

INSTALACIONES DE
PRODUCCIÓN DE CALOR

U.D. 5 INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE
CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA SUMINISTRO
DE AGUA CALIENTE SANITARIA

UD 5

ÍNDICE

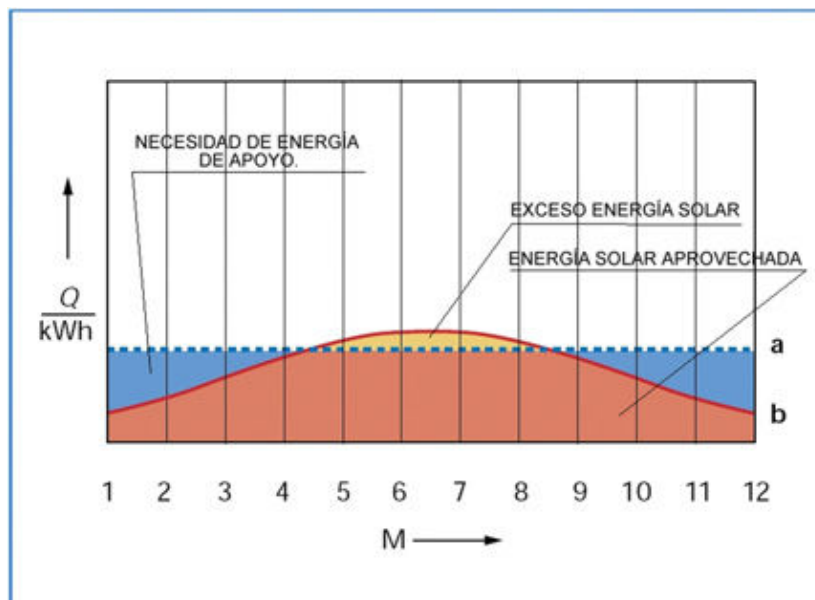
Introducción.....	217
Objetivos	219
1. Nociones básicas sobre equipos solares compactos	221
1.1. Descripción.....	221
1.2. Componentes	222
1.3. Montaje	222
2. Dimensionado de instalaciones para producción de ACS....	225
2.1. Generalidades.....	225
2.2. Determinación de la demanda de ACS	225
2.3. Energía solar disponible	226
2.4. Energía solar aprovechable	228
2.5. Superficie de los captadores.....	229
2.6. Depósito acumulador.....	230
3. Ejemplo de cálculo de un sistema compacto de captación de energía solar térmica	231
4. Puesta en marcha y mantenimiento de la instalación.....	235
Resumen	237
Bibliografía	239

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de colectores solares permiten aprovechar una alta proporción de la energía emitida por el sol para generar calor. Esto produce un menor consumo de combustibles fósiles y, por lo tanto, una menor emisión de contaminantes tan perjudiciales para nuestro entorno.

La producción de agua caliente sanitaria es una de las más comunes aplicaciones de los sistemas de colectores solares.

Como puede observarse en el gráfico adjunto, la demanda de agua caliente es aproximadamente constante a lo largo de todo el año.



Por el contrario, la energía solar disponible varía en función de la estación del año en la que nos encontremos, siendo mucho mayor en los meses de verano que en el invierno.

En verano el sistema solar es capaz de cubrir completamente toda la demanda de energía para la producción de agua caliente sanitaria, aunque es necesario utilizar un sistema convencional de calentamiento de apoyo que cubra las necesidades no aportadas con la energía solar, ya que puede haber largos períodos de bajos niveles de radiación solar en los que debe asegurarse la producción de agua caliente sanitaria.

A lo largo de todo el año, los sistemas de colectores solares pueden proporcionar alrededor de un 60% del agua caliente sanitaria que se consume en una vivienda.

OBJETIVOS

En esta unidad se pretende introducir al alumno en la utilización de los captadores solares para la producción de agua caliente sanitaria, y proporcionarle la información necesaria para poder seleccionar el equipo más adecuado para cada instalación.

El desarrollo teórico y la resolución del ejemplo propuesto se centran en los captadores solares compactos, por ser éstos los más extendidos.

Para seleccionar el equipo más adecuado pueden utilizarse catálogos de fabricantes, en los que solamente necesitamos saber el número de consumidores para obtener directamente el equipo que necesitamos instalar.

A lo largo de esta unidad se desarrolla el proceso de cálculo más complejo, que tiene en cuenta todos los factores que influyen en el funcionamiento de los captadores solares y que por tanto son fácilmente extrapolables a otros tipo de instalaciones con aprovechamiento de energía solar.

1. NOCIONES BÁSICAS SOBRE EQUIPOS SOLARES COMPACTOS

1.1. Descripción

Los captadores solares compactos son unos equipos que agrupan todos los elementos necesarios para la producción de agua caliente sanitaria a partir de la energía que proporciona el sol.



Estos equipos funcionan calentando en un captador solar el agua que circula por dentro de un circuito cerrado (circuito primario), que actúa como fluido térmico, y a la que se le añade generalmente algún tipo de anticongelante. Dentro de un tanque acumulador, y con ayuda de un intercambiador de calor, se calienta el agua potable que será utilizada posteriormente por el consumidor.

La circulación del agua en el circuito primario se produce por el efecto termosifón, debido a que el agua fría posee una densidad mayor que el agua caliente, por lo que ésta se ve desplazada hacia la parte superior del sistema. Esto obliga a situar el depósito acumulador sobre el captador y lo más cerca posible del mismo.

Para favorecer el efecto termosifón deben cumplirse una serie de condiciones:

- Diferencia de altura entre el captador y el acumulador grande.
- Elevada diferencia de temperatura entre la ida y el retorno del fluido.
- Evitar las pérdidas de carga en las tuberías de circulación (no colocar accesorios innecesarios, como válvulas, reducciones,...).
- Utilizar diámetros de tubería mayores de 1/2".
- Colocar un purgador para eliminar bolsas de aire que dificultan la circulación.

Estos equipos tienen el inconveniente de no poder regular la temperatura de calentamiento del depósito, lo que puede provocar la corrosión del mismo o la acumulación de cal. Este fenómeno se puede evitar si se utilizan acumuladores suficientemente grandes, cuya capacidad sea mayor de 80 l/m^2 de captador.

Como complemento, al conjunto se le añaden accesorios que mejoran su funcionamiento y aumentan su rendimiento, como unas resistencias eléctricas situadas dentro del depósito acumulador y que actúan como sistema calefactor de apoyo o una bomba de circulación para impulsar el agua del circuito primario.



1.2. Componentes

En la figura siguiente se ilustran los distintos elementos de que se compone un captador solar compacto:



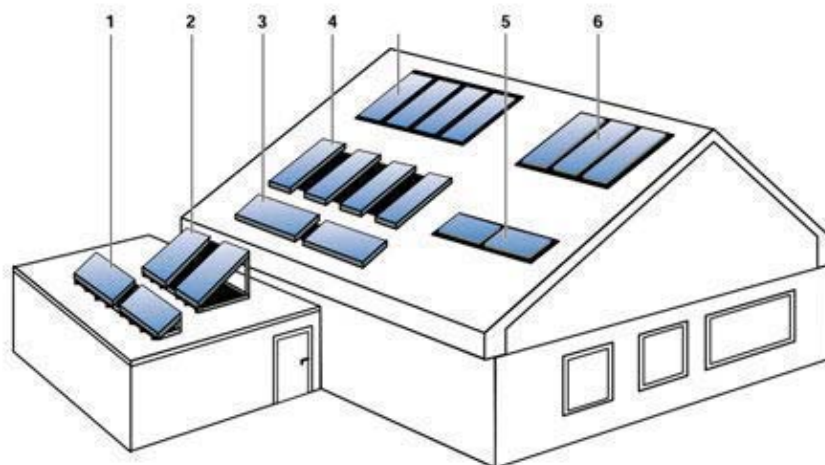
1.3. Montaje

1.3.1. Tipos de instalación

Los colectores compactos solares pueden montarse indistintamente sobre superficies planas o superficies inclinadas.

- **Montaje sobre superficies planas:**

Cada colector necesita una estructura auxiliar sobre la que se montará. Estas estructuras permiten variar la inclinación de montaje del colector y ubicarlo sobre el suelo o sobre la cubierta plana de un edificio.



Leyenda

- 1 Montaje superficie plana, horizontal
- 2 Montaje superficie plana, vertical
- 3 Montaje sobre tejado, horizontal
- 4 Montaje sobre tejado, vertical

- 5 Integración con marco de colector, horizontal
- 6 Integración con marco de colector, vertical

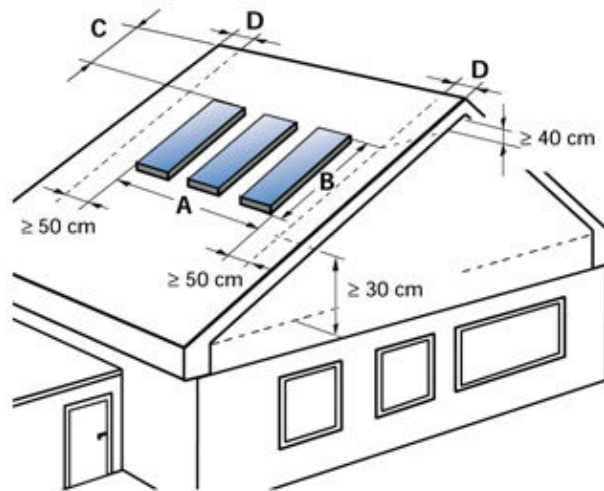
- **Montaje sobre tejado:**

Los colectores solares pueden montarse también sobre un tejado inclinado. En este caso se puede optar por dos soluciones distintas: el montaje integrado de los colectores sobre el tejado, sustituyendo éstos a la propia cubierta, o el montaje sobre la cubierta, con ayuda de un sistema de anclaje especial, de forma que los colectores quedan sobre el tejado, conservándose la cubierta original y siguiendo éstos la inclinación de la misma.

1.3.2. Requisitos de espacio para instalación de captadores solares

Antes de proceder a la instalación de los captadores solares debemos tener en cuenta el espacio del que se dispone. El espacio necesario para el montaje de cada instalación concreta quedará definido por las necesidades de cada equipo, que indicará el fabricante en las correspondientes instrucciones de instalación y montaje y la normativa vigente a tal efecto: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, normativas regionales y ordenanzas municipales.

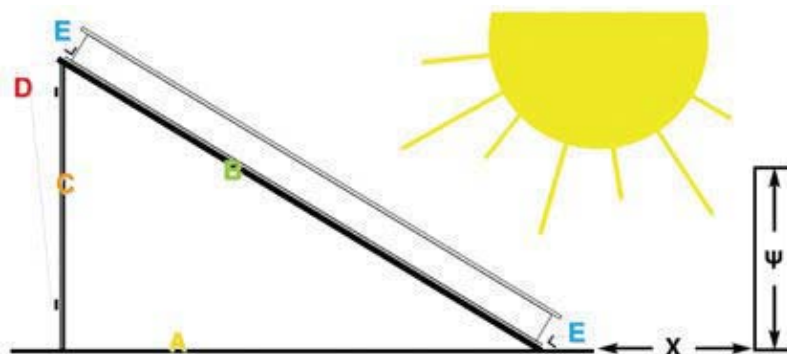
Para captadores montados sobre el tejado hay que dejar un espacio mínimo entre captadores para el paso de tuberías, y en los bordes del tejado, como se muestra en el croquis siguiente:



Para el montaje de colectores sobre una superficie plana, el espacio que ocupa cada uno de ellos es igual al necesario para ubicar la estructura de soporte que necesitan. En caso de que se monten varias filas de colectores, será necesario dejar un espacio entre filas que evite el sombreado de los colectores. La distancia mínima entre colectores (x), está establecida en el RITE, y se calcula en función de la altura del captador (h) y un coeficiente K que depende de la inclinación de montaje del mismo.

Inclinación	20	25	30	35	40	45	50	55	$x = K \cdot h$
K	1.53	1.63	1.73	1.81	1.87	1.93	1.97	1.99	

También será necesario prestar atención a la presencia de obstáculos sobre la cubierta plana que puedan proyectar sombras sobre los captadores; para ello será necesario situar los captadores a una distancia suficiente del obstáculo, como se muestra en la figura:



2. DIMENSIONADO DE INSTALACIONES PARA PRODUCCIÓN DE ACS

2.1. Generalidades

El dimensionado o selección del equipo para la producción de ACS, consistirá básicamente en determinar la superficie de los captadores necesarios para satisfacer las necesidades energéticas del usuario, así como el volumen del acumulador.

La demanda de agua caliente sanitaria determinará el aporte energético requerido para su producción. Depende básicamente de dos factores:

- Zona climática donde se realiza la instalación, que condiciona la temperatura del agua de que disponemos en la red de tuberías, y la temperatura ambiente, que condicionan el rendimiento del captador.
- Ocupación y tipología del edificio: el número de ocupantes y el uso a que se destina el edificio determina la demanda de agua caliente.

El rendimiento del captador, es decir, el aprovechamiento que se puede hacer de la energía solar depende de las condiciones exteriores a que están sometidos los captadores, y de la posición de montaje de los mismos:

- Radiación media diaria o cantidad de energía por unidad de superficie y de tiempo, que podremos conocer a partir de tablas informativas con los datos correspondientes a cada provincia.
- Inclinação del captador: lo más conveniente, y por ello habitual, es montar el captador con una inclinación igual a la latitud en que está instalado el captador, de forma que los rayos del sol incidan sobre la superficie del mismo lo más perpendicularmente posible, con lo que el aprovechamiento de la energía será máximo. Para conseguir un mejor rendimiento a lo largo del año de los captadores solares, en algunas latitudes puede ser necesario variar la inclinación de montaje del captador en función de la estación del año en que nos encontremos.
- Orientación del captador: con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar, los captadores deben montarse orientados hacia el sur geográfico, siempre que la instalación se encuentre en el hemisferio norte, admitiéndose pequeñas desviaciones.

2.2. Determinación de la demanda de ACS

Existen diversos métodos para poder estimar cuál será el consumo de agua caliente sanitaria en litros/día. Esta estimación puede realizarse a partir de las normativas municipales o comunitarias o a partir de tablas

informativas en las que se puede determinar cuál será la demanda de ACS en función del número de ocupantes, temperatura de consumo del agua caliente y uso a que se destina el edificio.

También resulta interesante conocer la variación de esta demanda a lo largo del año para poder determinar el aporte solar porcentual que recibe la instalación. Para el caso de viviendas, la demanda de agua caliente sanitaria se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el año.

La demanda energética para la producción de agua caliente sanitaria vendrá dada por la fórmula:

$$E = D \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{entrada}}) \cdot c_e$$

Donde:

E es la energía necesaria.

D es el volumen de agua demandado.

T_{consumo} es la temperatura de consumo del ACS.

T_{entrada} la temperatura del agua en la red.

C_e es el calor específico del agua.

Esta estimación de la demanda energética es un factor clave para la determinación de la superficie de los captadores y la distribución de las necesidades energéticas a lo largo de todo el año.

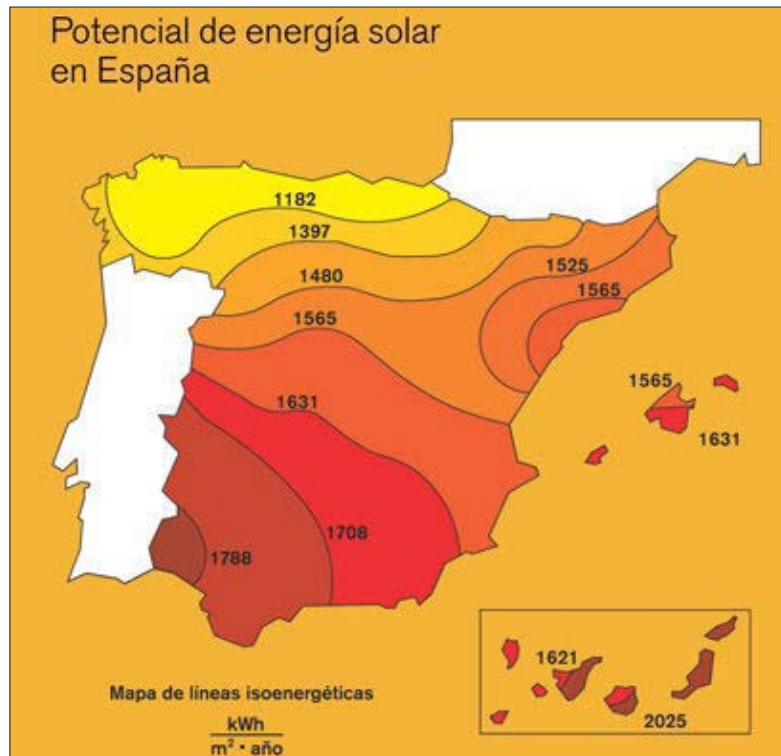
2.3. Energía solar disponible

Una vez conocida la demanda de energía necesaria para conseguir un adecuado suministro de agua caliente sanitaria, será necesario determinar la cantidad de energía que aporta el sol, así como la proporción de la misma que podemos aprovechar. De este modo podemos saber los datos correspondientes a la cobertura solar en cada época del año.

2.3.1. Radiación solar

La radiación solar media (H) es la cantidad de energía por unidad de superficie que recibiría un captador solar si estuviera situado en el suelo. Estos datos se pueden obtener a partir de tablas informativas en las que se ofrecen los valores correspondientes a cada provincia.

A modo de ilustración, en el mapa siguiente se representan por colores las zonas con mayor o menor radiación solar media.



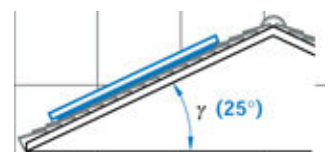
Dato obtenido de las tablas mencionadas anteriormente; hay que aplicar una serie de factores de corrección en función de las condiciones ambientales y la posición de montaje:

- **Calidad del aire:** si el aire de la zona donde se prevé instalar el equipo de captación está limpio, el valor de la radiación solar debe multiplicarse por 1,05. En caso contrario -de aire con polución- el factor a utilizar será 0,95.

$$H_{\text{corregido}} = H \cdot 1,05 \text{ (para aire limpio)}$$

$$H_{\text{corregido}} = H \cdot 0,95 \text{ (para aire sucio)}$$

- **Energía útil que llega al captador:** dependiendo de la inclinación de montaje del captador varía la cantidad de energía solar que se puede aprovechar. La inclinación de montaje del captador que permite un mejor aprovechamiento es aquella que coincide con su latitud $\pm 10^\circ$. En algunos casos, como por ejemplo el de captadores montados directamente sobre el tejado del edificio sin utilizar estructura de soporte, no se puede regular la inclinación de los paneles solares, por lo que será necesario introducir un factor de corrección, que depende de la latitud de la ubicación y del ángulo de montaje de los captadores.

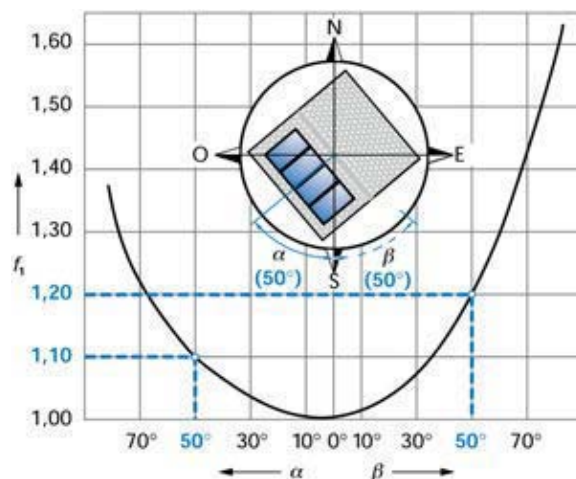


La orientación de los colectores también condiciona la cantidad de energía térmica que pueden proporcionar. La orientación óptima para el colector solar es la Sur, admitiéndose desviaciones al Este o al Oeste de 10°. En el caso de colectores montados sobre el tejado inclinado, su orientación será la misma que la del tejado, por lo que el ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre el captador no será el más apropiado, con la consiguiente pérdida de rendimiento.

El valor de la energía útil se obtiene a partir de la expresión:

$$E_{\text{util}} = 0,94 \cdot K \cdot f \cdot H_{\text{corregido}}$$

Donde el factor K de inclinación se obtiene a partir de tablas informativas, y el factor F de orientación se puede obtener a partir del diagrama siguiente:



2.4. Energía solar aprovechable

De toda la energía solar que llega al captador, solamente podremos aprovechar una parte, perdiéndose al menos un 10% en todos los elementos de la instalación. Además deberemos tener en cuenta el rendimiento del captador, que cuantifica las pérdidas producidas por radiación, absorción, convección y conducción. Se puede evaluar a partir de la expresión:

$$\eta = A - U \cdot (T_m - T_a) / I$$

Los términos A (eficiencia óptica) y U (pérdidas de calor en la superficie del captador) dependen de los materiales empleados en la construcción del captador, y son datos que ofrece el fabricante del mismo.

El salto térmico es la diferencia de temperaturas entre el fluido caloportador (T_m) y la temperatura ambiente (T_a).

También interviene en la expresión del rendimiento, la intensidad radiante (I) o cantidad de energía útil captada por unidad de tiempo y superficie.

Así pues, la energía que podemos aprovechar será: $E_p = 0,9 \cdot \eta \cdot E_{util}$

Dado que el valor del rendimiento es propio del captador y es un dato que debe ofrecer el fabricante del mismo, para realizar cálculos estimativos, y teniendo en cuenta la latitud donde va a realizarse la instalación, puede considerarse a modo de aproximación que el valor del rendimiento oscila entre 0,5 y 0,7.

2.5. Superficie de los captadores

Para poder calcular la superficie total de los captadores que necesitamos instalar, es necesario conocer la energía demandada y la energía útil disponible por unidad de superficie. De la relación entre estos datos, y teniendo en cuenta la cobertura mínima que deseamos obtener, se puede calcular la superficie de captadores necesaria:

$$S_{captación} = \frac{E_{demanda\ anual\ (kWh)}}{E_{p\ anual}} \cdot \%cobertura\ solar$$

El porcentaje de cobertura solar que se utiliza habitualmente en el diseño de instalaciones de producción de agua caliente sanitaria, oscila entre el 40% y el 70%.

Para asegurarnos de que el diseño es correcto, comprobaremos que se cumplen las siguientes premisas:

RITE (para instalaciones individuales)	$1,25 < 100 \cdot A/M < 2$	A es la superficie total de captadores en m ² M es el consumo medio diario en los meses de verano
IDEA (para producción de ACS)	$50 < V/A < 180$	V es el volumen de consumo diario A es la superficie total de captadores en m ²

2.6. Depósito acumulador

Como la energía que se puede obtener del sol no siempre coincide con la demanda por parte del usuario, es necesario disponer de un sistema de acumulación que actúe a modo de almacén de energía y nos permita disponer de agua caliente en aquellos momentos de poca o nula radiación solar, haciendo de ésta cuando hay poco consumo.

Lo ideal, de acuerdo con las recomendaciones del RITE, es hacer coincidir el volumen del depósito acumulador con el consumo medio diario.

3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN SISTEMA COMPACTO DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Para ilustrar el proceso de cálculo y selección de equipos solares compactos, se propone a continuación un supuesto práctico, que se resolverá aprovechando las herramientas informáticas que acompañan este libro, que siguen el mismo proceso que se ha descrito, pero facilitan el trabajo del diseñador.

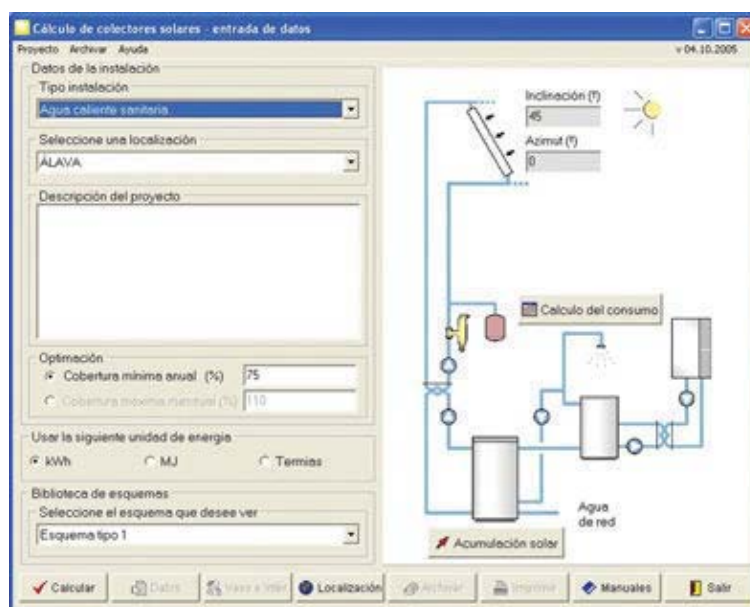
Supuesto práctico:

Se desea instalar un sistema de captación solar compacto que se ubicará sobre la cubierta plana (terrazza) de una vivienda unifamiliar situada en la provincia de Valencia.

El edificio estará habitado por 5 personas, que tendrán un consumo elevado de agua caliente sanitaria a 45° C.

Se desea obtener una cobertura solar del 70%.

Comenzaremos por arrancar el programa para el cálculo de colectores solares, y aparece la ventana siguiente:

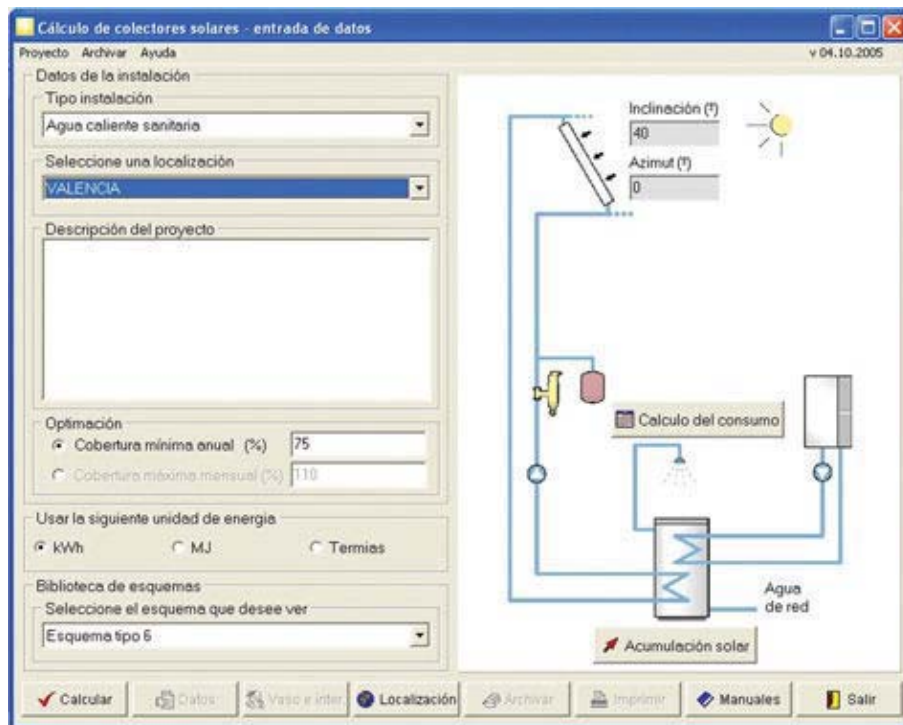


A continuación deberemos introducir los datos solicitados. En el problema propuesto, se nos indica que se trata de una instalación de ACS situada en la provincia de Valencia, con cobertura solar del 70%.

Los datos de inclinación del captador y azimut del mismo los podemos elegir al tratarse de un equipo que se sitúa sobre una cubierta plana con la correspondiente estructura de soporte que nos permite inclinarlo y orientarlo en la posición más adecuada. La inclinación óptima debe coincidir con la latitud de la localización del captador (en este caso, 40°) y la orientación más favorable será la orientación sur (azimut 0°).

El esquema que se nos presenta se puede obviar ya que no coincide con nuestro caso, pero no influye en el resultado de los cálculos. Si pulsamos en la casilla de localización podemos introducir datos específicos de ubicaciones concretas, en caso de disponer de ellos.

La ventana se presentará ahora como sigue:



Procederemos ahora a introducir los datos del consumo, haciendo doble clic sobre el botón correspondiente situado en el esquema de la instalación.

Introducimos los datos del consumo anual que podemos obtener de las tablas informativas contenidas en el anexo correspondiente (300 l/día) y la temperatura de consumo (45° C).

Ahora podemos continuar y proceder a realizar los cálculos y obtener los resultados que necesitamos.

Podemos saber cuál debe ser el volumen mínimo del acumulador que debemos utilizar haciendo doble clic sobre el botón correspondiente. El resultado obtenido es de 240 l.

Con el botón calcular se nos permite acceder a la ventana siguiente que nos ofrece los resultados obtenidos, así como resúmenes de los datos utilizados.

Cálculo de colectores solares - Consumo

Consumo diario de la instalación:

☒ Es conocido Consumo diario (l) Número de plazas Litros por plaza

☐ No es conocido

Temperatura de consumo:

☒ Constante todo el año ☐ Variable cada mes

Perfil de ocupación:

☒ Anual ☐ Mensual

Temperatura de consumo	Perfil de ocupación
Enero	Enero
Febrero	Febrero
Marzo	Marzo
Abril	Abril
Mayo	Mayo
Junio	Junio
Julio	Julio
Agosto	Agosto
Septiembre	Septiembre
Octubre	Octubre
Noviembre	Noviembre
Diciembre	Diciembre
Anual	Anual

Continuar

Cálculo de colectores solares - resultados

Resultados generales Datos de la localización Valores de cálculo Valores internos Instalación de los colectores Gráficas

Número de colectores Recalcular Superficie útil del campo de colectores m²

	Consumo mensual Litros/mes	Demanda energética mensual kWh/mes	Demanda energética diaria kWh/día	Energía mensual neta producida por el campo de colectores kWh/mes	Grado de cobertura mensual %
Enero	9300	400	13	183	45.7
Febrero	8400	352	13	230	65.5
Marzo	9300	368	12	304	82.7
Abril	9000	335	11	303	90.5
Mayo	9300	335	11	319	95.3
Junio	9000	314	10	314	102.8
Julio	9300	314	10	314	108.9
Agosto	9300	324	10	324	106.7
Septiembre	9000	324	11	323	99.5
Octubre	9300	346	11	291	84.1
Noviembre	9000	358	12	232	65.2
Diciembre	9300	400	13	186	46.4
Anual	109500	4168		3323	79.73

Continuar

Podemos ver la superficie del campo de colectores necesarios (4,48 m²) así como la evolución del comportamiento de la instalación a lo largo del año.

Con estos datos y con el catálogo del fabricante podemos seleccionar el equipo más adecuado para nuestros propósitos.

Utilizando este extracto del catálogo de equipos solares compactos de Salvador Escoda, S.A., podemos determinar que el que más se ajusta a nuestras necesidades es el ECOSOL-300 de dos colectores, acumulador de 300 litros y superficie de captador solar de 5,2 m².

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO ECOSOL	TANQUE			COLECTOR				SOPORTE	EQUIPO COMPLETO peso kg	
	Medidas mm	Peso kg	Presión De prueba	Medidas mm	Colectores	Area m²	Presión			
120	530x1100	52	2080 kPa (298 psi)	2050x1010x90	1	2,1	41,7	2080 kPa (298 psi)	26	119,7 229,7
160	530x1320	62	2080 kPa (298 psi)	2043x1265x90	1	2,6	52,59	2080 kPa (298 psi)	27	141,59 291,59
200	570x1320	70	2080 kPa (298 psi)	2043x1265x90	1	2,6	52,59	2080 kPa (298 psi)	27	149,59 339,59
260	570x1320	70	2080 kPa (298 psi)	2050x1010x90	2	4,2	41,7	2080 kPa (298 psi)	28	181,4 373,4
300	530x2050	103	2080 kPa (298 psi)	2050x1010x90	2	4,2	41,7	2080 kPa (298 psi)	30	216,4 466,4
300	570x2050	114	2080 kPa (298 psi)	2050x1010x90	2	4,2	41,7	2080 kPa (298 psi)	30	227,4 517,4
300	570x2050	114	2080 kPa (298 psi)	2043x1265x90	2	5,2	52,59	2080 kPa (298 psi)	30	249,18 539,18

4. PUESTA EN MARCHA Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Para que la instalación funcione correctamente y para alargar la vida de todos los elementos que la componen es conveniente seguir las pautas de puesta en marcha y mantenimiento de los equipos, establecidas por el fabricante de los mismos.

Para efectuar la puesta en marcha de captadores solares, se seguirán como norma general las siguientes indicaciones:

- Abrir la válvula de llenado de la instalación, para llenarla desde la zona más baja a la zona más alta con agua de la red de agua potable, para limpiar el sistema de posibles impurezas y proceder a comprobar las posibles fugas que pudiera presentar.
- Una vez realizadas las comprobaciones pertinentes, se procederá a llenar el circuito primario con el fluido caloportador definitivo (generalmente será agua con anticongelante). Esta operación se realizará en horas de baja radiación solar o con los paneles solares tapados.
- Seguidamente se procederá a purgar el circuito primario con el vaso de expansión cerrado. Algunos equipos disponen de purgadores automáticos, que facilitan esta operación.
- Con el circuito purgado se procederá a ajustar la presión del vaso de expansión, que en vacío debe ser de 1,2 bar. La presión del sistema debe quedar entre 1,5 y 2,2 bar en frío.

Las operaciones de mantenimiento preventivo tienen como objetivo comprobar que los componentes de la instalación se mantienen en buen estado y continúan funcionando correctamente. Las comprobaciones que debemos realizar de forma semestral o anual, dependiendo del tamaño de la instalación, son las siguientes:

- Controlar el estado del anticongelante.
- Purgar el circuito.
- Comprobar la presión de la instalación y reponer si es necesario.
- Comprobar el estado de las sondas.
- Comprobar el estado y funcionamiento de las válvulas.
- Verificar que no hay fugas o defectos de aislamiento.
- Limpiar los captadores.

RESUMEN

La energía solar es una energía limpia y barata que puede aportar un ahorro económico al usuario de la instalación.

Para un correcto aprovechamiento de este tipo de instalaciones es importante recordar las condiciones para un correcto funcionamiento.

Si se calcula adecuadamente la superficie de paneles necesarios, y éstos se montan con una orientación y una inclinación adecuadas, podemos conseguir que nos suministren hasta un 70% de la energía necesaria para la producción de agua caliente sanitaria.