

CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MEDIANTE EL F-CHART

Cuestiones planteadas

Una residencia de ancianos dispone de 100 camas. La ocupación es completa durante todo el año.

El modelo de colector solar instalado presenta una curva de rendimiento:

$$\eta = a - bT$$
$$\eta = 0,6717 - 3,141T$$

donde,

a : factor solar

b. la transmitancia térmica

La superficie útil del colector es de 2,4 m².

El edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Salamanca.

- 1. Obtener el número de colectores solares necesarios si la producción de apoyo de ACS se realiza mediante un sistema centralizado con una caldera de gas natural. La temperatura de acumulación será de 60°.**

Respuesta n.º 1

En primer lugar se obtiene el caudal mínimo necesario establecido por la sección HE4. Con este caudal y con las temperaturas del agua fría en los diversos meses del año, se obtiene la demanda energética mensual y anual.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	N (días/mes)	Usuarios (3.1 HE4)	ratio(litros/cama)	Q _{diario} (litros/día)	Ocupación (%)	Q _{mensual} (litros/mes)	T _{ACS} (°C)	T _{AF} (°C)	$\Delta T = (T_{ACS} - T_{AF})$	E _{mensual} (kWh)
enero	31	100	41	4100	100	127100	60	5	55	8108,98
febrero	28	100	41	4100	100	114800	60	6	54	7191,07
marzo	31	100	41	4100	100	127100	60	8	52	7666,67
abril	30	100	41	4100	100	123000	60	10	50	7134,00
mayo	31	100	41	4100	100	127100	60	11	49	7224,36
junio	30	100	41	4100	100	123000	60	12	48	6848,64
julio	31	100	41	4100	100	127100	60	13	47	6929,49
agosto	31	100	41	4100	100	127100	60	12	48	7076,93
septiembre	30	100	41	4100	100	123000	60	11	49	6991,32
octubre	31	100	41	4100	100	127100	60	10	50	7371,80
noviembre	30	100	41	4100	100	123000	60	8	52	7419,36
diciembre	31	100	41	4100	100	127100	60	5	55	8108,98

Figura 1. Obtención de la energía demandada en función del caudal y del salto térmico.

La temperatura de la columna 9 se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 4. Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. Los datos han sido agrupados en seis perfiles característicos. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94002.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
2	ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
3	ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
4	ALMERÍA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
5	ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
6	ÁVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
7	BADAJOS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
8	BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
9	BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
10	BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
11	CÁCERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
12	CÁDIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
13	CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
14	CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
15	CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11,3
16	CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
17	CÓRDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
18	LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
19	CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
20	GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
21	GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
22	GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
23	GUIPÚZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
24	HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
25	HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
26	JAÉN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12,3
27	LEÓN	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
28	LÉRIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
29	LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
30	MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
31	MÁLAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
32	MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
33	MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
34	NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
35	ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,2
36	PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
37	LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
38	PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
39	LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
40	SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
41	STA. C. DE TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
42	SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
43	SEVILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
44	SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
45	TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
46	TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
47	TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
48	VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
49	VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
50	VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
51	ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
52	ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3

En la tabla 2.1 de la sección HE4 se determina la cobertura solar mínima necesaria para esta instalación. Según la tabla, para zona III y demanda menor de 5000 litros/día el valor mínimo será del 40%.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

El siguiente paso consiste en obtener la energía solar incidente expresada en kWh/m².

1	2	3	4	5	6
Mes	N	H (MJ/día)	k _{mes}	Pérdidas (%)	H _{mes} (kWh/m ²)
enero	31	6,1	1,42	0	74,59
febrero	28	9,5	1,3	0	96,06
marzo	31	13,5	1,16	0	134,85
abril	30	17,1	1,03	0	146,78
mayo	31	19,7	0,93	0	157,76
junio	30	22,8	0,89	0	169,10
julio	31	24,6	0,93	0	197,01
agosto	31	22,6	1,04	0	202,40
septiembre	30	17,5	1,21	0	176,46
octubre	31	11,3	1,41	0	137,20
noviembre	30	7,4	1,55	0	95,58
diciembre	31	5,2	1,52	0	68,06

El factor k depende de la inclinación (45°) y de la latitud de Salamanca (40°).

1	2	3	4	5	6
Mes	Q_{mensual}	H_{mes} (kWh/m ²)	S_c	$E_{\text{solar captada}}$	D_1
enero	8108,98	74,59	48	2147,56	0,26
febrero	7191,07	96,06	48	2765,61	0,38
marzo	7666,67	134,85	48	3882,57	0,51
abril	7134,00	146,78	48	4225,91	0,59
mayo	7224,36	157,76	48	4542,31	0,63
junio	6848,64	169,10	48	4868,68	0,71
julio	6929,49	197,01	48	5672,12	0,82
agosto	7076,93	202,40	48	5827,32	0,82
septiembre	6991,32	176,46	48	5080,54	0,73
octubre	7371,80	137,20	48	3950,25	0,54
noviembre	7419,36	95,58	48	2752,01	0,37
diciembre	8108,98	68,06	48	1959,63	0,24

A continuación se obtendrán los coeficientes D_1 y D_2 . El cálculo se inicia considerando un ratio de 70 l/m². A continuación se representan los resultados obtenidos para una superficie colectora de 20 paneles solares.

Figura 2. Obtención de los coeficientes D_1 . Se comprueba que ninguno es superior a 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	N(días/mes)	Q_{mensual}	T_{ambiente}	T_{AF}	Tiempo (horas)	$S_c(\text{m}^2)$	K_1	K_2	$F_1 U_1$	E_{perdida}	D_2
enero	31	8108,98	6	5	744	48	1	0,93	0,003	9354,08	1,15
febrero	28	7191,07	7	6	672	48	1	0,96	0,003	8597,08	1,20
marzo	31	7666,67	10	8	744	48	1	1,00	0,003	9599,18	1,25
abril	30	7134,00	13	10	720	48	1	1,04	0,003	9367,90	1,31
mayo	31	7224,36	16	11	744	48	1	1,04	0,003	9349,82	1,29
junio	30	6848,64	20	12	720	48	1	1,03	0,003	8489,28	1,24
julio	31	6929,49	24	13	744	48	1	1,01	0,003	8194,68	1,18
agosto	31	7076,93	23	12	744	48	1	0,98	0,003	8030,57	1,13
septiembre	30	6991,32	20	11	720	48	1	0,98	0,003	8091,21	1,16
octubre	31	7371,80	14	10	744	48	1	1,03	0,003	9432,94	1,28
noviembre	30	7419,36	9	8	720	48	1	1,02	0,003	9528,78	1,28
diciembre	31	8108,98	6	5	744	48	1	0,93	0,003	9354,08	1,15

Figura 3. Obtención de los coeficientes D_2 . Se comprueba que ninguno es superior a 18.

La temperatura ambiente de la columna 4 se obtiene en la siguiente tabla.

Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C. (Fuente: CENSOLAR).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	19	15	10	7	13,7	
2	ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	15,4	
3	ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	20,1	
4	ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	20,5	
5	ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	14,3	
6	ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	12,3	
7	BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	18,9	
8	BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	18,8	
9	BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	18,5	
10	BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	12,5	
11	CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	18,3	
12	CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	20,3	
13	CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	15,8	
14	CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	19,2	
15	CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	19,6	
16	CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	16,3	
17	CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	20	
18	LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	15,9	
19	CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	13,6	
20	GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	17	
21	GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	17,3	
22	GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	15,8	
23	GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	15,3	
24	HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	19,9	
25	HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	15,6	
26	JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	19	
27	LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	13,3	
28	LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	17,1	
29	LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	14	
30	MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	15,6	
31	MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	20,7	
32	MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	20,6	
33	MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	19,3	
34	NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	14,3	
35	ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	15,8	
36	PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	13,8	
37	LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	25	26	25	23	22,9	
38	PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	16,6	
39	LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	15,3	
40	SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	14	
41	STA. C. DE TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22,8
42	SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13,5
43	SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19,3
44	SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12,6
45	TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17,9
46	TERUEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13,6
47	TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16,9
48	VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
49	VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13,3
50	VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15,4
51	ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14,3
52	ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16,8

Con los coeficientes D_1 y D_2 ya se puede obtener el factor de cobertura mensual, f , y, por lo tanto, el factor de cobertura anual, F .

1	2	3	4
Mes	D_1	D_2	f
enero	0,26	1,15	0,18
febrero	0,38	1,20	0,29
marzo	0,51	1,25	0,38
abril	0,59	1,31	0,45
mayo	0,63	1,29	0,47
junio	0,71	1,24	0,54
julio	0,82	1,18	0,62
agosto	0,82	1,13	0,62
septiembre	0,73	1,16	0,55
octubre	0,54	1,28	0,40
noviembre	0,37	1,28	0,27
diciembre	0,24	1,15	0,16

1	2	3	4
Mes	Q_{mensual}	f	EU
enero	8108,98	0,18	1485,14
febrero	7191,07	0,29	2053,71
marzo	7666,67	0,38	2932,53
abril	7134,00	0,45	3180,27
mayo	7224,36	0,47	3426,97
junio	6848,64	0,54	3681,94
julio	6929,49	0,62	4265,60
agosto	7076,93	0,62	4400,08
septiembre	6991,32	0,55	3871,95
octubre	7371,80	0,40	2979,17
noviembre	7419,36	0,27	1992,53
diciembre	8108,98	0,16	1314,30
	88071,61		35584,19

F	0,40
---	------

Con 14 paneles se alcanza el 40% de cobertura anual que es igual al 40% establecido por la tabla 2.1 de la sección HE4.