

El fluido contenido en este circuito será agua sin aditivos.

El espesor del aislamiento será el mismo especificado para el circuito primario, según se trate de tuberías que circulen por el interior de los edificios o por el exterior de los mismos.

Para evitar ruidos en tuberías, se efectúa el cálculo de forma que no se sobrepase la velocidad de 2 m/s en ningún tramo.

#### 4.3.3 Circuito de consumo

Circuito por el que circula el agua de consumo hasta cada usuario, cuyas características están definidas en el apartado de las instalaciones de fontanería.

#### 4.3.4 Bombas de circulación

Las bombas empleadas son de tipo centrífugo, están dimensionadas para vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería, y mantienen la presión deseada en cualquier punto de la instalación.

Se han dispuesto las siguientes bombas de circulación en la instalación, según se justifica en el apartado 5.6.3 de esta memoria:

- Situación: circuito primario
- Marca: GRUNDFOS
- Modelo: UPS 100
- Altura manométrica: 8,54 m
- Caudal: 105,5 litros/h

#### 4.3.5 Vasos de expansión

Se instalará un vaso de expansión cerrado FRÄNKISCHE SVE-008 en el circuito primario, de 8 litros de capacidad. La conexión del vaso de expansión al circuito primario se realizará de forma directa, sin intercalar ninguna válvula o elemento de cierre que pueda aislar el vaso de expansión del circuito que debe proteger.

En todos los casos, el vaso de expansión se conectará a la aspiración de la bomba de circulación, según se comprueba en el esquema de principio.

La justificación de la elección de cada vaso de expansión, se encuentra en el apartado 5.7 de esta memoria.

#### 4.3.6 Purgadores

En los puntos altos de la salida de las baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga, constituidos por botellines de desaireación (con un volumen útil mínimo de 100 cm<sup>3</sup>) y purgadores automáticos.

#### 4.3.7 Sistema de control

El sistema de control actuará en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación, asegurando el correcto funcionamiento de la instalación, obteniendo un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando también un uso adecuado de la energía auxiliar.

Estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2 °C.

Asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos, y que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura 3 °C superior a la de congelación del fluido.

Para esta instalación, se empleará el modelo LOGAMATIC SC 20 de la marca BUDERUS, así como las sondas de temperatura necesarias a lo largo del circuito.

### 4.4 Sistemas de medida

La instalación dispondrá de los suficientes aparatos de medida de presión y temperatura que permitan su correcto funcionamiento.

### 4.5 Sistema de energía convencional auxiliar

Se dispone un equipo de energía convencional auxiliar para complementar la contribución solar, suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista y garantizar la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

Este sistema convencional auxiliar está diseñado para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar y sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

En la instalación que nos ocupa, el sistema consiste en caldera individual modulante, sin acumulación, de gasóleo, que dispone de un termostato de control de temperatura, el cual, en condiciones normales de funcionamiento, permite cumplir la legislación vigente en cada momento, referente a la prevención y control de la legionelosis.

Se instalará una válvula termostática que permita mantener la temperatura de salida constante e igual a un valor dado, independientemente del caudal elegido y de la temperatura de entrada.

## **5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

### **5.1 Dimensionado básico**

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica, el Código Técnico de la Edificación exige que el método de cálculo especifique, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- a) la demanda de energía térmica
- b) la energía solar térmica aportada
- c) las fracciones solares mensuales y la fracción solar anual
- d) el rendimiento medio anual

En esta memoria se utiliza el método sugerido por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE: el método de las curvas f (f-CHART). Este método permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo, cumpliendo con lo exigido en la sección HE4 del documento básico de ahorro de energía del CTE.

Para emplear el método f-CHART se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

### **5.2 Demanda energética de ACS**

Dado que la utilización del edificio será permanente, se ha considerado un porcentaje de ocupación del 100 % durante todo el año.

De acuerdo al CTE en su Documento Básico HE Ahorro de Energía, Sección HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", en su apartado 3.1, para valorar las demandas se tomará como valor unitario de consumo 30 l/día por persona, por tratarse de una vivienda unifamiliar.

**Demanda de referencia, litros ACS/día a 60 °C (CTE DB-HE4)**

Viviendas unifamiliares	30 por persona
Viviendas multifamiliares	22 por persona
Hospitales y clínicas	55 por cama
Hotel ****	70 por cama
Hotel ***	55 por cama
Hotel/Hostal **	40 por cama
Camping	40 por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35 por cama
Residencia	55 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15 por servicio
Escuelas	3 por alumno
Cuarteles	20 por persona
Fábricas y talleres	15 por persona
Administrativos	3 por persona
Gimnasios	20 a 25 por usuario
Lavanderías	3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10 por comida
Cafeterías	1 por almuerzo

Dado que consta de 3 dormitorios, el número de usos asignados es de 4, por lo que el consumo diario de agua caliente total es de 120 litros.

Se ha elegido una temperatura de acumulación final de 60 °C, adecuada para el tratamiento de la legionela en depósitos acumuladores. Aunque el rendimiento de la instalación puede ser algo menor que considerando una temperatura de acumulación más baja, de esta forma puede garantizarse mejor la obtención de agua a 50 °C en los puntos de consumo, empleando menos energía auxiliar. Con una temperatura de acumulación diferente a 60 °C, la demanda energética se obtendría con la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T) \qquad D_i(T) = D_i(60^\circ\text{C}) \times \left( \frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

Donde:

- D(T): demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida
- D<sub>i</sub>(T): demanda de agua caliente sanitaria para el mes (i) a la temperatura T elegida
- D<sub>i</sub>(60 °C): demanda de agua caliente sanitaria para el mes (i), a la temperatura de 60 °C
- T: temperatura del acumulador final
- T<sub>i</sub>: temperatura media del agua fría en el mes (i)

El cálculo de la demanda energética se realiza mediante la siguiente expresión, para cada mes del año, expresado en kW h/mes:

$$DE_{\text{mes}} = Q_{\text{día}} \times N \times (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AF}}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

Donde:

- DE<sub>mes</sub>: demanda energética, en kW h/mes
- Q<sub>día</sub>: consumo diario de agua caliente sanitaria a la temperatura de referencia TACS, en l/día
- N: número de días del mes considerado
- TACS: temperatura de referencia utilizada para la cuantificación del consumo de agua caliente, en °C
- TAF: temperatura del agua fría de la red, en °C

Para los datos de la temperatura de agua de red y temperatura ambiente se consideran los datos del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar de baja Temperatura del IDAE. La localidad es Suances, y se aprovecharán los datos de referencia: altitud 69 m, latitud 43,5 ° y longitud 3,8 W.

#### Demanda energética mensual en kW h/mes

Mes	Nº días	Tª A.F.S.	DEmes
Enero	31	8	224,39
Febrero	28	9	198,78
Marzo	31	11	211,44
Abril	30	13	196,27
Mayo	31	14	198,50
Junio	30	15	187,92
Julio	31	16	189,87
Agosto	31	15	194,18
Septiembre	30	14	192,10
Octubre	31	13	202,81
Noviembre	30	11	204,62
Diciembre	31	8	224,39
<b>ANUAL</b>	<b>365</b>	<b>12,3</b>	<b>2425,28</b>
		°C	(kW ·h/mes)

### 5.3 Cálculo de la contribución solar

#### 5.3.1 Radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador

Para los datos de la radiación incidente y de los coeficientes correctores por inclinación se atiende a los datos del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar de baja Temperatura del IDAE. La inclinación del captador es de 45 ° y la orientación hacia el sur geográfico, con objeto de aprovechar la mayor intensidad de radiación, como se mencionó en el apartado 4.1.2 de esta memoria.

La radiación solar incidente ha sido disminuida para tener en cuenta las pérdidas calculadas en la sección 5.3.5.

#### Energía incidente mensual en kW h/m2

Mes	H	k	Po	Ps	El mes
Enero	5,0	1,45	0,00	1,51	61,54
Febrero	7,4	1,33	0,00	1,51	75,45
Marzo	11,0	1,19	0,00	1,51	111,11
Abril	13,0	1,05	0,00	1,51	112,12
Mayo	16,1	0,95	0,00	1,51	129,82
Junio	17,0	0,91	0,00	1,51	127,07
Julio	18,4	0,95	0,00	1,51	148,37
Agosto	15,5	1,06	0,00	1,51	139,46
Septiembre	13,0	1,24	0,00	1,51	132,41
Octubre	9,5	1,45	0,00	1,51	116,92
Noviembre	5,8	1,59	0,00	1,51	75,75
Diciembre	4,5	1,57	0,00	1,51	59,97
<b>ANUAL</b>	<b>11,3</b>	coeficiente	pérdidas	pérdidas	<b>1289,98</b>
	MJ/m2 · día	inclinación	orientación	sombras	kW ·h/m2

### 5.3.2 Características del captador solar

Tal como se indicó en el apartado 4.1.1, el captador seleccionado para esta instalación es un captador plano, con una superficie de captación útil de 2,11 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico del 83,8 % y coeficiente de pérdidas de 3,975 W·m<sup>2</sup>/°C.

### 5.3.3 Propiedades del fluido del circuito primario

De acuerdo al CTE, la instalación estará protegida contra congelaciones en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada, con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. El producto químico a emplear será no tóxico y tendrá un calor específico no inferior a 3 kJ/kg·K. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

La temperatura mínima histórica registrada en la zona es de -4 °C, y tal y como se indicó en el apartado 4.3.1, el fluido portador seleccionado será una mezcla de agua con un porcentaje neto en peso del 25 % de propilenglicol. Las propiedades del fluido del circuito primario son las siguientes:

#### Características del fluido del circuito primario

FLUIDO: 25% Propilenglicol, 75% Agua				
T	CP	K	MU	RHO
°C	kJ/kg°C	W/m·K	cP	kg/m <sup>3</sup>
20	3,969	0,487	2,926	1018,06
30	3,976	0,496	2,002	1014,23
40	3,986	0,504	1,423	1009,96
50	4,001	0,512	1,049	1005,18
60	4,019	0,520	0,819	999,82
70	4,038	0,528	0,684	993,87
80	4,060	0,537	0,603	987,31
Temperatura de congelación °C:				-9,6

El fluido de trabajo tendrá un pH a 20°C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) la salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 µS/cm
- b) el contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico
- c) el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l

### 5.3.4 Contribución solar mínima

Con respecto a la contribución solar mínima exigida en el Código Técnico de la Edificación, la localidad de Suances se sitúa en la zona climática I. Dado que el consumo diario está entre 50-5000 l/d y el apoyo se realiza con combustible definido como de caso general, la contribución solar mínima exigida será del 30 %.

**Figura 2. Distribución de zonas climáticas y situación de la instalación proyectada**

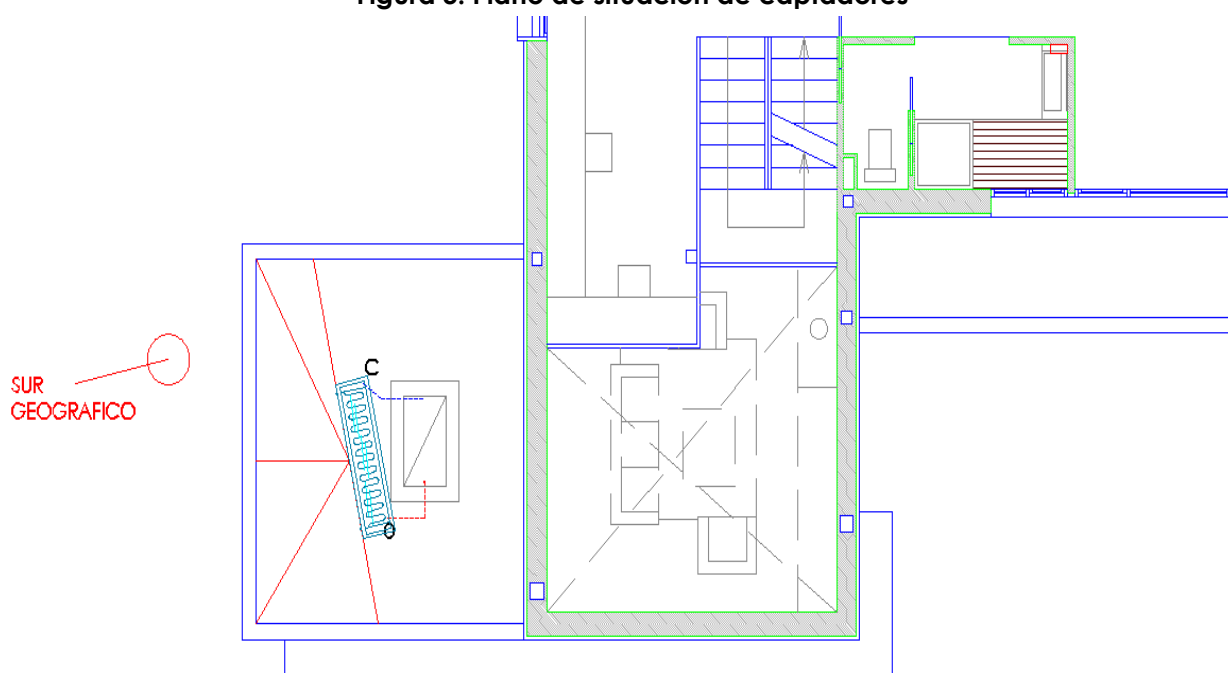


#### 5.3.5 Pérdidas por sombras, orientación e inclinación

En la ubicación prevista para el campo de captadores, se pueden producir pérdidas energéticas por sombras a los mismos, debido a los petos que delimitan la terraza donde se ubicará el sistema de captación.

La captación estará compuesta por un captador, estando su disposición condicionada para evitar al máximo las pérdidas por sombras (ver figura 3).

**Figura 3. Plano de situación de captadores**



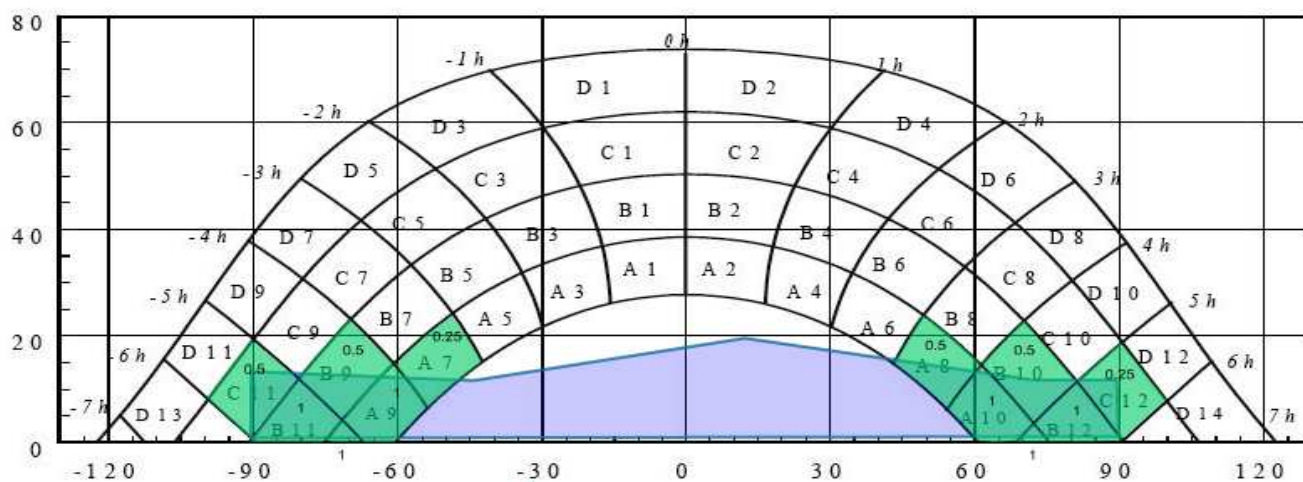
A partir de esta situación de captadores y obstáculos, se calculan las pérdidas energéticas por sombras, según el método indicado en el CTE, resultando ser del 1,51 %.

**Figura 4. Pérdidas por sombras**

PERDIDAS POR SOMBRAS

1.51 %

CONTINUAR



Los captadores se instalarán con orientación hacia el sur geográfico, con objeto de aprovechar la mayor intensidad de radiación. La inclinación adoptada será de 45 °, resultando unas pérdidas por orientación del 0,59 %, como se comprueba a continuación.

El método de cálculo f-CHART tiene en cuenta la radiación recibida en este ángulo y por tanto se calculará esta pérdida energética, pero no se considerará en el método f-CHART, con el objeto de no penalizar con este valor dos veces.

**Figura 5. Pérdidas por orientación e inclinación**

