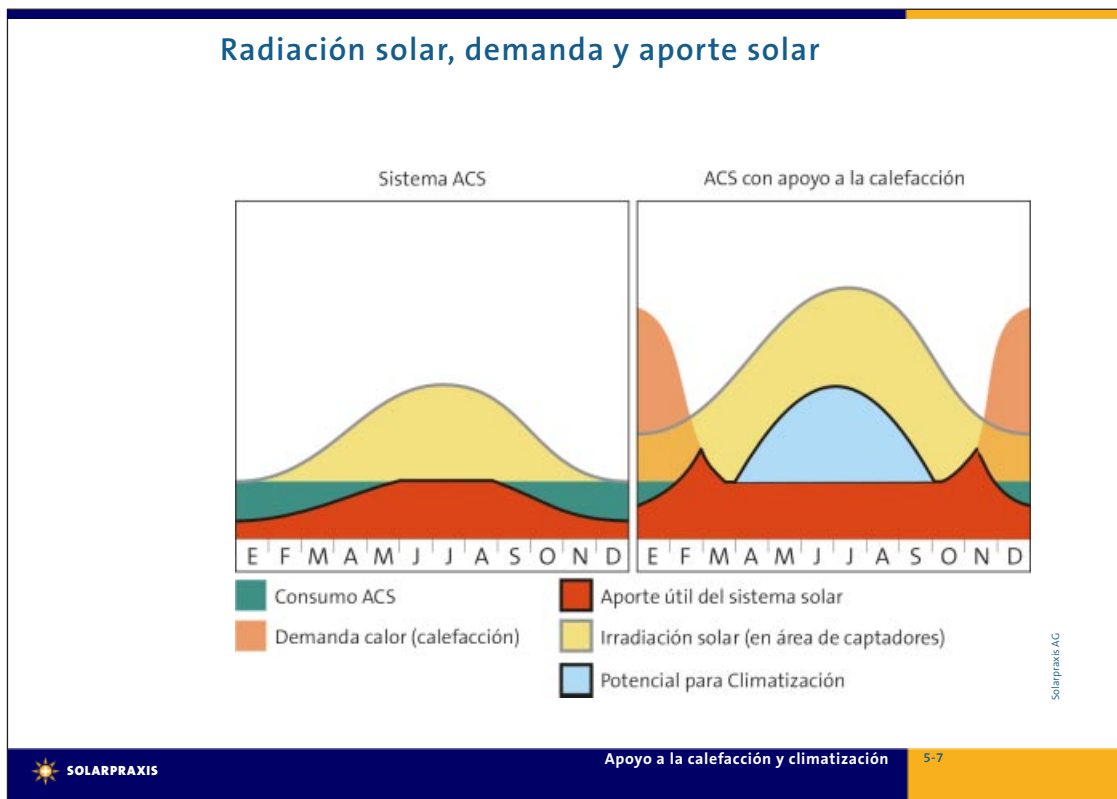
En general en las aplicaciones combinadas (es conveniente utilizar controladores que sean capaces de optimizar el flujo de calor hasta los distintos aplicaciones (ACS, Piscina, calefacción etc.) ya que en estas habrá distintos niveles de temperaturas y es conveniente establecer prioridades.

En este caso se establece la prioridad de cargar el acumulador de ACS antes que el calentamiento de la piscina.

La energía sobrante de la parte de ACS se puede pasar a la piscina dando lugar a una mayor estabilidad del conjunto de la instalación.

5. Aplicaciones

Apoyo a la calefacción y climatización



Radiación solar, demanda y aporte solar

Hay más disponibilidad de radiación solar en verano que en invierno. Para calefacción hay más necesidades en invierno que en verano mientras que en climatización y refrigeración hay más necesidades en verano que en invierno. Por esa razón un sistema solar bien adaptado debe considerar el aporte energético a ambas aplicaciones. Sin embargo algunos usuarios se empeñan en emplear la energía solar solo para calefacción y aunque técnicamente es posible existen algunos inconvenientes:

El apoyo a la calefacción significa energía sobrante en el verano y, por ello, largos tiempos en los que se alcanza la temperatura de estancamiento con su perjuicio para la durabilidad del sistema. Por eso, debe prevenirse este sobrecalentamiento.

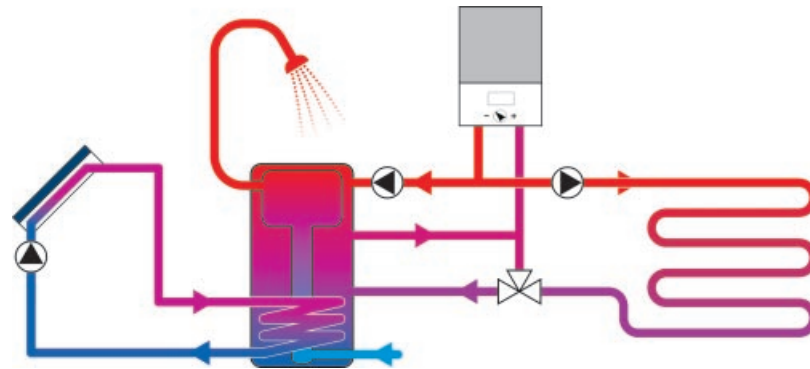
En la figura se puede observar que aunque se aumente considerablemente el tamaño de la instalación solar el aporte útil para calefacción resulta poco.

Puede ser más interesante disminuir la demanda energética del edificio mediante mejoras del aislamiento térmico y otras actuaciones arquitectónicas.

5. Aplicaciones

Apoyo a la calefacción y climatización

Apoyo a la calefacción - suelo radiante



Solarpraxis AG

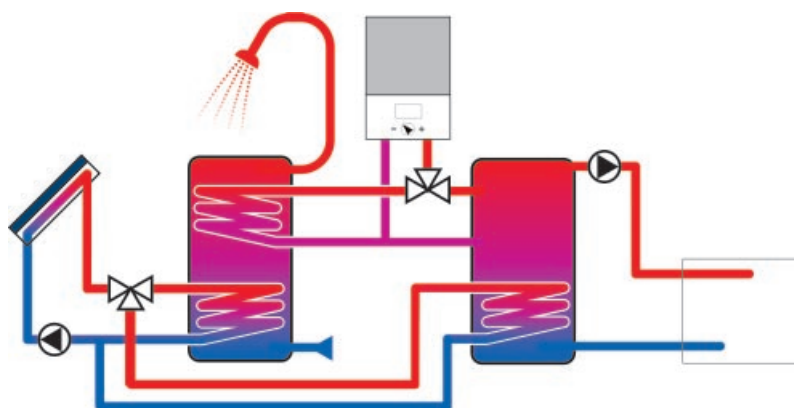
Apoyo a la calefacción - suelo radiante

De los sistemas de calefacción con energía solar el suelo radiante es el más accesible y el que presenta mayores ventajas, sobre todo porque funciona a temperaturas más bajas y, por consiguiente, el rendimiento total es mayor.

5. Aplicaciones

Apoyo a la calefacción y climatización

Apoyo a la calefacción con dos acumuladores



Solarpraxis AG

Apoyo a la calefacción con dos acumuladores

El esquema de este tipo de instalaciones que se presenta en la figura es representativo de instalaciones solares de apoyo a la calefacción con convectores o fancoil.

En general: cuanto más bajas sean las temperaturas del retorno del sistema de calefacción tanto más alta la eficiencia del sistema solar.

5. Aplicaciones

Apoyo a la calefacción y climatización

Apoyo a la climatización y a la calefacción



Valeriano Ruiz

Apoyo a la Climatización y a la calefacción

Una aplicación de gran interés para la energía solar térmica es la climatización con máquinas de absorción ya que cuando hay más necesidades de frío es cuando más radiación solar llega a un determinado lugar. En estas circunstancias si tiene mucho sentido apoyar a un sistema de calefacción ya que en el invierno la instalación estaría ociosa puesto que no se necesite aire frío.

5. Aplicaciones

Otras aplicaciones

Calor de proceso



SOLAR

Calor de proceso

La energía solar térmica es aplicable al calor de proceso de una industria. Dada la diversidad de procesos y las posibilidades de los diferentes tipos de captadores solares a emplear resulta casi imposible establecer una tipificación sencilla. Es necesario estudiar con detalle cada caso.

Ejemplos:

- Industria alimentaria: productos lácteos, bodegas, envasadoras, jugos y conservas vegetales, fabricación de aceite de oliva, industrias del pan, bollería y pastelería
- Industria de textil: fabricación y tratamiento de tejidos, tintado
- Industria química: cosméticos, productos farmacéuticos, detergentes
- Industria agropecuaria: invernaderos, secaderos, sacrificio de ganado, preparación y conservas cárnicas

Especialmente adecuado cuando no hay recuperación de condensados, es decir generalmente en sistemas abiertos.

Normalmente se dan fracciones solares bajas y rendimientos elevados..

5. Aplicaciones

Ejemplos de instalaciones

Ejemplos de instalaciones



5. Aplicaciones

Ejemplos de instalaciones

Ejemplos de instalaciones



5. Aplicaciones

Ejemplos de instalaciones

Ejemplos de instalaciones



5. Aplicaciones

Ejemplos de instalaciones

Ejemplos de instalaciones



6. Diseño y dimensionado

- Criterios de diseño
- Dimensionado

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Planificación de una Instalación



Solarpraxis AG

Planificación de una Instalación

El proceso por el cual se llega al desarrollo de una instalación solar térmica para calentamiento de agua tiene una serie de pasos enlazados entre sí:

- 1 *Diseño*. Llamamos diseño al conjunto de propuestas iniciales de tipo y tamaño de una instalación, a su situación en el edificio, tanto de los captadores como del acumulador, tuberías y demás elementos.
- 2 El paso inmediatamente siguiente es el *dimensionado* que parte de los datos de consumo de las personas a las que debe abastecer. En este paso se debe llegar al conocimiento de la superficie de captadores, litros de acumulación, longitud de tuberías, etc.
- 3 A continuación hay que hacer el *cálculo* de todos los elementos de la instalación (estructura soporte de los captadores y sujeción a la cubierta, sujeción del acumulador, sección, longitud y aislamiento de tuberías, potencia de las bombas (las que haya, tamaño del vaso de expansión, etc.). En este momento se debe realimentar el proceso, volviendo al paso inicial de diseño.
- 4 El paso siguiente es, obviamente, el *montaje* (cap. 7) en el que se deben de tomar una serie de precauciones.
- 5 Una vez finalizado el montaje, hay que iniciar la *puesta en marcha* (cap. 8) de la instalación.
- 6 Para una mayor durabilidad de una instalación (que debe ser el objetivo a perseguir) es muy conveniente establecer un programa de *mantenimiento* (cap. 8).

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Proceso para la realización del proyecto o memoria de una instalación



Proceso para la realización del proyecto o memoria de una instalación

- Toma de datos (consumo de agua caliente, datos climatológicos, etc.)
- Visita y levantamiento de planos del lugar (cubiertas, terrazas, sala de máquinas, etc.)
- Conocimiento de los condicionantes administrativos (Normativa, etc.)
- Diseño y dimensionado inicial (cálculos muy sencillos)
- Dimensionado detallado (área de captadores y distribución sobre planos, volumen y ubicación del depósito acumulador, longitud y sección de tuberías, bombas, vaso de expansión, intercambiador de calor, aislamientos, pérdidas de carga, estructuras, etc.). Empleo de los métodos de cálculo más adecuados.
- Diseño definitivo y realización del proyecto o memoria.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Consumo de agua caliente sanitaria

Tipo de edificio	Clasificación	Unidad de consumo	Consumo unitario (l/día)
Residencial	Vivienda	persona	40
Establecimiento hotelero y alojamiento turístico	Hotel de menor o igual a 3 estrellas	persona	55
	Hotel de categoría de 4 estrellas	persona	80
	Hotel de categoría de 5 estrellas	persona	100
	Camping	persona	30
Centro comunitario	Cuartel	persona	40
	Centro penitenciario	persona	40
	Centro deportivo	persona	30
Centro sanitario	Hospital, clínica	persona	80
Residencia	Residencia de estudiantes, internado	persona	40
	Residencia de ancianos	persona	60
Centro educativo	Escuela, Colegio	persona	6
Restauración	Restaurante	comida	12
	Cafetería	desayuno	2
Lavandería		kg de ropa	9

UNE 100030

Consumo de agua caliente sanitaria

Es el factor (junto a la radiación solar) que más influye en el rendimiento de una instalación.

Muchas veces es el menos conocido: hay grandes diferencias en el comportamiento de consumo tanto de una familia como de hoteles, hospitales, industrias, etc. por lo que se recomienda hacer una medición siempre que sea posible.

Si no se dispone de mediciones se pueden emplear tablas como la de la figura (UNE 100030).

Para el dimensionado de sistemas solares lo razonable es no pretender el 100 % de aporte solar durante todo el año. Hay que tener en cuenta que la utilización de los edificios no es siempre de plena carga (100 %).

Hay una gran dispersión en los valores de consumo, así como en el concepto de “persona o entidad de diseño”:

- En un hospital, cantidad de camas
- En la edificación, ocupación planeada
- En polideportivos, número de duchas

De los valores de dimensionado debería comprobarse a qué temperatura se refieren estos valores y cómo se ha tomado en cuenta la ocupación promedia de los edificios.

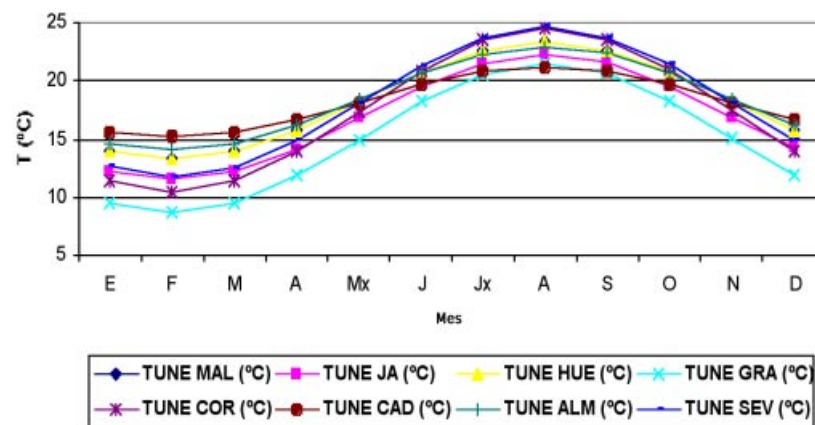
Por lo general se suponen valores de dimensionado demasiado altos.

Norma UNE „Condiciones de Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica para producción de agua caliente sanitaria“, relativos a los consumos unitarios de agua caliente sanitaria a 45°C

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Temperatura diaria media mensual de agua fría



Temperatura de agua de red

La Norma UNE EN 12976-2 establece el siguiente procedimiento de cálculo de la temperatura de agua fría diaria, basado en la temperatura media anual y la amplitud promedio de las variaciones estacionales.

$$\vartheta_{cw} = \vartheta_{media} + \Delta\vartheta_{amplit} \cdot \sin(2\pi(\text{Día}-D_s)/365)$$

donde:

ϑ_{cw} es la temperatura del agua fría

ϑ_{media} es la temperatura media anual del agua fría en la localidad de referencia

$\Delta\vartheta_{amplit}$ es la amplitud promedio de las variaciones estacionales en la localidad de referencia.

Día es el número de día del año

D_s es un término de ajuste.

Los valores necesarios para aplicar este procedimiento de cálculo se encuentran en la norma.

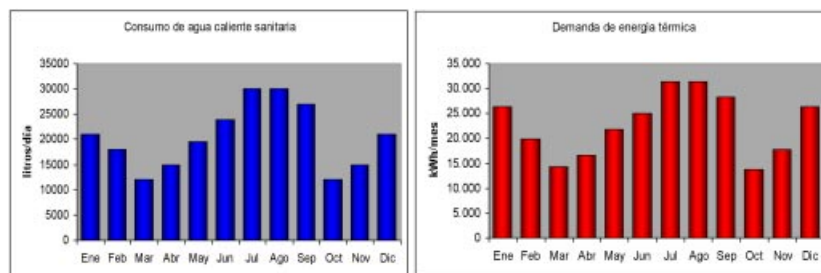
En la figura se presenta la aplicación en las capitales de provincia de Andalucía.

Es de prever que, con objeto de armonizar los datos de partida, se generalice la utilización de esta norma para, en caso de no disponer de valores medidos, estimar los valores de la temperatura del agua fría.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Consumo de agua caliente y demanda de energía Ejemplo: un hotel



Germaín López Valeriano Ruiz

Consumo de agua caliente y demanda de energía

A partir de los datos de consumo de agua caliente en la aplicación de que se trate (en la figura, un hotel) obtenidos preferiblemente por medidas (en edificios existentes) o previstos en el proyecto, las temperaturas del agua de consumo y la temperatura del agua de la red, se calcula la demanda de energía de la aplicación y, por tanto, el perfil energético que tiene que suministrar la instalación.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Datos meteorológicos

PAIS:	ESPAÑA	Orientación:	0° (0° Orientación Sur o 180° Norte)
CIUDAD:	SEVILLA	Coef. albedo:	0,2
LATITUD:	37,4	Modelo de radiación:	Pérez
		Modelo de R _t :	Frutos

IRRADIACION DIARIA MEDIA MENSUAL

Inclin.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media anual
0°	2,31	3,16	4,54	5,49	6,54	6,94	7,09	6,4	5,22	3,72	2,73	2,06	4,88
5°	2,6	3,44	4,81	5,83	6,83	6,98	7,12	6,54	5,46	4,01	3,07	2,34	4,89
10°	2,86	3,73	5,07	5,79	6,89	7	7,14	6,67	5,7	4,3	3,38	2,6	5,88
15°	3,14	3,99	5,31	5,91	6,71	6,98	7,15	6,70	5,9	4,57	3,67	2,85	5,24
20°	3,38	4,23	5,51	6	6,7	6,88	7,07	6,6	6,06	4,9	3,94	3,08	5,37
25°	3,6	4,44	5,88	6,05	6,85	6,78	6,98	6,6	6,19	5,01	4,18	3,29	5,47
30°	3,8	4,63	5,8	6,05	6,88	6,62	6,95	6,76	6,27	5,18	4,4	3,48	5,53
35°	3,97	4,78	5,8	6,02	6,42	6,43	6,87	6,96	6,32	5,31	4,88	3,66	5,88
40°	4,12	4,9	5,95	5,98	6,25	6,2	6,45	6,95	6,32	5,42	4,74	3,79	5,88
45°	4,24	4,98	5,95	5,88	6,03	5,94	6,2	6,39	6,28	5,48	4,88	3,91	5,81
50°	4,33	5,05	5,94	5,72	5,78	5,64	5,9	6,18	6,2	5,51	4,85	4	5,43
55°	4,38	5,07	5,87	5,55	5,49	5,52	5,59	5,94	6,08	5,51	5,01	4,07	5,32
60°	4,43	5,07	5,77	5,34	5,18	4,96	5,23	5,66	5,82	5,47	5,04	4,11	5,18
65°	4,43	5,02	5,63	5,1	4,83	4,58	4,85	5,35	5,73	5,38	5,03	4,12	5,81
70°	4,41	4,95	5,45	4,83	4,5	4,2	4,46	5	5,43	5,28	4,89	4,1	4,8
75°	4,35	4,84	5,24	4,53	4,11	3,78	4,04	4,63	5,22	5,13	4,91	4,05	4,57
80°	4,27	4,7	4,99	4,2	3,71	3,37	3,6	4,23	4,82	4,86	4,8	3,98	4,31
85°	4,15	4,53	4,72	3,84	3,28	2,94	3,16	3,82	4,59	4,73	4,88	3,88	4,83
90°	4,01	4,33	4,41	3,47	2,87	2,53	2,73	3,36	4,23	4,49	4,49	3,76	3,73

Modelo de radiación: Pérez Modelo R_t: Frutos Unidades: kWh/m²

Valeriano Ruiz

Datos meteorológicos

Para el dimensionado de una instalación solar se necesitan datos de radiación solar global en la superficie más adecuada para colocar los captadores de la instalación solar y temperatura de ambiente.

Lo más habitual es emplear valores diarios representativos (medianos o medios) de cada mes. Según el método de cálculo a emplear puede ser necesario utilizar valores menos agregados (valores diarios e incluso horarios).

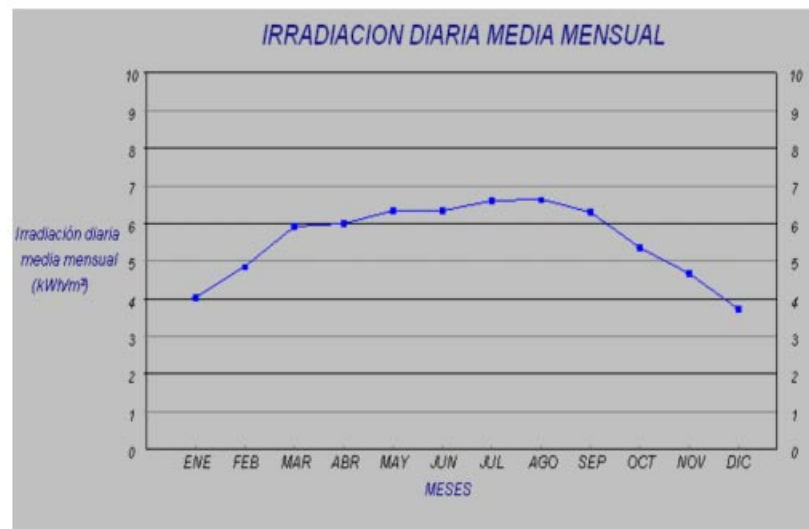
- Los *datos de radiación* suelen estar disponibles en tablas y/o soporte informático. El origen son medidas de centros especializados (Instituto Nacional de Meteorología y Universidades principalmente) y un tratamiento posterior para obtener los valores de irradiación en superficies inclinadas que son los que se necesitan para el dimensionado de las instalaciones solares.
- La *temperatura ambiente* también las proporcionan estas instituciones y se encuentran en los manuales de instalaciones profesionales.

En la figura se da una tabla con valores de irradiación global en superficie inclinada y orientación sur representativos de los 12 meses del año para Sevilla. Tablas como esta existen para muchas ciudades.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Irradiación diaria media mensual



Valeriano Ruiz

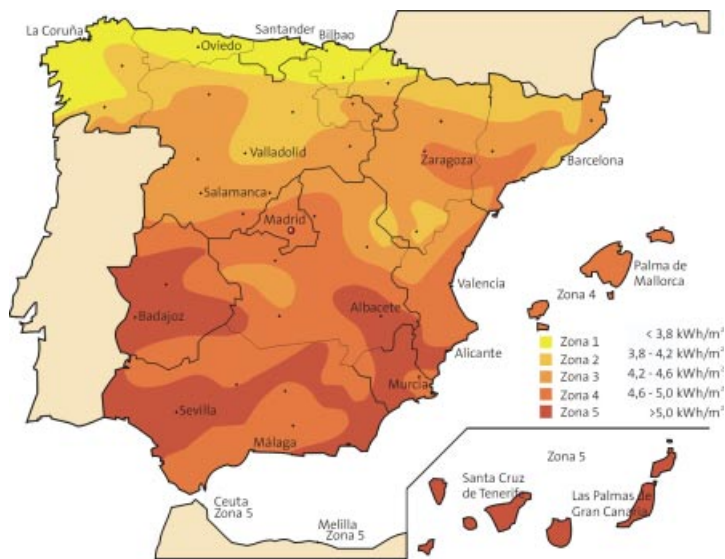
Irradiación diaria media mensual

En la figura se muestran los valores calculados, con metodologías bien probadas, de irradiación global para una superficie orientada al sur y con una inclinación igual a la latitud del lugar para Sevilla.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Mapa de España de irradiación en superficie horizontal



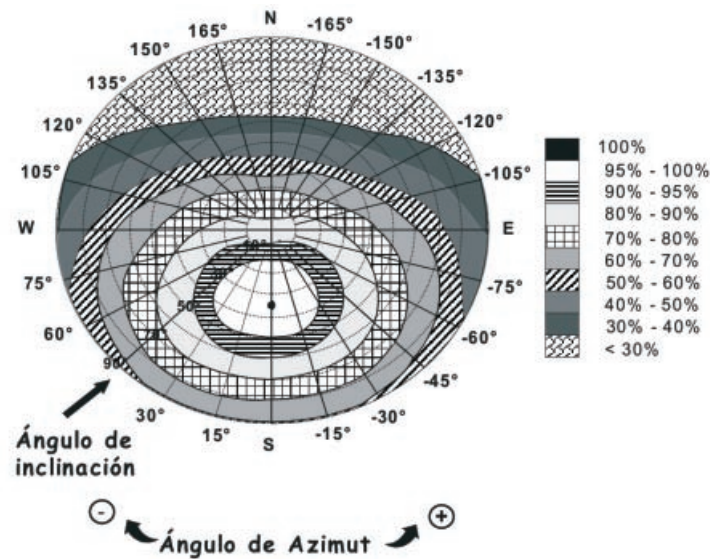
Mapa de España de irradiación en superficie horizontal

Con el mapa de irradiación en superficie horizontal del Instituto Nacional de Meteorología, el IDAE ha elaborado este mapa de distribución del territorio español en cinco zonas climáticas a efectos de aplicaciones solares térmicas.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Criterio orientación e inclinación de los captadores



IDAIE - ICT 2002

Criterio orientación e inclinación de los captadores

Existen gráficos como el de la figura que permiten adoptar criterios para situar los captadores solares sobre la superficie disponible.

En general lo mejor es adaptar los captadores a la cubierta del edificio correspondiente. Si la orientación e inclinación de esa cubierta no fuera la óptima, se pueden aceptar variaciones en la orientación y la inclinación que se indican en los manuales y las normativas.

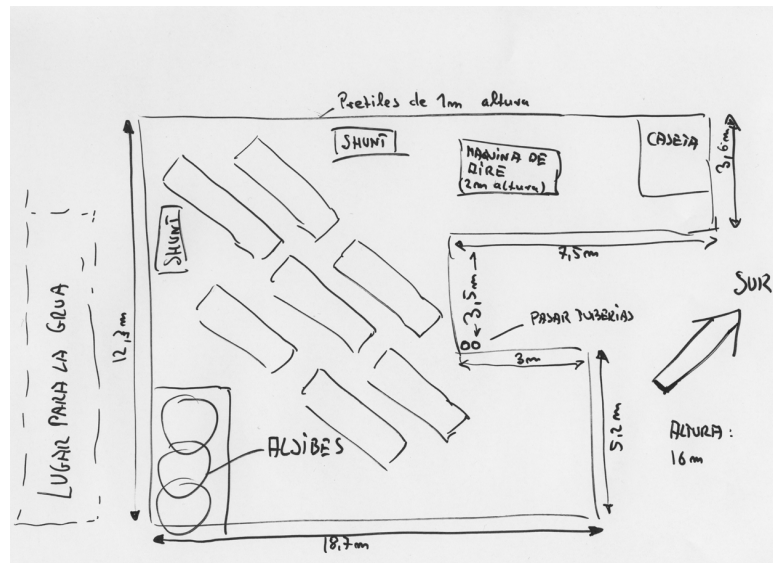
Por ejemplo, el programa PROSOL de Andalucía, permite un margen en la inclinación de $\pm 15^\circ$ y de $\pm 45^\circ$ en la orientación.

En aplicaciones con consumos preferentes estacionalmente hay que pensar en inclinaciones adaptadas a estas circunstancias. Por ejemplo en un hotel de temporada de verano los captadores deben estar menos inclinados y si fuera de temporada de invierno habría que aumentar la inclinación.

6. Diseño y dimensionado

Criterios de diseño

Visita al lugar de la instalación



Solarpraxis AG

Visita al lugar de la instalación

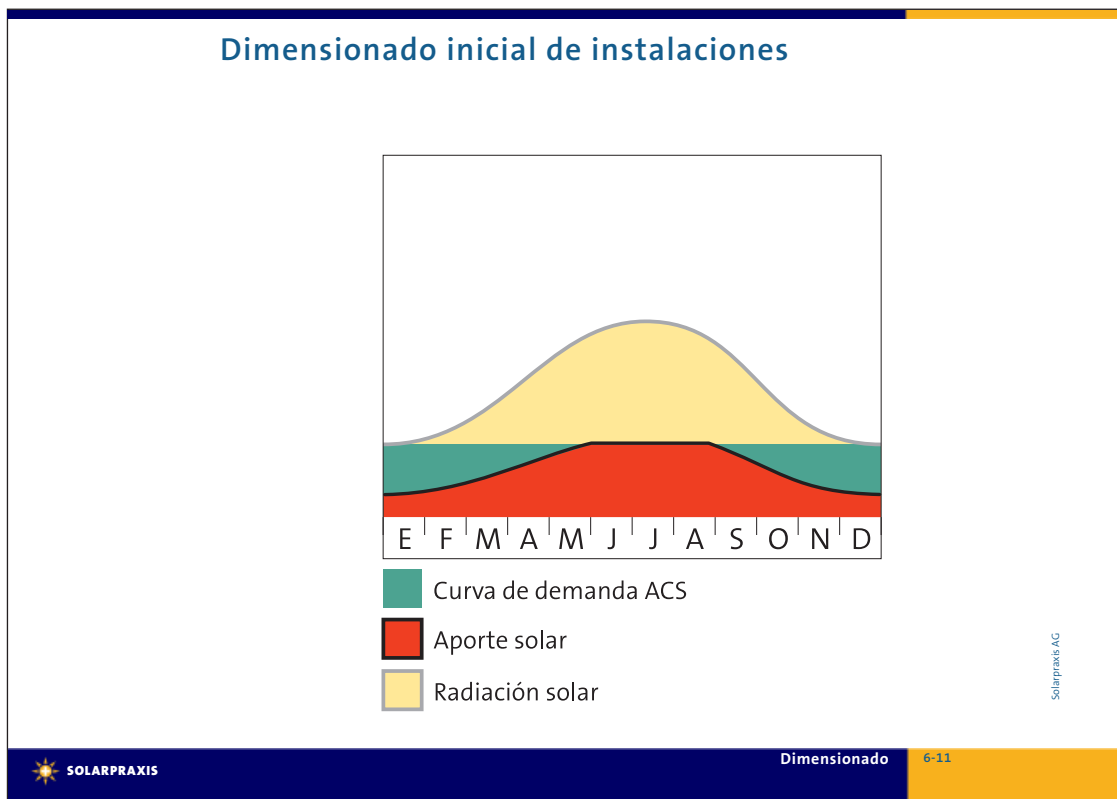
Es indispensable hacer una inspección detallada del lugar y hacer un croquis en el que ubicar la instalación con todos sus componentes. En el caso de instalaciones grandes y para la realización de un proyecto es necesario conseguir los planos correspondientes.

Es conveniente no olvidarse de una brújula para situar convenientemente los captadores. En este caso es conveniente tomar la dirección sur en varios puntos ya que pueden darse situaciones (por ejemplo tendidos de tuberías de hierro) que modifiquen el campo magnético.

Adicionalmente hacer un croquis a mano en el lugar.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



Dimensionado inicial de instalaciones

De manera simplificada se puede seguir el siguiente procedimiento:

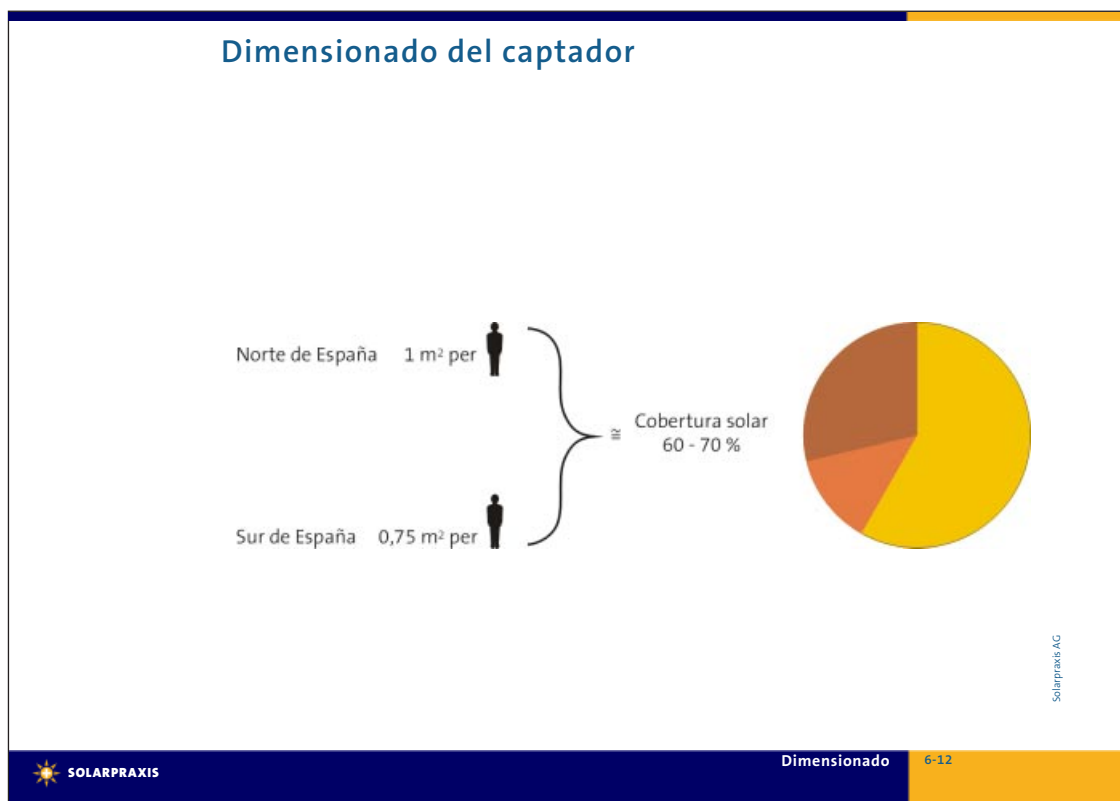
- Se determina la demanda de agua caliente para un día de referencia de cada mes del año y se representa en un diagrama como el de la figura. En este caso se ha supuesto que la demanda es uniforme todo el año.
- Con esa cantidad se dimensiona la acumulación que, en España, se toma igual a la demanda diaria.
- Si se acepta una relación V/A definida (75 l/m^2 por ejemplo) se obtiene una primera aproximación del área de captadores.
- Se representa en el mismo diagrama la irradiación solar representativa de cada mes, en las unidades ($\text{MJ/m}^2\cdot\text{dia}$ ó $\text{kWh/m}^2\cdot\text{dia}$) en la superficie inclinada donde se vayan a colocar los captadores (por ejemplo 45°).

Con estos valores de irradiación y área de captadores se puede calcular la energía aportada por el campo de captadores.

- Se toman los criterios establecidos (máximo tres meses con el 100 % de aporte solar y mínimo del 70 % todo el año, etc.) y se comprueba si se cumplen los requisitos exigidos.
- Si no fuera así, se harían los ajustes necesarios.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



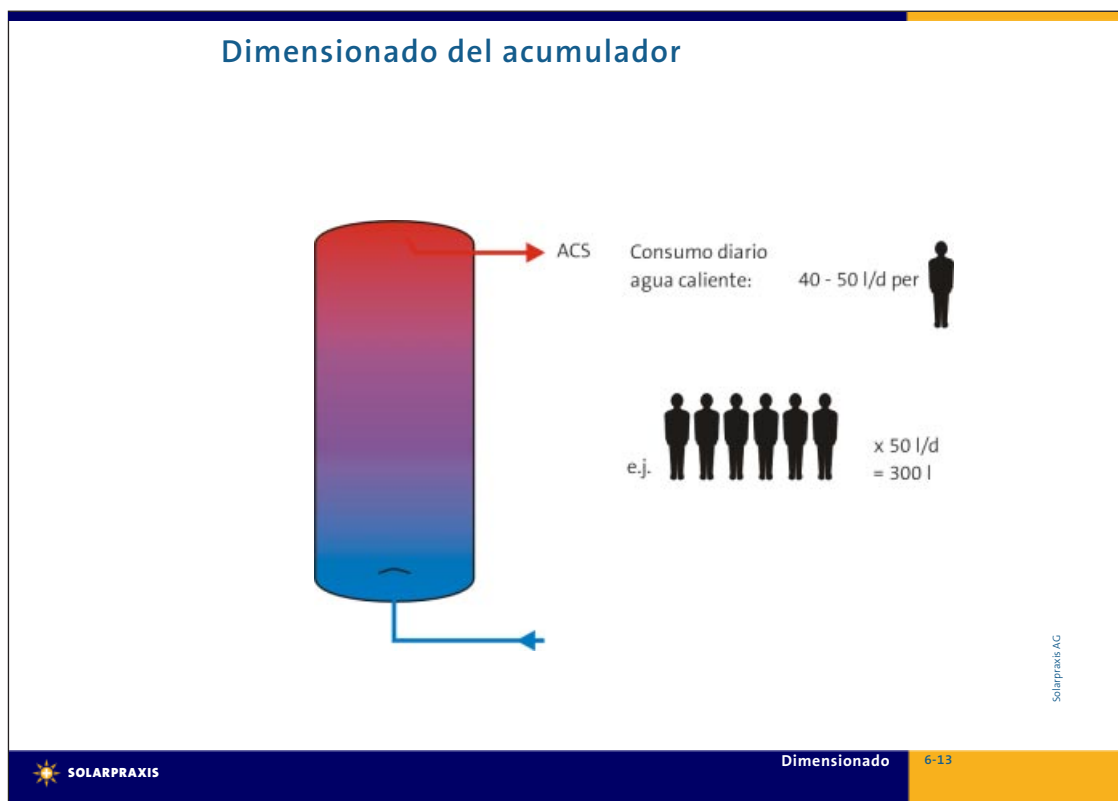
Dimensionado del captador

Se trata de valores de experiencias de tanteo para la orientación al sur, son válidos solamente hasta aproximadamente 5 personas.

En cualquier caso siempre es conveniente revisar el diseño inicial con un programa de cálculo.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



Dimensionado del acumulador

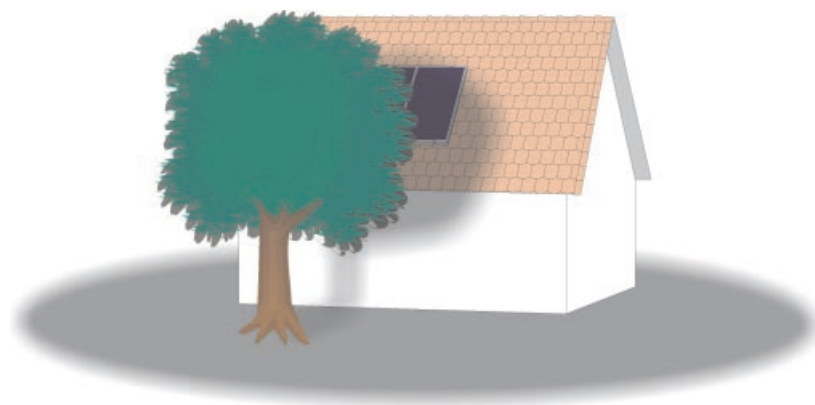
En la figura se representa un caso de dimensionado muy típico en instalaciones domésticas pequeñas.

Suponemos 6 personas con un consumo diario de 50 litros por persona, es decir 300 litros de consumo diario = al volumen del depósito acumulador. Si aceptamos una relación volumen/área de captadores ($V/A = a 75 \text{ l/m}^2$) resulta un área de captadores de 4 m^2 . Esto es la situación típica para el sur de España, en el norte el área de captadores tendría que ser superior, por ejemplo 6 m^2 .

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Criterio sombras



Solarpraxis AG

Criterio sombras

No olvidar que los árboles crecen y pueden dar sombra.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



Dimensionado de instalaciones

Para el dimensionado de instalaciones pueden utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores (F-chart, TRNSYS, EMGP3P, TSOL).

El método F-chart, muy empleado por muchos proyectistas, puede no ser suficiente para el cálculo de instalaciones grandes. Por eso se recomienda el uso de programas de cálculo basados en métodos de simulación.

El programa de cálculo especificará, al menos en base mensual, los valores representativos diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

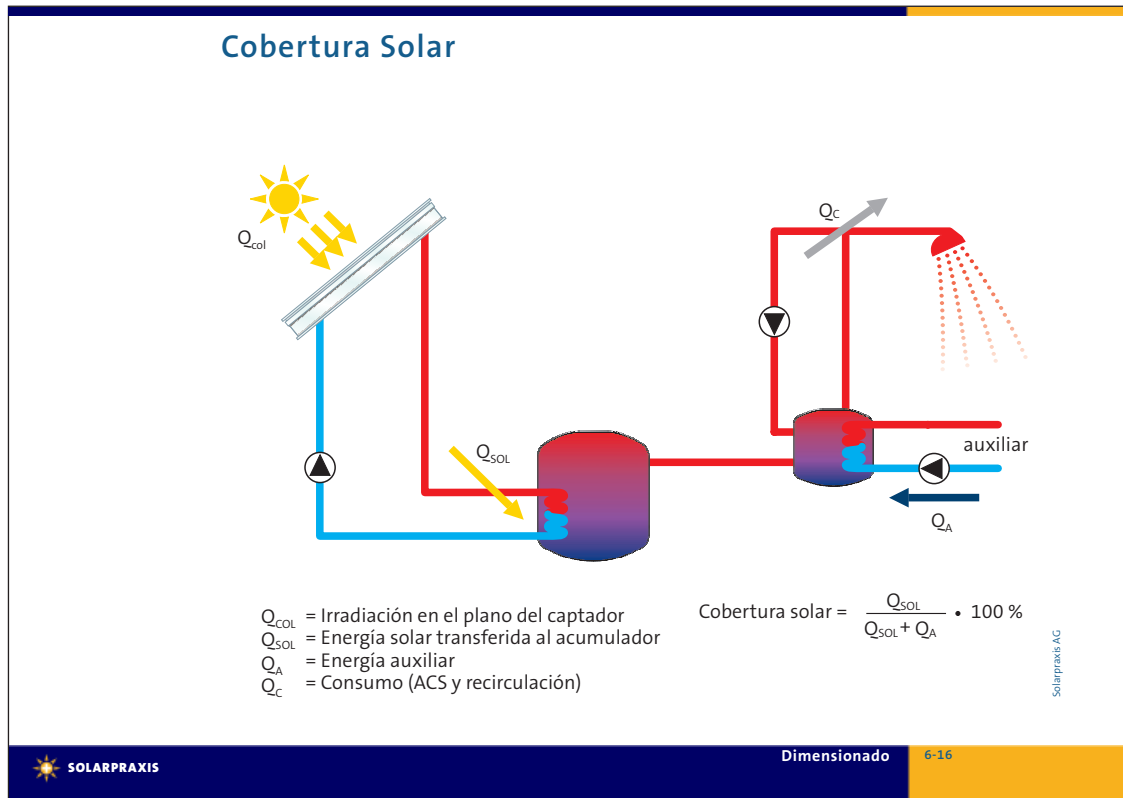
- la demanda de energía térmica.
- la energía solar térmica aportada.
- Cobertura solar
- el rendimiento medio anual.

Para el dimensionado de sistemas solares lo razonable es no pretender el 100 % de aporte solar durante todo el año. Hay que tener en cuenta que la utilización de los edificios no es siempre de plena carga (100 %). De hecho, el IDAE exige las siguientes condiciones:

- Máximo 3 meses con cobertura superior al 100 % y siempre inferior al 110 %

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



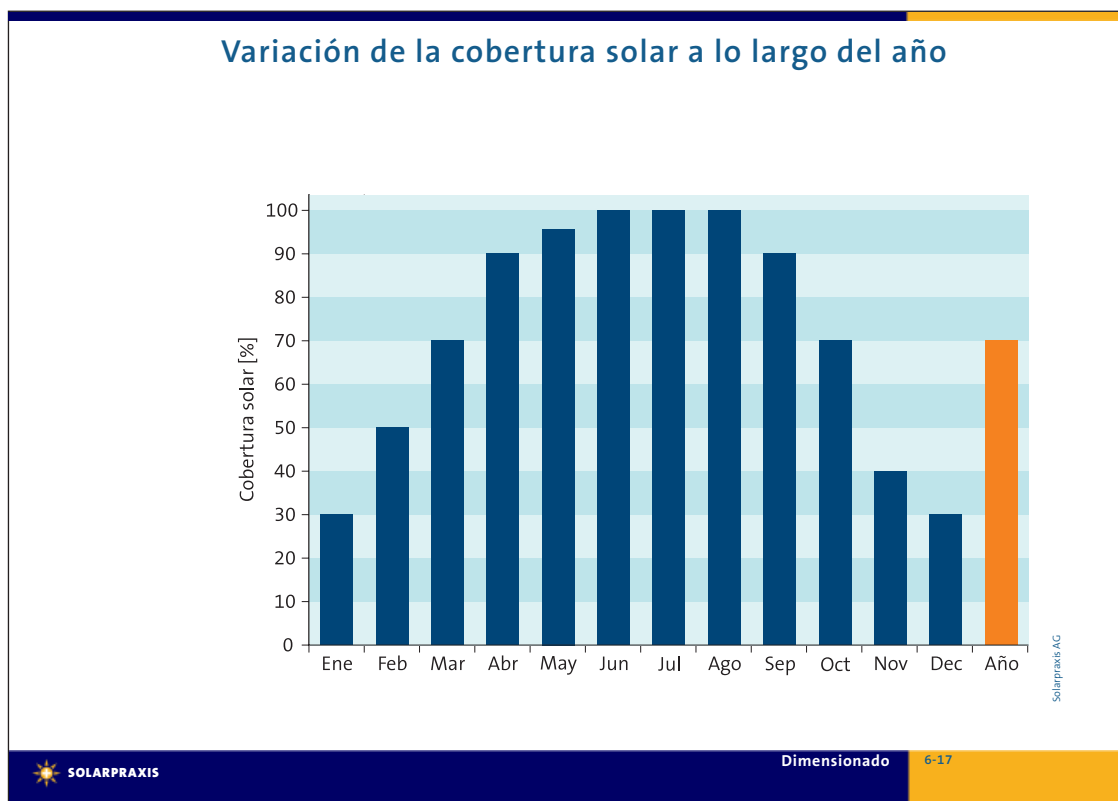
Cobertura Solar

Se define la cobertura solar como el cociente entre la energía que proporciona la instalación solar y el consumo total valorado en las mismas unidades.

No confundir con el rendimiento anual de una instalación que se define como el cociente entre la energía térmica producida por la instalación solar (entregada al acumulador), y la energía solar incidente en el plano de los captadores.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



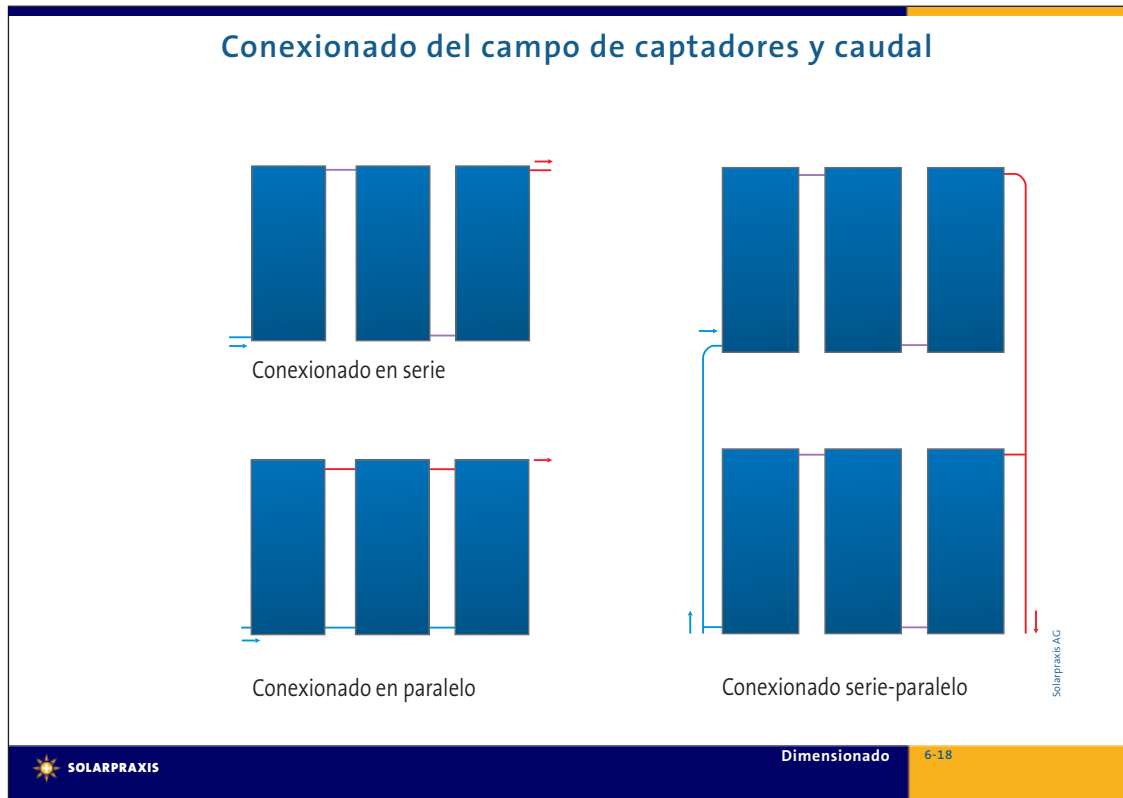
Variación de la cobertura solar a lo largo del año

Son normales valores anuales de la cobertura de entre un 60 a un 70%. Los criterios precisos vienen establecidos en las normativas vigentes.

Al crecer la cobertura solar en el verano (como consecuencia de mayor radiación y/o menor consumo) se crean excesos de aporte que pueden dar lugar a sobrecalentamiento.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado



Conexión del campo de captadores y caudal

Con el fin de conseguir una buena transferencia de energía en los captadores (régimen turbulento), los especialistas recomiendan que se emplee un caudal específico de, aproximadamente, $50 \text{ l/m}^2/\text{h}$ (ver documentación del fabricante).

En el conexionado en serie el caudal es el mismo en todos los captadores. En este caso se consigue una mayor diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida del campo de captadores.

En el conexionado paralelo se suman los caudales. En estas circunstancias la temperatura a la salida es inferior que en la conexión en serie.

Cuando la instalación es mediana o grande se utilizan combinaciones serie/paralelo convenientemente calculadas para que la distribución interna del fluido sea lo más uniforme posible.

Una vez obtenido el caudal de diseño hay que calcular las pérdidas de carga en todos los componentes de la instalación. La bomba de circulación debe dimensionarse para suministrar este caudal y cubrir las pérdidas de cargas en el conjunto de la instalación.

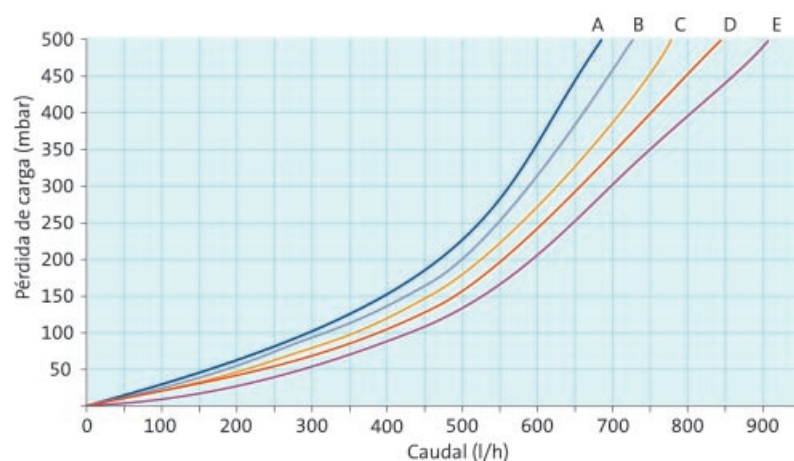
En concreto la pérdida de carga se produce en los siguientes componentes:

- captadores
- tubería
- accesorios (válvulas, caudalímetros, filtros, etc.)
- intercambiadores de calor

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Pérdida de carga en los captadores



Solarpraxis AG

Pérdida de carga en captadores planos

En la figura se tiene la gráfica que permite calcular las pérdidas de carga correspondientes a distintos captadores planos (A, B, C, D, E) tomados como ejemplo.

Con el caudal del campo de captadores calculado a partir del caudal específico ($50 \text{ l/m}^2/\text{h}$ o caudal mínimo según fabricante) se obtiene en la gráfica la pérdida de carga en mbar. Si se quiere obtener en mm c.a. equivalente es suficiente con dividir por 10 (aproximadamente).

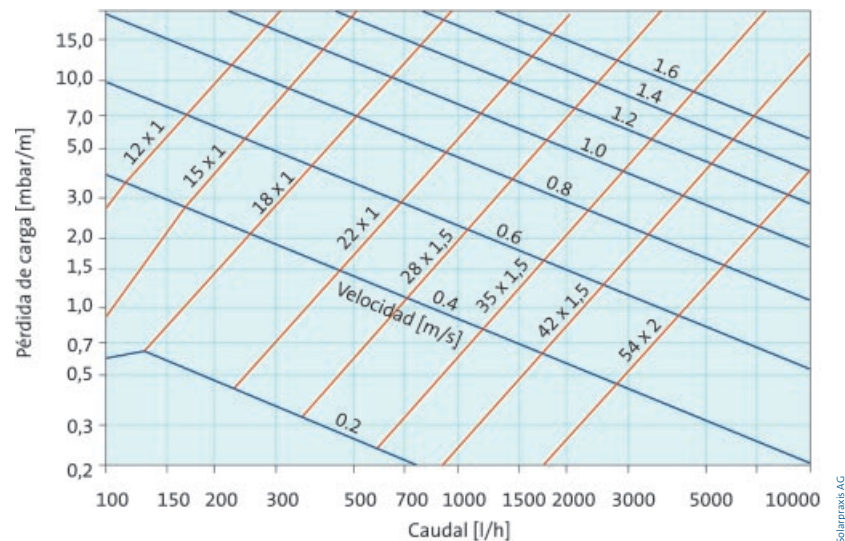
En la conexión en serie se determina la pérdida de carga de la manera siguiente:

Pérdida de carga de un captador para el caudal total (según gráfica o documentación del fabricante) y multiplicar por el número de captadores conectados en serie.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Pérdida de carga en las tuberías



Pérdida de carga en las tuberías

Una vez obtenido el caudal se entra en la tabla para obtener la pérdida de carga para los diferentes diámetros y valores de la velocidad lineal del fluido.

Los diagramas existentes son por lo general para agua. El glicol causa mayor pérdida de carga que se añade a la del sistema (aproximadamente multiplicar por 1,3).

El diagrama de la figura es válido para tubos de cobre y una mezcla anticongelante de 65 % agua - 35 % glicol a 50 °C.

Para el dimensionado del diámetro de las tuberías se recomienda:

- Elegirlos de manera que la pérdida de carga por metro lineal sea como máximo 4 mbar/m (40 mm ca/m).
- Además debe cuidarse que las velocidades en el interior de las tuberías no rebasen ciertos niveles para evitar efectos sonoros (aprox. 1,5 m/s) (se recomienda entre 0,4 - 0,6 m/s).

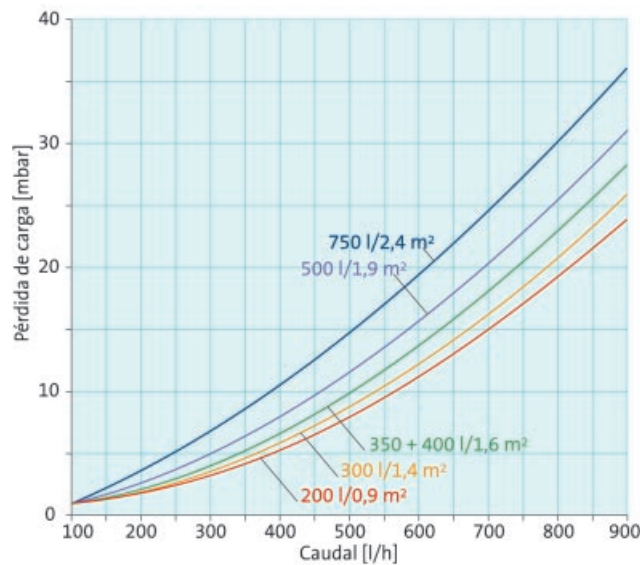
En sistemas pequeños ver documentación del fabricante.

En sistemas medianos y grandes se emplean programas de cálculo. Al no disponer de un programa de cálculo para redes de tuberías se puede calcular las pérdidas de carga por los accesorios „normales“ (válvulas de corte, codos, piezas de ajuste) sumando un 10 % de tubería.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Pérdida de carga de intercambiadores de calor (ejemplo serpentín)



Solarpraxis AG

Pérdida de carga de intercambiadores de calor

- Los intercambiadores de calor de doble envoltente tienen una pérdida de carga tan pequeña que se puede despreciar.
- Los intercambiadores de calor internos (serpentín) tienen relativamente poca pérdida de carga (igual que una tubería) como se puede ver en la figura.
- Los intercambiadores de calor externos de placas tienen pérdidas de carga relativamente altas (ver indicaciones del fabricante). Se recomienda que se dimensionen de tal manera que la pérdida de carga sea inferior a 300 mbar 3 mca)

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Pérdida de carga de accesorios y otros componentes



Pérdida de carga de accesorios y otros componentes

La pérdida de carga en ciertos accesorios de instalaciones solares puede ser importante. Por ejemplo:

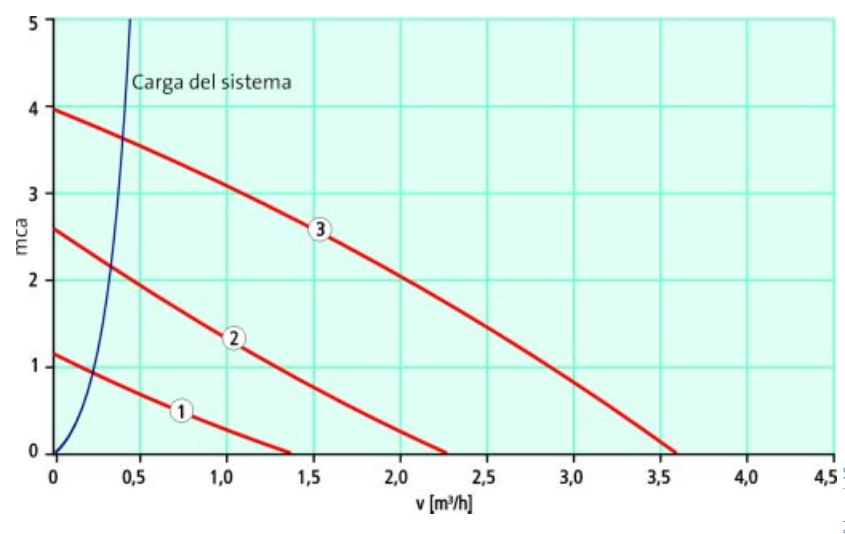
- Caudalímetro. En el orden de 20 mbar
- Válvula antiretorno. En el orden de 10 mbar
- Contador de energía (si se instala). Del orden de 50 mbar
- Filtros. Pueden causar pérdidas de carga altas debido a ensuciamiento.
- Válvulas de equilibrado (si se instalan). Según el caso.

Los accesorios „normales“ (válvulas de corte, codos, piezas de ajuste) se tienen en cuenta añadiendo un 10% más de tubería.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Dimensionado de las bombas



Dimensionado de las bombas

El caudal que tienen que proporcionar las bombas se ha calculado en base al área de captadores. Además las bombas tienen que suplir las pérdidas de carga del circuito. Con estos dos datos se entra en la gráfica y se obtiene el punto de trabajo de la bomba necesaria.

Logicamente se elige la bomba existente en el mercado más próxima a la calculada.

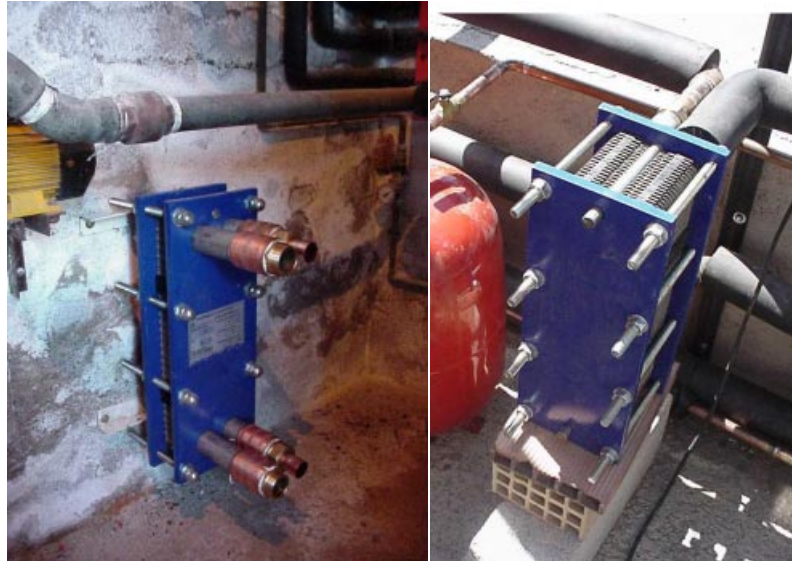
Las bombas disponibles en el mercado proceden, en gran parte, del sector de la calefacción y el aire acondicionado y suelen no estar bien adaptadas a las necesidades de las instalaciones solares pequeñas.

Tener presente que el consumo de energía eléctrica de las bombas puede no ser despreciable, sobre todo si no se hacen correctamente los cálculos.

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Dimensionado de intercambiadores de calor



Dimensionado de intercambiadores de calor

- *Serpentín:*

Aproximadamente, $0,2 \text{ m}^2$ superficie intercambiadora por m^2 de captadores (tipo serpentín) o $0,35 \text{ m}^2/\text{m}^2$ de captadores (tipo aleteado), respectivamente.

En todo caso, la relación entre superficies no debe ser inferior a 0,15.

- *De placas:*

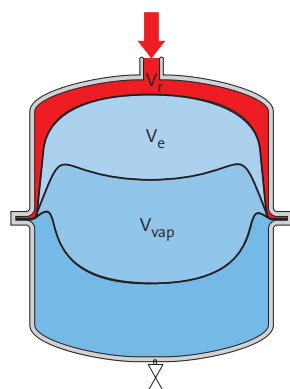
La potencia mínima de diseño (en W): $P \geq 500 \cdot A$ (A = área de captadores en m^2)

Se recomienda sobredimensionar en potencia y reducir pérdida de carga. (Como máximo 300 mbar (3 mca))

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Dimensionado del vaso de expansión



V_u = Volumen útil del vaso de expansión

$$V_u = (V_e + V_{vap} + V_r) * C_p$$

siendo:

V_e = Volumen de expansión = $V_t * C_e$

V_{vap} = Volumen debido a la formación de vapor

V_r = Volumen de reserva

C_e = Coeficiente de expansión

V_t = Contenido total del líquido

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m} = \text{Coeficiente de presión}$$

P_M = Presión máxima

P_m = Presión mínima

$$P_M = P_{vs} * 0,9$$

(P_{vs} = Presión de tarado de la válvula de seguridad)

Dimensionado del vaso de expansión

No se debe dimensionar como en los sistemas de calefacción porque hay ciertas diferencias entre las instalaciones de energía solar y las de calefacción:

- Rango de temperaturas más alto, coeficiente de expansión del líquido anticongelante más alto, posible vaporización.

El vaso de expansión se debe dimensionar de forma que la presión en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 bar y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de todos y cada uno de los componentes. La válvula de seguridad debe estar tarada por debajo de la presión máxima de trabajo del componente que soporta menos presión.

La presión máxima P_M debe ser algo inferior (10 %) a la presión de tarado de la válvula de seguridad.

El vaso de expansión debe compensar los siguientes efectos:

V_e - Volumen de expansión (dilatación térmica del líquido)

V_{vap} - Volumen debido a la formación de vapor que puede crearse en los captadores y en las tuberías durante el estancamiento del sistema.

Ajustar la presión inicial del gas (P_i) del vaso de expansión igual a la presión en frío en el punto más alto más la presión estática (diferencia de cotas - 1bar = 10 m).

En aquellas zonas en las que se produzcan temperaturas demasiado bajas, es conveniente ajustar la presión inicial del gas en el vaso a un nivel algo inferior. Con ello el vaso suministrará fluido al resto de la instalación, cuando el fluido se contraiga (Volumen de reserva V_r).

6. Diseño y dimensionado

Dimensionado

Diseño definitivo



Diseño definitivo

Una vez establecidos todos los parámetros de la instalación, se puede realizar el proyecto o memoria de la instalación en el que constarán todos los detalles válidos para que un instalador capacitado realice la instalación.

7. Montaje de instalaciones

- Montaje de instalaciones

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Consideraciones generales



Consideraciones generales

El objetivo principal de una instalación solar térmica es producir el efecto deseado (normalmente agua caliente) el mayor tiempo posible. Para conseguirlo, el montaje correcto de la instalación es fundamental.

Lo primero que hay que tener presente es la necesidad de cumplir la normativa que sobre el particular esté vigente en el país y la comunidad autónoma correspondiente.

Lo segundo en importancia es tomar las precauciones de seguridad que son de rigor en el montaje de instalaciones de este tipo.

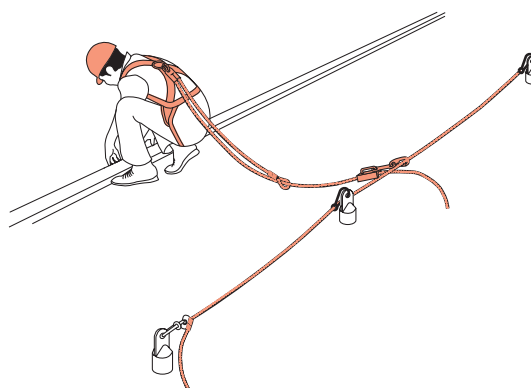
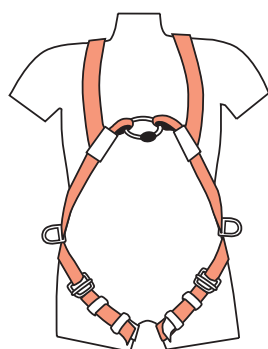
A continuación se relacionan algunos aspectos a tener en cuenta:

- Es indispensable un trabajo cuidadoso para que se pueda garantizar una vida útil larga
- Calidad y durabilidad de los materiales. Los materiales y la construcción tienen que resistir al mal tiempo. Estanqueidad de los captadores y del aislamiento.
- Tener en cuenta las posibles dilataciones. Prever protección antiheladas.
- Conexión correcta al agua de la red.
- Accesibilidad para mantenimiento y reparación.
- Posición correcta de todos los elementos y, en particular los sensores, purgadores, válvulas. Conexión correcta de los intercambiadores.
- Cuidado con las altas temperaturas. Estancamiento, vapor, etc.
- No poner un vaso de expansión demasiado pequeño. Aguante a las altas temperaturas.
- No se debe dañar la cubierta (p.ej. No dañar la tela asfáltica).

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Seguridad en el montaje



Solarpraxis AG

Seguridad en el montaje

En la actualidad apenas se presta atención a las medidas de seguridad más elementales. Por eso proponemos:

- Tomar todas precauciones de seguridad en el montaje.
- Siempre tenga extremo cuidado cuando trabaje sobre un tejado.
- Evite peligros tales como cables eléctricos o tejas sueltas.
- Desconecte la corriente eléctrica en el área de la instalación.
- Se deben cumplir los requisitos legales de la zona o comunidad en la que se instala el equipo.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Montaje en cubierta planas



Solarpraxis AG

Montaje de captadores en un techo plano

- No se pueden olvidar las exigencias especiales para trabajar sobre la cubierta.
- No se debe dañar la cubierta (p.ej. no dañar la tela asfáltica).

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Montaje de captadores en un techo plano



Solarpraxis AG

Montaje de captadores en un techo plano

Al apretar tornillos no olvidarse de contra-apretar. No olvidar juntas. No forzar las conexiones del captador (muchas veces son de soldadura fuerte y por esto frágiles).

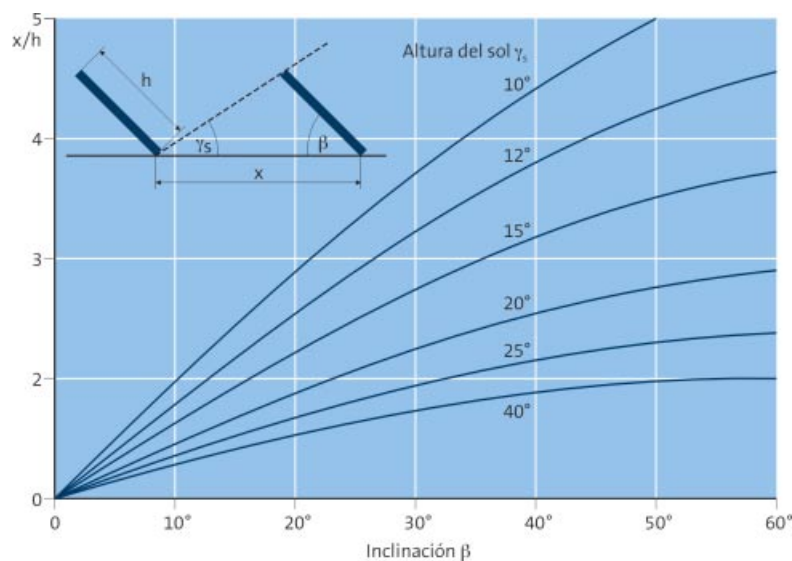
Dejar espacio para la dilatación térmica de los materiales (tubos de cobre: $0,017 \text{ mm}/(\text{mK})$).

Trabajar cuidadosamente el aislamiento térmico que queda en el exterior.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Distancia recomendada entre filas de captadores



Distancia recomendada entre filas de captadores

En instalaciones grandes, con varias filas de captadores es fundamental separar las filas una distancia mínima para evitar sombras. Mientras menos inclinado = menos distancia = pero también menos aporte.

Mantener distancias a obstáculos (chimeneas, superestructuras de tejado, muros) adecuadamente calculadas.

Ejemplo: Captador de 2,2 m de altura con inclinación de 45° , separación de 4,25 m entre filas

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Montaje de captadores



Montaje de captadores

Accesibilidad de la instalación para mantenimiento y reparación.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Estructura soporte



Estructura soporte

Es indispensable un trabajo cuidadoso para que se pueda garantizar una vida útil larga

Los materiales y la construcción tienen que resistir al mal tiempo.

Evitar pares galvánicos

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Acumulador



Acumulador

Pensar antes que nada: ¿hay suficiente espacio y pasa por la puerta?

Y que hay suficiente espacio para las labores de mantenimiento.

Explicar: medida diagonal (al inclinar)

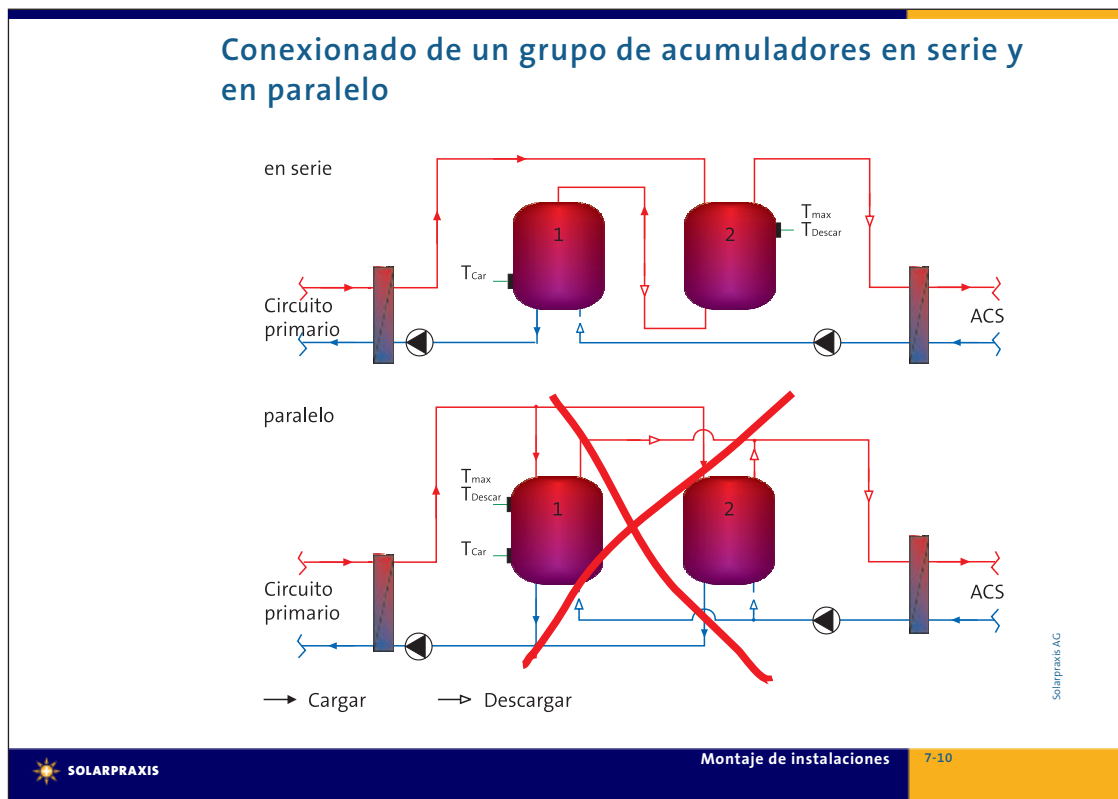
Tomar en cuenta: desagüe

Poner cuidadosamente el aislamiento térmico y que tiene el ánodo de sacrificio.

Evitar los pares galvánicos en las conexiones

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones



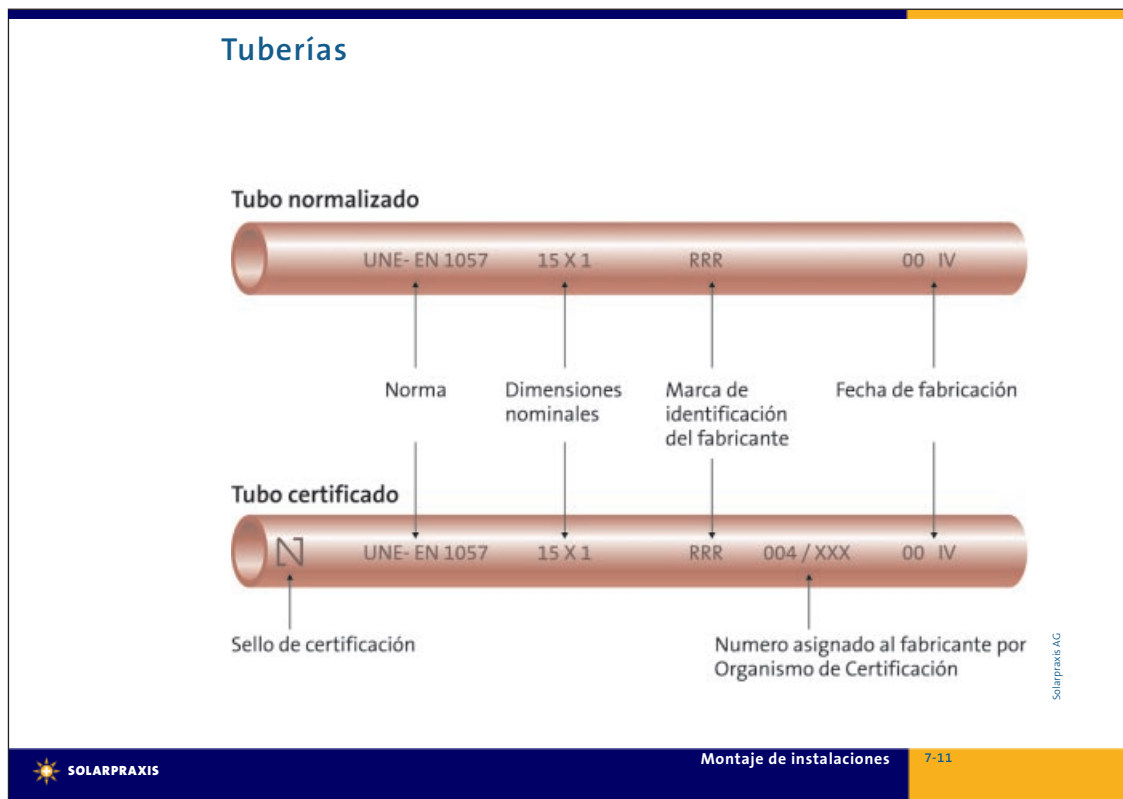
Conexión de un grupo de acumuladores en serie y en paralelo

Si por razones de costes o de espacio se necesitan varios acumuladores:

Conectar preferentemente en serie; la conexión paralela difícilmente garantiza la carga o descarga equilibrada (solamente es posible con válvulas de equilibrado)

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones



Tuberías - Normalización y Certificación

Estado de suministro - Características mecánicas:

DURO:

Carga Rotura > 360 N/mm²

Límite elástico > 300 N/mm²

Alargamiento > 3 %

RECOCIDO:

Carga Rotura > 220 N/mm²

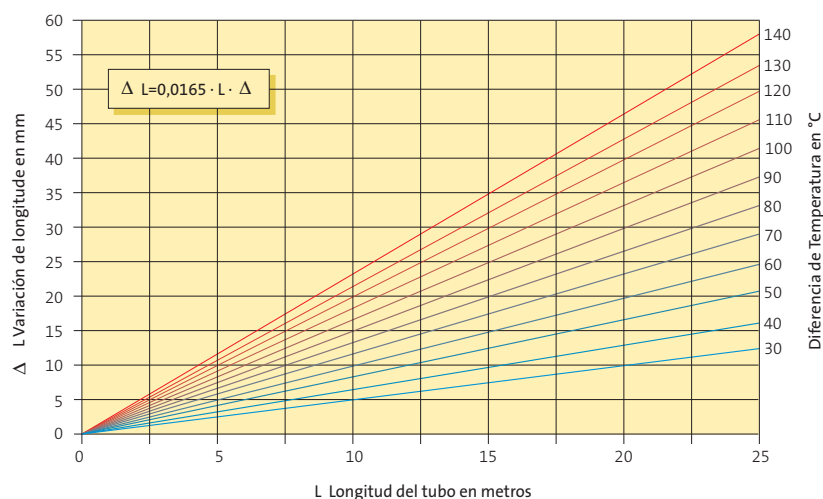
Límite elástico < 11 N/mm²

Alargamiento > 40 %

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Dilatación térmica



Dilatación térmica

Cuando las tuberías son de cobre (lo más recomendable) hay que tener en cuenta la dilatación térmica que es muy importante (coeficiente: $\alpha = 0,0165 \text{ mm/m.K}$):

$$\text{Dilatación} = L \times \alpha \times (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$$

Ejemplo: una tubería de $L = 10$ metros a temperatura ambiente (supongamos 15°C) modifica su longitud en 22 mm si alcanza una temperatura de 145°C (estado de estancamiento que aunque no deseable hay que tenerlo en cuenta).

Como las tuberías están expuestas a variaciones de temperatura, deben estar sujetas con abrazaderas, que permitan la dilatación y contracción con los cambios de temperatura. Evitar empotramientos rígidos.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Uniones de tubos de cobre y soldadura



Uniones de tubos de cobre y soldadura

SOLDADURA BLANDA:

Punto fusión metal aportación <450°C S/UNE EN 1057

Temperaturas servicio < 120°C

Diámetros < 54 mm

SOLDADURA FUERTE:

Punto fusión metal aportación >450°C S/UNE EN 1057

Temperaturas servicio > 120°C

Diámetros < 108 mm

ACCESORIOS CERTIFICADOS S/UNE EN 1254-1

Varilla de soldar para soldadura fuerte - Cobre/Fósforo (Cu 92 %, P 8%).

Carrete estaño-plata para soldadura blanda S/ R.D-2708/85 BOE 15.03.1986

DECAPANTE: Aplicar únicamente sobre la superficie exterior del tubo, formando una película fina y uniforme. No debe transcurrir más de 2-3 horas entre la aplicación del decapante y la soldadura. Ser solubles en agua fría - estable - No ser irritante ni tóxico - Adecuado para los rangos de temperatura y apropiado para la aplicación final. Es conveniente mantener un pH neutro para evitar que se produzca corrosión.

UNIÓN POR PRESIÓN:

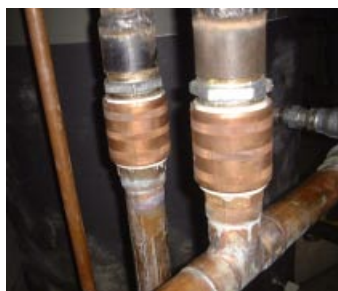
Los accesorios incluyen una junta tórica y mediante una tenaza-prensa se realiza una unión mecánica tubo-accesorio totalmente estanca.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Corrosión galvánica

Serie electroquímica			
Oro	+ 1,5 V	Estaño	- 0,14 V
Platino	+ 0,87 V	Níquel	- 0,23 V
Plata	+ 0,8 V	Hierro	- 0,43 V
Cobre	+ 0,34 V	Zinc	- 0,73 V
Hidrógeno	0 V	Aluminio	- 1,67 V
Plomo	- 0,13 V		



Corrosión galvánica

La unión de dos metales de distinto potencial, origina una pila electroquímica.

En una instalación recorrida por agua, los iones de cobre disueltos en el agua tenderán a precipitarse sobre el metal de potencial inferior, perforando el tubo. Para impedir este tipo de corrosión, se instalará el metal de potencial inferior aguas arriba del cobre, con relación al sentido de circulación del agua.

En caso de aguas muy agresivas, habría que emplear piezas de unión aislantes de plástico (manguitos dieléctricos).

En circuitos mixtos de circulación cerrada, no existe peligro de corrosión, ya que ésta se limita al tiempo, muy corto, necesario para que el oxígeno disuelto en el agua sea consumido en la formación de óxidos. A partir de este momento, la corrosión cesa, pues el agua ya no es agresiva.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Vaso de expansión



Vaso de expansión

Conexión siempre desde arriba (aumenta la durabilidad del diafragma), es decir el vaso hacia abajo.

Prever suficiente distancia al circuito primario (enfriamiento del líquido).

Asegurar que nunca se pueda cerrar el vaso de expansión en el circuito primario.

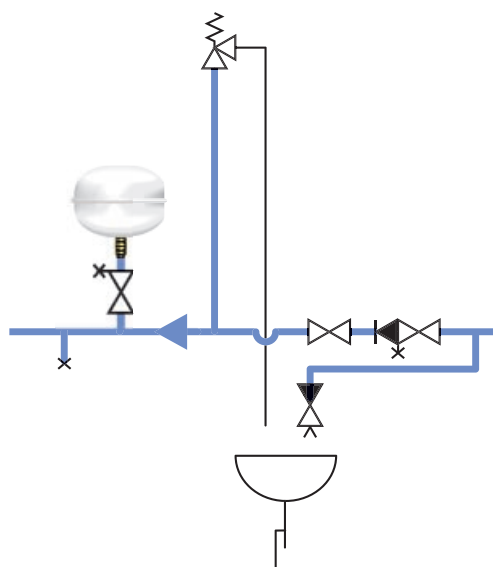
Cuidado con cerrar el paso al fluido. Para evitarlo no instalar válvula de corte o quitar la maneta.

Error muy frecuente: vaso de expansión muy pequeño.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Conexión de agua fría con todos los componentes



Solarpraxis AG

Conexión de agua fría con todos los componentes

Prever una válvula antirretorno y otra de seguridad en la entrada de agua fría del acumulador. La válvula antirretorno se utiliza para evitar la circulación de agua caliente por las tuberías de agua fría. Para evitar pérdidas innecesarias de agua por la válvula de seguridad al calentarse el acumulador se puede prever un vaso de expansión.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Montaje de otros componentes



Montaje de otros componentes, (caudalímetro, grupos de bombas, etc.)

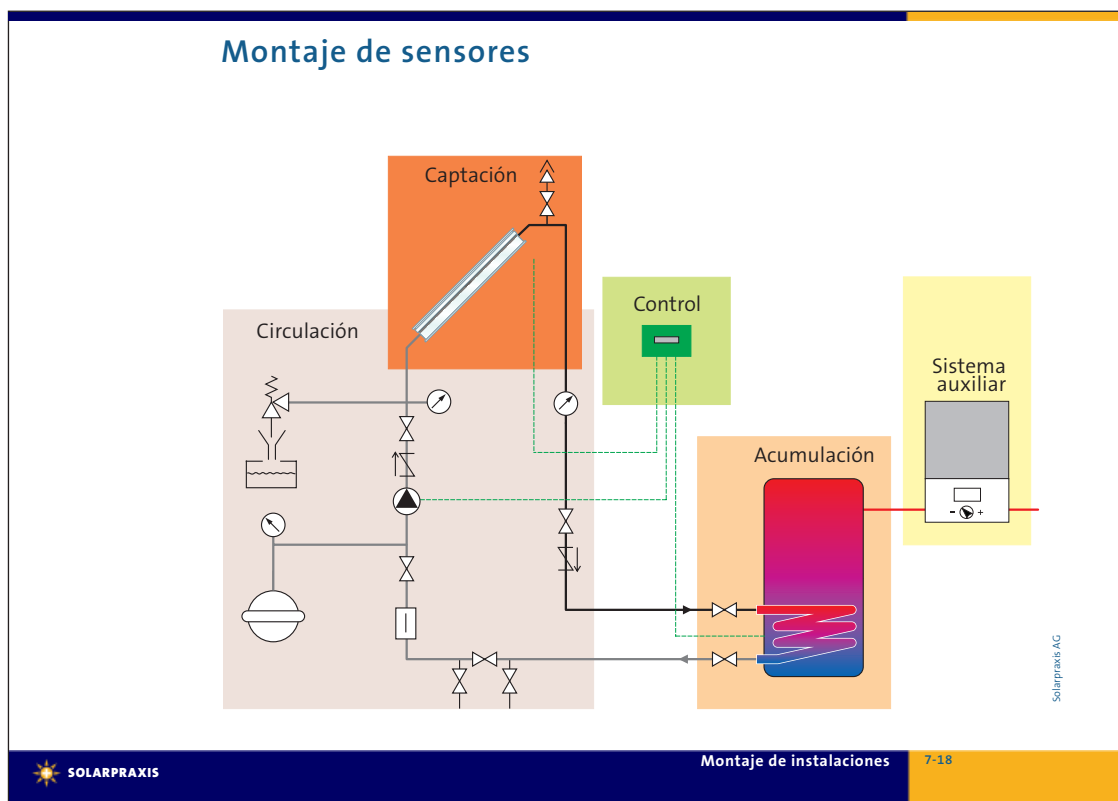
Colocar las bombas horizontales o verticales, según indicaciones del fabricante.

Utilizar bancadas a partir de cierto tamaño

Dejar resuelto el funcionamiento alternativo de bombas duplicadas

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

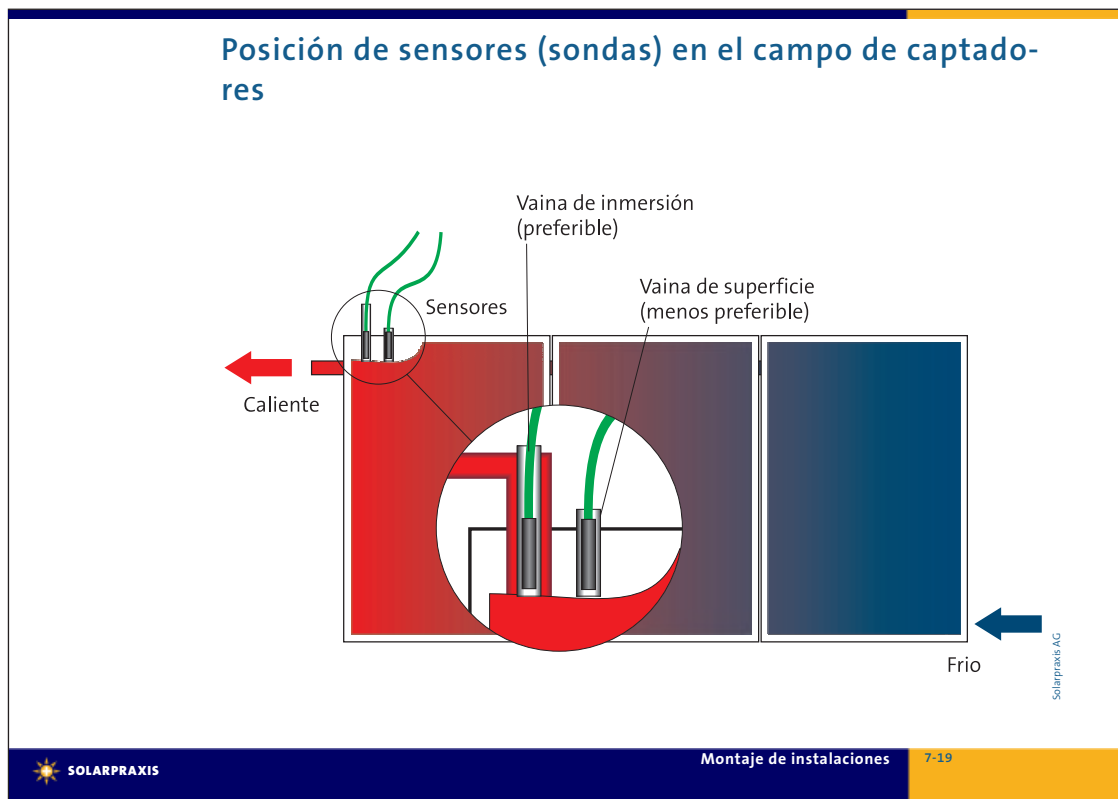


Montaje de sensores

Es importante que los sensores de temperatura estén adecuadamente situados y funcionen correctamente. En particular el que detecta la temperatura de control del acumulador. Por ejemplo, si se sitúa demasiado alto acciona la bomba inadecuadamente. Hay que asegurarse también de que la determinación de la temperatura es la correcta.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones



Posición de sensores (sondas) en el campo de captadores

Posicionar en el ultimo captador, el "más caliente". El captador debe estar sin sombras.

Prestar atención al buen contacto térmico del sensor con la placa absorbente, el tubo colector o hacia la vaina de inmersión. No debe entrar agua. Usar cables resistentes a temperaturas y a la radiación ultravioleta.

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Situación del sensor de radiación



Valeriano Ruiz

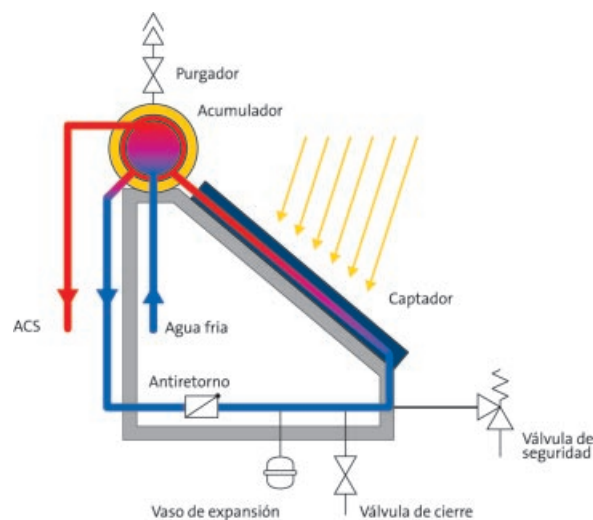
Situación del sensor de radiación

Orientar e inclinar como la cubierta de los captadores. No poner debajo de antenas (excrementos de pájaros), y situar de manera accesible para la limpieza y mantenimiento

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Posicionado de conexiones – sistema compacto



Solarpraxis AG

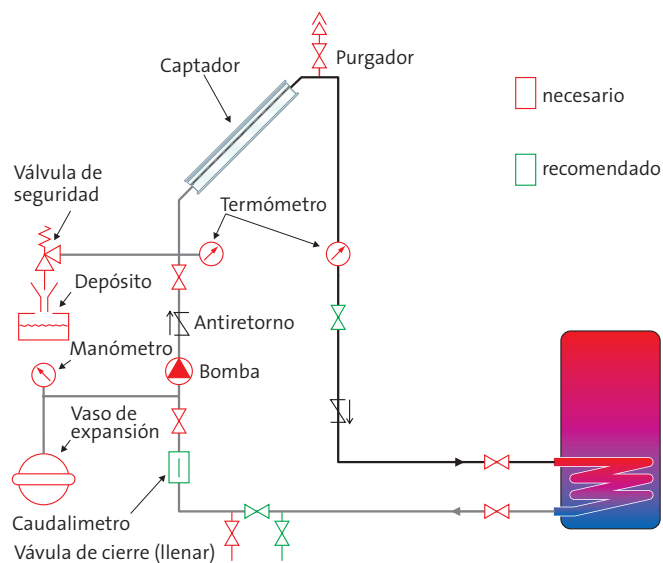
Posicionado de conexiones – sistema compacto

Conectar correctamente y según las instrucciones las conexiones

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Posicionado de conexiones – sistema con circulación forzada



Solarpraxis AG

Posicionado de conexiones – sistema con circulación forzada

7. Montaje de instalaciones

Montaje de instalaciones

Imagen y comentarios “finales”



Imagen y comentarios “finales”

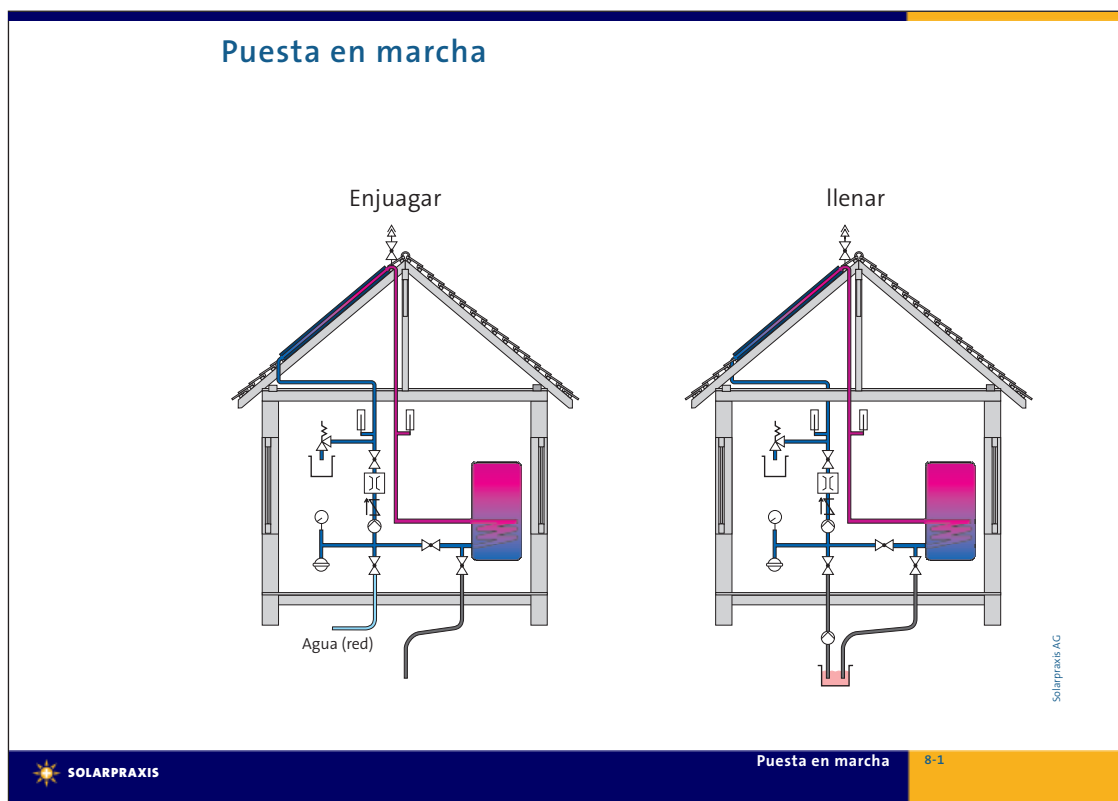
La finalidad del montaje de una instalación solar térmica para el calentamiento de agua debe ser entregar al usuario una instalación bien realizada y, por tanto, fiable, duradera y bien integrada en su entorno.

8. Operación y mantenimiento

- Puesta en marcha
- Defectos y posibles causas
- Mantenimiento

8. Operación y mantenimiento

Puesta en marcha



Puesta en marcha

Para la puesta en marcha de una instalación hay que hacer primero una prueba de presión. Se recomienda enjuagar el primario con la precaución de aislar los captadores y los demás componentes sensibles a la suciedad (caudalímetro, contador de calor, etc.) por que se entiende que ya vienen limpios de fábrica.

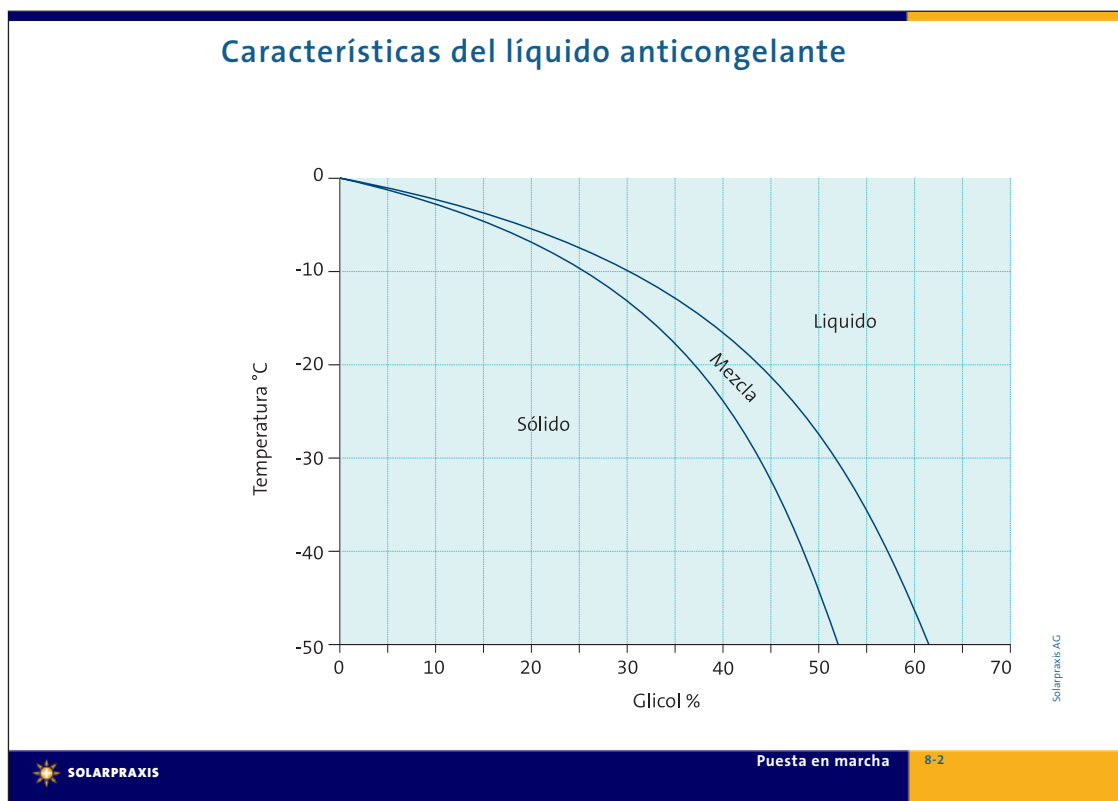
El paso definitivo es el llenado tomando algunas precauciones. La principal es que, si se va a emplear anticongelante en el primario porque el lugar tiene riesgo de heladas, no olvidarse de vaciar la instalación después de las pruebas y el enjuagado para evitar una posible rotura de partes de la instalación como consecuencia de alguna helada ocasional.

Señalar marca y concentración del anticongelante.

Hay que asegurarse de que la instalación está convenientemente purgada.

8. Operación y mantenimiento

Puesta en marcha

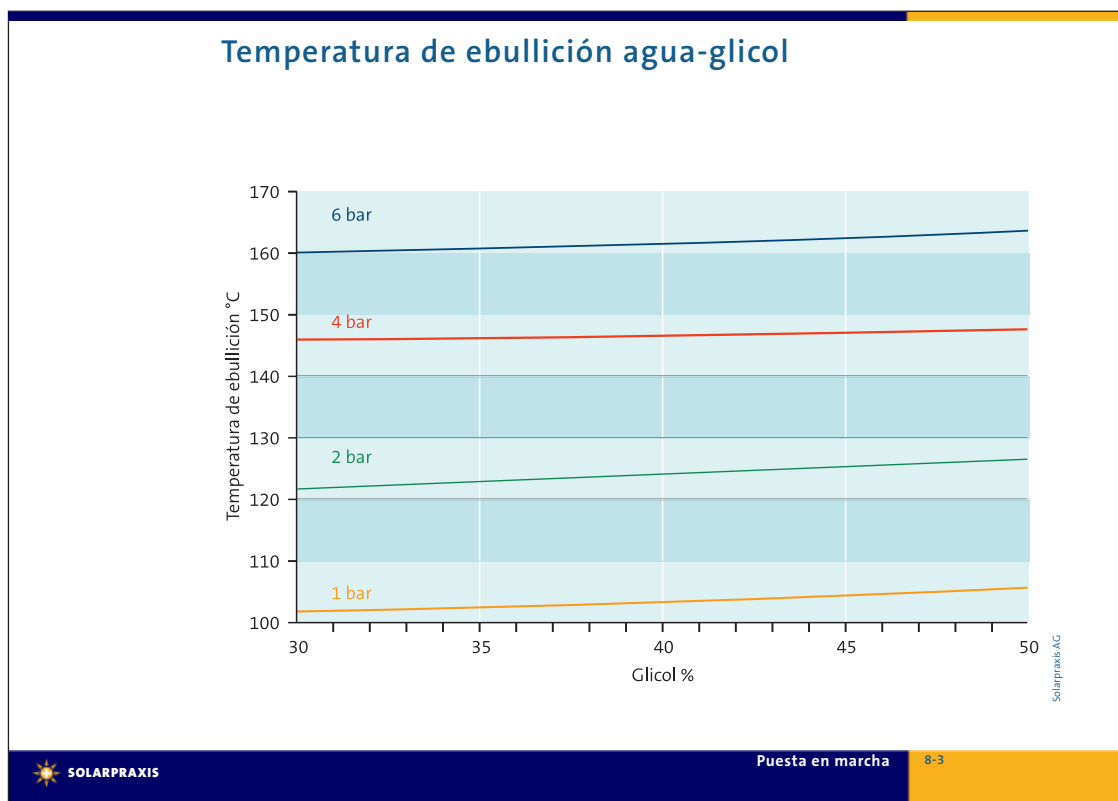


Características del líquido anticongelante

En España lo habitual en las instalaciones es emplear como anticongelante una mezcla agua-glicol de hasta 35 % (dependiendo de la zona climática) lo que permite asegurar la instalación hasta temperaturas de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

8. Operación y mantenimiento

Puesta en marcha



Temperatura de ebullición agua-glicol

El uso de mezcla anticongelante en el primario de una instalación presenta alguna ventaja en el comportamiento a alta temperatura y algún inconveniente.

Las ventajas están relacionadas con el hecho de que la vaporización de la mezcla se produce a mayor temperatura, dependiendo de la presión de funcionamiento. El riesgo de sobrecalentamiento disminuye.

El inconveniente principal es la pérdida de características de la mezcla. Por ello deben seguirse las instrucciones del fabricante en lo que a pérdidas de características por efecto de altas temperaturas se refiere para prever un programa de cambio de la mezcla.

Los sobrecalentamientos en una instalación solar térmica influyen negativamente en su durabilidad como consecuencia del nivel térmico alcanzado y del tiempo y las veces en que eso ocurra.

8. Operación y mantenimiento

Defectos y posibles causas

Defectos y posibles causas

Defecto	Causa 1	Causa 2	Causa 3	Causa 4
Bomba no funciona (aunque haya sol y el acumulador esté frío)	Bomba defectuosa	Control mal ajustado o sensor defectuoso	Sensor mal posicionado	Que no haya corriente eléctrica en la bomba
Bomba trabaja con interrupciones	(Es normal si el tiempo cambia)	Se ha confundido la ida con el retorno	Ajuste del intervalo entre diferencias de temperatura (arranque – parada) demasiado pequeña	Sensor de captador mal posicionado
Presión del sistema demasiado alta	Vaso de expansión demasiado pequeño	Presión de llenado demasiado alta	Presión inicial demasiado alta	
Presión del sistema demasiado baja	Pérdidas por fugas en alguna parte de la instalación	Vaso de expansión demasiado pequeño (derrame del medio)	Recipiente de agua demasiado pequeño	Control mal ajustado o sensor defectuoso
Diferencia de temperatura entre captador y acumulador demasiado alta	Bomba defectuosa o potencia de bomba demasiado baja	Aire o ensuciamientos en el sistema	Sensor mal puesto o defectuoso	Control mal ajustado o defectuoso
Bomba trabaja de noche	(Normal en noches muy calientes)	Válvula antirretorno abierta o sucia	Control defectuoso	
Acumulador se enfría muy rápido	Aislamiento térmico defectuoso o insuficiente	Válvula antirretorno abierta o sucia	Consumo mucho mayor que el diseñado	
El agua no se calienta lo suficiente	Sistema auxilia o su control defectuoso	Dimensionado inadecuado frente al consumo		

Solarpraxis AG

Defectos y posibles causas


La tabla es meramente indicativa.

8. Operación y mantenimiento

Mantenimiento

Mantenimiento	
Protocolo de Mantenimiento	
Inspección visual	
Captadores en buen estado, sin ensuciamiento ni fugas	<input type="checkbox"/>
Todos los componentes bien fijos	<input type="checkbox"/>
Aislamiento térmico en buen estado	<input type="checkbox"/>
Comprobar orificios de drenaje de los captadores	<input type="checkbox"/>
Control	
Control en funcionamiento	<input type="checkbox"/>
Datos indicados por el control son razonables	<input type="checkbox"/>
Las temperaturas indicadas por el control son razonables (medir la resistencia de las sondas de temperatura periódicamente)	<input type="checkbox"/>
Parámetros físicos	
Comprobación de que el sistema no tiene aire (Purgador funcionando bien)	<input type="checkbox"/>
Presión en el sistema indicado por el manómetro correcta	<input type="checkbox"/>
Las temperaturas indicadas por los termómetros son fiables	<input type="checkbox"/>
El caudal es correcto (si existe caudalímetro)	<input type="checkbox"/>
El contador calorífico en funcionamiento (si existente)	<input type="checkbox"/>
Líquido anticongelante	
Prueba del líquido: concentración = _____, ph = _____	
Ánodo y otros	
Pre-presión en el vaso de expansión : _____	<input type="checkbox"/>
Ánodo en buen estado	<input type="checkbox"/>
Comprobar el perfil de consumo de energía auxiliar	<input type="checkbox"/>

Solarpraxis AG

 SOLARPRAXIS

Mantenimiento 8-5

Mantenimiento

El mantenimiento se debe realizar para conseguir una vida útil de los equipos lo más larga posible. El tiempo calculado: aprox. 1 hora/año, dependiendo lógicamente del tamaño de la instalación .

Debido a la existencia del sistema de energía auxiliar siempre hay agua caliente en el servicio. Por eso muchas veces no afloran los posibles defectos y fallos del sistema. Por eso, un control y mantenimiento constante es muy importante.

Comprobar siempre el estado de la bomba.

8. Operación y mantenimiento

Mantenimiento

Cuadro electrico



Cuadro electrico

Comprobar que:

- El diferencial funciona correctamente. Para ello lo más fácil es presionar el pulsador de prueba y comprobar que salta.
- Inspeccionar visualmente que no estén quemados: magnetotérmicos, reles, contactores y fusibles
- Comprobar el correcto funcionamiento de la centralita de control
- Comprobar la estanqueidad del cuadro eléctrico, sobre todo si está a la intemperie.

8. Operación y mantenimiento

Mantenimiento

Purgado



Purgado

Para el correcto funcionamiento de la instalación es indispensable que esté convenientemente purgada.

Al realizar el operación de purgado debe ponerse mucho cuidado para evitar quemaduras por el vapor producido en los captadores.

Si se observa que se ha producido mucho aire en la instalación hay que buscar la causa.

Si ha habido pérdidas de líquido por ejemplo por la válvula de seguridad, hay que subsanar la causa que la ha producido.