

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria SOLAR según CTE HE 4

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

septiembre 2006

0. contenido

1. normativa vigente
2. diseño y dimensionado
3. mantenimiento
4. ejemplo de dimensionado
5. referencias bibliográficas

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 2

1. normativa vigente

CTE HE 4

Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

RD 314/2006 del Ministerio de Vivienda (BOE 28/3/06)

Exigencia Básica

En los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

1. normativa vigente

Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión RAP. Modificado por el Real Decreto 507/1982 de 15 de enero de 1982 por el que se modifica el Reglamento de Aparatos a Presión aprobado por el RD 1244/1979 de 4 de abril de 1979 y por el Real Decreto 1504/1990 por el que se modifican determinados artículos del RAP.

Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para prevención y control de la legionelosis.

1.1. ámbito de aplicación

- A los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta

La contribución solar mínima podrá disminuirse justificadamente cuando:

- la diferencia se cubra con otras energías renovables o residuales
- su cumplimiento suponga sobrepasar los criterios de cálculo vigentes
- no se cuente con suficiente soleamiento
- se trate de rehabilitación de edificios con limitaciones no subsanables
- existan limitaciones de la normativa urbanística que imposibiliten la superficie de captación necesaria
- cuando así lo determine el órgano competente en materia de protección histórico-artística

1.2. procedimiento de verificación

Para su aplicación debe seguirse la secuencia de verificaciones:

- ☑ obtención de la contribución solar mínima según el apartado 2.1 del CTE HE-4
- ☑ cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3 del CTE HE-4
- ☑ cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4 del CTE HE-4

2. diseño y dimensionado

En la memoria del proyecto se establecerá el método de cálculo y se especificarán los siguientes apartados:

1 demanda total de energía térmica

- valores medios diarios de la demanda de energía en base mensual
- demanda de energía térmica anual

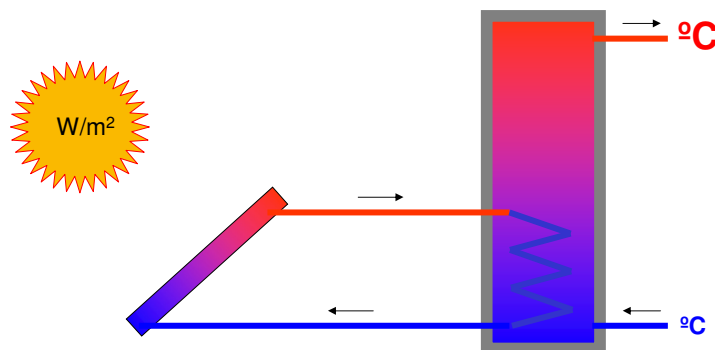
2 aportación térmica de energía solar

- valores medios diarios de la contribución solar en base mensual
- energía solar térmica aportada al año
- fracciones solares mensuales y anual
- rendimiento medio anual

3 subsistemas de la instalación

- de captadores, de intercambio, de almacenamiento, de distribución, de control y energético auxiliar. Mantenimiento.

2. diseño y dimensionado



Aprovechamiento de la energía solar térmica

2.1. demanda total de energía térmica

D (en l/d) = caudal unitario (en l/d) x cantidad de referencia

Demanda de caudal en l/d de ACS a 60 °C		
criterio	unitario	referencia
Viviendas unifamiliares	30	persona
Viviendas multifamiliares	22	persona
Hospitales y clínicas	55	cama
...		
Restaurantes	5 a 10	comida
Cafeterías	1	almuerzo

Para una temperatura T

$$D(T) = D(a 60^{\circ}\text{C}) \times \left[\frac{60 - T_r}{T - T_r} \right]$$

siendo T_r la temperatura del agua de la red

Evaluación del número de personas en las viviendas							
nº dormitorios	1	2	3	4	5	6	7
personas	1,5	3	4	6	7	8	9

simultaneidades

2.1. demanda total de energía térmica

- valores medios diarios de la demanda de energía en base mensual

$$Q(\text{en kWh/d}) = \frac{D(a 60^{\circ}\text{C}) \times 1,16 \times (60 - T_r)}{1.000}$$

T_r dato oficial de los valores medios mensuales de temperatura del agua de la red en °C del municipio

1,16 Wh/kg°C calor específico del agua

nº días de cada mes de enero (1) a diciembre (12)

- demanda energética anual

$$Q(\text{en kWh/año}) = \sum_{i=1}^{12} \frac{D(a 60^{\circ}\text{C}) \times 1,16 \times (60 - T_r)}{1.000} \times n^{\circ} \text{ días}$$

mes	T_r		Q demanda energética	
	°C	kWh/día	días	kWh/mes
1	9	130,15	31	4.034,65
2	9	130,15	28	3.644,20
3	11	125,05	31	3.876,55
4	13	119,94	30	3.598,20
5	15	114,84	31	3.560,04
6	17	109,74	30	3.292,20
7	19	104,63	31	3.243,53
8	19	104,63	31	3.243,53
9	17	109,74	30	3.292,20
10	15	114,84	31	3.560,04
11	13	119,94	30	3.598,20
12	11	125,05	31	3.876,55

Q kWh/año

42.819,89

2.1. demanda total de energía térmica

Temperatura media del agua de la red en °C

mes	Ávila	Burgos	León	Palencia	Sala- manca	Segovia	Soria	Valla- dolid	Zamora	San Sebastián
1	4	4	4	5	5	4	4	5	5	8
2	5	5	5	6	6	5	5	6	6	9
3	7	7	7	8	8	7	7	8	8	11
4	9	9	9	10	10	9	9	10	10	13
5	10	10	10	11	11	10	10	11	11	14
6	11	11	11	12	12	11	11	12	12	15
7	12	12	12	13	13	12	12	13	13	16
8	11	11	11	12	12	11	11	12	12	15
9	10	10	10	11	11	10	10	11	11	14
10	9	9	9	10	10	9	9	10	10	13
11	7	7	7	8	8	7	7	8	8	11
12	4	4	4	5	5	4	4	5	5	8

Origen de los datos: CENSOLAR Centro de Estudios de la Energía Solar. censolar.es

2.2. aportación térmica de energía solar

1 limitación de pérdidas por orientación-elevación y sombras

Orientación óptima del captador. Orientación real y limitación por pérdidas de emplazamiento

2 energía solar recibida

Energía solar sobre el plano horizontal. Coeficiente de corrección por elevación. Energía solar disponible sobre el plano del captador

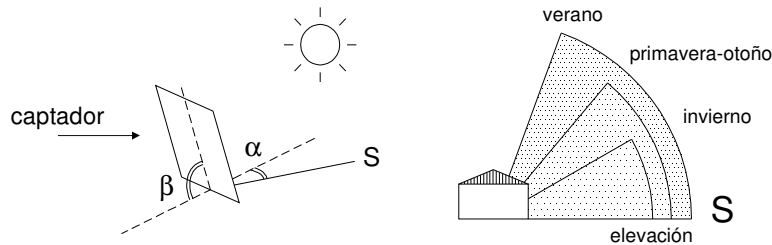
3 rendimiento del captador

Horas útiles de soleamiento sobre el captador. Temperatura ambiente. Cálculo de la irradiancia. Coeficientes del captador

4 energía aprovechada

Energía aprovechada por los captadores por m² y la total. Cumplimiento de la contribución solar mínima

2.2.1. orientación óptima de los captadores



Rendimiento óptimo de los captadores		
Uso preferente	α orientación	β inclinación
en verano	Sur	latitud -10°
todo el año	Sur	latitud
en invierno	Sur	latitud +10°

2.2.1. pérdidas por emplazamiento de los captadores

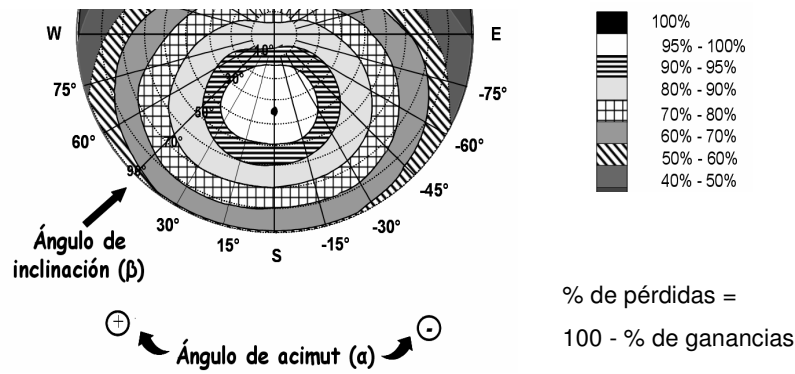
% de pérdidas máximas

Caso	por orientación e inclinación	por sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual que se indica en las tablas de la HE4 sin superar las pérdidas máximas de la tabla anterior, se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que de lugar a la contribución solar mínima

2.2.1. pérdidas por orientación e inclinación

% de ganancias por orientación e inclinación (41°N) Para otra latitud sumar al ángulo de inclinación los grados de diferencia con la nueva latitud

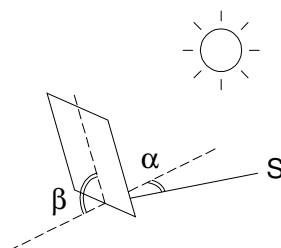


JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 15

2.2.1. pérdidas por orientación e inclinación

% de pérdidas por orientación e inclinación



latitud	ϕ	41
orientación	α	0
elevación	β	41
elevación óptima	β_{op}	41

pérdidas 0,00 %

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{op} + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right]$$

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 16

2.2.1. pérdidas por sombras tablas de referencia

Tablas de referencia de factores de pérdidas de radiación en %

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=60^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,02	0,10	0,19	0,56	0,02	0,04	0,04	0,02
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,54	0,55	0,78	1,80	0,02	0,13	0,31	1,02
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,32	1,12	1,40	3,06	0,64	0,68	0,97	2,39
3	2,70	1,88	2,21	4,67	2,24	1,60	1,92	4,14	1,55	1,24	1,59	3,70
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,89	1,98	2,31	4,87	2,35	1,74	2,12	4,73
2	3,17	2,12	2,33	4,99	3,16	2,15	2,40	5,20	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,70	1,89	2,01	4,46	2,93	2,08	2,23	5,02	2,86	2,14	2,37	5,53
6	1,79	1,51	1,65	3,63	2,14	1,82	2,00	4,46	2,24	2,00	2,27	5,25
8	0,98	0,99	1,08	2,55	1,33	1,36	1,48	3,54	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,18	0,71	0,88	2,26	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,06	0,32	1,17	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,55

2.2.1. pérdidas por sombras ejemplo

$$\% \text{ pérdidas} = \sum \text{factor de llenado de cada porción} \times \text{su factor de pérdida}$$

porción	factor llenado	factor de pérdidas	pérdida
A1	0,50	3,17	1,59
A2	1,00	3,17	3,17
A4	1,00	2,70	2,70
A6	0,25	1,79	0,45
B1	0,25	2,12	0,53
B2	0,75	2,12	1,59
B4	0,75	1,89	1,42
C2	0,50	2,33	1,17
C4	0,50	2,01	1,01
D4	0,25	4,46	1,12

suma 14,73 %

2.2.2. energía solar en el plano horizontal Eh

en kWh

mes	Ávila	Burgos	León	Palencia	Salamanca	Segovia	Soria	Valladolid	Zamora	San Sebastián
1	1,67	1,42	1,61	1,47	1,69	1,58	1,64	1,53	1,50	1,53
2	2,53	2,19	2,42	2,50	2,64	2,44	2,42	2,44	2,47	2,14
3	3,75	3,44	3,83	3,67	3,75	3,72	3,56	3,86	3,67	3,14
4	4,92	4,44	4,78	4,86	4,75	5,11	4,75	4,78	4,81	3,25
5	5,39	5,19	5,42	5,47	5,47	5,67	5,47	5,53	6,17	4,06
6	6,19	5,97	6,14	6,06	6,33	6,28	6,06	6,28	6,00	4,50
7	7,31	6,39	6,72	6,69	6,83	7,14	6,69	6,97	6,53	4,47
8	7,03	5,75	5,81	6,00	6,28	6,92	6,19	6,39	6,11	3,78
9	5,22	4,64	4,78	4,75	4,86	5,22	4,86	5,08	4,78	3,53
10	3,11	2,81	2,89	3,03	3,14	3,17	3,08	3,11	3,08	2,86
11	1,92	1,81	1,94	1,83	2,06	1,89	2,11	1,92	1,86	1,72
12	1,44	1,25	1,33	1,28	1,44	1,42	1,56	1,17	1,86	1,39

Origen de los datos: CENSOLAR Centro de Estudios de la Energía Solar. censolar.es

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 21

2.2.2. energía solar recibida factor de corrección k

a 41°N

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 22

2.2.2. energía solar recibida E

$$E = E_h \times k$$

E_h datos oficiales de energía solar disponible en el plano horizontal del municipio

k datos oficiales del coeficiente de aplicación para una elevación concreta del captador (y orientación sur)

E energía solar recibida sobre el plano del captador

energía solar kWh/m ² .día			
mes	E _h	k	E
1	1,53	1,40	2,14
2	2,44	1,30	3,19
3	3,86	1,18	4,55
4	4,78	1,05	5,02
5	5,53	0,96	5,31
6	6,28	0,93	5,84
7	6,97	0,96	6,70
8	6,39	1,06	6,77
9	5,08	1,22	6,21
10	3,11	1,40	4,35
11	1,92	1,52	2,92
12	1,17	1,50	1,76

2.2.3. rendimiento del captador Irradiancia

Para hallar el rendimiento de los captadores es necesario obtener el valor de la irradiancia, que es la potencia de radiación que llega al captador.

$$I = \frac{E \times 1.000}{H_s}$$

I irradiancia en W/m²

E energía solar recibida por el captador

H_s horas útiles de sol

1.000 conversión de kW a W

mes	Er	H _s	I
	kWh/m ²	h/d	W/m ²
1	2,14	8,0	268
2	3,19	9,0	354
3	4,55	9,0	506
4	5,02	9,5	528
5	5,31	9,5	559
6	5,84	9,5	615
7	6,70	9,5	705
8	6,77	9,5	713
9	6,21	9,0	690
10	4,35	9,0	484
11	2,92	8,0	365
12	1,76	7,5	234

2.2.3. rendimiento del captador horas útiles de sol Hs

Horas útiles de sol para captadores a una latitud de 25 a 45°N orientados prácticamente hacia el ecuador e inclinados el ángulo de la latitud +/- 15°

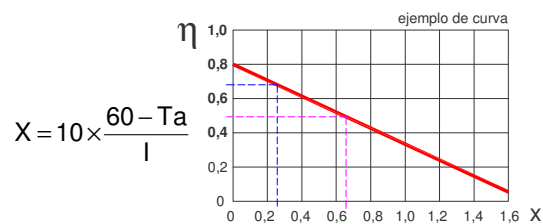
mes	horas
1	8,0
2	9,0
3	9,0
4	9,5
5	9,5
6	9,5
7	9,5
8	9,5
9	9,0
10	9,0
11	8,0
12	7,5

Origen de los datos CENSOLAR Centro de Estudios de la Energía Solar. censolar.es
 Datos del anual del arquitecto de la J C y L

2.2.3. rendimiento del captador seleccionado

$$\eta = C1 - C2 \times 10 \times \frac{60 - Ta}{I}$$

$\eta > 0,40$ rendimiento del captador en tanto por uno
C1 ganancia del colector (rendimiento óptico)
C2 pérdidas globales del colector
10 coeficiente normalizado en W/m² °C
Ta temperatura del ambiente exterior
I irradiancia W/m²



mes	I W/m².d	Ta °C	η
1	268	4,5	0,00
2	354	6,3	0,22
3	506	10,1	0,46
4	528	12,5	0,50
5	559	15,5	0,54
6	615	20,4	0,61
7	705	23,4	0,67
8	713	22,8	0,67
9	690	19,6	0,64
10	484	14,2	0,47
11	365	8,9	0,27
12	234	5,2	0,00

C1 = **0,90**
 C2 = **0,45**

2.2.3. rendimiento del captador t^a ambiente T_a en $^{\circ}\text{C}$

mes	Ávila	Burgos	león	Palencia	Sala- manca	Segovia	Soria	Valla- dolid	Zamora	San Sebas- tián
1	4	5	5	5	6	4	4	4	6	10
2	5	6	6	7	7	6	6	6	7	10
3	8	9	10	10	10	10	9	9	11	13
4	11	11	12	13	13	12	11	12	13	14
5	14	14	15	16	16	15	14	17	16	16
6	18	18	19	20	20	20	19	21	21	19
7	22	21	22	23	24	24	22	24	24	21
8	22	21	22	23	23	23	22	23	23	21
9	18	18	19	20	20	13	18	18	20	20
10	13	13	14	14	14	13	13	13	15	17
11	8	9	9	9	9	9	8	8	10	13
12	5	5	6	6	6	5	5	4	6	10

Origen de los datos CENSOLAR Centro de Estudios de la Energía Solar. censolar.es

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 27

2.2.4. energía aprovechada por los captadores

$$Q_s(\text{kWh/d}) = 0,9 \times E \times \eta \times A$$

0,9 corresponde al 10% de pérdidas de energía por intercambio, acumulación y distribución

E energía solar recibida por el captador

η rendimiento del captador

superficie útil por captador m^2

2,30

número de captadores

8

A superficie total captadora m^2

18,40

$$Q_s(\text{kWh/mes}) = Q_s(\text{kWh/d}) \times n^{\circ} \text{días}$$

$$Q_s(\text{kWh/año}) = \sum_{i=1}^{12} Q_s(\text{kWh/mes})$$

mes	energía total captada		contrib.
	kWh/día	kWh/mes	% mes
1	0,00	0,00	0,0
2	0,00	0,00	0,0
3	34,66	1.066,95	27,7
4	41,57	1.235,28	34,7
5	47,48	1.476,19	41,3
6	58,99	1.770,33	53,8
7	74,34	2.292,70	71,1
8	75,11	2.313,08	71,8
9	65,82	1.963,66	60,0
10	33,86	1.059,42	29,5
11	0,00	0,00	0,0
12	0,00	0,00	0,0

kWh/año	% año
13.220,35	30,9

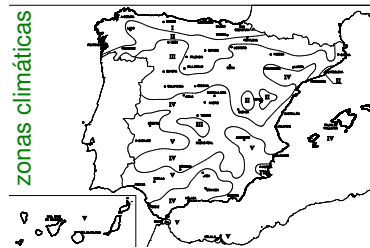
JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 28

2.2.4. energía aprovechada contribución mínima

Porcentaje (%) mínimo de contribución de energía solar entre el 30 y el 70% según:

- tipo de **energía auxiliar** (general o Joule)
- **caudal de demanda** (desde 50 l/d)
- **zona climática** (de la zona I a la V)



zona climática

D l/día	I	II	III	IV	V
---------	---	----	-----	----	---

caso general	5.000			50	60
	6.000			55	65
	7.000		35	61	
	8.000		45	63	
	9.000	30	52	65	
	10.000		55		
	12.500		65		70
	15.000				
	17.500	35			
	20.000	45			
	> 20.000	52			

efecto Joule	1.000		60		
	2.000	50	63		
	3.000		66		
	4.000	51	69		70
	5.000		58		
	6.000	62			
	> 6.000	70			

2.2.4. energía aprovechada zonas climáticas

Localidad	zona	Localidad	zona	Localidad	zona
Álava	I	Cuenca	II	Palencia	II
Albacete	V	Girona	III	Pontevedra	I
Alicante	V	Granada	IV	Rioja, La (Logroño)	II
Almería	V	Guadalajara	IV	Salamanca	III
Asturias (Oviedo)	I	Guipúzcoa (San Sebastián)	I	Santa Cruz Tenerife	V
Ávila	III	Huelva	V	Segovia	III
Badajoz	IV	Huesca	III	Sevilla	V
Baleares (P Mallorca)	III	Jaén	IV	Soria	III
Barcelona	II	Las Palmas de Gran Canaria	V	Tarragona	III
Burgos	II	León	III	Teruel	II
Cáceres	V	Lérida	III	Toledo	IV
Cádiz	IV	Lugo	II	Valencia	IV
Cantabria (Santander)	I	Madrid	IV	Valladolid	II
Castellón de la Plana	IV	Málaga	IV	Vizcaya (Bilbao)	I
Ceuta	V	Melilla	V	Zamora	III
Ciudad Real	IV	Murcia	IV	Zaragoza	IV
Córdoba	IV	Navarra (Pamplona)	I		
Coruña	I	Orense	I		

En la tabla 3.3 de la HE4 se detallan más localidades

2.2.4. contribución mínima piscinas cubiertas climatizadas

Caso Climatización de piscinas cubiertas

		zona climática				
		I	II	III	IV	V
Contribución solar mínima en %		30	30	50	60	70

2.3. subsistemas de la instalación

La instalación solar térmica se compone de los siguientes sistemas:

Subsistema de captación, formado por los captadores solares homologados. Rendimiento mínimo 40%. Conexión en serie o paralelo según zonas climáticas.

Subsistema de intercambio de calor, separando los dos fluidos anteriores a través de los propios depósitos o con un intercambiador específico.

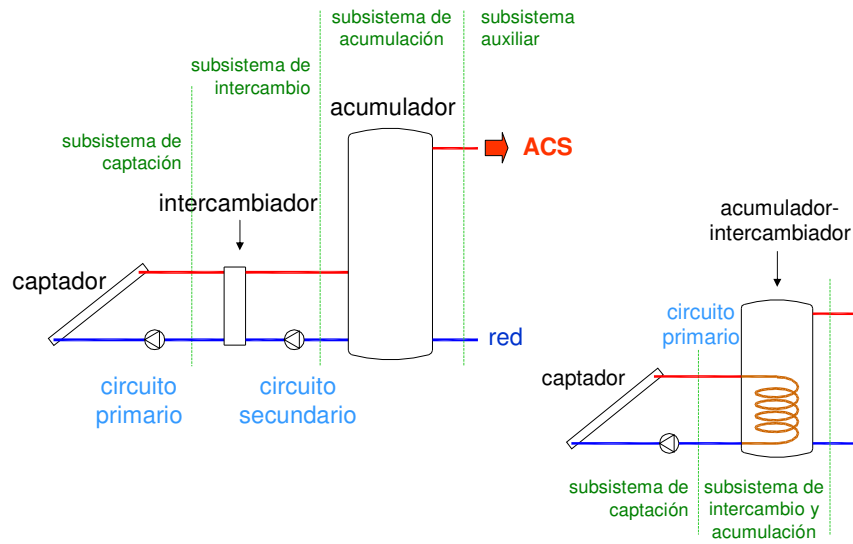
Subsistema de acumulación, formado por uno o varios depósitos recubiertos de material aislante.

Subsistema hidráulico, formado por circuitos de captación y de consumo independientes, con sus tuberías, válvulas, bombas, vasos de expansión, etc.

Subsistema de regulación y control, formado por determinados automatismos para el aprovechamiento máximo de la energía solar, evitando situaciones de riesgo para la instalación

Subsistema energético auxiliar, centralizado o individual, formado por equipos convencionales de ACS para cubrir eventualmente el 100% de las necesidades.

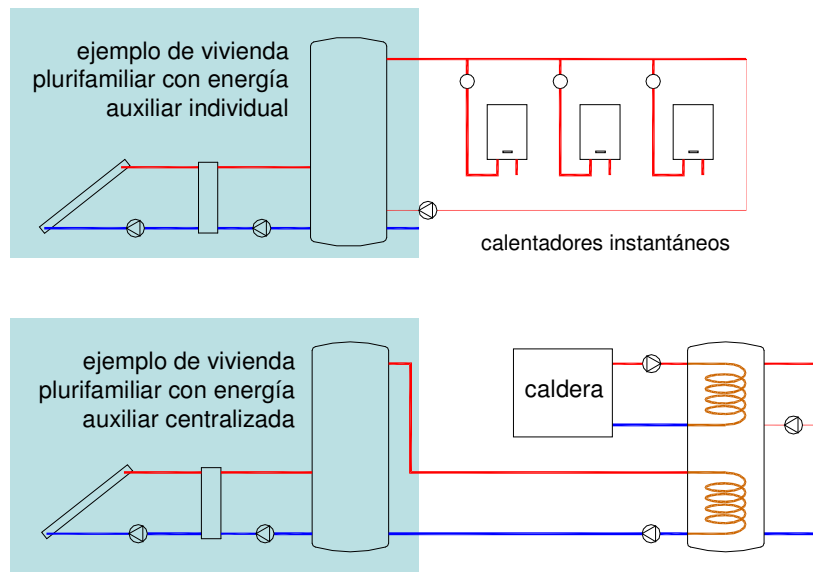
2.3. subsistemas de la instalación



JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 33

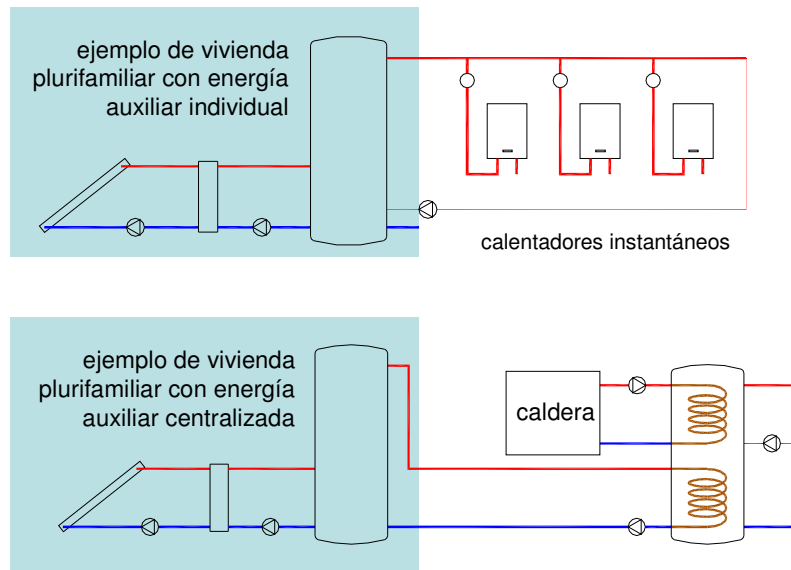
2.3. subsistemas de la instalación



JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 34

2.3. subsistemas de la instalación



JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 35

2.3.1. condiciones generales

No utilizar de acero galvanizado (si se prevé que el agua alcance los 60 °C)

Fluido portador

Se seleccionará acorde con las especificaciones del fabricante de los captadores.

Protección contra heladas

De los componentes que se instalen en recintos con temperaturas inferiores a 0 °C.

Sobrecalentamientos

Si existe algún mes del año en el cual la energía producida teóricamente por la instalación solar supera a la demanda habrá que tomar medidas para proteger la instalación mediante dispositivos de control manuales o automáticos.

Resistencia a presión

Los circuitos deben someterse a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio.

Tiempo mínimo 1 hora con una caída máxima de presión del 10 %

Prevención de flujo inverso

No se deben producir pérdidas energéticas involuntarias por flujos inversos.

Evitar la circulación natural con acumulador por debajo de los captadores.

Evitar los flujos inversos con circulación por bomba (posibles válvulas antirretorno)

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 36

2.3.2. subsistema de captación

Captadores

Los captadores deben poseer la certificación de su homologación regulada en el RD 891/1980 de 14 de Abril y en la Orden de 28 de Julio de 1980.

El rendimiento del captador, debe ser siempre igual o superior al 40%.

Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo al año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor que el 20 %.



tubos de vacío

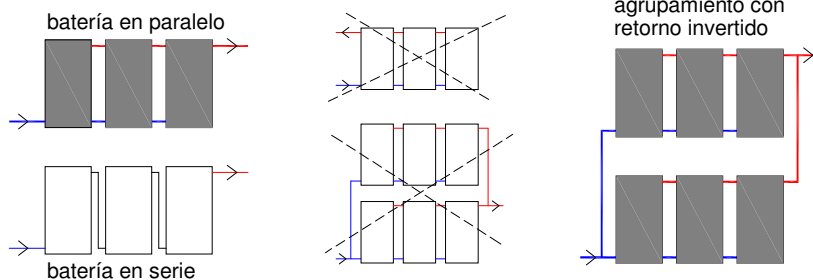


2.3.2. subsistema de captación

Instalación de captadores

Los captadores se colocarán formando filas. Los que formen cada fila se conectarán en serie ó en paralelo. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta 10 m² en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m² en la zona climática III y hasta 6 m² en las zonas climáticas IV y V.

Las distintas filas se podrán conectar entre sí en paralelo, en serie ó en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas. Además se instalará una válvula de seguridad por fila. La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente.



2.3.2. subsistema de captación

Separación entre captadores para el caso general

$$d = h \times c$$

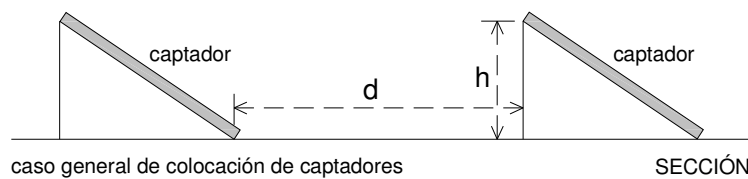
Latitud	29	37	39	41	43
Factor c	1,6	2,3	2,5	2,8	3,1

$$c = \frac{1}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

d distancia en proyector horizontal en metros entre captadores

h distancia vertical en metros entre la base y el borde superior de los captadores (u otros elementos que puedan arrojar sombra).

c coeficiente adimensional que se obtiene en la tabla adjunta en función de la latitud del lugar (también según la fórmula que se acompaña)



2.3.3. subsistema de intercambio de calor

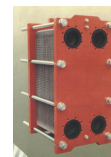
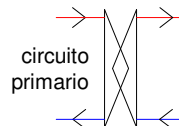
Intercambiador de placas

$$P \geq 500 \times A$$

P potencia mínima del intercambiador en W
A superficie total de captación en m².

(equivalente a intercambiar una potencia de 1.000 W/m² en los captadores con un rendimiento del 50 %)

Transferencia de calor del intercambiador de calor no menor de 40 W/m²·K



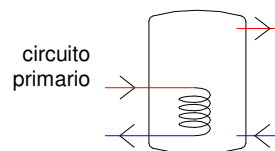
Intercambiador-acumulador

$$SI \geq 0,15 \times A$$

SI superficie útil de intercambio m²

A superficie total de captación m²

Todas las entradas y salidas de agua tendrán una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente



2.3.4. subsistema de acumulación

Acumuladores

Se debe prever una acumulación acorde con la demanda (no con la potencia de los captadores)

El área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad V > 50 \times A \quad V < 180 \times A$$

A superficie total de captación en m²

V volumen del depósito de acumulación solar en litros

En la práctica se dimensiona el depósito con la capacidad del depósito estándar más cercano a la demanda diaria. Preferiblemente un único depósito de tipo vertical

D l/d	A m ²	Vmín l	Vmáx l	V en l
2.240	20,70	1.035	3.726	2.000

A partir de 80 x A se cubren desfases superiores al día

2.3.4. subsistema de acumulación

Acumuladores

Estarán enteramente recubiertos con material aislante

Llevará una placa de identificación con datos ...

Vendrán equipados de fábrica con sus manguitos de conexión ...

Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre ...

Los materiales: acero vitrificado con protección catódica; acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura; cobre; no metálicos autorizados por las compañías de suministro de agua potable; ...

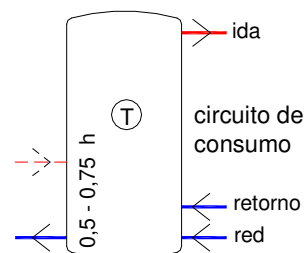
Instalación de acumuladores

Los acumuladores se ubicarán en lugares accesibles

Con un termómetro a efectos de la prevención de la legionelosis

Con desconexión individual

En los casos debidamente justificados en los que sea necesario instalar depósitos horizontales, las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos.



No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio

2.3.5. subsistema hidráulico

El circuito hidráulico debe concebirse inicialmente equilibrado y en su defecto el flujo será controlado por válvulas de equilibrado.

Tuberías

Los recorridos de las tuberías deben ser lo más cortos y rectilíneos posible.

Los tramos horizontales tendrán una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa ante las acciones climatológicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, salvo los necesarios para su buen funcionamiento.

En las tuberías del circuito primario podrán ser de cobre de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas y con protección exterior con pintura anticorrosiva.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. También podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

2.3.5. subsistema hidráulico

Válvulas

De esfera para aislamiento, vaciado, llenado, purga

De asiento para equilibrado de circuitos

De resorte para seguridad

De doble compuerta o claveta para retención

Las válvulas de seguridad deben conseguir que no se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Purgadores

Se colocarán botellines de desaireación y purgador manual o automático en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.

El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³ (menor si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático)

Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 °C en las zonas climáticas IV y V. No obstante se deben suprimir cuando se prevea la formación de vapor en el circuito.

En todo caso la colocación de purgadores automáticos debe venir acompañada de dispositivos de purga manual.

2.3.5. subsistema hidráulico

Bombas

No deben producir ningún tipo de cavitación. Deben tener el eje de rotación en posición horizontal.

Permitirán efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

En instalaciones superiores a 50 m² de captadores se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. Se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado

El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante. En su defecto entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de captadores.

Si los captadores están conectados en serie, el caudal anterior se divide entre el número de captadores conectados en serie.

Potencia eléctrica máxima de la bomba
50 W ó 2 % de la potencia máxima de los captadores para sistemas pequeños
1 % de la potencia máxima de los captadores para sistemas grandes

2.3.5. subsistema hidráulico

Vasos de expansión

Cerrados. Se conectarán (preferentemente) en la aspiración de la bomba. Se dimensionarán con un exceso de capacidad sobre su cálculo normal de dilatación del fluido. (contenido en los captadores y sus tuberías más un 10%)

Abiertos. Se situarán a una altura que imposibilite el desbordamiento del fluido y la introducción de aire en el circuito primario. Si se utilizan como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

Llenado y drenaje

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante y el relleno con una conexión directa a la red

2.3.5. subsistema hidráulico proceso de dimensionado

1. cálculo de caudales y concreción de secciones

$$P = C \times ce \times \Delta T \quad C = \frac{1}{4,19 \times \Delta T} \times P$$

$$C = S \times V \quad S = 10 \times \frac{C}{V}$$

P potencia transportada en kW

C caudal del agua en l/s (30 a 70 l/h cada m² de captador según fabricante)

ce calor específico del agua en 4,185 kJ/kg.°C

ΔT diferencia de temperatura en °C

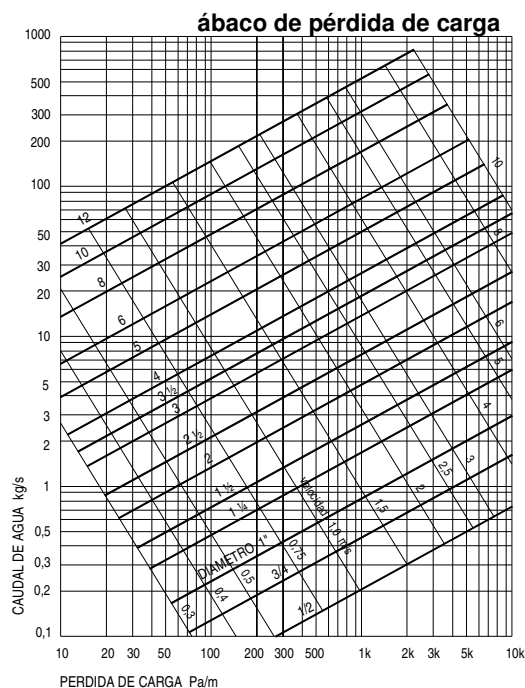
S sección de la tubería en cm²

V velocidad del líquido en m/s

2. cálculos de caída de presión y concreción de bombas

Dimensionado de tuberías por el método de igual fricción. Parámetros: caudal, sección, velocidad y pérdida de carga

Caudales en tuberías para una caída de presión de 200 Pa/m			
l/s	Ø "	Ø mm	V m/s
0,08	1/2"	12,7	0,4
0,17	3/4"	19,05	0,5
0,33	1"	25,4	0,6
0,7	1" 1/4	31,75	0,7
1,05	1" 1/2	38,1	0,8
1,94	2"	50,8	0,9
3,05	2" 1/2	63,5	1,1
5,55	3"	76,2	1,3
8,05	3" 1/2	88,9	1,4
11,38	4"	101,6	1,5
20,83	5"	127	1,9



JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 49

2.3.5. subsistema hidráulico

longitudes equivalentes en metros de válvulas y piezas especiales										
Pieza:	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"	5"
Codo de 45°	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45
Codo de 90°	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94
Curva de 90°	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61
"T" directo	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
"T" cambio	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70
Reducción	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00
V. Compuer.	0,18	0,21	0,27	0,36	0,46	0,54	0,69	0,85	1,20	1,40
Válv. Esfera	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,10	0,12	0,15	0,20
V. Retención	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60

Espesores equivalentes de aislante en tuberías
Apéndice 03.1 del RITE

Coquillas aislantes para $\lambda=0,04 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$	
Diámetro tubería	Espesor en mm
$D \leq 32 \text{ mm}$	20
$32 < D \leq 50$	30
$50 < D \leq 80$	30
$80 < D \leq 125$	40
$125 < D$	40

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 50

2.3.6. subsistema de regulación y control

Sistema

Las instalaciones mayores de 20 m² deberán disponer al menos de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables: temperatura de entrada agua fría de red; temperatura de salida acumulador solar; y caudal de agua fría de red. El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo

El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

Sondas

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, ...

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

2.3.7. subsistema energético auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar, que se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar, pero que sólo entrará en funcionamiento cuando con el aporte solar no se cubran las necesidades previstas.

El sistema de energía convencional auxiliar no se instalará nunca en el circuito primario de captadores.

El sistema de aporte de energía convencional auxiliar dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente sobre la prevención y control de la legionelosis.

En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, deberá ser modulante de manera que su temperatura sea permanente con independencia de la del agua de entrada al equipo

3. mantenimiento

Para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

1. plan de vigilancia

2. plan de mantenimiento preventivo)

3.1. plan de vigilancia

(Tabla 4.1)

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	a determinar	con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

IV: inspección visual

3.2. plan de mantenimiento preventivo

Sistema de captación (Tabla 4.2)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original.
		IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas de degradación	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

IV: inspección visual

* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

3.2. plan de mantenimiento preventivo

Sistema de acumulación (Tabla 4.3)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Sistema de intercambio (Tabla 4.4)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpeza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpeza

CF: control de funcionamiento

3.2. plan de mantenimiento preventivo

Circuito hidráulico (Tabla 4.5)

Equipo	(meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento IV: inspección visual

3.2. plan de mantenimiento preventivo

Sistema eléctrico y de control (Tabla 4.6)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

Sistema de energía auxiliar (Tabla 4.7)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses.

4. ejemplo de dimensionado

hoja de cálculo para dimensionar los captadores según la contribución solar

DEMANDA ENERGÉTICA				ENERGÍA RECIBIDA				RENDIMIENTO CAPTADOR				CONTRIBUCIÓN SOLAR			
Demanda de ACS a 60°C D(60) 2.200 l/día Tr temperatura del agua de la red				Eh energía sobre la horizontal k coeficiente de elevación E sobre el plano del captador				factores: C1 = 0,90 C2 = 0,45				superficie útil unidad m² 2,30 número de captadores 8 A sup. captadora m² 18,40			
Q demanda energética				Eh k E				Hs I Ta				Qs energía total captada contrib.			
mes	°C	kWh/día	días	mes	kWh/m².d	k	kWh/m².d	mes	h/d	W/m²	°C	mes	kWh/día	kWh/mes	% mes
1	9	130,15	31	1	1,53	1,40	2,14	1	8,0	268	4,5	0,00	0,00	0,00	0,0
2	9	130,15	28	2	2,45	1,30	3,19	2	9,0	354	6,3	0,22	0,00	0,00	0,0
3	11	125,05	31	3	3,86	1,18	4,55	3	9,0	506	10,1	0,46	34,66	1.074,46	27,7
4	13	119,94	30	4	4,78	1,05	5,02	4	9,5	528	12,5	0,50	41,57	1.247,10	34,7
5	15	114,84	31	5	5,53	0,96	5,31	5	9,5	559	15,5	0,54	47,48	1.471,88	41,3
6	17	109,74	30	6	6,28	0,93	5,84	6	9,5	615	20,4	0,61	58,99	1.769,70	53,8
7	19	104,63	31	7	6,98	0,96	6,70	7	9,5	705	23,4	0,67	74,34	2.304,54	71,1
8	19	104,63	31	8	6,39	1,06	6,77	8	9,5	713	22,8	0,67	75,11	2.328,41	71,8
9	17	109,74	30	9	5,09	1,22	6,21	9	9,0	690	19,6	0,64	65,82	1.974,60	60,0
10	15	114,84	31	10	3,11	1,40	4,35	10	9,0	483	14,2	0,47	33,86	1.049,66	29,5
11	13	119,94	30	11	1,92	1,52	2,92	11	8,0	365	8,9	0,27	0,00	0,00	0,0
12	11	125,05	31	12	1,17	1,50	1,76	12	7,5	235	5,2	0,00	0,00	0,00	0,0
Q kWh/año 42.819,89								Hs horas útiles de sol Ta temperatura ambiente				kWh/año 13.220,35 % año 30,9			

entrada de datos

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 59

4. ejemplo de dimensionado

1. dimensionado de captadores: demanda de caudal de agua, demanda energética, energía recibida, rendimiento del captador y contribución solar
2. disposición y ubicación de los captadores
3. dimensionado del intercambiador
4. dimensionado del acumulador
5. dimensionado de la canalización

Edificio plurifamiliar:

entrada de datos	
resultados obtenidos	

Demanda de caudal de ACS a 60°C

nº de dormitorios	3
nº de personas	4
caudal por persona l/d	22
caudal por vivienda l/d	88
nº de viviendas	25
caudal del edificio l/d	2.200

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 60

4.1. dimensionado de captadores

DEMANDA ENERGÉTICA

Demanda de ACS a 60°C

D(60) **2.200** l/día

Tr temperatura del agua de la red

ENERGÍA RECIBIDA

Eh energía sobre la horizontal

k coeficiente de elevación

E sobre el plano del captador

fórmulas

$$Q = \frac{D \times 1,16 \times (60 - Tr)}{1.000}$$

$$E = Eh \times k$$

Tr				Q demanda energética			Eh			k			E			
mes	°C	kWh/día	días	kWh/mes	mes	d	kWh/m²	kWh/m².d	mes	d	kWh/m²	kWh/m².d	mes	d	kWh/m²	
1	9	130,15	31	4.034,65	1	1,53	1,40	2,14	2	2,45	1,30	3,19	3	3,86	1,18	4,55
2	9	130,15	28	3.644,20	4	4,78	1,05	5,02	5	5,53	0,96	5,31	6	6,28	0,93	5,84
3	11	125,05	31	3.876,55	7	6,98	0,96	6,70	8	6,39	1,06	6,77	9	5,09	1,22	6,21
4	13	119,94	30	3.598,20	10	3,11	1,40	4,35	11	1,92	1,52	2,92	12	1,17	1,50	1,76
5	15	114,84	31	3.560,04												
6	17	109,74	30	3.292,20												
7	19	104,63	31	3.243,53												
8	19	104,63	31	3.243,53												
9	17	109,74	30	3.292,20												
10	15	114,84	31	3.560,04												
11	13	119,94	30	3.598,20												
12	11	125,05	31	3.876,55												

Q kWh/año

42.819,89

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

Contribución solar de ACS 61

4.1. dimensionado de captadores

RENDIMIENTO CAPTADOR

factores:

C1 = **0,90**

C2 = **0,45**

$\eta > 40\%$

CONTRIBUCIÓN SOLAR

superficie útil unidad m²

número de captadores

A sup. captadora m²

2,30

8

18,40

fórmulas

$$I = \frac{E \times 1.000}{H_s}$$

$$\eta = C1 - C2 \times 10 \times \frac{60 - Ta}{I}$$

Hs	I	Ta	η	Qs energía total captada			contrib.
h/d	W/m²	°C		kWh/día	kWh/mes	% mes	
8,0	268	4,5	0,00	0,00	0,00	0,0	
9,0	354	6,3	0,22	0,00	0,00	0,0	
9,0	506	10,1	0,46	34,66	1.074,46	27,7	
9,5	528	12,5	0,50	41,57	1.247,10	34,7	
9,5	559	15,5	0,54	47,48	1.471,88	41,3	
9,5	615	20,4	0,61	58,99	1.769,70	53,8	
9,5	705	23,4	0,67	74,34	2.304,54	71,1	
9,5	713	22,8	0,67	75,11	2.328,41	71,8	
9,0	690	19,6	0,64	65,82	1.974,60	60,0	
9,0	483	14,2	0,47	33,86	1.049,66	29,5	
8,0	365	8,9	0,27	0,00	0,00	0,0	
7,5	235	5,2	0,00	0,00	0,00	0,0	

Hs horas útiles de sol

Ta temperatura ambiente

kWh/año	% año	%
13.220,35	30,9	> 30

JESÚS FEIJÓ MUÑOZ • Dr. Arquitecto

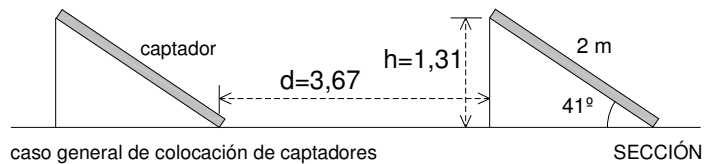
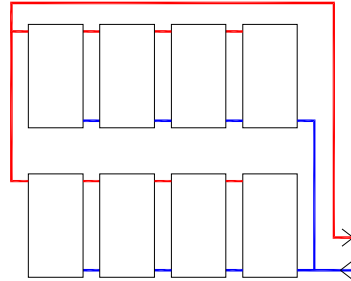
Contribución solar de ACS 62

4.2. disposición de los captadores

Captador de 1,15 x 2,00 m útiles
Agrupamiento en paralelo de dos filas también en paralelo y con retorno invertido.

Latitud	41
Factor c	2,8
h	1,31
d	3,67

$$d = h \times c$$



4.3. dimensionado del intercambiador

$$P \geq 500 \times A$$

A superficie captadores m ²	18,40
P potencia mínima W	9.200

Caso Intercambiador-acumulador

$$SI \geq 0,15 \times A$$

A superficie captadores m ²	18,40
SI superficie de intercambio m ²	2,76

La superficie de intercambio debe figurar entre las características del intercambiador-acumulador

4.4. dimensionado del acumulador

Formato vertical

$$V > 50 \times A \quad V < 180 \times A$$

Volumen del depósito acumulador

D demanda l/d	2.200
A sup. captadores m ²	18,40
Volumen máximo litros	920
Volumen mínimo litros	3.312
volumen estándar litros	2.000

Se toma un tamaño estándar cercano a la demanda de un día o superior a ella

4.5. dimensionado de la canalización

Caudal de los captadores
s/fabricante entre 30 y 70 l/s.m² .
Ejemplo 50 l/s.m²

caudal superficial l/h.m2	50,00
A sup captadores m2	18,40
caudal captadores l/s	0,26
Ø diámetro tubería mm	26/28
velocidad del agua m/s	0,75
caída de presión Pa/m	300
longitud tuberías m	20,00
log equiv piezas espec m	6,30
total caída tuberías Pa	7.890
caída intercambiador Pa	9.000
caída captadores Pa	300
total pérdida presión Pa	17.190

(posible evaluación de pérdidas de piezas
especiales entre el 20 y el 30 % de la
caída de los tramos rectos)

Potencia eléctrica máxima de la bomba según **caudal** (l/s) y **presión** (Pa)

50 W ó **2 %** de la potencia máxima de los captadores para sistemas pequeños

1 % de la potencia máxima de los captadores para sistemas grandes

4.5. dimensionado del vaso de expansión

Vasos de expansión cerrados (UNE 100155: 2004)

$$VT = V \times Ce \times Cp \quad Cp = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}$$

VT volumen del vaso de expansión en litros

V volumen de agua de la instalación en litros
(captadores + canalización)

Ce coeficiente de expansión del agua
(0,043 sin aditivos de 4 a 100°C)

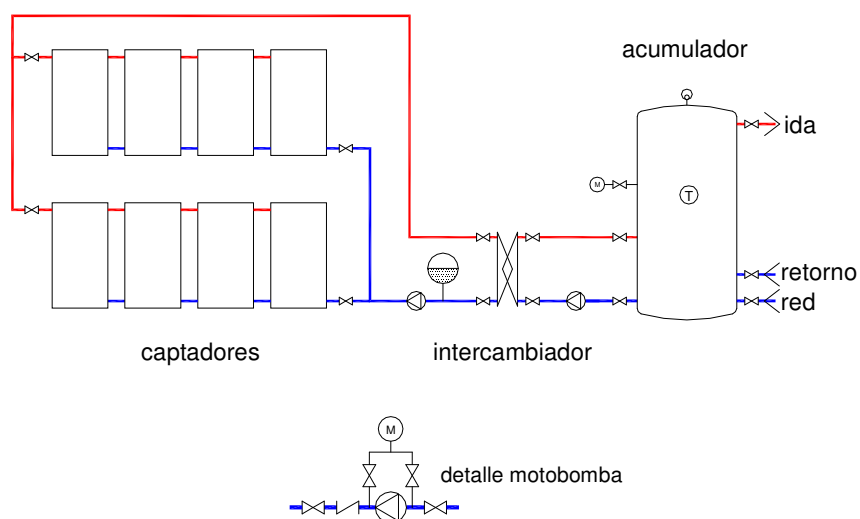
Cp coeficiente de presión

Pmín presión mínima del vaso
(1 atmósfera + columna de agua + seguridad 0,2)

Pmáx presión máxima del vaso (Pmín + 1 atmósfera)

Volumen tuberías	
diámetro mm	capacidad l/m
12	0,093
15	0,151
18	0,254
22	0,311
28	0,531
35	0,809
42	1,150
54	2,030
63	3,090
80	4,400
100	7,730

4.6. esquema de la instalación



5. referencias bibliográficas

Junta de Castilla y León, Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN).
"Energía solar térmica: manual del arquitecto". León 2002

Grupo Gas Natural. "Manual de cálculo y diseño de instalaciones de producción de agua caliente sanitaria en edificaciones de viviendas mediante energía solar y apoyo individual de gas natural". 2004

ITER, ITC, COAC, COIC y COITI. "Propuesta del procedimiento técnico para el cálculo de preinstalaciones de energía solar térmica". 2002 Santa Cruz de Tenerife.

Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía, S.A. "Integración arquitectónica de instalaciones de energía solar térmica". sodean.es

IDAE. "Instalaciones de energía solar térmica. Pliego de condiciones técnicas en las instalaciones de baja temperatura". 2002

CENSOLAR centro de estudios de la energía solar. consolar.es

INTA Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (ministerio de defensa). inta.es

Instalaciones de energía solar térmica: Pliego de condiciones de instalaciones térmicas de baja temperatura. IDAE e INTA.