

PROYECTO DE INSTALACION ACS SOLAR EN VIVENDA UNIFAMILIAR

1-Memoria técnica:

-Datos de partida	1
-Calculo de la carga de consumo	2
-Dimensionado de la superficie de captadores.....	3
-Dimensionado del volumen del acumulador	6
-Selección de la configuración básica del proyecto.....	7
-Selección del fluido caloportador.....	7
-Diseño del sistema de captación.....	8
-Diseño del sistema de intercambiador-acumulación.....	9
-Diseño del circuito hidráulico	9
-Tuberías	9
-Bomba de circulación.....	13
-Vaso de expansión.....	14
-Purgadores y desaireadores	15
-Sistema de regulación y control	15
-Aislamiento.....	16

2- Presupuesto

3- Estudio de viabilidad económica

4- Manual:

- Operaciones de mantenimiento a realizar por el usuario
- Operaciones de mantenimiento a realizar anualmente por personal especializado

5- Pliego de condiciones técnicas

-Descripción de las obras.....	1
-Colectores	1
-Depósito de acumulación.....	1
-Tuberías de circuitos y demás elementos.....	1
-Recepción colectores-estructura	1
-Condiciones que deben satisfacer los materiales.....	2
-Materiales	2
-Reconocimiento de los materiales	2
-Ejecución de las obras	2
-Obras	2
-Replanteo.....	2
-Desperfectos en las propiedades colindantes.....	2
-Mediciones y valoraciones.....	3
-Replanteo.....	3
-Abono de las obras.....	3
-Comienzo de las obras	3
-Responsabilidades en la ejecución.....	3

6- Esquemas y Planos

MEMORIA

DATOS DE PARTIDA

El objeto de este proyecto es dotar de una instalación para el calentamiento de agua sanitaria por medio de energía solar a una vivienda unifamiliar situada en Boadilla del Monte en la provincia de Madrid.

La unidad familiar esta compuesta por 5 miembros que habitan la vivienda los 12 meses del año.

La vivienda es de tipo chalet, construida en la década de los ochenta. Consta de tres plantas y sótano, con cubiertas inclinadas de teja vieja, una de las cuales presenta una orientación próxima al sur en la que se instalaran los colectores. No hay objetos que puedan proyectar sombra sobre la superficie de los colectores.

La casa esta dotada de una caldera para calefacción y ACS de propano, la cual consta de un acumulador para el agua caliente.

Esta vivienda no fue pensada para albergar una instalación de estas características y la disposición de los espacios para albergar los diferentes componentes están muy alejados entre si, lo que obliga al empleo de grandes longitudes de tubería

CALCULO DE LA CARGA DE CONSUMO

Se estima un consumo de agua caliente de 70 litros = 0,07 m³ por persona y día

El consumo total diario en será pues de 0,07 x 5 = 0,35 m³ por día. Tomaremos como temperatura de consumo 45º C

Con los datos disponibles procedemos al cálculo de la hoja de carga (cálculo de las necesidades térmicas para cada mes)

	1	2	3	4	5	6
	OCUPACION %	CONSUMO MENSUAL (m3)	TEMPERATURA DE RED	SALTO TERMICO	NECESIDAD ENERGETICA EN TERMIAS	NECESIDAD ENERGETICA MENSUAL MEGAJULIOS
ENERO	100	10.85	6	39	423.1	1770.2
FEBRERO	100	9.8	7	38	372.4	1558.1
MARZO	100	10.85	9	36	390.6	1631.1
ABRIL	100	10.5	11	34	357	1493.6
MAYO	100	10.85	12	33	358.05	1498.08
JUNIO	100	10.5	13	32	336	1405.8
JULIO	100	10.85	14	31	336.3	1407
AGOSTO	100	10.85	13	32	347.2	1452.6
SEPTIEMBRE	100	10.5	12	33	346.5	1449.7
OCTUBRE	100	10.85	11	34	368.9	1543.4
NOVIEMBRE	100	10.5	9	36	378	1581.5
DICIEMBRE	100	10.85	6	39	423.15	1770.4

En la cual:

- La primera columna representa el porcentaje de ocupación de la vivienda en cada mes
- La segunda columna el consumo de agua caliente al mes en metros cúbicos
- La tercera hace referencia a la temperatura media del agua de red en la provincia de Madrid, (tabla 5 del capítulo 2.1.4)
- La cuarta columna representa el salto térmico, diferencia de temperatura entre el agua de red y la temperatura del agua de consumo. (45 grados)
- La quinta y sexta columnas representan el aporte energético necesario para elevar el volumen de agua consumido a la temperatura requerida. Dichas cantidades se han calculado aplicando la fórmula

$$Q = M C_e \Delta t$$

siendo:

M masa

C_e calor específico

Δt incremento de temperatura

DIMENSIONADO DE LA SUPERFICIE DE CAPTADORES

Para el cálculo de la superficie de captadores emplearemos el programa informático Censol 5.0 (© Progensa 1998-2005) considerando los siguientes datos de partida:

- La inclinación se ha tomado igual a la de la cubierta en que se instalarán los colectores, siendo esta de 21 grados. La óptima para esta instalación se calcula igual a 50 grados, pero debido al excesivamente negativo impacto estético que produciría la colocación de los soportes que garantizaran dicha inclinación, se optó por dejar la inclinación de la cubierta.
- La desviación con respecto al Sur geográfico se ha medido en 24 grados. Dentro de los límites permitidos por el RITE
- Para Corrección de H y para el porcentaje de pérdidas globales, se han tomado los valores generales, es decir 1.00 y 15 respectivamente
- El consumo diario por persona y día se ha tomado igual a 70 litros
- Para el campo de colectores se ha seleccionado el modelo de colector NORDSOL1, homologado por la UE según normativa ISO-9806-1, que tiene un área de captación de 2,01 y unos valores b = 0.83 y m = 4.80

Con estos datos obtenemos los siguientes resultados:

Programa Censol 5.0 (© Censolar): «solar térmica (A.C.S.)»

Nombre del proyecto: (sin nombre)

Ubicación: MADRID

Latitud (°): +40

Inclinación (°): 21

Desviación N-S (°): 24

Corrección de H: 1.00

Pérdidas globales (%): 15

Tª de acumulación (°C): 45

Consumo diario (l): 350

Parámetro b del colector: 0.83

Parámetro m del colector: 4.80

Superficie del colector (m²): 2.01

Proceso numérico del cálculo general:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ENE:	100	10.9	6	39	425	1776	57	6.70	6.70	1.26	7.8	8.00
FEB:	100	9.8	7	38	372	1555	56	10.60	10.60	1.21	11.8	9.00
MAR:	100	10.9	9	36	392	1639	53	13.60	13.60	1.15	14.4	9.00
ABR:	100	10.5	11	34	357	1492	50	18.80	18.80	1.08	18.7	9.50
MAY:	100	10.9	12	33	360	1505	49	20.90	20.90	1.03	19.8	9.50
JUN:	100	10.5	13	32	336	1404	47	23.50	23.50	1.01	21.8	9.50
JUL:	100	10.9	14	31	338	1413	46	26.00	26.00	1.03	24.6	9.50
AGO:	100	10.9	13	32	349	1459	47	23.10	23.10	1.09	23.2	9.50
SEP:	100	10.5	12	33	346	1446	48	16.90	16.90	1.17	18.2	9.00
OCT:	100	10.9	11	34	371	1551	50	11.40	11.40	1.27	13.3	9.00
NOV:	100	10.5	9	36	378	1580	53	7.50	7.50	1.33	9.2	8.00
DIC:	100	10.9	6	39	425	1776	57	5.90	5.90	1.32	7.2	7.50

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ENE:	271	6	69.1	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0	1776
FEB:	364	8	48.8	29.2	3.45	2.93	82.0	632	41	923
MAR:	444	11	36.8	41.2	5.93	5.04	156.2	1204	73	435
ABR:	547	13	28.1	49.9	9.33	7.93	237.9	1833	100	0
MAY:	579	18	22.4	55.6	11.01	9.36	290.2	2237	100	0
JUN:	637	23	16.6	61.4	13.39	11.38	341.4	2631	100	0
JUL:	719	28	11.3	66.7	16.41	13.95	432.4	3332	100	0
AGO:	678	26	13.5	64.5	14.90	12.67	392.8	3027	100	0
SEP:	562	21	20.5	57.5	10.46	8.89	266.7	2055	100	0
OCT:	410	15	35.1	42.9	5.71	4.85	150.3	1158	75	393
NOV:	319	11	51.2	26.8	2.47	2.10	63.0	486	31	1094
DIC:	267	7	68.3	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0	1776

Demanda anual (MJ): 18596

Producción anual (MJ/m²): 2413

Superficie colectora (m²): 7.7

Nº de colectores: 4

Déficit energético (MJ): 6397

Aportación solar (%): 65.6

Donde:

Columna 1 a 6: Coincide con los puntos 1 a 6 de la hoja de carga del primer punto

Columna 7: Necesidad energética diaria en Megajulios

Columna 8: Valor de H = Energía incidente solar en Megajulios en un m² horizontal

Columna 9: Valor de H corregido dependiendo condiciones ambientales, para esta instalación no se altera el valor de la columna 8

Columna 10: Valor del coeficiente de corrección K para una latitud L= +40 y una inclinación 21

Columna 11: $E = 0.94KH$

Columna 12: Numero de horas de sol útiles

Columna 13: Intensidad media útil I , en W/ m², se obtiene dividiendo la columna 11 (pasada a julios) entre la columna 12 (pasada a segundos)

Columna 14: temperatura ambiente durante las horas de sol (tabla 4 capítulo 2.1.4)

Columna 15: Parte de la ecuación de rendimiento $100m (45-t_a)/I$

Columna 16: Rendimiento real del colector expresado en %. Se calcula a partir del rendimiento teórico

$$\text{Rendimiento} = 100 [0.83 - 4.8 (t-t_a)/I] = 83 - 480 (t-t_a)/I$$

Al tratarse de un colector con cubierta destinado a la obtención de ACS el factor b (83) se corrige multiplicando por 0.94.

Columna 17: aportación energética por cada m² de colector (producto de las

Columnas 11 y 16, esta ultima previamente dividida entre 100)

Columna 18: producto de las columna 17 por 0.85 factor corrector que tiene en cuenta las pérdidas del acumulador

Columna 19: Energía neta disponible al mes por m²

En este punto ya es posible calcular el área de superficie colectora necesaria. Para ello dividimos los valores de la suma de la columna 6 entre los de la suma de la columna 9, cuyo resultado es 7.7 m². Como cada colector tiene una superficie de 2,01 m², serian necesarios 3.8 colectores, que por redondeo situaremos en 4 colectores.

La superficie colectora real de la instalación es de $4 \text{ colectores} \times 2,01 \text{ m}^2 = 8,04 \text{ m}^2$

Columna 20: Se obtiene multiplicando la superficie real de colectores por la energía neta que produce cada m^2 disponible para el consumo (columna 19)

Columna 21: % de sustitución. Representa el tanto por ciento de la necesidad energética que es satisfecha por la aportación solar $(\text{columna } 20 / \text{columna } 6) \times 100$

Columna 22: Déficit energético. $\text{Columna } 6 - \text{Columna } 20$. representa la energía auxiliar que hay que aportar los meses en los que la energía solar no es suficiente para cubrir el total de la necesidad.

La suma de los valores de la columna 22 representa la energía auxiliar que necesitaremos en un año. La proporción de energía auxiliar total necesaria será igual a: 34,4%

Déficit energético (Suma columna 22) = 6399 MJ

Demanda energética (suma columna 6) = $2413 \times 4 = 9652 \text{ MJ}$

$$6399 / 9652 = 0,34 \times 100 = 34\% \text{ de déficit energético.}$$

Por lo tanto el ahorro energético debido al aporte solar será:

$$\text{Aporte solar} = 100 - 34 = 66\%$$

DIMENSIONADO DEL VOLUMEN DEL ACUMULADOR

Para dimensionado del acumulador aplicaremos la recomendación según el punto 5 (3.2.5) que sitúa el volumen idóneo en 70 litros por m^2 de colector

Teniendo en cuenta que la instalación constara de una superficie total de colectores de $8,04 \text{ m}^2$, el volumen del acumulador será por tanto $8,04 \times 75 = 603$ litros. Elegiremos un acumulador de 600 litros.

SELECCIÓN DE LA CONFIGURACION BASICA DEL PROYECTO

La instalación constara de las siguientes características:

- Circulación forzada por medio de un electrocirculador.
- Sistema de intercambiador de calor en el acumulador solar. Imposibilidad de uso del sistema directo debido a los altos riesgos por congelación en invierno, siendo además este sistema desaconsejado desde el punto de vista sanitario
- Sistema con dos acumuladores:
 - El primero acumula la energía solar procedente de los colectores

- Un segundo, alimentado por el primero, ubicado en la caldera central de la casa, es en el que se aplica la energía auxiliar de gas propano de la caldera

Si el aporte solar es suficiente el agua caliente del acumulador solar pasara directamente al consumo. En caso de aporte solar insuficiente, el agua precalentada del acumulador solar pasará al acumulador de la caldera en el que se aportara la energía necesaria para lograr la temperatura necesaria

- Circuito primario cerrado

SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR

Debido a la climatología del lugar, con alto riesgo de heladas en invierno, se ha optado por un sistema con circuito primario cerrado con intercambiador de calor.

El fluido caloportador que circulara por el circuito primario será una mezcla de agua y anticongelante (propilenglicol). La proporción de anticongelante lo determinara la temperatura mínima que deba de soportar la instalación.

La temperatura mínima histórica en Madrid es de -16 grados, no obstante dotaremos al sistema de la capacidad para soportar 5 grados por debajo de esta temperatura mínima histórica es decir -23 grados. Para ello, necesitaremos una proporción del 40 % según la tabla de 13(3.2.2). En dicha proporción el calor específico para una temperatura de 45 grados es de 0.91 Kcal/kg por grado centígrado y la viscosidad de 1.8 centipoises.

En el rango de temperaturas de trabajo de la instalación, el calor específico no bajara de los 0.8 Kcal/kg por grado centígrado.

DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION

Como ya se mencionó los colectores se instalarán con una inclinación de 21 grados y una orientación 24 grados desviado con respecto al Sur

El modelo de colector elegido es el NORDSOL 1 comercializado en España por Europea de Técnicas ambientales SL. Que presenta las siguientes características:

- Ecuación del rendimiento. = $0,826 - 4,80 (t_m - t_a) / I$
- Producción máxima diaria: 13,7 kWh
- Tamaño exterior: 106 cm x 205 cm x 8 cm.
- Tamaño útil de captación: 2,01 m²
- Absorbedor: Plancha canalizada DE ALTA RESISTENCIA de acero INOX. A.I.S.I. 316 de 2 x 0,7mm, construcción en canales en laberinto (entrecruzados), ideal para instalación en vertical o apaisada.
- Capa selectiva: Óxido de Níquel sin Cromo (ecológica; la misma que se utiliza

- para los paneles solares en los vuelos espaciales y que aguanta temperaturas de más de 300°C.)
- Capacidad térmica: 22,1kJ/°K
 - Absortividad: 0,98
 - Emisividad: 0,11
 - Juntas: Butilo y silicona de alta resistencia.
 - Ventilación interna: natural a presión atmosférica
 - Peso vacío: 49 kg.
 - Contenido líquido: 2,4 litros. (1,194 litros/ m²)
 - Aislamiento posterior: 50 mm lana de roca. (Rockwooll)
 - Aislamientos laterales: 20 mm lana de roca.
 - Vidrio especial: templado (endurecido) de 3,2 mm de espesor y con bajo contenido de hierro, prismático extra blanco.
 - Marco: Acero inox. A.I.S.I. 304.
 - Fondo: Chapa aluminio.
 - Conexiones: 2 de 50mm x Ø15mm para uniones a presión tipo Conex / bicono.
 - Ubicación de las conexiones: En diagonal
 - Orificio interno para sonda: opcional de Ø 6 mm.
 - Presión de prueba constante: 2,5 bar
 - Presión de funcionamiento: 1,5 bar (recomendado)
 - Caudal recomendado: 2,4 litros por minuto

Los cuatro paneles se disponen en serie, formando un circuito se retorno invertido.

Los colectores se fijaran con tornillería de acero inoxidable, sobre 5 muretes de hormigón armado. De dimensiones 200 cm x 20 cm x 20 cm.

DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIADOR - ACUMULACIÓN

Según se calculo en un punto anterior necesitamos un acumulador de 600 litros. Optaremos por sencillez, por un acumulador que incluya intercambiador. Se ha elegido el modelo de acumulador SB 600 AC de STIEBEL ELTRON el cual presenta las siguientes características:

- Capacidad: 600 litros
- Altura: 1.65 m
- Diámetro con aislamiento: 0,95 m
- Peso en vacío: 160 Kg
- Espesor del aislamiento 100 mm
- Superficie intercambiador: 2,3 m²
- Dotado de instalación de sondas para regulación de temperatura
- Sistema de apoyo de resistencia eléctrica

Se aconseja que la superficie del intercambiador se sitúe entre 1/4 y 1/3 de la relativa a los colectores. Tendiendo en cuenta que la superficie de captadores es de 8 m², la superficie de intercambio deberá situarse entre 2 y 2,6 m², requisito que cumple este acumulador.

DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRAULICO

Tuberías

El material utilizado para las tuberías será el cobre tanto en el circuito primario como en el secundario

Para calcular el diámetro de las tuberías utilizaremos la siguiente expresión

$$D = j.C^{0.35}$$

De donde:

$$\begin{aligned} D &= \text{Diámetro en cm} \\ C &= \text{Caudal en m}^3/\text{h} \\ J &= 2.2 \text{ para tuberías metálicas.} \end{aligned}$$

Para calcular el diámetro hemos de obtener previamente el caudal al que trabajara la instalación. El fabricante de los paneles recomienda un caudal de 2,4 litros/minuto en los casos en que el fluido caloportador sea el agua. En el caso de nuestra instalación, dicho valor habrá que dividirlo entre el calor específico de la mezcla de agua y anticongelante por lo tanto:

$$2,40/0,91=2,64 \text{ litros/min} \times 4 \text{ paneles} = 10,56 \text{ l/min} = 0,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

A continuación ya obtenidos los datos procedemos a resolver la ecuación antes planteada

$$D = 2,2 \times 0,63 \text{ elevado a } 0,35 = 1,87 \text{ cm} = 18,7 \text{ mm}$$

Tomaremos la tubería normalizada de 18/20 mm. Esta estimación coincide con la recomendación de la tabla 11 de (3.2.4)

A continuación se ha de comprobar que con el diámetro escogido cumplen las siguientes condiciones:

- La pérdida de carga por metro lineal de tubo no supere los 40 mmcda
- La velocidad de circulación del liquido ha de ser inferior a 1,5 m/s
- La pérdida de carga total del circuito no ha de superar los 7 mcd

Para determinar la pérdida de carga debida al rozamiento y la velocidad del fluido caloportador acudimos al ábaco de la figura 9.1, en el cual obtenemos una pérdida de carga de 35 mmcda. Como el fluido utilizado es diferente al agua hemos de aplicar un factor corrector igual a la raíz cuarta del cociente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a la temperatura considerada, en nuestro caso 45 grados. El factor de corrección que obtenemos al realizar dicho cálculo es 1,35 por lo tanto:

$$35 \times 1,35 = 47.25 \text{ mmcda}$$

Valor que excede de los 40 mmcda por metro, lo cual no es válido, tendremos pues que recurrir a un diámetro de tubería normalizada superior, en este caso se ha calculado que el mas adecuado, tras realizar estimaciones con otros diámetros, es de 26/28, que en la tabla de la figura 9.1 nos da un valor de perdida de carga de 5.5 mmcda por metro lineal

Al aplicar el factor de corrección por ser un fluido diferente al agua da un valor de:

$$5.5 \times 1.35 = 7.42 \text{ mmcda valor ya inferior a } 40 \text{ mmcda y por lo tanto aceptable}$$

En el mismo ábaco obtenemos también una velocidad de circulación de $v = 0.35 \text{ m/s}$ que también cumple los requisitos

Para hallar la pérdida de carga total de las tuberías lineales multiplicamos el valor de perdida de carga por metro líneal de tubería por los metros totales de la instalación:

$$7.42 \times 59 = 438 \text{ mmcda} = 0.43 \text{ mcda}$$

A continuación procedemos a calcular la pérdida de carga total de la instalación que es el resultado de la suma de la perdida de carga lineal ya calculada mas la perdida de carga de las singularidades.

Para estimar la perdida de carga de las singularidades, reduciremos cada una de ellas a longitud equivalente de tubería. Las longitudes equivalentes de cada singularidad se han tomado de la tabla 9 del capítulo 3.2.4.

SINGULARIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE	CANTIDAD	TOTAL
Derivación en T	2.2	13	28.6
Codos de 90 grados	1.5	17	25.5
Llaves de bola	1	4	4
Válvula antirretorno	10	2	20
Entrada acumulador	1.5	1	1.5
Salida acumulador	1	1	1

TOTAL 80.6

La pérdida de carga de las singularidades es:

$$80.6 \times 25.65 = 2067.39 \text{ mmcda} = 2.06 \text{ mcda}$$

la pérdida de carga total será pues de :

$2.06 + 0.43 = 2.49$ mcda valor que cumple con los requisitos al ser inferior a 7 mcda

Tal como se indica en las especificaciones técnicas, el circuito hidráulico cumplirá las siguientes condiciones:

- Trazado de tuberías con retorno invertido para garantizar que el caudal se distribuya uniformemente entre los captadores.
- Bomba de circulación en línea, en la zona más fría del circuito y en tramo de tubería vertical.
- El vaso de expansión se conectará a la aspiración de la bomba.
- El circuito irá provisto de válvulas de seguridad taradas a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes.
- Se colocarán sistemas antiretorno para evitar la circulación inversa y en la entrada de agua fría del acumulador solar.
- El circuito incorporará un sistema de llenado manual que permitirá llenar y mantener presurizado el circuito.
- Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. Estas válvulas independizarán baterías de captadores, intercambiador de calor, acumulador y bomba.
- Se instalarán válvulas de corte a la entrada de agua fría y salida de agua caliente del depósito de acumulación solar.
- Se instalarán válvulas que permitan el vaciado total o parcial de la instalación.
- En cada zona de la batería de captadores en la que se hayan situado válvulas de corte se instalarán válvulas de seguridad.
- En los puntos altos de la salida de baterías de captadores se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.
- En el trazado del circuito se evitan en lo posible los sifones invertidos y caminos tortuosos que faciliten el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos de la instalación.
- Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de la circulación.
- Las tuberías y accesorios se aislarán y protegerán con materiales que cumplan las normas especificadas.

Bomba de circulación

Realizamos un cálculo aproximado de la potencia del electrocirculador mediante la siguiente expresión:

$$P = \text{Caudal} \times \text{perdida de carga de la instalación} = P = C \times \Delta p$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga acudiremos a los datos suministrados por los fabricantes de los diferentes componentes:

- Colectores: el fabricante nos proporciona el dato de 275 mm CA a 20°C con el caudal recomendado. Como disponemos de 4 paneles es paralelo emplearemos la siguiente expresión:

$$\Delta p_t = \Delta p \frac{N(N+1)}{4}$$

Siendo Δp_t = pérdida carga total grupo

Δp = pérdida de carga de un panel

N = Número de colectores

Por lo tanto $\Delta p_t = (275 \times 4 \times 5) / 4 = 1375 \text{ mmca}$

- Intercambiador: el fabricante del acumulador nos proporciona una pérdida de carga para el intercambiador de 280 hectopascascales = 2800 mmca

la pérdida de carga total que ha de vencer el electrocirculador será pues de:

$$2.49 + 2.8 = 5.28 \text{ mca} \times (9800 \text{ N/m}^2) / 1 \text{ Mca} = 51842 \text{ N/m}^2$$

Despejando en la ecuación anteriormente mencionada.

$$C = 0.63 \text{ m}^3/\text{h} = 0.000175 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$P = 0,000175 \times 51842 = 9.07 \text{ W}$$

Este valor simboliza la potencia teórica. Dado que se trata de un electrocirculador de pequeña potencia, la potencia real será aproximadamente un 75 % mayor. Procederemos a calcularlo con la siguiente expresión:

$$P_n = P / 0.75 = 9 / 0.75 = 36 \text{ W}$$

Colocaremos entre la tubería de aspiración y la de impulsión de la bomba, un manómetro en by-pass, para poder medir la pérdida de carga de la instalación.

Vaso de expansión

Emplearemos en la instalación un vaso de expansión cerrado, que dimensionaremos mediante la siguiente expresión:

$$V = V_t (0,2 + 0,01h)$$

Siendo:

V_t = Capacidad total circuito primario

h = diferencia de altura entre el punto más alto del campo de colectores y del vaso de expansión

a continuación procedemos a calcular la capacidad aproximada del circuito primario en sus diferentes elementos:

- Colectores: el fabricante nos remite a una capacidad de 2.4 l por unidad
 $2.4 \times 4 = 9.6$ litros
- Intercambiador: Según las especificaciones técnicas proporcionados por el fabricante la capacidad del intercambiador térmico es de 1,7 litros
- Volumen de las tuberías: con una tubería de diámetro interno de 26 mm y una longitud de 59 m hallaremos la capacidad mediante las siguientes expresiones:

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 \times 0,00169 = 0,00053 \text{ m}^2$$

$$V = S \times h$$

$$V = 0,00053 \times 59 = 0.0312 \text{ m}^3$$

$$0.0312 \text{ m}^3 = 31.27 \text{ litros}$$

por lo tanto la capacidad total será aproximadamente de:

$$31,2 + 9,6 + 1,7 = 42,5 \text{ l}$$

Teniendo en cuenta que el valor de $h = 6,3$ estamos en disposición de calcular el volumen del vaso de expansión:

$V = 42,5 (0,2 + 0,01 \times 6,3) = 11.2 = 12$ litros elegiremos el vaso de expansión que mas se aproxime a este volumen.

Purgadores y desaireadores

El sistema dispondrá de un sistema de purga de aire en la parte mas elevada de la batería de colectores. El volumen útil del botellín de desaireación será de 15 cm³ por cada m² de colector. En la instalación que nos ocupa será por tanto:

$$15 \times 8 = 120 \text{ cm}^3$$

SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL

El sistema de regulación dispondrá de los siguientes elementos:

- Sistema de control
- 3 termostatos situados: 1 en la salida de los colectores, 2 situado antes de la válvula de conmutación, 3 en el acumulador
- Válvula de conmutación

El termostato montado sobre el colector (1) pone en marcha la bomba de circulación y el sistema de control cuando la diferencia de temperatura entre el sensor.1 y 2 es de 6 grados.

La válvula de conmutación se encuentra inicialmente en la posición tal que cierra el paso al circuito del intercambiador- acumulador. Tan pronto como la temperatura media dada por la sonda de salida (2) supere la temperatura regulada para el acumulador (3) en 6 grados, la válvula motorizada abre el paso directo para transmitir el calor a este último

El modelo de sistema de regulación escogido será el SOM 7/2, de STIEBEL ELTRON que presenta de las siguientes características:

- 3 sondas de temperatura PT 1000 de 6 mm de diámetro
- Tensión de servicio- 210..250 V (AC) 50/60 Hz
- Carga máxima de los contactos- 2 x 1.6 A
- 2 Contactos de conexión /Relé
- Altura 102 mm
- Anchura. 150 mm
- Profundidad 52 mm
- Peso 0,4 Kg
- Caja de plástico empotrable.

AISLAMIENTO

El aislamiento térmico de tuberías y otros elementos del circuito primario se realizarán con espuma elastomérica

El espesor del aislamiento será de 20 mm en tramos interiores y de 30 mm en tramos exteriores. (Tabla 4 del capítulo 3.2.8).

Estas son las características del material aislante seleccionado:

- Temperatura límite = 105°C
- No vulnerable a la corrosión.
- Comportamiento ante el fuego: autoextinguible.
- Resistencia mecánica media
- Muy resistente al agua
- Peso específico = 60 kg/m³
- Coeficiente de conductividad = 0.035 W/m²K a los 20°C

La espuma elastomérica sufre degradación al exponerse a las radiaciones UV del sol, por lo que es necesario proteger las partes instaladas a la intemperie con una imprimación que suministra el fabricante (Armaflex).

PRESUPUESTO

Partida 1: Material Solar

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
4	Colector Solar NORDSOL 1	763,6	3054,4

TOTAL : 3054,4

Partida 2 : Material Hidráulico

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Deposito acumulador SB 600 AC de STIEBEL ELTRON	2637,0	2637,0
1	Vaso de expansión 12 CMF-SO 12 litros capacidad	24,0	e24,0
1	Bomba de Circulación UPC 40-120 Grundfos	338,6	338,6
2	Termómetro de esfera	14,0	28,0
2	Válvulas de seguridad timbradas a 2 y 4 atmósferas respectivamente	10,0	20,0
4	Válvulas de aislamiento de bolas	8,50	119,0
4	Válvulas antirretorno	10,0	40,0
1	Manómetro	17,5	17,5
1	Codo purgador y botellón desaireador	85,0	85,0
15 litros	Líquido anticongelante (Propilenglicol) 20 litros	88,0	88,0
59 metros	Tubería de cobre de 26/28	3,82	229,2
12 metros	Tubería de cobre de 16/18	2,55	30,6
	Diverso material de conexionado (codos, uniones en T etc..)	60,0	60,0

TOTAL : 3716.9

Partida 3 : Material Eléctrico

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Regulación del sistema SOM 7/2 de STIEBEL ELTRON	508,00	508,00
	Diverso material Eléctrico	60,0	60,0

TOTAL : 568.0

Partida 4: Material Aislante

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
29 m	Coquilla Armaflex de 20 mm	6,0	174,0
40 m	Coquilla Armaflex de 30 mm	11,0	440,0
5 m2	Plancha 25 mm AF Armaflex	8,00	40,0
3 litros	Adhesivo Armaflex	10,0	30,0
5 litros	Pintura Armafinish		21,07
	Material diverso para el aislamiento		30,0

TOTAL : 735,0

Partida 5: Instalación y puesta en Marcha

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Mano de obra	700	700
	Bancada de hormigón para sujeción colectores	120	120

TOTAL : 820,0

Partida 6: Transporte

Nº UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Transporte a obra	400	400

TOTAL : 400,0

Resumen

Partida 1: Material Solar:	3054,4
Partida 2: Material Hidráulico:	3716,9
Partida 3: Material eléctrico:	568,0
Partida 4: Material aislante	735,0
Partida 5: Instalación y puesta en Marcha	820,0
Partida 6: Transporte	400,0
Precio total:	9294,3

Precio total: 9294,3 + IVA (16%) = 10781.3 Euros

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA

El estudio de la rentabilidad de la instalación se ha realizado utilizando el programa informático CENSOL 5.0 (© Progensa 1998-2004) cuyos parámetros y el resultado de los cálculos se detallan a continuación:

Programa Censol 5.0 (© Censolar): «análisis económico»

Nombre del proyecto: (sin nombre)

Vida útil de la instalación (años): 20

Energía anual ahorrada o vendida (u.e.): 260

» Precio (u.m/u.e): 0.87

»» Incremento anual (%): 20.0

Inversión diferencial (u.m): 10781.3

Mantenimiento anual (u.m.): 200

Índice anual de inflación (%): 06.0

Interés anual del dinero (%): 04.0

Columna 1: año

Columna 2: ahorros o ingresos netos generados

Columna 3: beneficio neto referido al primer año

01:	59	-10724
02:	101	-10631
03:	153	-10495
04:	217	-10310
05:	295	-10067
06:	392	-9758
07:	510	-9370
08:	654	-8893
09:	829	-8310
10:	1042	-7606
11:	1301	-6761
12:	1614	-5752
13:	1994	-4555
14:	2452	-3139
15:	3006	-1470
16:	3674	492
17:	4480	2792
18:	5451	5482
19:	6622	8625
20:	8031	12290

Retorno de la inversión (años): 16

Tasa de rentabilidad interna (%): 9.4

Obtenemos una amortización de la inversión en 16 años, dato aceptable teniendo en cuenta que se trata de una instalación realizada en una casa ya construida y no pensada para instalaciones de este tipo. Con una tasa de amortización interna del 9,4 % dato también aceptable.

Sin embargo el mayor beneficio que se obtiene es el relativo al del impacto medioambiental, ya que esta instalación ayuda a reducir considerablemente la producción de gases contaminantes en la producción de ACS, aprovechando un recurso inagotable como es la energía solar.

No obstante el retorno en el promedio de las instalaciones de este tipo en España va de 4 a 7 años. Pese a las especialmente desfavorables condiciones de la instalación se consigue una amortización

OPERACIONES DE MANTENIMIENTO A REALIZAR POR EL USUARIO

El usuario debe realizar las siguientes operaciones de control y mantenimiento al menos una vez al mes:

- Comprobar la presión del circuito. Ésta comprobación ha de realizarse en frío, preferiblemente a primeras horas de la mañana. Cuando la presión baje de 1.5 kg/cm² deberá proceder al rellenado del circuito hidráulico o ponerse en contacto con la empresa con la que tenga contratada el mantenimiento.
- Purgar el sistema, eliminando la posible presencia del aire en los botellines de desaireación.

Es recomendable que el usuario se familiarice con las siguientes operaciones básicas de actuación sobre el sistema:

- Llenado del circuito.
- Arranque y parada del sistema.
- Operación sobre los termostatos de control

OPERACIONES DE MANTENIMIENTO A REALIZAR ANUALMENTE POR PERSONAL ESPECIALIZADO

Operaciones imprescindibles de mantenimiento:

- Control anual de anticongelante.
- Comprobación de la presión y llenado del circuito.
- Purgado del circuito.(incluido cebado de la bomba)
- Comprobación de la presión del aire del vaso de expansión.
- Calibración del sistema de control.
- Comprobación del funcionamiento automático de la bomba.

Además se inspeccionarán visualmente y comprobarán:

- Los colectores.
- El aislamiento.
- Válvulas manuales.
- Ruido de la bomba.
- Tuberías.

PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

1. COLECTORES

Los colectores serán suministrados en jaulas de madera adecuadas para su traslado o elevación mediante carretillas elevadoras.

Las jaulas se almacenarán depositándolas sobre suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, se cubrirán las jaulas para protegerlas del agua de lluvia.

En el caso de que los colectores, una vez desembalados y previamente a su montaje sobre los perfiles de apoyo, deban ser dejados de forma interina a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de inclinación de 20º y máximo de 80º, con la cubierta de cristal orientada hacia arriba. Se evitará la posición horizontal y vertical.

Hasta que los colectores no estén llenos de fluido caloportador es conveniente cubrirlos, a fin de evitar excesivas dilataciones.

2. DEPÓSITO ACUMULADOR

Se instalará este en el cuarto del sótano de la vivienda sujeto a los tacones de la pared mediante espárragos roscados.

En espera de su instalación, puede ser almacenado horizontal o verticalmente en el suelo sin desembalar para evitar golpes.

3. TUBERÍAS DE CIRCUITOS Y DEMÁS ELEMENTOS

Serán todos ellos de primera calidad, evitando que en el almacenamiento de espera para su instalación estén éstos en cualquier lugar expuestos a daños por golpes o descubiertos de su embalaje de fábrica.

4. RECEPCIÓN COLECTORES-ESTRUCTURA

El hormigón empleado como base de sustentación de los colectores deberá cumplir que el árido empleado sea limpio, suelto y áspero, exento de sustancias orgánicas o partículas terrosas, para lo cual si es necesario se tamizará y lavará convenientemente con agua potable. El cemento debe ser lento, de marca de fábrica y perfectamente seco, su peso específico debe ser como mínimo de 3.05 kg/dm³ y la finura de molido, residuo del 5% en el tamiz de 900 mallas y del 20% en el de 4900. Los redondos para armar el hormigón serán de acero A-41.

CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS MATERIALES

1. MATERIALES

Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida casa comercial. Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

2. RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES

Los materiales serán reconocidos en obra antes de su empleo por la dirección facultativa, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra.

El contratista proporcionará a la dirección facultativa muestra de los materiales para su aprobación. Los ensayos y análisis que la dirección facultativa crea necesarios, se realizarán en laboratorios autorizados para ello.

Los accesorios, codos, latiguillos, racores, etc. serán de buena calidad y estarán igualmente exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales empleados

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

1. OBRAS

Las obras se ejecutarán de acuerdo con lo expuesto en el presente proyecto y a lo que dictamine la dirección facultativa.

2. REPLANTEO

El replanteo de las instalaciones se ajustará por el director de la obra, marcando sobre el terreno claramente todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del contratista y según proyecto.

El contratista facilitará por su cuenta todos los elementos que sean necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de la invariabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.

3. DESPERFECTOS EN LAS PROPIEDADES COLINDANTES

Si el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que restaurarlas a su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar.

MEDICIONES Y VALORACIONES

1. REPLANTEO

Todas la operaciones y medios auxiliares que se necesite para los replanteos serán de cuenta del contratista, no teniendo por este concepto derecho a indemnización de ninguna clase. El contratista será responsable de los errores que resulten de los replanteos con relación a los planos acotados que el director de la obra facilite a su debido tiempo.

2. ABONO DE LAS OBRAS

Se abonarán al contratista las obras que realmente ejecuta con sujeción al proyecto aprobado, las modificaciones debidamente autorizadas y que se introduzcan, y las órdenes que le hayan sido comunicadas por el director de la obra.

Si en virtud de alguna disposición del director de la obra, se introdujera alguna reforma en la misma que suponga aumento o disminución del presupuesto, el contratista queda obligado a ejecutarla con los precios que figuran en el presupuesto del contrato y de no haberlos se establecerán previamente.

El abono de las obras se efectuará en la recepción de las mismas.

3. COMIENZO DE LAS OBRAS

El contratista deberá comenzar las obras a los quince (15) días de la firma del contrato y en su ejecución se ajustará a los planos que le suministre el director de la obra.

El se sujetará a las Leyes, Reglamentos, Normas y Ordenanzas vigentes, así como los que se dicten durante la ejecución de las obras.

4. RESPONSABILIDADES EN LA EJECUCIÓN

El contratista es el único responsable de la ejecución de las obras que haya contratado. No tendrá derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudieran costarle los materiales ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción, siendo todas ellas de su cuenta y riesgo e independiente de la inspección del director de la obra.

Será asimismo responsable ante los tribunales de los accidentes que por su inexperiencia o descuido ocurran en la construcción de la instalación, en cuyo caso, si no fuese persona competente en los trabajos, tendrá obligación de hacerse representar por otra que tenga para ello los debidos conocimientos.