

**SONNENKRAFT.**

**CURSO DE FORMACIÓN:  
EXPERT SOLAR**

**DISEÑO DE INSTALACIONES SOLARES  
TÉRMICAS ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA (EST)**

THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

## PRESENTACIÓN INICIAL

Generación de calor:



### Generación de calor:

En los usos habituales de energía solar térmica, el objetivo principal es el calentamiento de agua o de aire, ya sea para generar agua caliente sanitaria, para la climatización de espacios (calefacción o/y refrigeración) o para la climatización de piscinas.

Para realizar dicho aumento de la temperatura del aire o del agua, debemos de disponer de una fuente de energía que nos permita realizar el incremento de la temperatura deseado.

Dicha energía se calculará teniendo en cuenta la siguiente fórmula básica:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Donde: Q = cantidad de calor en J = Ws (1 J = 0.0002777778 Ws) (1 KJ = 0.2777778 Wh)

m = Masa en kg

c = capacidad de calor específico en J/kgK = Ws/kgK

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura en K

Ejemplo:

¿Calentar 160 litros de agua de 10°C a 55°C! ¿Que cantidad de energía de calor es necesaria?

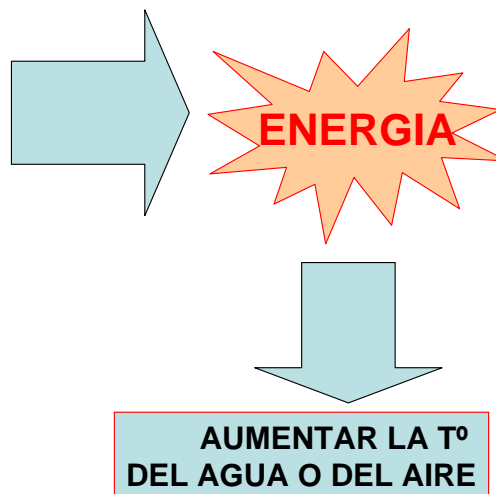
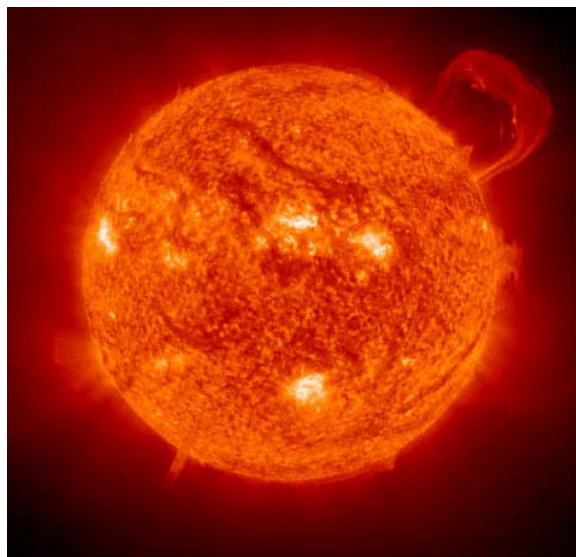
La fórmula :  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Donde: m = 160 kg; c = 1,163 Wh/kgK;  $\Delta T$  = 45 K

Q = 8373,6 Wh

## PRESENTACIÓN INICIAL

### ENERGIA SOLAR:



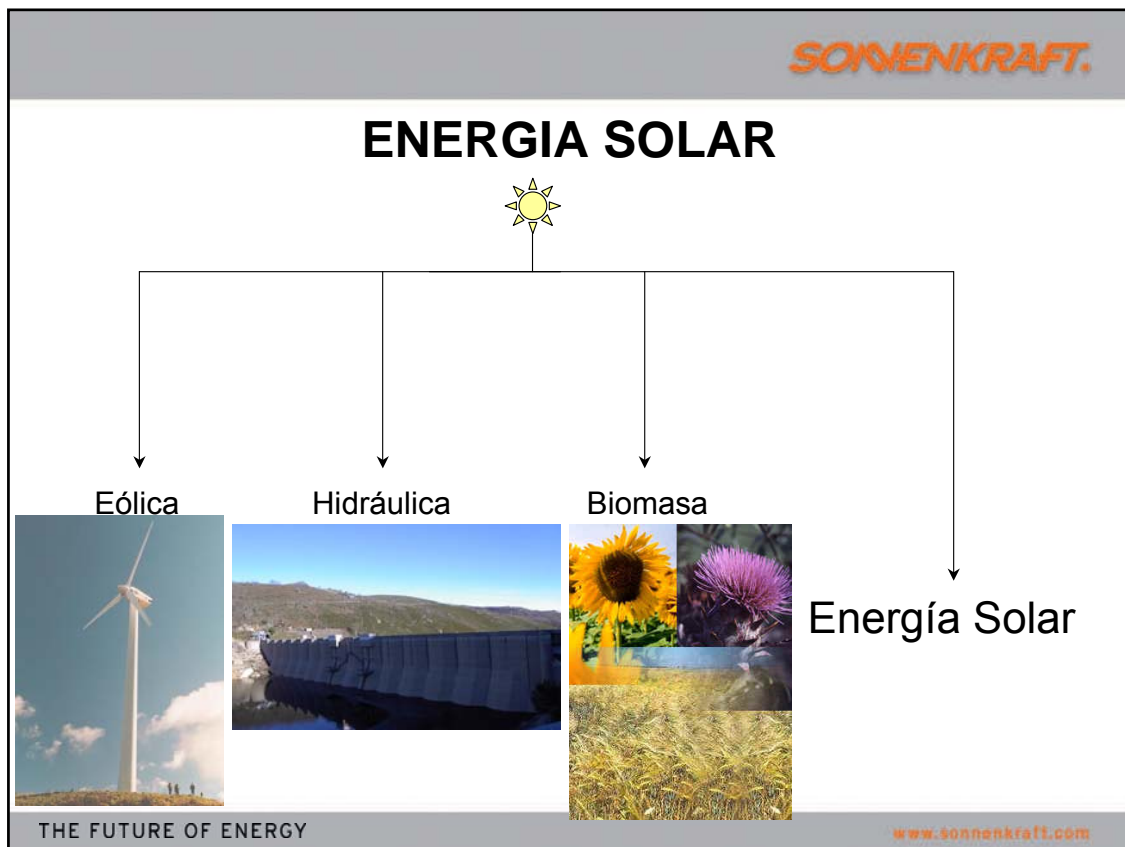
THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### Energía solar

En las instalaciones de energía solar, como fuente de energía para realizar el incremento térmico del aire o del agua utilizamos la energía que genera el sol, que nos llega a la superficie terrestre en forma de radiación solar.

Teniendo en cuenta esto un instalación solar térmica tiene la función de captar esta radiación solar y transformarla en energía térmica útil para calentar agua o/y aire.



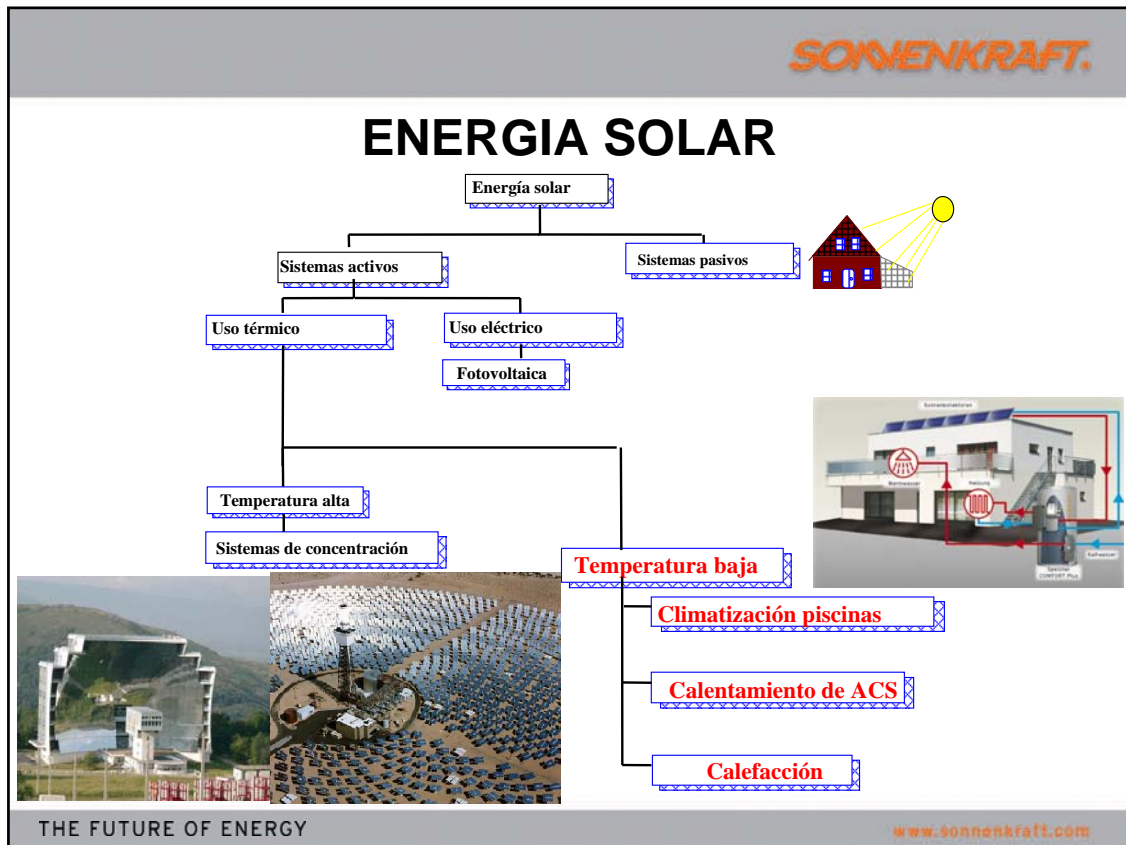
### **Tipologías de energía solar:**

La energía que genera el sol, y que nos llega a la tierra en forma de radiación solar, es la responsable de muchas formas de energía tales como:

- Energía eólica: El sol, la radiación, es responsable del calentamiento del aire. Las diferencias de temperatura y de densidad del aire provocan el movimiento de este y la formación del viento.

- Energía hidráulica: La evaporación del agua de los océanos provocada por la acción del sol, es el inicio del ciclo natural del agua en el que se forman los cauces de los ríos utilizados como fuente de energía.

- Biomasa: El crecimiento de las plantas se produce gracias a la acción del sol.



## **Tipologías de energía solar:**

La energía solar propiamente dicha, es aquella en la cual se utiliza la radiación solar de forma directa. Existen varios aplicaciones y usos de este tipo de energía:

**1- Sistemas pasivos:** Se trata de sistemas que aprovechan la radiación solar de forma pasiva. Normalmente este tipo de aplicaciones están vinculadas a aplicaciones arquitectónicas tales como la arquitectura bioclimática en la cual se tienen en cuenta las corrientes naturales de aire, calentamiento de fachadas....

**2- Sistemas activos:** Se trata de sistemas que utilizan algún elemento para absorber esta energía solar y generar electricidad y/o calor:

**2.1- Sistemas de uso eléctrico:** Es la energía solar fotovoltaica, en la que se utilizan una serie de elementos capaces de transformar la radiación solar en electricidad de forma directa. El sistema utilizado esta basado en el proceso natural de la fotosíntesis de las plantas.

**2.2- Sistemas de uso térmico:** Estos sistemas pueden ser de alta o baja temperatura.

- **Sistemas de uso térmico a Alta temperatura:** se trata de equipos o instalaciones que concentran la radiación solar en un punto consiguiendo elevadas temperaturas en ese punto. Estas elevadas temperaturas pueden utilizarse para la generación de vapor y utilizarse para usos industriales o para generar electricidad mediante una turbina de vapor.

- **Sistemas de uso térmico a Baja temperatura:** Se trata de aplicaciones que aprovechan la radiación solar consiguiendo temperaturas de hasta 250°C. Estas temperaturas pueden utilizarse para la generación de Agua Caliente Sanitaria, Calefacción, refrigeración, calor de proceso, climatización de piscinas..

## PRESENTACIÓN INICIAL

### ENERGIA SOLAR TÉRMICA:



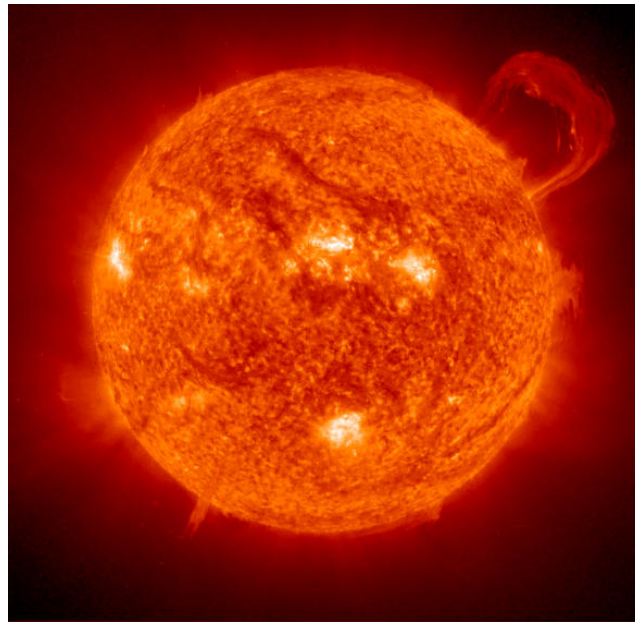
### Energía solar térmica de baja temperatura:

Esta tecnología es útil para todas aquellas aplicaciones con una demanda de energía para el uso térmico, en las que se trabaje con régimen de temperatura de hasta 80°C.

Se trata de una tecnología antigua que fue introducida en España a mediados de los años 80 con la primera crisis del petróleo. A pesar de ello, y debido a la poca madurez de la tecnología, su crecimiento se vio frenado.

En la actualidad, ya existen muchísimas aplicaciones tanto en países más al norte como países más al sur de España, en las que se ha probado su fiabilidad y rentabilidad para aplicaciones a pequeña (casas unifamiliares), mediana (edificios multivivienda, hoteles, polideportivos...) y gran escala (usos industriales...).

## RADIACIÓN SOLAR:



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### El sol como fuente energética

El Sol es una fuente energética inagotable (se estima que 8000 millones de años más) y responsable de la existencia de vida en nuestro planeta.

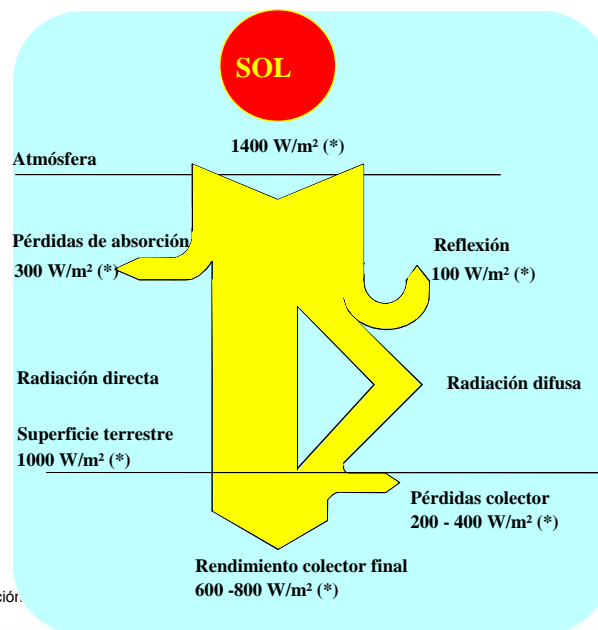
Puede asimilarse a un radiador integral (cuerpo negro) a 5777 K (5500°C) que nos hace llegar 1367 W/m<sup>2</sup> de energía fuera de la atmósfera.

En realidad es un reactor nuclear de fusión que se encuentra a 150 millones de km de distancia de la Tierra y irradia aproximadamente  $4 \times 10^{23}$  kW. Esta energía equivale a unas  $200 \times 10^{12}$  veces la potencia de todas las centrales energéticas que existen en el mundo. En un segundo el sol irradia más energía de la que el hombre ha consumido durante su historia.



# RADIACIÓN SOLAR:

## - Origen de la radiación:



(\* ) Valores promedios orientativos.  
Estos valores varían en función de la ubicación de la instalación,  
época del año, condiciones climáticas...

## 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. Existen tres tipos básicos de interacciones:

- Reflexión: La propia existencia de una capa de aire provoca la reflexión de parte de la radiación solar hacia el espacio. Esta reflexión desvía alrededor de  $100 \text{ W/m}^2$  de la radiación solar que llega a la atmósfera.

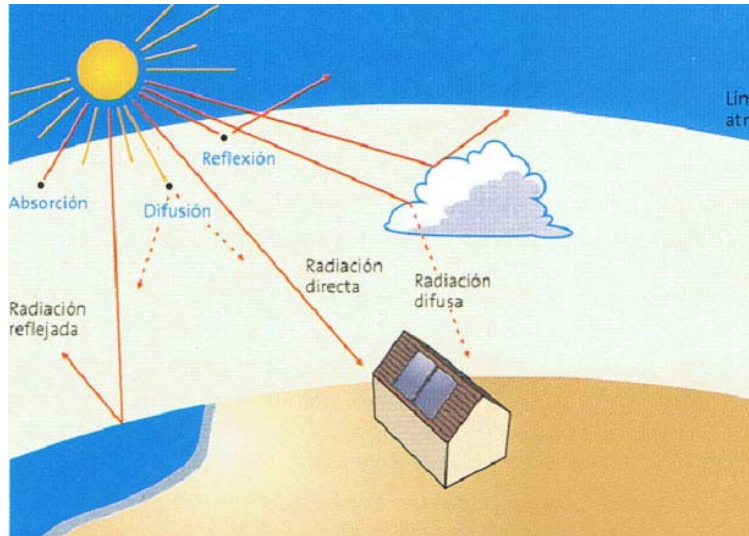
- Absorción: Los componentes atmosféricos de mayor tamaño absorben parte de la radiación. Cada uno de estos componentes (situado a distintas alturas de la atmósfera) es responsable de la absorción de un determinado rango de longitudes de onda (radiación). Esta absorción provoca una disminución de la intensidad de radiación que nos llega a la superficie terrestre. Al mismo tiempo esta absorción de la radiación provoca un aumento en la temperatura de la atmósfera que también irradia energía hacia la superficie terrestre.

- 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.



# RADIACIÓN SOLAR

## - Tipos de radiación:



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

### 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:

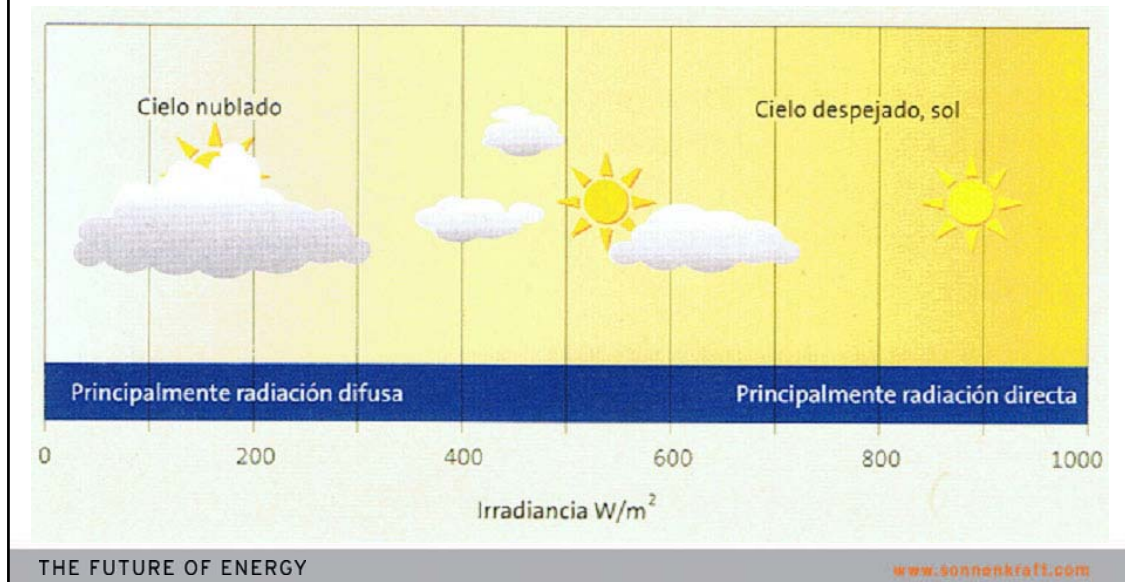
- Directa: Componente de la radiación que procede del disco solar sin modificación de su dirección.
- Difusa: Componente procedente de toda la bóveda celeste.
- Reflejada: Componente que proviene del entorno circundante, como consecuencia de la reflexión a las que han sido sometidas las componentes directa y difusa de la radiación (lago, suelo, espejo...)

Las instalaciones solares térmicas aprovechan las componentes directa, difusa y reflejada de la radiación solar, aunque la que mayor aporte energético realiza es la componente directa.

Es obvio que el coeficiente de reflexión (albedo) del entorno tiene influencia en esta componente y que el ángulo de visión de este entorno, también tiene gran importancia en la cantidad de radiación que llega a la instalación con este origen. De forma general podemos considerar que esta componente, en las situaciones habituales, tienen un carácter residual.

## RADIACIÓN SOLAR

### - Influencias sobre la cantidad de radiación:



### Radiación solar según los estados del tiempo

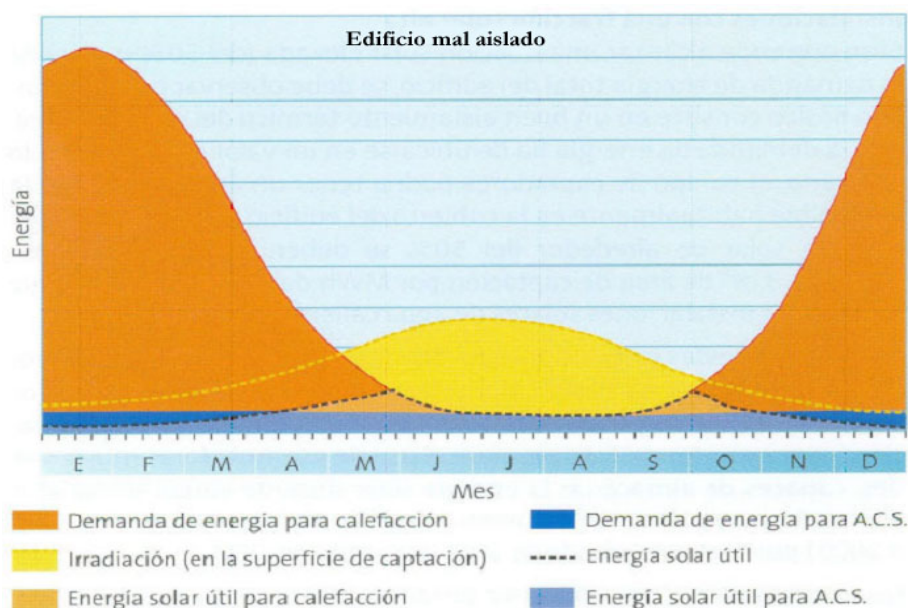
En la grafica se muestran los valores aproximados de irradiancia solar global en superficie horizontal según el estado del tiempo. Como es obvio, los días despejados se alcanzan niveles de irradiancia altos (también depende de la época del año) que pueden ser del orden de 800 a 1000  $W/m^2$  mientras que los días totalmente nublados solo se tienen 200  $W/m^2$  e incluso menos.

- Irradiancia solar: Es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie. Se expresa en  $W/m^2$

- Irradiación solar: Es la energía de la radiación solar en un intervalo de tiempo determinado. Se expresa en  $J/m^2$  y también en  $kWh/m^2$ .

Un día bueno del verano la irradiación puede alcanzar valores de 7  $kWh/m^2$ .

## PRESENTACIÓN INICIAL



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### Radiación solar, demanda y aporte solar

Dadas las latitudes en las que nos encontramos, hay mas disponibilidad de radiación solar en verano que en invierno.

Un herramienta útil para verificar el potencial de la energía solar para las aplicaciones mencionadas es comparar esta evolución de la radiación solar durante todo el año con las necesidades de ACS, calefacción y refrigeración.

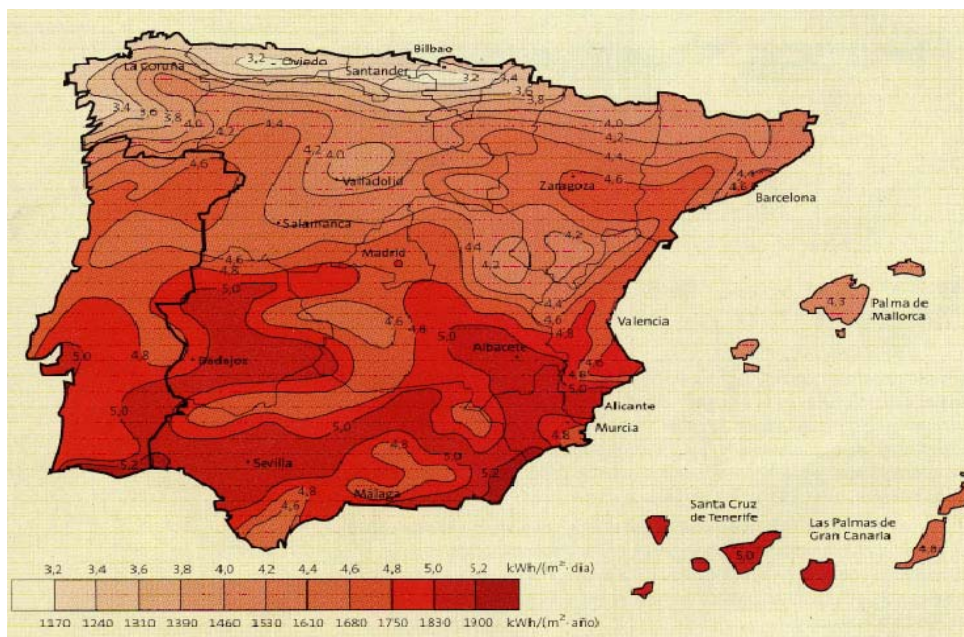
La demanda energética para el ACS puede considerarse constante a lo largo de todo el año, en este caso se puede llegar a cubrir hasta un 80% de la demanda. Para calefacción, lógicamente, hay mas necesidades en invierno que en verano. En este caso el aporte del sistema solar varia mucho en función del tipo de instalación de calefacción (aire, radiadores, suelo radiante...) y puede llegar hasta el 50%. En climatización y refrigeración las necesidades se concentran en épocas de verano.

Un sistema solar bien adaptado debe considerar el aporte energético para todas las aplicaciones. Dada la situación en la cual se encuentra la tecnología de refrigeración solar, en la actualidad las aplicaciones de ACS y calefacción son las más utilizadas.

El apoyo a la calefacción significa que durante el verano tendremos energía sobrante y, por ello, riesgo de situaciones de estancamiento de los captadores. Los sistemas de calefacción por suelo radiante, dado su rango de temperaturas de funcionamiento, son los mejores para compaginar con el aporte solar.

La incorporación de un sistema de climatización de piscinas, favorece el incremento del aporte a la calefacción.

## RADIACIÓN SOLAR



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

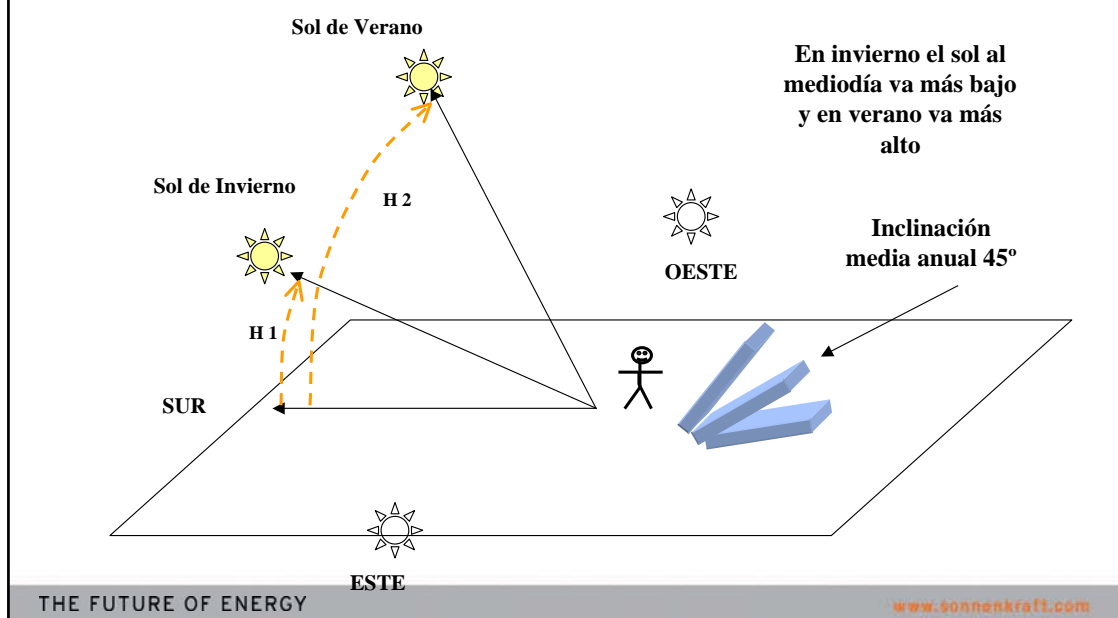
### Tablas y mapas de radiación solar

Ya hay disponibles muchos mapas de radiación solar a partir de diferentes fuentes de información, así como tablas con valores calculados de componente directa, difusa y global en superficies inclinadas.

No todos ellos son suficientemente fiables a efectos del cálculo de instalaciones solares aunque si lo son para otros usos (Agricultura, Economía, etc.). Aquí incorporamos un mapa de radiación global en superficie horizontal de España, obtenido por el Instituto Nacional de Meteorología. La unidad representada es kWh/m<sup>2</sup>.



## RADIACIÓN SOLAR:



### Ángulos significativos

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

#### - Ubicación del sol:

*Azimut:* Angulo de desviación de la posición del sol respecto al sur. En el mediodía solar de todos los días del año el Sol se encuentra a Azimut = 0, lo que significa que esta en el sur.

*Altura solar:* Angulo de desviación de la posición del sol respecto a la horizontal. En el mediodía solar el Sol se encuentra a la altura solar máxima para ese día. Este ángulo será máximo el 21 de junio (73° de altura) y mínimo el 21 de diciembre (26°) (Datos para Madrid).

#### - Instalación de captadores:

*Orientación:* Angulo de orientación el captador respecto al Sur. Ideal Orientación SUR.

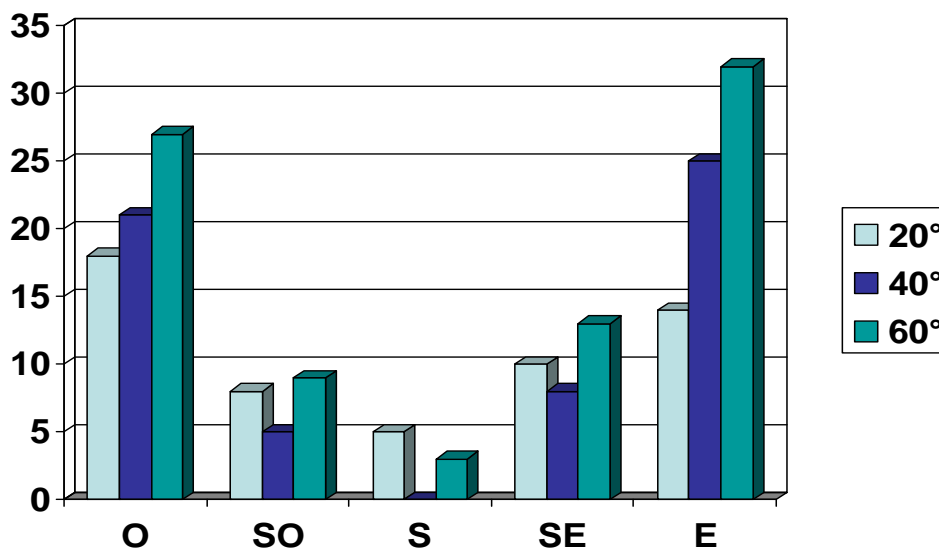
*Inclinación:* Angulo de inclinación del captador respecto a la horizontal. Este ángulo depende del tipo y momento de uso de la instalación.

Instalaciones para usos anuales: Inclinación = Latitud

Instalaciones para usos de invierno: Inclinación = Latitud + (entre 10° y 15°)

Instalaciones para usos de verano: Inclinación = Latitud -10°

Variación de las pérdidas (en %) respecto al máx. teórico S300S



**Pérdidas de la instalación debido a la mala orientación del captador.**

En el gráfico podemos apreciar las pérdidas (en %) respecto al máximo debidas a la orientación del captador.

Podemos apreciar como una desviación de 45° respecto al sur implica valores de pérdidas inferiores al 15%.

El CTE establece unos valores de pérdidas máximas dependiendo de la inclinación y orientación del captador.

**SONNENKRAFT.**

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

**PARTES DE UNA INSTALACIÓN: CAPTADORES**



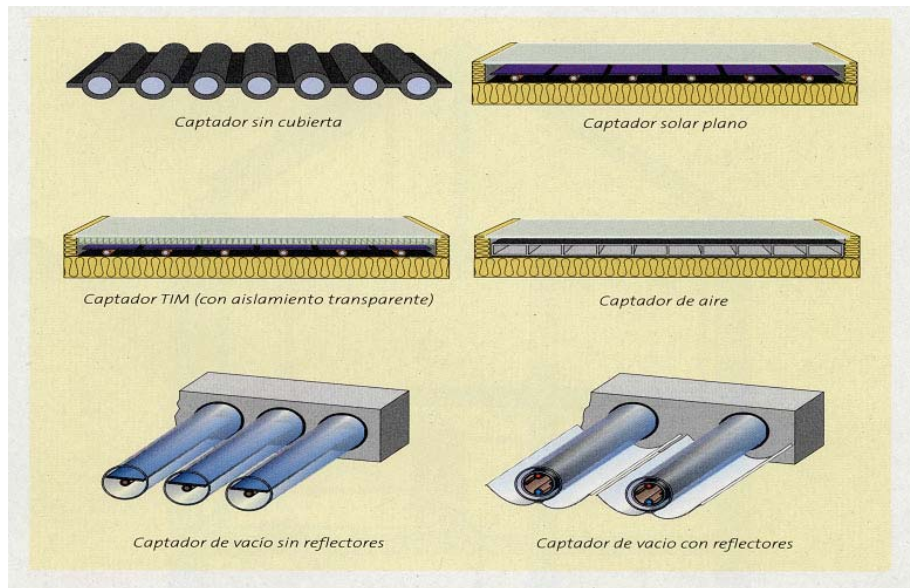
Captadores

THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)



## Aprovechamiento de la radiación con sistemas solares térmicas - tipología de captadores



### Tipologías de captadores:

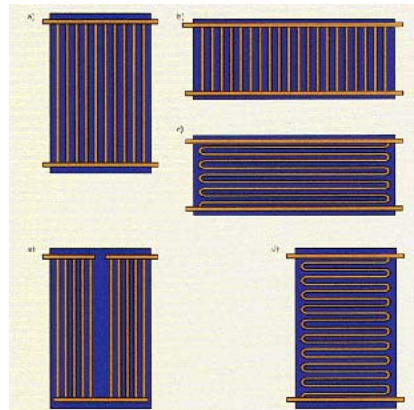
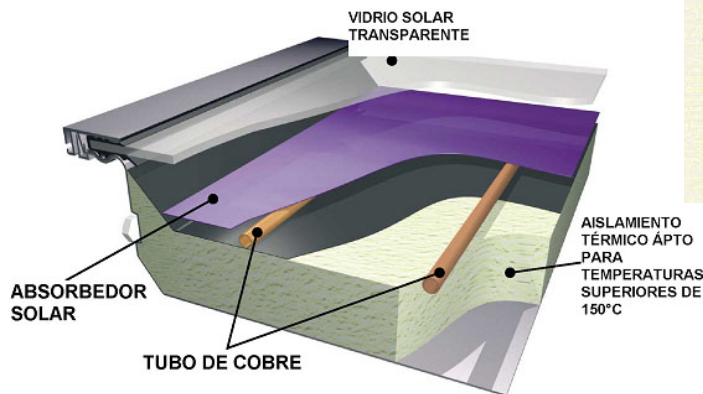
Captadores solares para piscinas: Captadores solares de plástico sin cubierta. Óptimo rendimiento a bajas temperaturas útiles para la climatización de piscinas.

Captadores solares planos: Captador solar convencional con cubierta transparente. Útil para aplicaciones a temperaturas medias (ACS, Calefacción, refrigeración).

Captadores solares de tubos de vacío: Captadores solares formados por agrupaciones de tubos de vacío. Útiles para aplicaciones a temperaturas elevadas (usos industriales, limitaciones de espacio...)

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA: CAPTADORES

- Partes de un colector:



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### Captador solar térmico de baja temperatura

Están formados por los siguientes elementos fundamentales:

- Absorbedor. Es la parte del dispositivo responsable de la absorción de la radiación solar y transformación de esta en energía interna del fluido que circula por el interior de los tubos. El absorbedor es una lamina, normalmente de cobre, con un recubrimiento especial con una elevada absorbancia, bajo índice de reflexión y baja emisividad.

- Circuito de tubos: Tubos de cobre por los que circula el fluido anticongelante a través del cual se extrae la energía captada del Sol. Existen muchas configuraciones de tubos entre las que destacan las configuraciones de:

Doble arpa: Distribución de caudales uniforme y temperaturas elevadas

Parrilla de tubos: Facilidad de conexionado en paralelo de captadores y baja perdida de carga

- Cubierta transparente. Es otro elemento de importancia en un captador solar térmico. Se encarga de producir el efecto invernadero sobre la placa absorbidora, dejando pasar en su mayor parte (alta transmitancia) la radiación solar incidente e impidiendo la salida de la radiación infrarroja producida en la placa absorbidora.

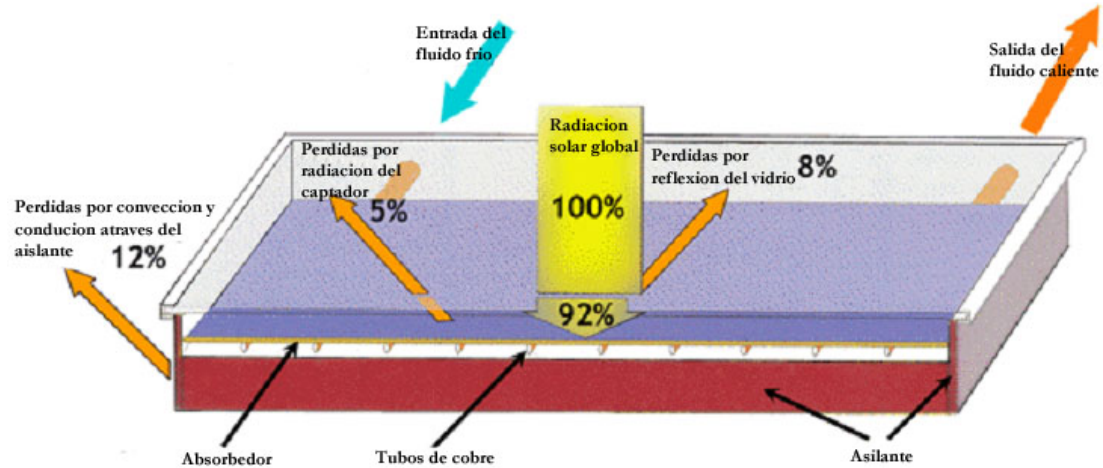
- Aislamiento térmico. Sirve para disminuir las perdidas térmicas por la cara posterior y los laterales del captador. Es recomendable la utilización de lanas de roca.

- 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.

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA: CAPTADORES

- Funcionamiento:



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

### 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. Esta reflectividad se ve incrementada en los momentos en que la radiación incidente no se realiza de forma perpendicular al captador (Modificador del ángulo de incidencia  $k_{50}$ ).

**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.

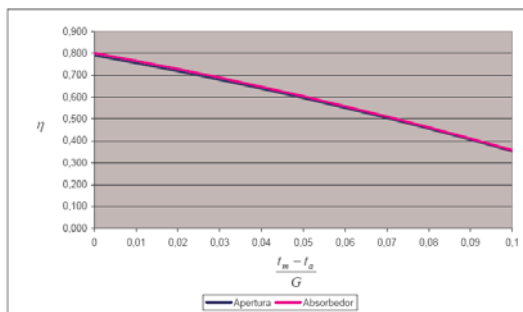
# DIMENSIONADO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

## DIMENSIONADO BÁSICO

- Datos básicos del colector

Colector solar: SK500 Sonnenkraft

Curva de rendimiento



$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$$

Centro de homologación	Recta de rendimiento
Arsenal reserch	$\eta=0,820-3,578 \cdot T-0,014 \cdot T^2$
SPF	$\eta=0,795-3,63 \cdot T-0,0071 \cdot T^2$
CENER	$\eta=0,802-3,456 \cdot T-0,012 \cdot T^2$
INTA (Curva cuadrática)	$\eta=0,72-0,37 \cdot T-0,08 \cdot T^2$
INTA (Recta)	$\eta=0,72-0,42 \cdot T$

### 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.

Este rendimiento del captador se calcula mediante la formula cuadrática de la diapositiva que nos genera una curva de rendimiento para cada captador. Esta formula dispone de tres parámetros básicos:

$\eta_0$ : Rendimiento óptico del captador. Capacidad del captador para absorber la radiación solar.

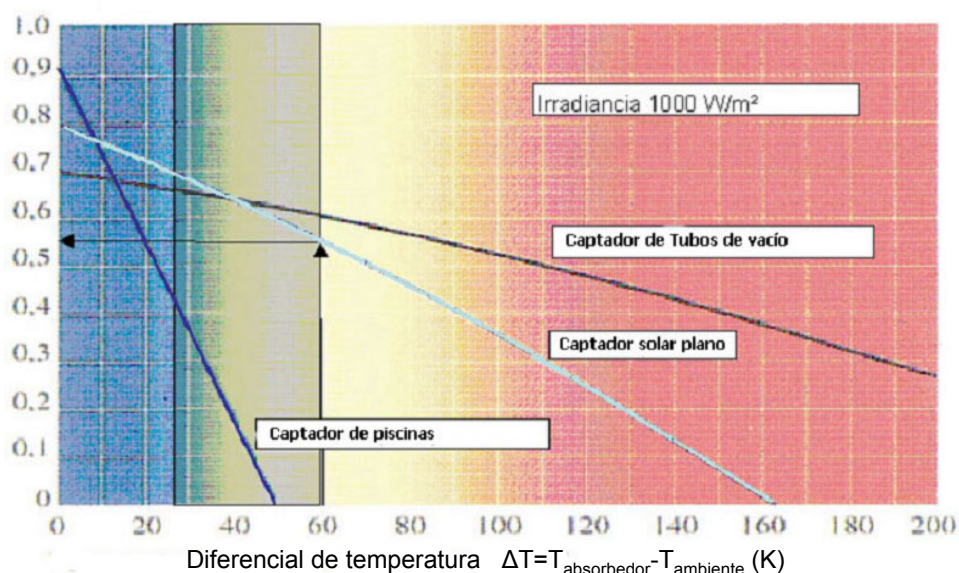
$a_1$ : Coeficiente de pérdidas lineal.

$a_2$ : Coeficiente de pérdidas cuadrático.

Todos los captadores deben de disponer de una CURVA de Rendimiento certificada por alguno de los organismos de certificación existentes en la Unión Europea. Estos organismos deben cumplir con la normativa Europea UNE-12975 referente a la certificación y homologación de captadores.

Los organismos de certificación en España que realizan estas certificaciones son el CENER, INTA y el ITC (Canarias).

## DIMENSIONADO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

### Curvas de rendimiento de captadores y campos de utilización

Los diferentes tipos de captadores tienen comportamientos muy variados dependiendo del rango de temperaturas en el cual trabajan. Dependiendo de este comportamiento la utilidad de cada uno de los captadores que limitada a unas aplicaciones.

En la grafica se pueden observar estas características básicas.

- Captadores sin cubierta transparente (captadores de piscina): que se suelen emplear para calentamiento de piscinas. Trabajan en un rango de temperaturas bajo por lo que interesa que en ese rango su rendimiento sea el máximo.

- Captadores de placa plana: Utilizados básicamente en instalaciones para Agua Caliente sanitaria, calefacción e refrigeración. Su régimen de temperaturas es más elevado que en el caso anterior, al igual que su rendimiento en esta franja de temperaturas.

- Captadores de tubo de vacío: Con estos equipos conseguimos un rendimiento bastante elevado a una franja de temperaturas más elevadas que en los casos anteriores. Se utilizan en procesos con necesidades térmicas elevadas tales como usos industriales, refrigeración...

Para comparar el funcionamiento de los captadores debemos establecer el diferencial de temperatura en el cual trabajamos ( $\Delta T$  entre 40 y 60° para usos domésticos) y comprobar cual es el rendimiento de los distintos tipos de captadores y la relación coste/rendimiento.

Es importante tener en cuenta que un determinado captador puede llegar a alcanzar temperaturas elevadas pero siempre con un límite. 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.

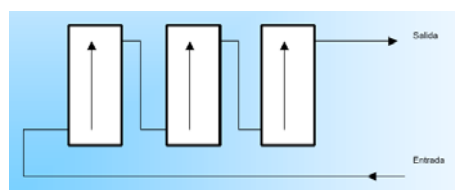


## CONFIGURACIÓN DEL CAMPO DE COLECTORES

### Conexión en serie: máximo establecido por CTE

- Caudal= constante
- Pérdida de carga => elevada
- Incremento de temperatura => elevada
- Rendimiento de los captadores en serie => No constante
- Regulación hidráulica => Muy buena
- Coefficiente pérdidas térmica => Elevado
- Caudales, diámetros de tubería y potencia de la bomba => Reducidos

Zona climática	Superficie máxima	Nº colectores SK500N
I y II	10 m <sup>2</sup>	4
III	8 m <sup>2</sup>	3
IV y V	6 m <sup>2</sup>	2



### Configuración del campo de captadores:

Esta formado por los captadores asociados de diferentes maneras:

- En serie (según figura): Esta tipología de conexionado de captadores se caracteriza por:

Conseguir temperaturas de intercambio más elevadas, mayores perdidas de carga, regulaciones hidráulicas muy buenas, coeficiente de pérdidas térmicas elevado y Caudales, diámetros de tubería y potencia de las bombas circuladoras reducidos.

El numero de captadores que pueden conectarse en serie esta especificado por la legislación, y se calcula según superficie de absorción máxima (m<sup>2</sup>) permitida por el CTE.

## CONFIGURACIÓN DEL CAMPO DE COLECTORES

**Conexión en paralelo:** El número máximo de captadores conectados en paralelo está establecido por el fabricante.

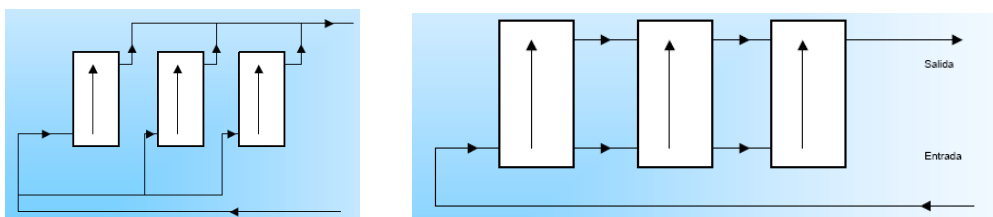
Caudal => Elevado.

Perdida de carga => Constante

Incremento de temperatura => Bajo

Regulación hidráulica => Mala

Caudales, potencia de la bomba y diámetros de tuberías => Elevados



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### **Configuración del campo de captadores:**

-Paralelo (según figura): Menor pérdida de carga, menor salto de temperatura (mayor rendimiento energético), regulación hidráulica mala y caudales, diámetro de tuberías y potencia de la bomba elevados.

El número de captadores conectados en paralelo viene especificado por el fabricante. Debería garantizarse la uniformidad en la distribución de caudales por el campo y tener en cuenta la existencia de dilataciones en los tubos del circuito primario.

- Combinación serie-paralelo: es una combinación de los dos sistemas de conexión.



# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

## PARTES DE UNA INSTALACIÓN: ACUMULADORES



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

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

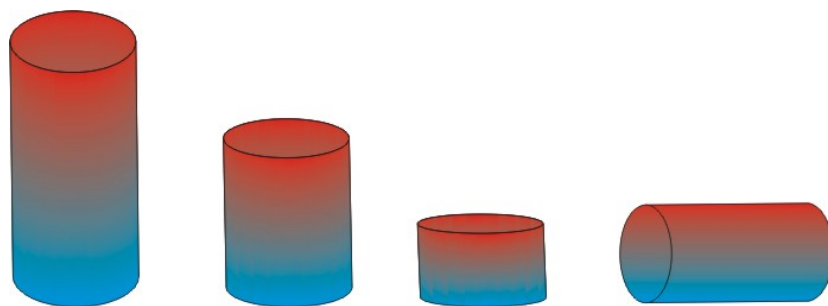
Los aspectos mas importantes de un acumulador son su:

- Resistencia mecánica
- Protección anti-corrosión.
- Durabilidad
- Aislamiento
- Capacidad de estratificación

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : ACUMULADORES

## ESTRATIFICACIÓN EN ACUMULADORES

- Estratificación natural



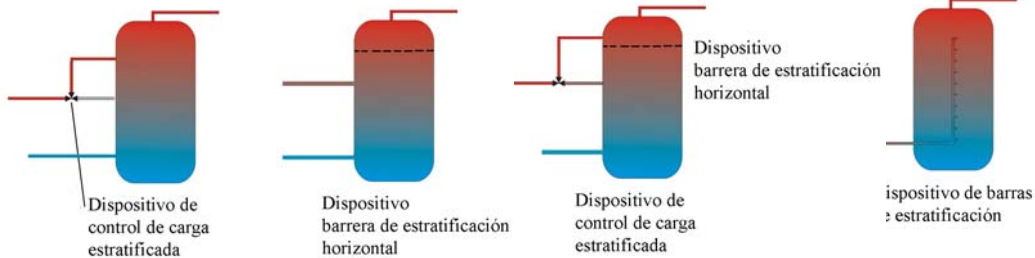
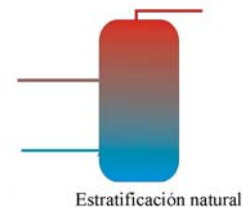
### Estratificación de la temperatura

Un buen diseño de un acumulador debe permitir que se produzca “estratificación”, es decir que la temperatura del agua se distribuya verticalmente. El agua, al calentarse, disminuye su densidad lo que provoca que esta agua caliente se mueva hacia la parte superior del acumulador. Favoreciendo esta estratificación, aumentamos el rendimiento de la instalación y el buen funcionamiento de esta.

Las características del acumulador ya nos determinan la capacidad de estratificación del agua en su interior. Acumuladores esbeltos favorecen esta estratificación.

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : ACUMULADORES

ESTRATIFICACIÓN EN ACUMULADORES  
- Mecanismos de estratificación



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

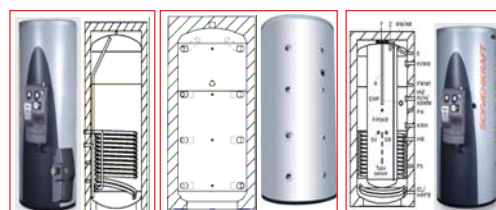
## Mecanismos de mejora de la estratificación:

Existen distintas aplicaciones que pueden favorecer la estratificación, aparte del propio diseño del acumulador:

- *Barreras de estratificación:* Sirven para frenar las corrientes de agua que se producen por efecto de la estratificación natural.
- *Control de carga estratificada:* En función de la temperatura de entrada en el acumulador se realiza la carga por la parte superior o inferior.
- *Lanzas de estratificación:* Dispositivo de carga del acumulador en función de la densidad del fluido (temperatura del fluido).

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : ACUMULADORES

- Tipo de acumuladores
  - Acumuladores de ACS
    - Apto para agua de consumo
    - Material: Vitrificado
    - Intercambiadores:
      - 1 o 2 serpentines
    - Tipologías:
      - Mural
      - De pie
  - Acumuladores de inercia
    - No apto para ACS
    - Material: Acero
    - Intercambiadores:
      - 1 Serpentin
    - Barrera de estratificación
  - Acumuladores combinados
    - Dos acumuladores
    - TANK IN TANK



### Tipo de acumuladores:

Existen dos tipos básicos de acumuladores (ACS y Inercia) Estos acumuladores se diferencia según el material de fabricación, existencia de intercambiadores internos (serpentin), volumen de acumulación, material aislante, existencia de mecanismos de mejora de la estatificación...

Dependiendo de la aplicación (ACS, Calefacción, Piscina....), el volumen de acumulación, la configuración del edificio (centralizado, descentralizado...) seleccionaremos un tipo u otro de acumulador.

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

### Instalaciones solares térmicas:

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.

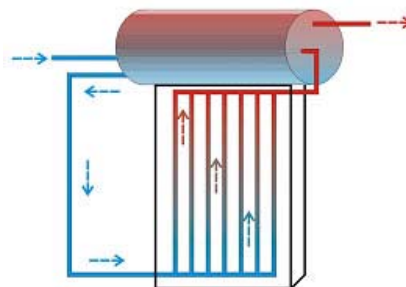
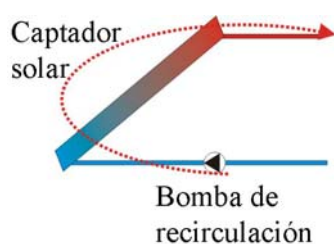
- Auxiliar: es un elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de poca radiación o exceso de consumo.

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

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

## - Tipología de instalaciones:

- Circulación natural
- Circulación forzada



## Tipología de instalaciones:

Existen dos tipos básicos de instalaciones de energía solar:

- Sistemas con circulación natural (termosifón): La recirculación del fluido por el interior del captador se realiza gracias al aumento de la temperatura del fluido en el captador.

- Sistemas con circulación forzada: En este caso se dispone de una bomba circuladora que fuerza la circulación del líquido por el circuito primario de la instalación.

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

- **Circulación natural**
  - Efecto termosifón
  - Sistemas de circulación natural
  - Tipología de productos: Convencionales y Heatpipe



THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

### Circulación por termosifón

Su funcionamiento es debido al efecto producido por el aumento de la temperatura del fluido en el interior del captador.

Se trata de instalaciones compactas que reúnen el sistema de captación y acumulación en el tejado del edificio.

Esta instalación solar térmica es muy utilizada debido a las ventajas que presenta.

- Inexistencia de bombas circuladoras, por lo que no necesita electricidad para su funcionamiento.
- Sencillez y rapidez de montaje.
- Reducido coste.

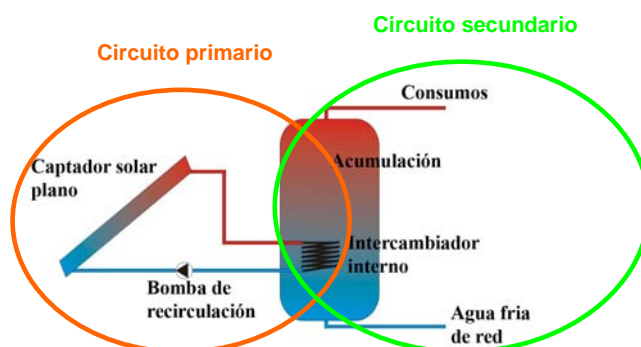
Al mismo tiempo cabe destacar las desventajas que presenta que únicamente lo hacen recomendable para pequeños consumos o consumos en momentos puntuales (fines de semana, periodos de vacaciones...)

- Mayores pérdidas
- Menor durabilidad
- Menor rendimiento
- Dificultad de control
- Menor capacidad de integración.



# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

- **Circulación forzada:**
  - Circuitos de la instalación
    - Circuito primario
    - Circuito secundario



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

## Circulación forzada

Este tipo de instalación utiliza una bomba circuladora para forzar el paso del fluido por el interior del circuito solar. Aparecen pues dos circuitos independientes en este tipo de instalaciones:

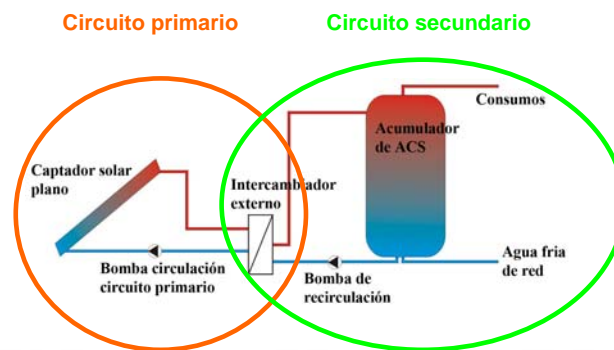
- *Circuito primario (o solar)*: Circuito hidráulico por el que circula el líquido anticongelante a través de los captadores y el intercambiador de calor.
- *Circuito secundario (o de consumos)*: Circuito hidráulico de consumos de ACS o de Calefacción.

El intercambio de calor entre ambos circuitos podemos realizar-lo mediante:

- Intercambiador Interno: Serpentin en el interior del acumulador. Buen rendimiento, baja pérdida de carga.

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

- **Circulación forzada:**
  - Circuitos de la instalación
    - Circuito primario
    - Circuito secundario



THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

## Circulación forzada

- Intercambiador externo: Intercambiador de placas o tubular exterior. Posibilita la utilización de mecanismos de mejor a de la estratificación tales como sistemas de carga estratificada y lanzas de estratificación.

Alto rendimiento, alta pérdida de carga.

# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA : INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

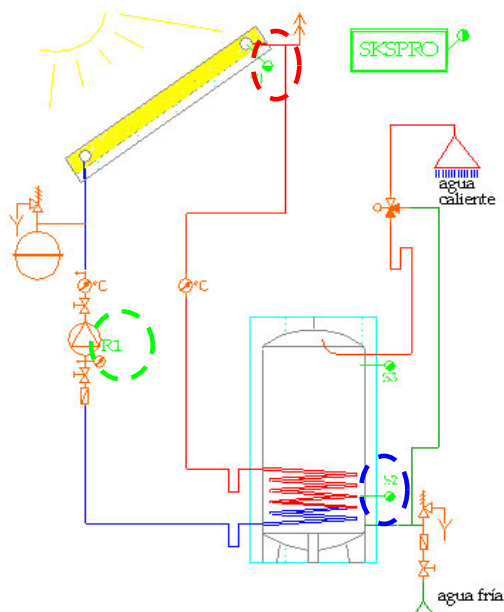


## **Componentes de una instalación solar de circulación forzada**

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

- Campo de captadores: Formado por los captadores y la estructura de soporte
- Acumulador
- Bomba circuladora (Grupo de retorno)
- Tuberías
- Intercambiadores de calor internos o externos
- Centralita de control
- Vaso de expansión
- Purgadores
- Diversos tipos de válvulas
- Sondas de temperatura

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA :



### Circulación forzada:

- Funcionamiento básico
- Si  $S1 > S2 \Rightarrow$  Bomba R1

THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

### 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 mas caliente de los captadores) es superior a un cierto valor (aproximadamente 7 o 8 K) y se para cuando esta diferencia de temperaturas baja a otro valor inferior (aproximadamente 2 a 4 K).

Existen distintos mecanismos de control para situaciones especiales:

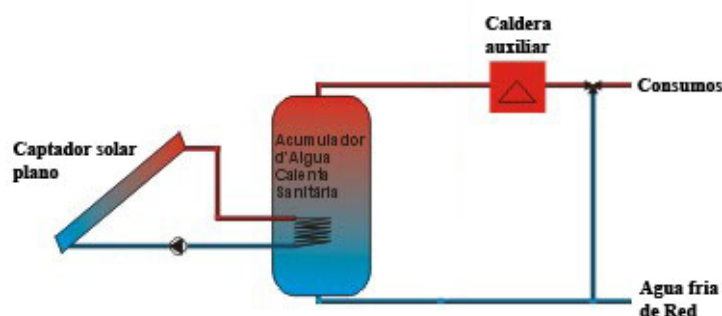
- *Sistema antiheladas*: Evita que el campo de captadores llegue a temperaturas de congelación.
- *Sistema de refrigeración del acumulador*: Disminuye la temperatura del acumulador a la temperatura deseada.
- *Sistema de refrigeración del captador*: Evita que el captador llegue a temperaturas de estancamiento con facilidad.

## CONFIGURACIONES BÁSICAS:

### Uso de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

- Aspectos básicos: Conexión equipo auxiliar  
Energía del equipo auxiliar: Gas, Gasoil, Electricidad, Biomasa, Carbón...

#### CONEXIONADO EN SERIE



### Sistema de aporte auxiliar

En todas las instalaciones solares debemos disponer de un equipo de aporte de energía auxiliar para garantizar las temperaturas de consumo en momentos de inexistencia de radiación. Este equipo debe dimensionarse para cubrir el 100% de las necesidades energéticas.

Existen distintas conexiones posibles para conectar el sistema auxiliar a un sistema solar térmico.

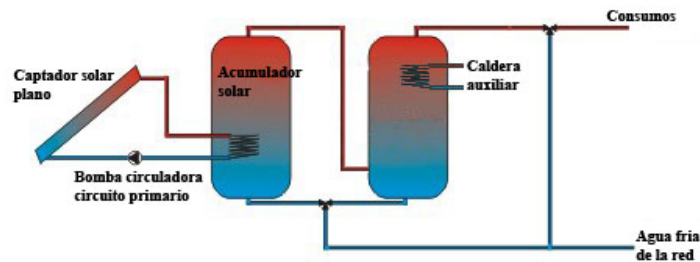
En el nuevo CTE se especifica que el aporte auxiliar No debe hacerse en el acumulador solar para un uso de ACS, por lo que se limitan las posibles configuraciones.

- *Sistema auxiliar - en serie*: La situación mas favorable y frecuente es una caldera en serie al acumulador solar. El sistema auxiliar debe ser apto para un rango de temperatura grande en la entrada y debe poder adaptar su potencia a esta temperatura de entrada. Las calderas modulantes o sistemas eléctricos de calentamiento instantáneo son las únicas que podemos utilizar en este esquema.

## CONFIGURACIONES BÁSICAS:

### Uso de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

- Aspectos básicos: Conexión de equipo auxiliar  
Energía del equipo auxiliar: Gas, Gasoil, Electricidad, Biomasa, Carbón...  
CONEXIONADO EN SERIE MEDIANTE ACUMULADOR



### Sistema de aporte auxiliar

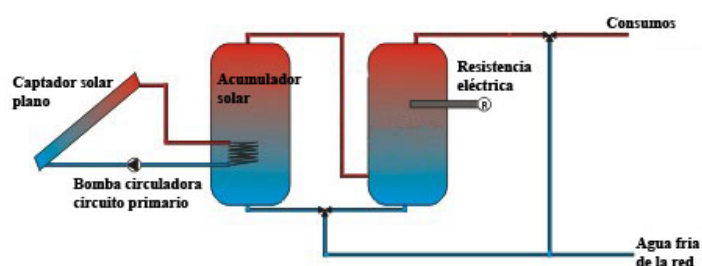
- *Sistema auxiliar - acumulador en serie:* Una posibilidad es utilizar un segundo acumulador donde realizar el aporte de energía auxiliar. Este esquema es muy habitual en instalaciones ya existentes donde se dispone ya de un acumulador de ACS. El sistema solar, pero, no cubre las pérdidas térmicas del acumulador secundario si no hay consumo. Es evidente que en estas circunstancias las pérdidas serán mayores debido a la existencia de dos acumuladores.

## CONFIGURACIONES BÁSICAS:

### Uso de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

- Aspectos básicos: Conexionado equipo auxiliar  
Energía del equipo auxiliar: Gas, Gasoil, Electricidad, Biomasa, Carbón...

CONEXIONADO EN SERIE MEDIANTE ACUMULADOR



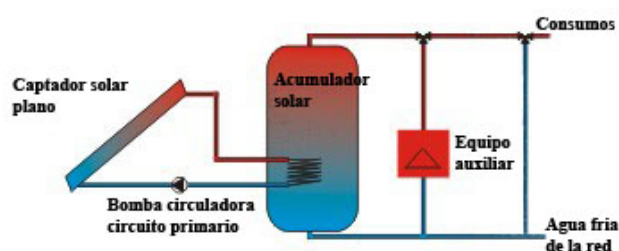
### Sistema de aporte auxiliar

- *Sistema auxiliar - resistencia eléctrica*: Otro esquema de instalación que utiliza un acumulador en serie al acumulador solar es el uso de termos eléctricos convencionales (deben permitir la entrada del agua precalentada). Al igual que en el caso anterior las pérdidas en el termo eléctrico no las puede cubrir la energía solar en caso de no existir consumos.

## CONFIGURACIONES BÁSICAS:

### Uso de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

- Aspectos básicos: Conexión equipo auxiliar  
Energía del equipo auxiliar: Gas, Gasoil, Electricidad, Biomasa, Carbón...  
CONEXIONADO EN PARALELO: "Todo o nada"



### Sistema de aporte auxiliar

- *Sistema auxiliar en paralelo (Todo o nada)*: En algunos casos de aprovechamiento de un calentador convencional pre-existente, podemos realizar una instalación de tipo paralelo (todo o nada) en el que el aporte solar se realiza únicamente cuando existe suficiente temperatura en el acumulador solar como para suministrar a consumos. Es evidente que este es el peor de los casos puesto que en caso de temperaturas relativamente altas ( $40^{\circ}\text{C}$ ) inferiores a la temperatura de consumos el aporte solar será mínimo.