

5. Estudio y dimensionado del sistema solar térmico.

5. ESTUDIO Y DIMENSIONADO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

5.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo. En el presente proyecto tendremos en cuenta dos casos diferenciados de demanda energética:

- Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente
- Para las aplicaciones de climatización (Calefacción y refrigeración), la demanda energética se determina por el habitáculo a climatizar .

Ambas demandas energéticas calculadas anteriormente en el capítulo 4 del proyecto.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red. Usaremos las tablas de radiación solar publicadas por CENSOLAR.

Para realizar el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación

solar supere el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %.

Intentaremos obtener el mayor rendimiento de los paneles solares evitando usar un sistema energético de apoyo, pero siempre se ha de tener en cuenta la existencia de este apoyo energético para aquellas ocasiones en donde no podamos abastecer la energía demandada con la captación solar.

5.2. INSTALACIÓN SOLAR TERMICA.

5.2.1. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento básico de los sistemas de energía solar térmica consiste en la utilización de los rayos solares que calientan el fluido (agua con anticongelante) que circula por el interior de unas placas especiales, denominadas colectores. Esta energía en forma de agua caliente es intercambiada hasta otro circuito donde es acumulada en un depósito hasta poder ser utilizada, normalmente en agua caliente sanitaria o el sistema hidráulico de calefacción de la vivienda.

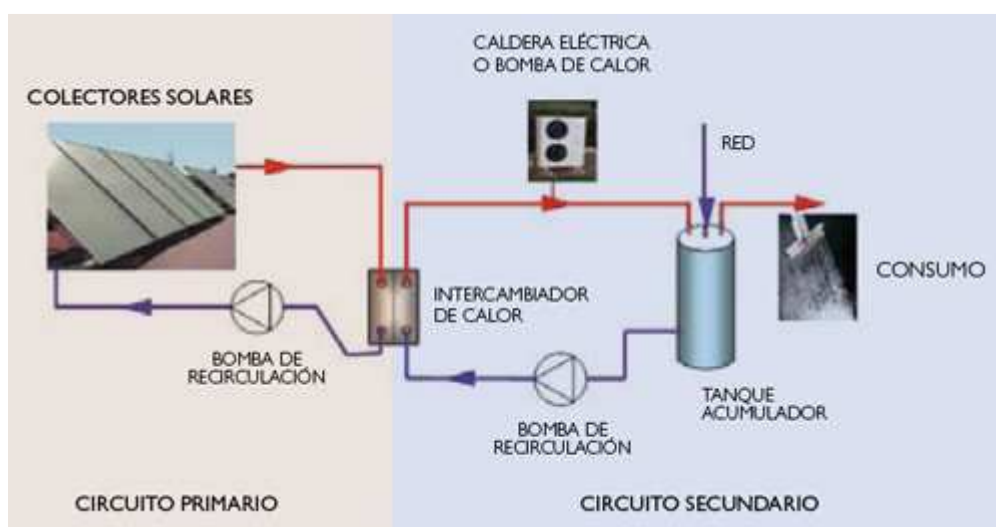


Figura 5.1. Esquema de un sistema térmico.

Según el esquema básico de una instalación solar térmica nos encontramos con un circuito primario que lo forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

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

Las principales clasificaciones de las instalaciones térmicas son:

- *Instalaciones abiertas*: Instalaciones en las que el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.
- *Instalaciones cerradas*: Instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.
- *Instalaciones de sistema directo*: Instalaciones en las que el fluido de trabajo es la propia agua de consumo que pasa por los captadores.
- *Instalaciones de sistema indirecto*: Instalaciones en las que el fluido de trabajo se mantiene en un circuito separado, sin posibilidad de comunicarse con el circuito de consumo.
- *Instalaciones por termosifón*: Instalaciones en las que el fluido de trabajo circula por convección libre.
- *Instalación con circulación forzada*: Instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

Que a su vez según la configuración básica de la instalación daría distintas clasificaciones en función de:

- Por el principio de circulación.
- Por el sistema de transferencia de calor.
- Por el sistema de expansión.
- Por el sistema de aporte de energía auxiliar.
- Por su aplicación.

5.2.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

Los principales elementos que conforman una instalación de un sistema solar térmico son los siguientes:

Los colectores solares

Los captadores solares son los dispositivos encargados de captar la radiación solar y convertirla en una forma de energía útil para la aplicación considerada. Tiene como objetivo transformar la radiación del sol incidente sobre el mismo en energía térmica mediante el aumento de temperatura del fluido que circula en su interior. Existe una amplia gama de colectores solares tanto en diseño como en coste como en rendimientos, pudiéndose elegir unas u otras aplicaciones según las necesidades.

Los colectores solares más empleados a nivel doméstico son los colectores planos, seguidos cada vez más por los colectores solares de vacío. Un panel solar plano se compone de una caja con aislamiento en el fondo y en los costados y sobre este aislamiento se monta la placa absorbedora, una plancha metálica a la que se encuentran soldados los tubos por los que circula el líquido a calentar. Los tubos que entran y salen del costado de la placa permiten que se pueda conectar el sistema a la instalación de agua. La carcasa, normalmente metálica, es la estructura que rodea el aislamiento posterior y soporta el vidrio, y debe ser totalmente estanca para evitar pérdidas de calor. La tapa frontal es de vidrio templado resistente a impactos y a las oscilaciones térmicas o bien de determinados plásticos.

Los colectores solares de tubos de vacío incluyen una innovación: se ha hecho el vacío en el espacio que queda entre el cristal protector y la superficie absorbente. Con este cambio se consigue eliminar las pérdidas por convección interna, porque internamente no hay aire que pueda transferirlas, y aumentar así la temperatura de trabajo y el rendimiento. La forma de estos captadores no es plana, sino cilíndrica, porque permite efectuar mejor el vacío en su interior. Además, los colectores de tubos de

vacío integran concentradores cilíndrico-parabólicos con los que se consigue mejorar el rendimiento durante las estaciones en que los rayos solares no inciden en el ángulo óptimo.

También permiten adaptarse mejor a aquellos casos en que no es posible una instalación en la inclinación o dirección ideal, donde los paneles planos tendrían muy poco rendimiento. Esta propiedad hace que los captadores de tubos de vacío puedan integrarse aún mejor en la arquitectura. En general, los colectores deben estar homologados y presentar las garantías pertinentes.

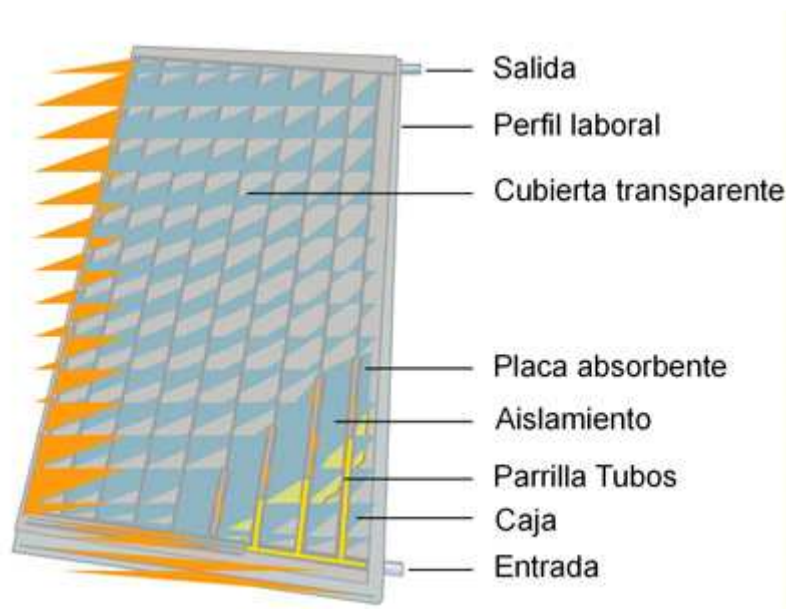


Figura 5.2. Detalle de colector solar

Acumulador

La función del acumulador o depósito es conservar caliente el agua producida por los paneles solares durante un tiempo limitado, normalmente entre 1 y 4 días en el caso de sistemas pequeños. Un buen depósito debe tener una alta capacidad calorífica, un volumen adecuado, responder de manera rápida a la demanda, integrarse bien en el edificio, ser accesible económicamente, ser seguro, y tener larga duración.

Suelen tener forma cilíndrica lo cual facilita el fenómeno de estratificación. Se construyen en acero, acero inoxidable, aluminio, fibra de vidrio reforzado y plásticos.

El tamaño del depósito deberá ser de 30 a 60 litros por m² de panel solar en sistemas pequeños. En este tipo de sistemas no es factible conservar la producción de agua caliente del verano para el invierno, por cuyo motivo solamente se habla de depósitos con capacidad diaria. En el caso de que se desee instalar un depósito mixto para A.C.S. y calefacción, se necesita hacer el cálculo considerando de 50 a 75 litros por m² de panel solar.

Para sistemas unifamiliares es posible utilizar la siguiente regla: 50 litros de depósito por persona + 50 litros. Es decir que, en la gran mayoría de los casos, el depósito estaría en aproximadamente 200-300 litros.



Figura 5.3. Detalle de acumulador solar

Bombas o electrocirculadores

Estos elementos facilitan el transporte del fluido calorportador desde los colectores hasta el almacenamiento y luego al punto de consumo. Son accionados por un motor eléctrico que suministra al fluido la energía

necesaria para transportarlo por el circuito a una determinada presión. Hay tres tipos de electrocirculadores centrífugos:

- ❖ Rotor sumergido. Son silenciosos, requieren un bajo mantenimiento y se montan en línea con la tubería y el eje horizontal.
- ❖ Monobloc. Con el eje en cualquier posición.
- ❖ Acoplamiento motor. Electrocirculador de ejes distintos, son más ruidosos.

Con el paso del tiempo, en las tuberías se producen precipitaciones y corrosión, por lo que la pérdida de carga aumenta con el tiempo. Además los cálculos se realizan como si en la instalación sólo hubiese agua, mientras que muchas veces se añade anticongelante, por esta razón en la práctica la bomba que se elige debe estar un poco sobredimensionada.

Las bombas suelen tener varias velocidades y el fabricante lo indica en sus gráficas. Lo aconsejable es que se trabaje en una velocidad intermedia para así poder subir o bajar la velocidad si nos hemos quedado cortos o bien si hemos sobredimensionado la bomba, respectivamente.

El circuito va precedido de un filtro para evitar que entren impurezas procedentes de las soldaduras y del resto de la instalación hasta la llegada a la bomba.

Válvulas y otros componentes

Para evitar que el líquido anticongelante circule en la dirección opuesta cuando el sistema está apagado, se monta una válvula de paso de sentido único o una electro-válvula. Esta válvula antirretorno evita retrocesos del fluido calorportador desde el colector a la bomba causados por la convección natural.

Si se escoge una válvula de paso único, es aconsejable montarla en una parte horizontal del tubo y nunca en el fondo, ya que partículas de suciedad podrían interferir en el funcionamiento de la válvula. La experiencia ha demostrado que es recomendable comprar una válvula de buena calidad. La solución con una válvula electromotriz que se abre en paralelo con el arranque de la bomba, es más segura que una válvula de paso sin retorno.

Otro elemento muy importante del sistema es el vaso de expansión que absorbe las dilataciones del agua en las instalaciones de agua caliente sanitaria. Cuando crece la presión en la instalación debido a la dilatación del fluido calorportador (aumento de temperatura), el fluido sobrante entra en el vaso y empuja la membrana. El gas utilizado (nitrógeno, que no oxida ni estropea la membrana) se comprime, evitando así variaciones de presión en el circuito.

Las instalaciones también disponen de un purgador que extrae el aire que se pueda formar dentro de las conducciones, así como de un grifo mezclador a la salida del acumulador para permitir la mezcla de agua fría con la procedente del colector, para evitar el riesgo de quemaduras en momentos en que el colector alcance temperaturas muy elevadas.

Líquido anticongelante

Un líquido ideal para transportar el calor en una instalación solar térmica debería ser anticongelante, no hervir, no corroer, ser atóxico, tener una alta capacidad calorífica y un gran coeficiente de transmisión de calor, no se debe gastar y debe ser económicamente accesible. Este líquido ideal "no existe", lo más cerca que se ha llegado a los parámetros ideales es un porcentaje del 60% de agua y un 40% de glicol (Etilenglicol o Propilenglicol).

Para que el período de garantía de la instalación siga vigente solamente debe emplearse el líquido recomendado por el fabricante, pues de lo contrario experimentando con otros líquidos se corre el riesgo de cargar con

grandes costos en reparaciones del sistema por parte del instalador o usuario.

Aislamiento

El aislamiento de colectores y conducciones, incorporado por el fabricante, es necesario para reducir tanto como sea posible las pérdidas de calor y mantener la temperatura del agua calentada por el sol. Pero por otro lado, los tubos suelen ponerse muy calientes, especialmente si el sistema está parado, por lo que es necesario que el aislamiento de los tubos pueda soportar temperaturas de hasta 150° C.

5.3. CRITERIO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.

La orientación e inclinación del sistema de captación del presente proyecto se ubicará en el faldón de la cubierta inclinada con orientación sur, siendo esta la orientación óptima para la captación solar, con un ángulo de inclinación de 30° con respecto a la horizontal, debido a la inclinación de la cubierta.

Para dimensionar el sistema de captación debemos de tener en cuenta:

❖ *Factor de corrección debido a la inclinación de los captadores (K)*

Debemos de indicar que según se nos aconseja en la HE-4, el ángulo de inclinación óptimo será 39° (al igual que la latitud geográfica), obtenido dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Por lo que tendremos que aplicar un coeficiente K, ya que el grado óptimo es de 39° y nuestra instalación de captadores se encuentra a 30°. Para ello utilizaremos la siguiente tabla.

LATITUD = 39°												
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,08
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,19	1,16	1,11	1,07	1,03	1,02	1,03	1,07	1,13	1,2	1,24	1,23
20	1,25	1,2	1,14	1,07	1,03	1,01	1,03	1,08	1,16	1,25	1,31	1,29
25	1,29	1,23	1,15	1,07	1,02	1	1,02	1,08	1,18	1,29	1,36	1,35
30	1,33	1,25	1,16	1,07	1	0,97	1	1,08	1,19	1,33	1,41	1,4
35	1,35	1,27	1,16	1,05	0,97	0,94	0,98	1,06	1,2	1,35	1,45	1,43
40	1,37	1,27	1,15	1,03	0,94	0,91	0,94	1,04	1,19	1,37	1,48	1,46
45	1,38	1,27	1,14	1	0,9	0,87	0,9	1,01	1,18	1,37	1,5	1,48
50	1,39	1,26	1,12	0,97	0,86	0,82	0,86	0,98	1,16	1,37	1,51	1,5
55	1,38	1,25	1,09	0,93	0,81	0,77	0,81	0,94	1,13	1,36	1,51	1,5
60	1,37	1,22	1,05	0,88	0,75	0,71	0,75	0,89	1,1	1,34	1,51	1,49
65	1,35	1,19	1,01	0,83	0,69	0,65	0,69	0,83	1,05	1,31	1,49	1,47
70	1,32	1,15	0,96	0,77	0,63	0,58	0,63	0,77	1	1,27	1,46	1,45
75	1,28	1,11	0,91	0,7	0,56	0,51	0,56	0,71	0,95	1,23	1,42	1,41
80	1,23	1,06	0,84	0,64	0,49	0,43	0,48	0,64	0,88	1,17	1,37	1,37
85	1,18	1	0,78	0,56	0,41	0,35	0,41	0,56	0,81	1,11	1,32	1,32
90	1,12	0,93	0,71	0,49	0,33	0,28	0,33	0,49	0,74	1,04	1,25	1,26

Tabla 5.1. Factor de corrección K de inclinación para la latitud 39° (CENSOLAR)

❖ *Las pérdidas por sombra (FS)*

Para el presente proyecto consideramos que la perdida por sombras es nulo, ya que no tenemos ningún objeto que nos obstaculice la luz inciente solar sobre los paneles.

❖ *Las pérdidas por polución (Fpol)*

Existen pérdidas originadas por los efectos de la actividad humana como pueden ser la industria, el uso de automóviles, etc, que pueden disminuir e influir en la radiación recibida por los módulos solares. En nuestro caso consideraremos un 3% por este efecto.

5.4. ENERGÍA PRODUCIDA POR LA RADIACIÓN SOLAR.

Para obtener la energía que es producida y va a ser captada por los paneles solares necesitamos el índice de radiación media mensual para la zona IV, en la que nos encontramos.

Radiación solar en MJ/m ²														
Ang	En.	Fe.	Ma.	Ab.	Ma.	Ju.	Jul.	Ag.	Se.	Ob.	No.	Di.	Anual	Inviern
20,00	12,90	14,70	18,90	21,20	22,10	23,20	24,00	22,30	20,30	16,40	13,20	11,00	6602,00	2624,00
25,00	13,70	15,30	19,30	21,20	21,80	22,60	23,50	22,20	20,50	17,00	14,00	11,80	6694,00	2750,00
30,00	14,50	15,90	19,70	21,10	21,30	22,00	22,90	21,90	20,70	17,50	14,70	12,50	6748,00	2858,00
35,00	15,20	16,40	19,90	20,90	20,70	21,30	22,20	21,50	20,80	18,00	15,40	13,20	6763,00	2948,00
40,00	15,80	16,70	20,00	20,60	20,10	20,50	21,40	21,00	20,70	18,30	15,90	13,70	6740,00	3020,00
45,00	16,30	17,00	19,90	20,10	19,30	19,50	20,50	20,40	20,50	18,50	16,30	14,20	6679,00	3072,00
50,00	16,70	17,20	19,80	19,50	18,50	18,50	19,50	19,70	20,20	18,60	16,60	14,60	6580,00	3105,00
55,00	16,90	17,20	19,50	18,80	17,60	17,50	18,50	18,90	19,70	18,50	16,90	14,80	6444,00	3119,00
60,00	17,10	17,20	19,10	18,10	16,50	16,30	17,30	18,00	19,20	18,40	17,00	15,00	6272,00	3112,00
65,00	17,10	17,00	18,60	17,20	15,50	15,10	16,10	16,90	18,50	18,10	17,00	15,10	6065,00	3086,00
70,00	17,10	16,70	18,00	16,20	14,30	13,90	14,80	15,90	17,70	17,80	16,80	15,00	5827,00	3040,00

Tabla 5.2. HPS relación Angulo/ Radiación incidente (AVEN)

Escogemos la tercera fila de la tabla, ya que el ángulo de inclinación de los captadores se estima en 30°, por la pendiente de la cubierta.

Por lo tanto aplicándole los coeficientes correctores anteriormente indicados en el criterio del sistema de captación por pérdidas o factores de corrección obtendremos la energía absorbida por los captadores mes a mes por superficie.

CALCULO DE LA EFICIENCIA Y PERDIDA POR DIVERSOS FACTORES					
Mes	Nº Dias	FS	Fpol	K	PR
Ene	31	1,000	0,970	1,330	1,290
Feb	28	1,000	0,970	1,250	1,213
Mar	31	1,000	0,970	1,160	1,125
Abr	30	1,000	0,970	1,070	1,038
May	31	1,000	0,970	1,000	0,970
Jun	30	1,000	0,970	0,970	0,941
Jul	31	1,000	0,970	1,000	0,970
Ago	31	1,000	0,970	1,080	1,048
Sep	30	1,000	0,970	1,190	1,154
Oct	31	1,000	0,970	1,330	1,290
Nov	30	1,000	0,970	1,410	1,368
Dic	31	1,000	0,970	1,400	1,358
Promedio	365	1,000	0,970	1,183	1,147

FS	Perdidas por sombra
Fpol	Perdidas por polución
K	Factor de corrección debido a la inclinación

Tabla 5.3. Coeficientes correctores de la incidencia solar.

		Radiación en MJ/m ² [AVEN]		Energía producida		
Mes	Nº Dias	Gdm (0°,30°) [MJ/(m ² -día)]	PR Global	E solar [MJ/día]	E mensual [MJ/mes]	E mensual [KWh/m ² día]
Enero	31	14,50	1,29	18,71	579,90	5,20
Febrero	28	15,90	1,21	19,28	539,81	5,36
Marzo	31	19,70	1,13	22,17	687,16	6,16
Abril	30	21,10	1,04	21,90	656,99	6,08
Mayo	31	21,30	0,97	20,66	640,49	5,74
Junio	30	22,00	0,94	20,70	620,99	5,75
Julio	31	22,90	0,97	22,21	688,60	6,17
Agosto	31	21,90	1,05	22,94	711,22	6,37
Septiembre	30	20,70	1,15	23,89	716,82	6,64
Octubre	31	17,50	1,29	22,58	699,88	6,27
Noviembre	30	14,70	1,37	20,11	603,16	5,58
Diciembre	31	12,50	1,36	16,98	526,23	4,72
Promedio	365	18,73	1,15	21,01	7668,60	70,03
				E Total anual [MJ/anual]	7.671,24	

Tabla 5.4. Energía solar producida por MJ/m².

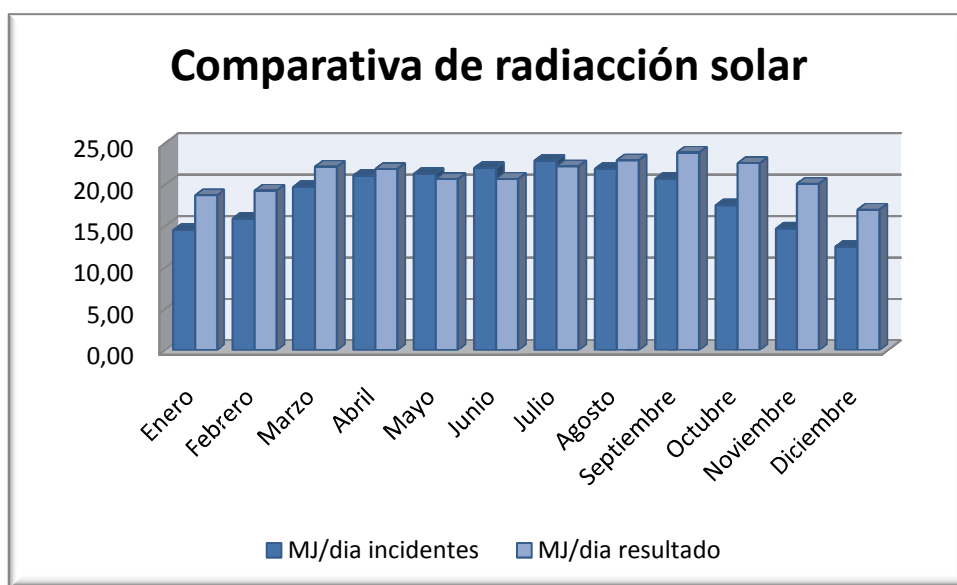


Figura 5.4. Comparativa de energía solar incidente / producida por día.

5.5. CARACTERISTICAS DEL CAPATADOR SOLAR

Dentro del amplio mercado existente hemos optado por tomar como referencia captador solar CR-12 S8 de la casa CHROMAGEN, con siguientes características:

CAPTADOR CR-12 S8	
Dimensiones (L x A x a)	2200X1285X90 cm
Área total	2,75 m ²
Área absorbedor	2,46 m ²
Cubierta transparente	Vidrio templado 3,20 mm
Peso	43 Kg
Rendimiento (η)	80,80%
K1	3,20 W/m ² .K
K2	0,010 W/m ² .K ²
Dimensiones (L x A x a)	1639x 984 x32mm
Presión máxima	8 bar

Tabla 5.5. Características del captador CR-12S8 (CHROMAGEN)

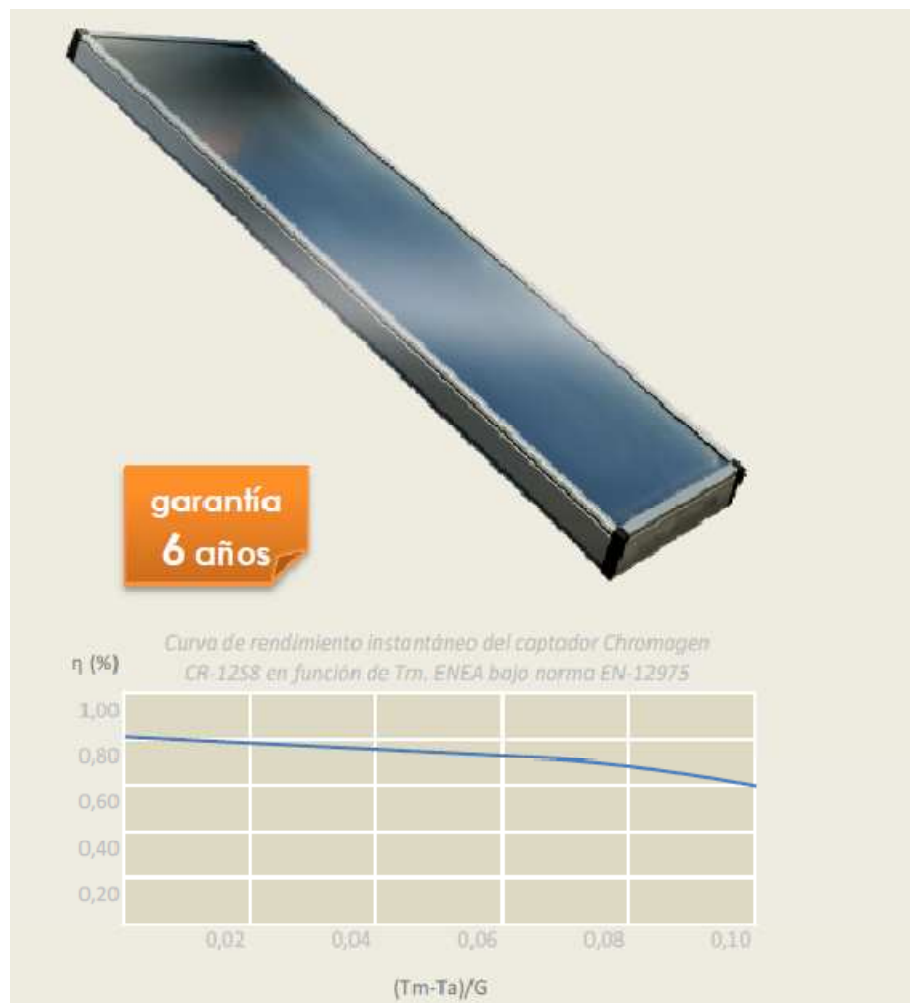


Figura 5.6. Detalle del captador solar y la curva de rendimiento instantáneo.

Conocidos los datos y características del captador solar, debemos determinar el rendimiento de los colectores utilizando la fórmula proporcionada por el fabricante.

$$\eta = 0,79 - 3,88 \times (T_a - T_m) / I$$

Donde:

η es Rendimiento del captador.

T_a es la temperatura media diurna (durante las horas de Sol). Hay que consultarla en las tablas climáticas.

T_m Temperatura media del captador (Normalmente se escoge el mismo valor del agua de consumo 60°C)

I Intensidad de radiación media durante las horas de sol (W/m^2).

Para calcular la radiación media durante las horas de sol lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$I = E_{\text{útil}} / \text{Horas}$$

TEMPERATURA MEDIA °C											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13

Tabla 5.6. Temperatura media diurna en °C (CENSOLAR)

HORAS DE SOL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,7	10,7	11,9	13,2	14,3	14,9	14,7	13,7	12,5	11,5	10,1	9,5

Tabla 5.7. Medias de horas de luz solar

Por lo que obtenemos los siguientes rendimientos para cada día de los meses del año

	Eu (KWh/m ² .día)	Horas luz	I (W/m ²)	Ta (°C)	Tm (°C)	η
ENE	5,20	9,7	535,69	12	60	0,44
FEB	5,36	10,7	500,49	13	60	0,43
MAR	6,16	11,9	517,42	15	60	0,45
ABR	6,08	13,2	460,85	17	60	0,43
MAY	5,74	14,3	401,34	20	60	0,40
JUN	5,75	14,9	385,90	23	60	0,42
JUL	6,17	14,7	419,75	26	60	0,48
AGO	6,37	13,7	465,18	27	60	0,51
SEP	6,64	12,5	530,98	24	60	0,53
OCT	6,27	11,5	545,33	20	60	0,51
NOV	5,58	10,1	552,95	16	60	0,48
DIC	4,72	9,5	496,35	13	60	0,42

Tabla 5.8. Cálculo del rendimiento de los captadores.

Hay que tener en cuenta que no solo el captador tendrá pérdidas, sino que la instalación también tendrá. Se han establecido unos valores de rendimiento global; para instalaciones muy deficientes el rendimiento es del 80%, para instalaciones normales el rendimiento está entre el 85% y el 90%, para instalaciones muy eficientes el rendimiento es del 92%.

Aplicaremos un rendimiento del 80% ya que es el rendimiento previsto para las instalaciones normales.

	Rinclianda MJ/m ² .día	η	Rcaptador MJ/m ² .día	% pérdida	R sistema MJ/m ² día
ENE	18,71	0,44	8,27	0,80	6,62
FEB	19,28	0,43	8,21	0,80	6,56
MAR	22,17	0,45	10,03	0,80	8,03
ABR	21,90	0,43	9,37	0,80	7,50
MAY	20,66	0,40	8,33	0,80	6,67
JUN	20,70	0,42	8,65	0,80	6,92
JUL	22,21	0,48	10,57	0,80	8,45
AGO	22,94	0,51	11,81	0,80	9,45
SEP	23,89	0,53	12,59	0,80	10,07
OCT	22,58	0,51	11,41	0,80	9,13
NOV	20,11	0,48	9,68	0,80	7,74
DIC	16,98	0,42	7,17	0,80	5,74

Tabla 5.9. Radiación aprovechada por el sistema.

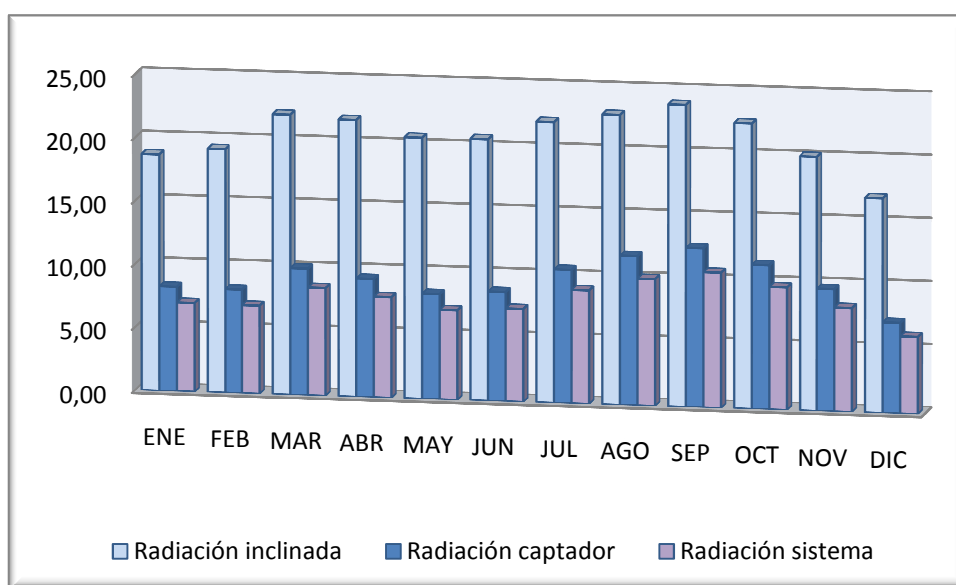


Figura 5.7. Comparativa de las diferentes radiaciones.

5.6. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE ACS.

5.6.1. CAPTADORES Y ACUMULADOR.

Para el dimensionado A.C.S., se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Donde

A será el área total de los captadores, expresada en m², y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M: $V = M$.

Además si hacemos referencia al CTE-HE4, en la contribución solar mínima anual se especifican el porcentaje de aporte mínimo en relación a, una primera situación denominada caso general en donde se hace uso de una fuente energética de apoyo de gasóleo, propano, gas natural u otras; o el segundo caso efecto Joule en donde la fuente energética de apoyo es la electricidad.

Estos porcentajes mínimos de contribución solar serían del 60% anual para el caso general y el 70% anual para el caso efecto Joule, ya que la demanda de ACS se sitúa entre 50-5000 l/día y la zona climática recordemos que es la IV.

	Días	E MJ/m²día	E MJ/m²mes	ACS (MJ/mes)	Sup. captador m²	1. captador %	2. captador %
ENE	31	6,62	205,21	809,89	2,46	62,33	124,66
FEB	28	6,56	183,81	717,45	2,46	63,02	126,05
MAR	31	8,03	248,78	763,17	2,46	80,19	160,39
ABR	30	7,50	224,94	708,41	2,46	78,11	156,22
MAY	31	6,67	206,65	716,45	2,46	70,95	141,91
JUN	30	6,92	207,65	678,26	2,46	75,31	150,63
JUL	31	8,45	262,06	685,30	2,46	94,07	188,15
AGO	31	9,45	292,88	700,87	2,46	102,80	205,60
SEP	30	10,07	302,18	693,33	2,46	107,21	214,43
OCT	31	9,13	282,98	732,02	2,46	95,10	190,19
NOV	30	7,74	232,22	738,55	2,46	77,35	154,70
DIC	31	5,74	177,90	809,89	2,46	54,04	108,07

Tabla 5.10. Cubrimiento energético de los captadores para ACS

Si analizamos los valores obtenidos en la tabla 5.10, se desprende que usaremos un captador solar pues cumple con la normativa de CTE-HE5, con un aporte mínimo de un 80,04% anual y además ningún mes supera el 10% de la demanda energética así como no existen más de tres meses consecutivos al 100%. Por lo tanto concluimos que colocaremos un captador solar de la marca CHROMAGEN modelo CR 12-S8.

Para dimensiona el acumulador tendremos en cuenta que tenga una capacidad mínima de 120 l, ya que es el consumo estimado por día. Colocaremos un acumulador de la marca CHROMAGEN modelo AVES01 con una capacidad de 150 l.

Por lo tanto cumplimos con la segunda condición

$$50 < 150/2,46 = 60,97 < 180$$

5.6.2. ESQUEMA DE LA INSTALCIÓN DE ACS.

El sistema elegido consta de dos circuitos, primario (solar) y secundario (auxiliar), por los que circulan dos fluidos que en ningún momento se mezclan. Colocaremos una caldera auxiliar para el apoyo de energía ya que habrá momentos que no podamos abastecernos únicamente del agua caliente producida por el captador solar. Esquemáticamente se puede resumir de la siguiente forma:

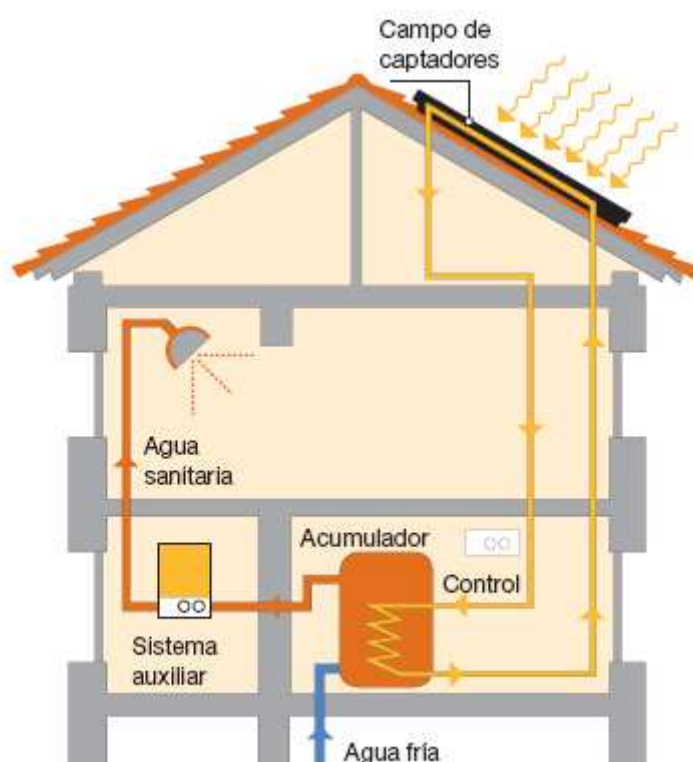


Figura 5.8. Esquema de la instalación de ACS

La instalación utiliza un sistema de transferencia de calor indirecto, es decir, el fluido que circula por los colectores no es el agua destinada al consumo. La razón por la que hemos elegido una instalación de este tipo es que de esta forma se permite utilizar en el circuito primario una mezcla de agua con anticongelante como fluido de trabajo que actúa como sistema de protección contra heladas.

Desde el captador solar situado en la cubierta inclinada instalada sobre una estructura metálica correctamente dimensionada y separada de las tejas al menos unos 2 cm, circulara el fluido con anticongelante hasta llegar al acumulador. En el acumulador el fluido con anticongelante transfiere la energía en forma de calor al agua fría de la red, en donde es acumulada hasta su consumo.

Si se necesitara aumentar la temperatura del agua hasta un punto óptimo de consumo el agua pasara por un sistema auxiliar hasta alcanzar la temperatura deseada. Este calentador en nuestro caso podría ser eléctrico o de gas, ya que cumplimos con el aporte energético mínimo establecido. Como energía de apoyo colocaremos una caldera a gas ciudad.

Debemos de disponer un controlador o regulador diferencial de temperatura para regular la temperatura del captador, del circuito, programar la instalación, control de la energía de apoyo, límite de temperatura de acumulación, etc.

5.7. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ACS Y CALEFACCIÓN.

5.6.1. CAPTADORES Y ACUMULADOR.

Al igual que hicimos con la instalación de ACS tendremos que atender también al dimensionado del acumulador y no de los captadores. Según se indica en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones a baja temperatura de IDEA para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora, recomendándose usar una relación de V/A entre 25 l/m² y 50 l/m².

Por lo tanto comenzaremos por calcular el número de captadores necesarios para cubrir la demanda energética.

	Días	E MJ/m ² día	E MJ/m ² mes	Calef (MJ/mes)	Sup. captador m ²	1. captador %	2. captador %	3. captador %
ENE	31	6,62	205,21	4.501,34	2,46	11,21	22,43	33,64
FEB	28	6,56	183,81	3.766,33	2,46	12,01	24,01	36,02
MAR	31	8,03	248,78	2.972,36	2,46	20,59	41,18	61,77
ABR	30	7,50	224,94	2.073,97	2,46	26,68	53,36	80,04
MAY	31	6,67	206,65	963,39	2,46	52,77	105,53	158,30
JUN	30	6,92	207,65	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
JUL	31	8,45	262,06	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
AGO	31	9,45	292,88	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
SEP	30	10,07	302,18	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
OCT	31	9,13	282,98	784,95	2,46	88,68	177,37	266,05
NOV	30	7,74	232,22	2.814,58	2,46	20,30	40,59	60,89
DIC	31	5,74	177,90	3.975,01	2,46	11,01	22,02	33,03

Tabla 5.11. Cubrimiento energético de los captadores para Calefacción.

Analizando los resultados de la tabla, observamos que los meses de verano y cercanos la contribución solar sería el 100%, ya que no tendríamos que realizar ningún aporte energético para ambientar la vivienda. Por este motivo, colocaremos dos captadores para cubrir las necesidades energéticas de calefacción la cuales se encuentran al 60,80% de la demanda energética.

Entre instalar uno, dos o tres captadores, se prefiere instalar dos. Esta decisión se basa en pensar de llegar a la máxima contribución energética anual, sin olvidarnos que en verano se tendría un excedente energético muy elevado y peligroso por sobrecalentamientos en los captadores. Elegir tres captadores para calefacción sería muchísima energía sobrante en el verano. Con dos captadores para calefacción hay suficiente.

Si la vivienda unifamiliar tuviera piscina, sería buena solución utilizar el exceso de energía térmica en el verano para calentar el agua de la piscina. Como ese no es nuestro caso ya que no disponemos de espacio para la colocación de una piscina, ese exceso de energía térmica lo paliaremos con un aerodisipador.

Por lo tanto para una instalación térmica de ACS y calefacción tendríamos que colocar 3 captadores solares, 2 para calefacción y uno para ACS, la marca CHROMAGEN modelo CR 12-S8.

	Días	E MJ/m²día	E MJ/m²mes	Calef+ ACS (MJ/mes)	Sup. captador m²	1. captador %	2. captador %	3. captador %
ENE	31	6,62	205,21	5.311,24	2,46	9,50	19,01	28,51
FEB	28	6,56	183,81	4.483,78	2,46	10,08	20,17	30,25
MAR	31	8,03	248,78	3.735,53	2,46	16,38	32,77	49,15
ABR	30	7,50	224,94	2.782,38	2,46	19,89	39,78	59,66
MAY	31	6,67	206,65	1.679,83	2,46	30,26	60,52	90,79
JUN	30	6,92	207,65	678,26	2,46	75,31	150,63	225,94
JUL	31	8,45	262,06	685,30	2,46	94,07	188,15	282,22
AGO	31	9,45	292,88	700,87	2,46	102,80	205,60	308,39
SEP	30	10,07	302,18	693,33	2,46	107,21	214,43	321,64
OCT	31	9,13	282,98	1.516,97	2,46	45,89	91,78	137,67
NOV	30	7,74	232,22	3.553,14	2,46	16,08	32,15	48,23
DIC	31	5,74	177,90	4.784,90	2,46	9,15	18,29	27,44

Tabla 5.12. Cubrimiento energético de los captadores para ACS+ Calefacción.

Por tanto para elegir el acumular más eficiente, tendremos en cuenta que debe de tener una mayor capacidad, ya que en los meses de inviernos deberá abastecer de ACS y agua a una temperatura para calefacción.

Considerandos que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora y recomendándose usar una relación de V/A entre 25 l/m² y 50 l/m² el acumulador elegido es el modelo AVES11 marca CHROMAGEN con una capacidad de 300 l.

Cumplíendose

$$25 < 300 / (2,46) * 3 = 40,65 < 50$$

5.7.2. ESQUEMA DE LA INSTALCIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN.

El esquema de la instalación y el funcionamiento será el mismo que para agua caliente, con el único variante que ahora además de proporcionarnos únicamente agua sanitaria nos dotará al sistema de calefacción agua con una temperatura más elevada a la que está en la red general.

A este sistema tendremos que deberíamos incluirle un disipador aerotermo utilizado para disipar los excedentes de energía producida por los captadores solares térmicos. Según el CTE se deben adoptar medidas preventivas para evitar sobrecalentamientos en las instalaciones solares térmicas. La disipación la realizan haciendo pasar el fluido calor portador del circuito primario solar a través de una batería de tubos de cobre con aletas enfriadas por aire.

Otra de las medidas a tomar en el caso de que en algunos meses del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100% serían el vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento. O Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).

Los captadores los podemos colocar en una única fila conectada en serie o paralelo según el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones a baja temperatura de IDAE.

Por último indicar que el sistema de calefacción que mejor se adapta a la energía solar térmica es el suelo radiante, ya que trabaja a baja

temperatura, alrededor de 40°C. Permitiendo ahorrar más energía que otros sistemas.

Mientras que si nos decantamos por el uso de los radiadores, la energía solar puede ayudar en gran parte a reducir el consumo de la caldera. Los radiadores trabajan a una temperatura que oscila entre 70-90°C, temperatura muy elevada para los captadores planos comunes en invierno.

Para alcanzar esta temperatura en invierno tendrán que instalarse colectores de tubos de vacío, con mejor rendimiento y que permiten trabajar sin apoyo de caldera en los días soleados.

Otro sistema de calefacción ideal para la energía solar térmica son los fan-coils, ya que trabajan a baja temperatura, utilizando el agua calentada por los colectores para calentar el aire de un recinto o local.

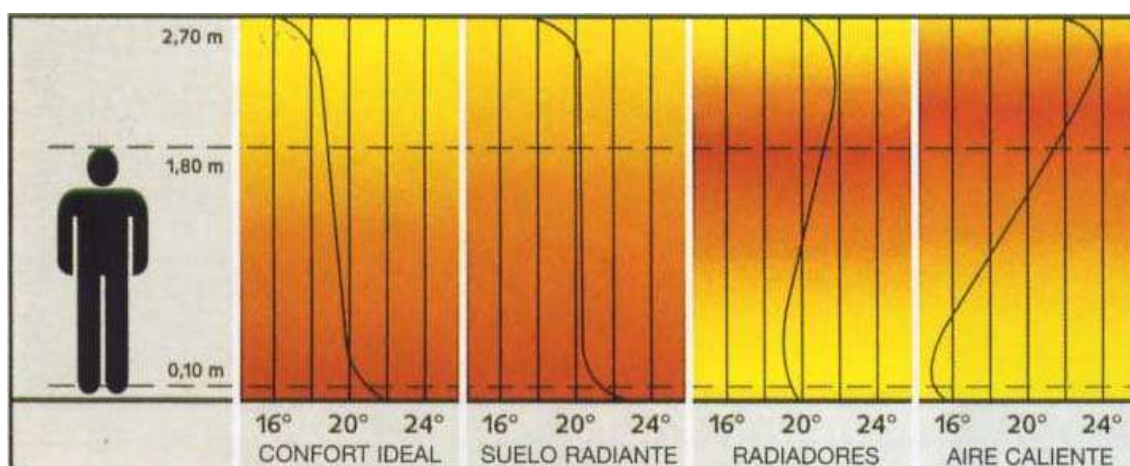


Figura 5.9. Esquema de la temperatura de calefacción.

En nuestro proyecto nos decantaremos por la instalación de un sistema de calefacción por suelo radiante, ya que aunque la instalación inicial supone un mayor coste se reduce durante su funcionalidad y rendimiento frente a otros sistemas. Como energía de apoyo colocaremos una caldera a gas ciudad.

5.8. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ACS Y CLIMATIZACIÓN.

5.8.1. CAPTADORES Y ACUMULADOR.

Siguiendo el mismo criterio descritos anteriormente analizaremos la demanda energética y la producida por los captadores, para la refrigeración de la vivienda.

	Días	E MJ/m ² dia	E MJ/m ² mes	Ref (MJ/mes)	Sup. captador m ²	1. captador %	2. captador %	3. captador %
ENE	31	6,62	205,21	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
FEB	28	6,56	183,81	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
MAR	31	8,03	248,78	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
ABR	30	7,50	224,94	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
MAY	31	6,67	206,65	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
JUN	30	6,92	207,65	1.957,46	2,46	26,10	52,19	78,29
JUL	31	8,45	262,06	3.168,97	2,46	20,34	40,69	61,03
AGO	31	9,45	292,88	3.465,50	2,46	20,79	41,58	62,37
SEP	30	10,07	302,18	2.005,98	2,46	37,06	74,11	111,17
OCT	31	9,13	282,98	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
NOV	30	7,74	232,22	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00
DIC	31	5,74	177,90	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00

Tabla 5.12. Cubrimiento energético de los captadores para Refrigeración.

Por lo tanto para la refrigeración con la instalación de 2 captadores solares cubríamos el 52,14% de la demanda energética durante los meses de verano. Como partimos del dimensionado para la instalación de ACS y calefacción con un total de 3 captadores (1 para ACS y otros 2 para calefacción), donde los meses de verano observábamos que se producía un sobre exceso de producción energética, que era perdida, ahora al incluir en la instalación refrigeración tendremos un mayor aprovechamiento de la energía.

Por lo tanto usaremos 3 captadores marca CHROMAGEN modelo CR 12-S8 y un acumulador AVES11 marca CHROMAGEN con una capacidad de 300 l.

	Días	E MJ/m ² día	E MJ/m ² mes	Clima+ACS (MJ/mes)	Sup. captador m ²	1. captador %	2. captador %	3. captador %
ENE	31	6,62	205,21	5.311,24	2,46	9,50	19,01	28,51
FEB	28	6,56	183,81	4.483,78	2,46	10,08	20,17	30,25
MAR	31	8,03	248,78	3.735,53	2,46	16,38	32,77	49,15
ABR	30	7,50	224,94	2.782,38	2,46	19,89	39,78	59,66
MAY	31	6,67	206,65	1.679,83	2,46	30,26	60,52	90,79
JUN	30	6,92	207,65	2.635,72	2,46	19,38	38,76	58,14
JUL	31	8,45	262,06	3.854,26	2,46	16,73	33,45	50,18
AGO	31	9,45	292,88	4.166,37	2,46	17,29	34,59	51,88
SEP	30	10,07	302,18	2.699,31	2,46	27,54	55,08	82,62
OCT	31	9,13	282,98	1.516,97	2,46	45,89	91,78	137,67
NOV	30	7,74	232,22	3.553,14	2,46	16,08	32,15	48,23
DIC	31	5,74	177,90	4.784,90	2,46	9,15	18,29	27,44

Tabla 5.13. Cubrimiento energético de los captadores Climatización y ACS.

5.8.2. REFRIGERACIÓN SOLAR.

Es posible refrigerar una vivienda con la misma instalación de suelo radiante con que se calienta en invierno. Para calefactar se hace pasar agua caliente y para refrigerar agua fría. En verano hace falta deshumidificar el ambiente y se tendrán que instalar deshumidificadores Fan-Coils. En verano, es, cuando mayor demanda de frío y mayor disponibilidad de energía solar térmica obtendremos.

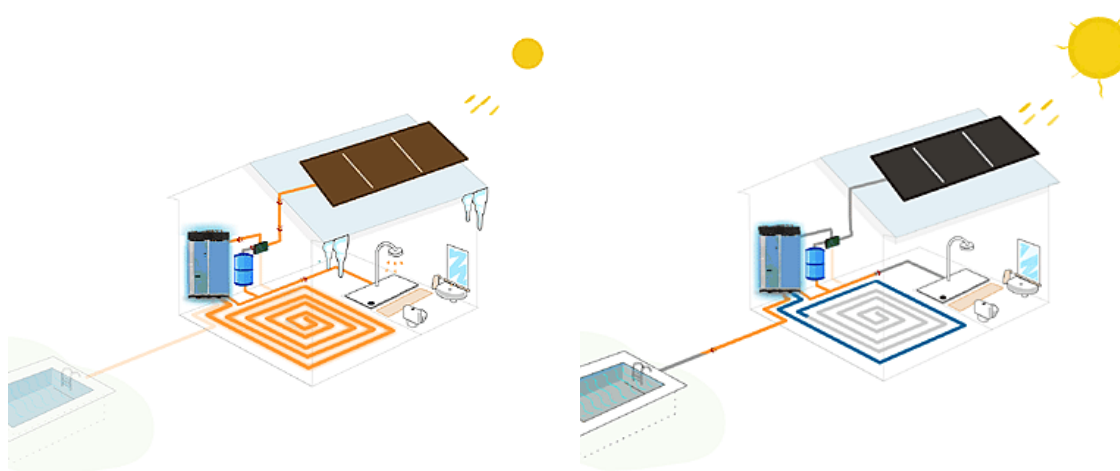


Figura 5.10. Esquema de suelo radiante en invierno y verano.

Un suelo refrescante para evitar problemas con la disconfort térmico, debe trabajar a una temperatura superficial superior a 19°C y en todo caso por encima del bulbo húmedo del aire para evitar condensaciones, no trabajándose con temperaturas bajas de hasta 7°C , requeridas por otros sistemas, con el consiguiente ahorro energético.

El sistema de refrigeración por absorción es un medio de producir frío que, al igual que en el sistema de refrigeración por compresión, aprovecha ciertas sustancias absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio o cloruro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor.

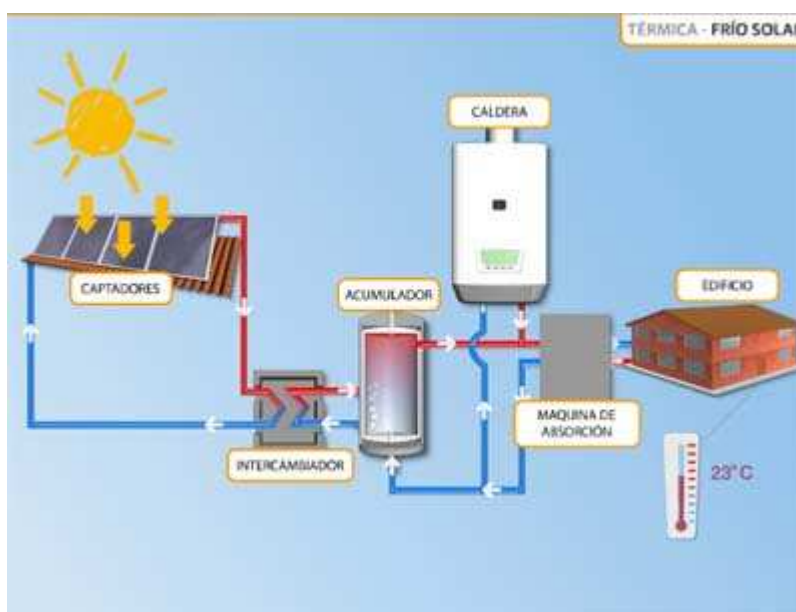


Figura 5.11. Esquema básico de refrigeración mediante energía solar.

