

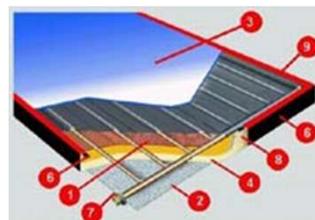
## ENERGÍA SOLAR



### SOLAR TÉRMICA:

Se denomina "térmica" la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio.

- Se basa en la capacidad de los cuerpos negros para absorber la radiación infrarroja del sol.



Baja temperatura (ACS, calefacción, piscinas) (de 30 a 100 °C): arquitectura bioclimática, climatización de piscinas, agua caliente sanitaria (ACS) y desalinización

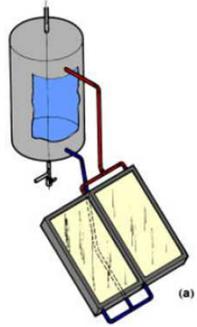
### APLICACIONES

Media temperatura (de 100 a 400 °C): refrigeración (absorción), obtención de electricidad, procesos químicos, desalinización y procesos industriales.

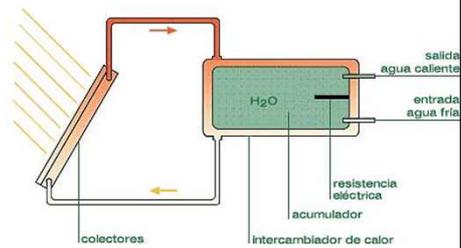
Alta temperatura (calderas en centrales, hornos) (más de 400 C): obtención de electricidad, procesos químicos, tratamientos térmicos, obtención de materiales y desalinización

## SOLAR TÉRMICA: baja temperatura

### CIRCUITO ABIERTO



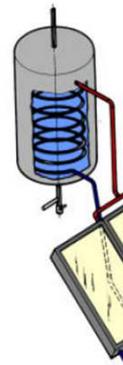
- No existe intercambiador de calor
- El agua del colector pasa directamente del colector al acumulador



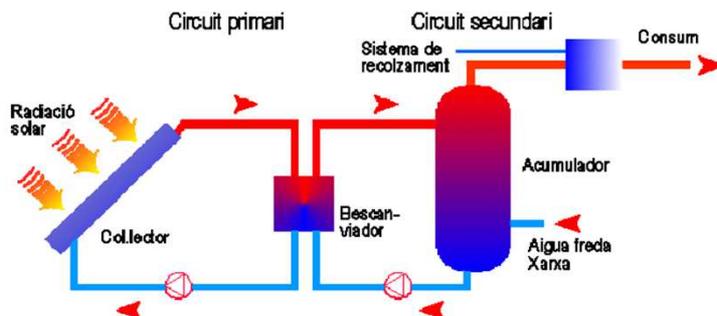
## SOLAR TÉRMICA:

### • CIRCUITO CERRADO:

- Sí hay intercambiador de calor.
- El fluido que atraviesa los paneles solares no es el de consumo.



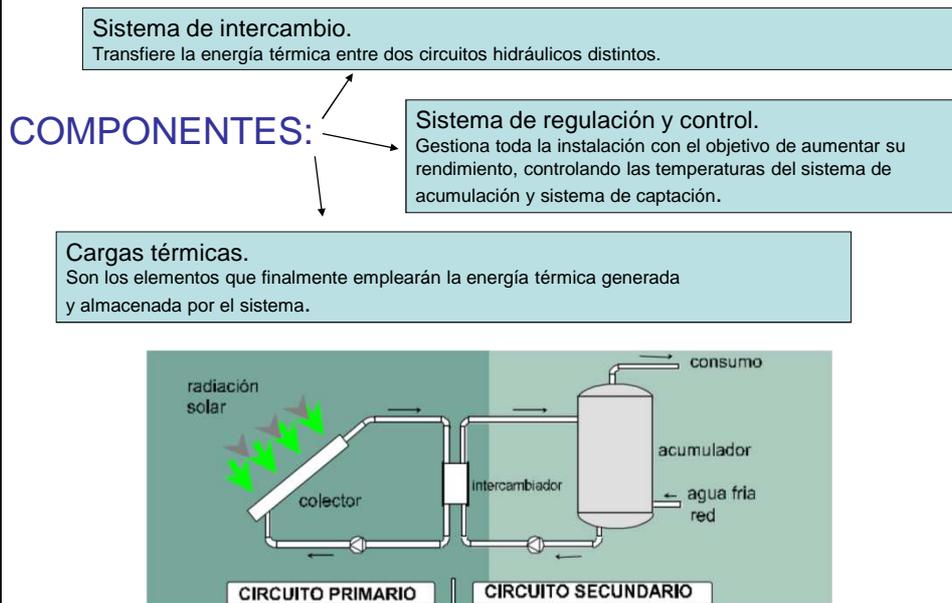
### **Circuit tancat**



SOLAR TÉRMICA:		
	NATURAL	
ABIERTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere potencia eléctrica</li> <li>Sencillez y bajo Coste</li> <li>Depósito a una altura superior que los colectores</li> <li>No se puede regular la temperatura del depósito</li> <li>No necesita bomba</li> <li>No se puede proteger contra las heladas</li> <li>Mayor peligro ante la corrosión</li> <li>Los colectores soportan mayor presión de trabajo.</li> <li>Pequeñas instalaciones</li> <li>Usada en viviendas unifamiliares aisladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de Potencia eléctrica</li> <li>Complejos y más caros</li> <li>Depósito en cualquier lugar</li> <li>Posibilidad de regular la temperatura</li> <li>Necesidad de bomba</li> <li>No se puede proteger contra las heladas</li> <li>Mayor peligro ante la corrosión</li> <li>Los colectores soportan mayor presión de trabajo.</li> <li>Instalaciones medias</li> <li>Viviendas unifamiliares</li> </ul>
CERRADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere potencia eléctrica</li> <li>Sencillez y bajo Coste</li> <li>Depósito a una altura superior que los colectores</li> <li>No se puede regular la temperatura del depósito</li> <li>No necesita bomba</li> <li>Se puede usar anticongelante</li> <li>Seguridad ante la corrosión</li> <li>Colectores sometidos a menos presión</li> <li>Instalaciones medias</li> <li>Usada en climatización de piscina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de Potencia eléctrica</li> <li>Complejos y más caros</li> <li>Depósito en cualquier lugar</li> <li>Posibilidad de regular la temperatura</li> <li>Necesidad de bomba</li> <li>Se puede usar anticongelante</li> <li>Seguridad ante la corrosión</li> <li>Colectores sometidos a menos presión</li> <li>Grandes instalaciones</li> <li>Usada en viviendas con A.C.S. centralizada</li> </ul>



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Sistema de captación.

Su misión es precisamente la de convertir la energía radiante del sol en energía térmica mediante el calentamiento de un fluido de trabajo

### Sistema de acumulación.

Permite almacenar la energía térmica y suministrarla cuando la demanda así lo requiera.

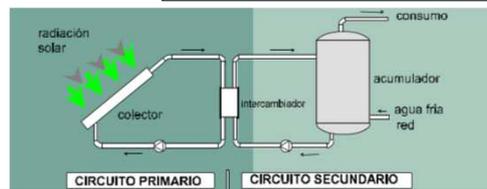
### Circuito hidráulico.

Se encarga de establecer las conexiones necesarias entre los elementos de la instalación por las que circularán los fluidos empleados, incluyendo también los elementos de seguridad necesarios.

### Sistema auxiliar.

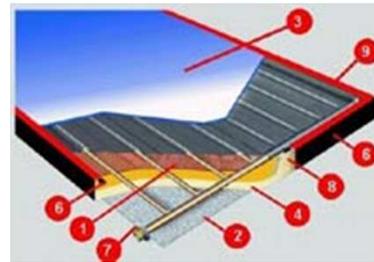
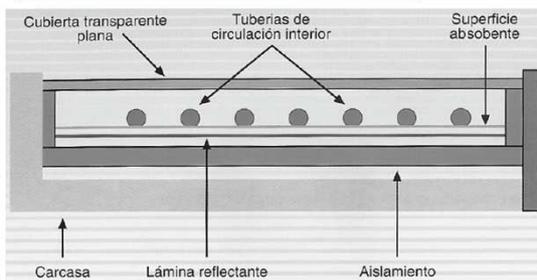
Complementa al sol cuando éste no es capaz de elevar la temperatura del fluido de trabajo al valor deseado.

## COMPONENTES:



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Sistema de captación.



Rendimiento: Ganancias:  $I_s A_C \tau \alpha$

$I_s$  irradiancia que llega al captador

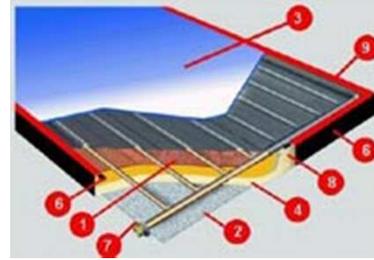
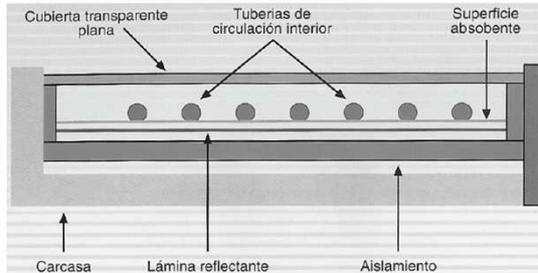
$A_C$  area del captador

$\tau$  transmisividad de la cubierta

$\alpha$  absorptividad de la superficie absorbedora

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Sistema de captación.



Rendimiento: Pérdidas:  $A_C U_L (T_m - T_a)$ .

$U_L$  coeficiente global de pérdidas

$A_C$  area del captador

$T_m$  temperatura media de la placa

$T_a$  temperatura ambiente

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Sistema de captación.

Rendimiento: (Ganancias netas- Pérdidas) / potencia incidente ( $I_s A_C$ ) :

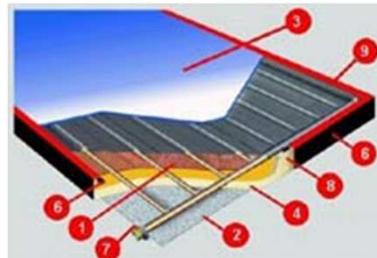
$$\eta = \tau \alpha - U_L (T_m - T_a) / I_s$$

Como la  $T_m$  es difícil de calcular se modifica esta expresión para incluir la  $T_e$  temperatura de entrada del fluido de trabajo. Para ello se incluye un coeficiente  $F_r$

$$\eta = F_r \tau \alpha - F_r U_L (T_e - T_a) / I_s$$

Recta de rendimiento del captador

$F_r \tau \alpha$  y  $F_r U_L$  son característicos de cada captador y los suministra el fabricante



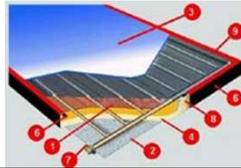
## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Sistema de captación. Conexiones de captadores

A veces, con un solo captador no se consigue la cantidad de energía necesaria. Por ese motivo se recurre a la asociación de varios captadores,

Existen diversos tipos de asociaciones:

- **En serie:** donde la salida de un captador está conectada a la entrada del siguiente. Se consigue un aumento de la temperatura al paso del segundo captador, pero el rendimiento en este segundo captador disminuye con respecto al primero.
- **En paralelo:** el fluido caloportador se divide a su paso por los captadores para volver a unirse a la salida. Ambos captadores funcionan en igualdad de condiciones, lo que se consigue es un aumento del caudal del fluido caloportador.
- **En serie-paralelo:** en este tipo de asociación existen conexiones tanto serie como paralelo, para lo cual necesitamos teóricamente al menos 3 captadores, aunque en la práctica se empleen 4 para evitar desequilibrios



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Fluido caloportador.

Se encarga de transportar la energía térmica desde el subsistema de captación a las cargas térmicas, a un acumulador de energía o a un intercambiador.

TIPOS: Se emplean cuatro tipos de fluidos caloportadores:

- **Agua:** La ventaja de usar agua radica en que es un elemento común que se puede encontrar fácilmente.
- **Agua con anticongelante.** En lugares donde haya riesgo de heladas se le debe añadir al agua algún aditivo que disminuya su punto de fusión. La temperatura de fusión de la mezcla debe estar por debajo de la temperatura mínima histórica del lugar de la instalación. Los aditivos más usuales son el etilenglicol y el propilenglicol.
- **Líquidos orgánicos sintéticos**
- **Aceites de siliconas**

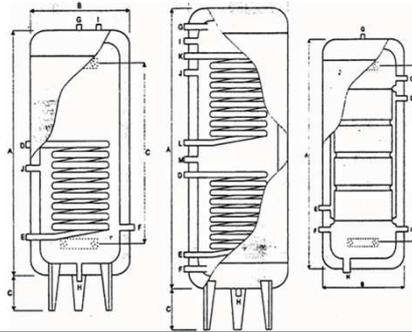


## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Acumulador.

Almacena la energía térmica para poder emplearla cuando la demanda lo requiera.

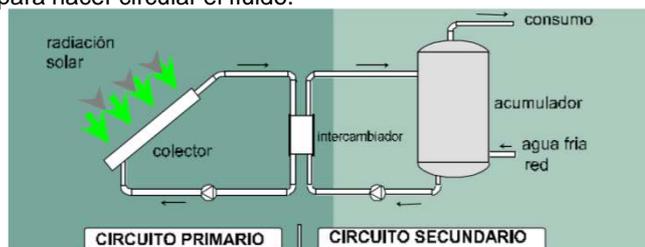
- Es un depósito que almacena agua caliente, Dicho depósito está recorrido en su parte baja por un serpentín por el que circula el líquido caloportador que se va enfriando conforme cede calor al agua. Para evitar pérdidas térmicas, el acumulador se encuentra convenientemente aislado.
- Para aumentar el rendimiento global de la instalación es conveniente que la temperatura dentro del acumulador se encuentre estratificada, es decir, la temperatura del agua en cada capa vaya aumentando conforme aumenta la altura a la que se encuentra la capa.
- Consecuencias de la estratificación.  
En primer lugar se puede emplear para consumo el agua de las capas superiores que se encuentra a mayor temperatura y en segundo lugar, el fluido caloportador que ha salido del acumulador por la parte inferior se encuentra a una temperatura más baja, de forma que el sistema de captación aumentará su rendimiento.
- Para conseguir la estratificación se diseñan los acumuladores con más altura que anchura



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Intercambiador.

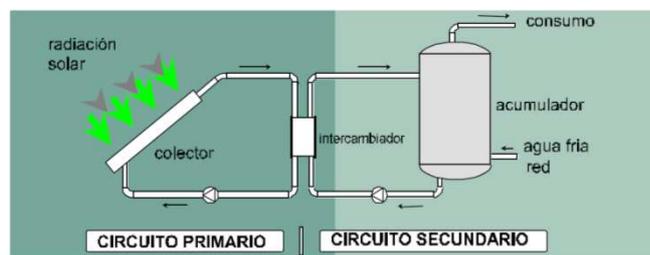
- Es un dispositivo que transfiere la energía térmica de un circuito hidráulico a otro, sin intercambio de masa.
- Instalaciones de pequeño tamaño: tipo serpentín o de doble envoltente, llamados así porque se puede considerar que el depósito de acumulación tiene una segunda capa externa, entre la cual y la capa más interna circula el fluido de trabajo.
- En instalaciones de mayor tamaño: intercambiador de placas o de contracorriente. Es un intercambiador exterior al acumulador, de circuito abierto. Es el que mejor rendimiento tiene, es modular con lo que permite su ampliación en cualquier momento y tiene un tamaño reducido. Debido a la gran pérdida de carga, requiere de bombas a cada lado para hacer circular el fluido.



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Tuberías.

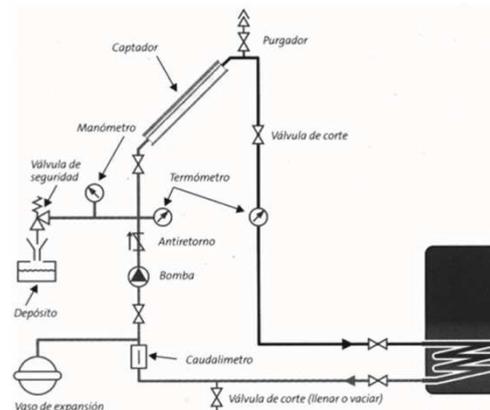
- Se encarga de conectar los distintos elementos de la instalación. Se recomienda el uso de cobre, acero inoxidable o material plástico acreditado para esta aplicación. En los circuitos de agua sanitaria no se debe emplear acero negro. El diámetro de las tuberías será tal que la velocidad de circulación del fluido sea menor de 2 m/s y la pérdida de carga menor de 40 mm de columna de agua por metro lineal.



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Bomba

- Su función es hacer circular el fluido por toda la instalación, aportando energía al flujo de forma que se venzan las pérdidas de carga y se consiga elevar la altura del fluido si la topología de la instalación lo requiriera. Se suelen instalar en las zonas más frías del circuito con el eje de rotación en posición horizontal.



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### Vasos de expansión

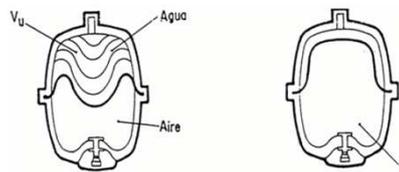
Su misión es la de contrarrestar el efecto de la dilatación del fluido caloportador. El fluido caloportador puede experimentar cambios apreciables en su volumen, debido a que pasa de temperaturas relativamente bajas —como puede ser la temperatura del agua de red— hasta temperaturas cercanas a las de ebullición.

Tipos:

- **Abiertos.** En los cuales el exceso de presión debido al aumento de volumen del fluido caloportador se libera al aire, sirviendo también como mecanismo de purga. Se conecta en el lugar más alto de la instalación, que suele ser la salida de los colectores.  
Desventajas: escapa fluido caloportador y permite a su vez la entrada de oxígeno (corrosión tuberías),

- **Cerrados.** Consisten en un recipiente dividido en dos por una membrana flexible, a un lado de la cual se encuentra gas —aire o nitrógeno— a presión. Al otro lado se encuentra el fluido caloportador, de forma que cuando aumenta su volumen comprime el gas.

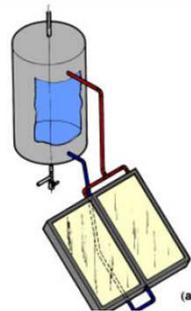
Ventajas: No hay corrosión ni pérdida de fluido y permite su conexión en cualquier lugar de la instalación.



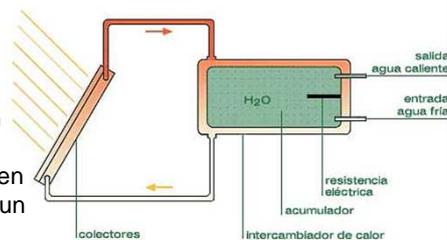
## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### TIPOLOGÍA BÁSICA

- a) Más sencilla es la convección natural directa, no requieren ni bomba ni intercambiador (se venden directamente como compactos termosifón a los cuales se les conecta una caldera en serie como sistema auxiliar) .



- b) Termosifón indirecta, donde el intercambiador se encuentra dentro del acumulador, siendo el intercambiador generalmente de doble envolvente. A diferencia del caso anterior, esta instalación puede ubicarse en lugares con riesgo de heladas, pero debido al intercambiador sufren pérdida de rendimiento. También requieren un vaso de expansión en el primario



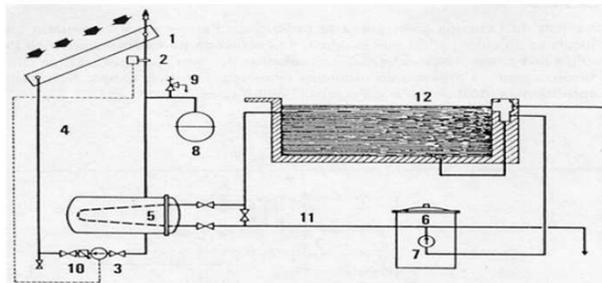
## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA

### TIPOLOGÍA BÁSICA

Si además de producir ACS queremos calefacción o calentamiento de piscinas

Un posible diseño para esta aplicación podría ser tener un subsistema de almacenamiento para ACS y otro para calefacción cada uno con su equipo auxiliar en línea—en el caso de la piscina la propia piscina es el acumulador.

La conexión de cada subsistema (ACS, calefacción y piscina) con el sistema de captación se realiza mediante intercambiadores de placas



## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA: CÁLCULO DE INSTALACIONES

### CALCULO DE CARGAS TÉRMICAS: CARGAS DE CALEFACCIÓN

Método de los grados-día:

Carga de calefacción mensual para un edificio mantenido a 18 °C

$L_c$

$$L_c = 86400 \cdot U \cdot A \cdot GD$$

El número de grados-día en un solo día es la diferencia entre 15°C y la temperatura del día, calculada como media entre la temperatura máxima y mínima de aquel día. Si la temperatura media del día es mayor de 15°C, el número de GD es cero (pues se considera que la generación interna de energía del edificio y las ganancias solares por las ventanas son suficientes para hacer subir la temperatura hasta los 18°C, considerados de confort).

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA: CÁLCULO DE INSTALACIONES

### CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS: CARGAS DE CALEFACCIÓN

Producto del coeficiente global de pérdidas y el área del edificio, si se conoce el consumo de combustible convencional de la caldera,  $U \cdot A$  para un periodo de tiempo se puede calcular a partir de,

$$U A = N_c \text{ PCI}_c \eta_{\text{caldera}} / 86400 \text{ GD}$$

$N_c$ , son las unidades de combustible consumido durante el periodo considerado,  $\text{PCI}_c$ , es el poder calorífico inferior del combustible (tabla ),

$\eta_{\text{caldera}}$ , es el rendimiento medio de la caldera (0.5–0.6 para calderas de fuel y 1 para calefacción eléctrica

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA: CÁLCULO DE INSTALACIONES

Combustibles sólidos	PCI (kcal/kg)
Madera	2700
Carbón vegetal	6500
Carbón de turba	3300
Carbón de hulla	5000
Carbón de antracita	7000
Combustibles líquidos	PCI (kcal/kg)
Gasoil-C	8500
Fuel-oil	9000
Gas-oil	10000
Combustibles gaseosos	PCI (kcal/kg)
Gas butano	11860
Gas propano	12000
Gas ciudad	4200
Gas natural	9900 (kcal/m <sup>3</sup> )
Energía eléctrica	860 (kcal/kWh)

PCI DE ALGUNOS COMBUSTIBLES DE CALEFACCIÓN

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA: CÁLCULO DE INSTALACIONES

### CALCULO DE CARGAS TÉRMICAS: CARGAS PARA EL CALENTAMIENTO DE ACS

Depende de las costumbres, pero como media se toma un consumo de 55 l/(día persona). La carga mensual de calentamiento por ACS  $L_A$  se calcula como:

$$L_a = C_a \cdot n^{\circ} \text{ personas} \cdot N \cdot \rho_{\text{agua}} \cdot c_{\text{pagua}} (T_{\text{ACS}} - T_{\text{red}})$$

$C_a$  consumo de agua por persona, en l / (persona · día)

N = número días del mes

$T_{\text{ACS}}$  temperatura de uso, sobre 45 °C

Las cargas térmicas totales serán la suma de las cargas de calefacción y ACS:

$$L_{\text{Tot}} = L_a + L_c$$

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### El cálculo de una instalación incluye:

- Estimar la fracción de necesidades energéticas cubiertas por la instalación solar
- Dimensionar el acumulador, intercambiador y vasos de expansión

### ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS. MÉTODO DE LAS CURVAS f

Es un método simplificado de diseño que se basa en identificar variables adimensionales en el sistema

Proceso:

El balance energético global mensual es:

$$Q_{\text{Tot}} - L_{\text{Tot}} + E = \Delta U$$

Q es la energía solar útil obtenida en un mes, E es la energía solar requerida e  $\Delta U$  es el incremento de energía en la unidad de almacenamiento (despreciable)

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS. MÉTODO DE LAS CURVAS f

Operando:

$$Q_{Tot} = L_{Tot} - E$$

De donde sacamos un factor adimensional como:

$$f = \text{fracción de carga térmica mensual suministrada por la energía solar} = \frac{Q_{Tot}}{L_{Tot}} = \frac{(L_{Tot} - E)}{L_{Tot}}$$

Expresión complicada porque Q depende de muchos factores, como de la radiación incidente, la temperatura ambiente y las pérdidas térmicas.

Aun así, considerando los parámetros de los cuales depende  $Q_{Tot}$ , se sugiere que f se puede relacionar empíricamente con los dos grupos adimensionales siguientes:

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS. MÉTODO DE LAS CURVAS f

Grupos adimensionales

X relación entre las pérdidas de energía y las cargas térmicas:

Y expresa la relación entre la energía absorbida por el captador y la carga total de calentamiento;

$$X = \frac{A_c F_R U_L \frac{F_{R'}}{F_R} (100 - T_a) \Delta t}{L_{Tot}}$$

$$Y = \frac{A_c F_R (\tau\alpha)_n \frac{F_{R'}}{F_R} \frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} H_T N}{L_{Tot}}$$

## ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS. MÉTODO DE LAS CURVAS f

$$X = \frac{A_c F_R U_L \frac{F_R'}{F_R} (100 - T_a) \Delta t}{L_{Tot}} \qquad Y = \frac{A_c F_R (\tau\alpha)_n \frac{F_R'}{F_R} \frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} H_T N}{L_{Tot}}$$

- $A_c$  es la superficie del captador,
- $F_R U_L$  es el coeficiente de pérdidas térmicas del captador —pendiente de la recta de rendimiento del captador,
- $\frac{F_R'}{F_R}$  factor de corrección del conjunto captador-intercambiador,
- 100 es la temperatura de referencia,
- $T_a$  es la temperatura ambiente,
- $\Delta t$  es el número de segundos de un mes,
- $F_R (\tau\alpha)_n$  es el factor de eficiencia óptica del captador, u ordenada en el origen de la recta de rendimiento del captador,
- $\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$  modificador del ángulo de incidencia, se suele tomar 0,96 para superficie transparente sencilla ó 0,94 para superficie transparente doble,
- $H_T$  es la radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área y
- $N$  es el número de días del mes.

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS. MÉTODO DE LAS CURVAS f

A través de datos experimentales y simulaciones para un gran número de lugares y para un amplio rango de variables de proyectos de sistemas realizables se han obtenido:

Correlación experimental entre f y las variables X Y

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3$$

para sistemas de líquido con  $0 < Y < 3$  y  $0 < X < 18$ ,

Correlación experimental entre f y las variables X Y

$$f = 1,04Y - 0,065X - 0,159Y^2 + 0,00187X^2 + 0,0095Y^3.$$

para sistemas de aire con  $0 < Y < 3$  y  $0 < X < 18$ ,

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE NECESIDADES ENERGÉTICAS CUBIERTAS DE ACS Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN. EJEMPLO

Estudiar la fracción de las necesidades energéticas de ACS de una vivienda unifamiliar situada en Granada que se puede cubrir mediante una instalación fototérmica. La vivienda está ocupada durante 6 personas habitualmente salvo los meses de julio, agosto y septiembre donde hay 10, consumiendo 55 l/persona a 45° C

Datos sobre el sistema fototérmico:

Captador:

- cubierta transparente sencilla y un rendimiento =  $0,83 - 6,1(T_e - T_a)/I_s$ ,
- El factor de corrección del conjunto captador-intercambiador es 0,97
- Inclinación 45 °C

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### EJEMPLO

Datos:

$F_R U_L$  pendiente de la recta de rendimiento = 6,1 W/°C m<sup>2</sup>

$F_{R'}/F_R$  corrección captador-intercambiador = 0,97

$F_R (\tau \alpha)_n$  Ordenada en el origen del recta de rendimiento = 0,83

$(\tau \alpha) / (\tau \alpha)_n$  modificador angulo de incidencia, para superficie transparente sencilla = 0,96

Falta conocer:

$H_T$  energía diaria media mensual que llega al captador por unidad de área (depende de la inclinación) (tabla siguiente multiplicando por K factor corrector de inclinación 45 °C)

$T_a$  temperatura ambiente media de cada mes, a partir de las tablas

Necesidades energéticas por ACS,  $L_{Tot} = C_a n^o \text{ personas} \cdot N \cdot \rho_{\text{agua}} \cdot c_{\text{pagua}} (T_{ACS} - T_{red})$ , conocemos todo salvo  $T_{red}$  (tabla siguiente)

$$Y = \frac{A_c F_R (\tau \alpha)_n \frac{F_{R'}}{F_R} \frac{\tau \alpha}{(\tau \alpha)_n} H_T N}{L_{Tot}} \qquad X = \frac{A_c F_R U_L \frac{F_{R'}}{F_R} (100 - T_a) \Delta t}{L_{Tot}}$$

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### EJEMPLO

$H_T$  energía diaria media mensual que llega al captador por unidad de área (depende de la inclinación) (tabla siguiente),  $L_A$  cargas térmicas de ACS para cada mes

Mes	$H_T$ horizontal MJ/m <sup>2</sup> día	$K$	$H_T$ MJ/m <sup>2</sup> día	$T_{red}$ C	$L_A$ MJ/mes
enero	7,8	1,35	10,53	6	1667,69
febrero	10,8	1,25	13,5	7	1467,68
marzo	15,2	1,11	16,87	9	1539,41
abril	18,5	0,98	18,13	11	1407
mayo	21,9	0,88	19,27	12	1411,13
junio	24,8	0,85	21,08	13	1324,22
julio	26,7	0,88	23,5	14	2209,34
agosto	23,6	0,99	23,36	13	2280,61
septiembre	18,8	1,15	21,62	10	2276,01
octubre	12,9	1,34	17,29	11	1453,89
noviembre	9,6	1,46	14,02	9	1489,75
diciembre	7,1	1,45	10,3	6	1667,69

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### EJEMPLO

Calculamos  $X$  e  $Y$  por unidad de área para cada mes, y después  $f$  para un área de captación de 1 m<sup>2</sup>

Mes	$T_a$ C	$\Delta t$ s	$X/A_c$ m <sup>-2</sup>	$Y/A_c$ m <sup>-2</sup>	$f$
enero	9,00	2678400,00	0,86	0,15	0,10
febrero	10,00	2419200,00	0,88	0,20	0,14
marzo	13,00	2678400,00	0,90	0,26	0,20
abril	16,00	2592000,00	0,92	0,30	0,23
mayo	18,00	2678400,00	0,92	0,33	0,25
junio	24,00	2592000,00	0,88	0,37	0,29
julio	27,00	2678400,00	0,52	0,25	0,21
agosto	27,00	2678400,00	0,51	0,25	0,21
septiembre	24,00	2592000,00	0,51	0,22	0,18
octubre	18,00	2678400,00	0,89	0,28	0,22
noviembre	13,00	2592000,00	0,90	0,22	0,16
diciembre	9,00	2678400,00	0,86	0,15	0,09

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### EJEMPLO

Calculamos  $f$  para distintas áreas de captación

Mes	$f$ para $A_c = 2$	$f$ para $A_c = 4$	$f$ para $A_c = 6$	$f$ para $A_c = 8$
enero	0,18	0,33	0,46	0,56
febrero	0,26	0,47	0,62	0,74
marzo	0,37	0,63	0,80	0,91
abril	0,42	0,70	0,88	0,97
mayo	0,46	0,76	0,93	1,02
junio	0,53	0,85	1,02	1,09
julio	0,40	0,69	0,89	1,02
agosto	0,38	0,67	0,87	1,00
septiembre	0,34	0,61	0,80	0,93
octubre	0,40	0,68	0,85	0,95
noviembre	0,29	0,52	0,68	0,79
diciembre	0,18	0,32	0,45	0,55

para una superficie de captación de  $8 \text{ m}^2$ , hay más de tres meses consecutivos donde se produce más energía de la necesaria  $f > 1$ .  
Se elige como superficie de captación óptima  $6 \text{ m}^2$ .

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### EJEMPLO: calculo de la fracción anual de energía cubierta

Una vez elegida la superficie de captación, se puede calcular la fracción  $f$  anual mediante la siguiente expresión:

$$f_{\text{anual}} = \frac{\sum_{m=1}^{12} L_{Am} f_m}{\sum_{m=1}^{12} L_{Am}}$$

donde  $f_m$  es la fracción solar resultante del mes  $m$ , y  $L_{Am}$  es la carga térmica —de ACS en este caso— requerida en el mes  $m$ .

Para el ejemplo arroja un valor de  $f_{\text{anual}} = 0,77$ .

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### DIMENSIONADO DEL VOLUMEN DEL ACUMULADOR DE UNA INSTALACIÓN. EJEMPLO

Depende de tres factores fundamentales:

- Superficie de captación,
- Desfase entre captación y consumo
- Temperatura de utilización.

Pauta: Aumento del desfase y de la superficie recomienda un aumento también del volumen de acumulación,

No es así para la temperatura de uso del agua, ya que cuanto más rápido pase de la captación al consumo (menor tiempo en el acumulador) mayor será la temperatura.

RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios)

$$0,8 \leq V/M \leq 1$$

Nos basamos en criterios  $60 \leq M/A_c \leq 100$

V : volumen de acumulación en litros  
M: es el consumo de agua caliente sanitaria en litros/día en los meses de verano.

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### DIMENSIONADO DEL VOLUMEN DEL ACUMULADOR DE UNA INSTALACIÓN. EJEMPLO

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en el Pliego de Condiciones Técnicas recomienda:

Nos basamos en criterios

$$50 \leq V/A_c \leq 120$$

En nuestro ejemplo si se elige un volumen de acumulación de 550 litros (consumo diario de los meses de verano de las 10 personas),

Se satisfacen los tres criterios.

## SOLAR TERMICA BAJA TEMPERATURA:

### DIMENSIONADO DEL INTERCAMBIADOR Y DEL VASO DE EXPANSIÓN. EJEMPLO

POTENCIA DEL INTERCAMBIADOR: Se recomienda que la potencia en vatios sea al menos 500 veces mayor que la superficie de captación en m<sup>2</sup>.

En este caso elegimos un intercambiador de  $6 \cdot 500 = 3000 \text{ W}$ .

VOLUMEN DEL VASO DE EXPANSIÓN: cuando sea cerrado, se recomienda elegir uno que tenga un volumen dado por

$$V_{\text{expa}} = V_{\text{circuito primario}} (0,2 + 0,01\Delta h)$$

siendo  $\Delta h$  la diferencia de altura en metros entre el vaso de expansión y el punto más alto del circuito.