



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Industrial

**PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS
INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A
PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN
EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA
SOLAR**

Autor: Álvaro Sánchez Martín

Tutor: Alberto Sánchez Patrocinio

Septiembre 2017

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A
PROVEER DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR

“A mi esposa, por su paciencia y comprensión; a mi tutor, por su ayuda imprescindible y a todos aquellos que han confiado en mí durante esta etapa”

RESUMEN

En el presente trabajo se procederá a realizar todos los cálculos necesarios para el correcto dimensionamiento de una instalación de aprovechamiento de energía solar térmica para agua caliente sanitaria, con apoyo de caldera de gas natural.

En una primera etapa se efectuará el cálculo de las necesidades energéticas de la instalación: demanda energética de las viviendas, cálculo del aporte mínimo de energía solar necesario y determinación de la superficie de captación necesaria para cubrir la contribución solar mínima.

Se comprobará si dicha superficie de captación necesaria puede instalarse en la superficie real de captación disponible, es decir, su viabilidad desde el punto de vista técnico. Si es viable, se escogerán los captadores que tengan una buena relación calidad/precio, de entre alguna marca reconocida que ofrezca suficientes garantías, y con unas características acordes a la instalación que se quiere proyectar.

Cuando ya se tenga seleccionado el captador idóneo, se mostrará la energía obtenida mensualmente a través de él, la fracción de energía obtenida respecto a la energía necesaria para producir toda la demanda de A.C.S, y el aporte de energía del sistema auxiliar.

En una segunda etapa se dimensionará la instalación con los siguientes puntos:

- *Sistema de captación:* donde se establecerá el modo de conexión o configuración del campo de captadores solares y la estructura metálica donde irán soportados. Así mismo, se establecerá el tipo de anticongelante que debe llevar el fluido caloportador y se realizará el dimensionamiento de las tuberías a partir de la pérdida de carga de todos los elementos de la instalación, la elección del aislamiento térmico adecuado, selección de las válvulas necesarias, del vaso de expansión y de los electrocirculadores, estos últimos de especial importancia, ya que deben poseer las características técnicas y la potencia eléctrica apropiadas para la instalación que se proyecta. Se estudiará

qué sensores deben añadirse y dónde deben colocarse para que la instalación funcione correctamente, así como los componentes necesarios para protegerla frente a posibles sobrecalentamientos y heladas.

- *Sistema de acumulación e intercambio:* donde se determinará el tipo y capacidad del depósito de acumulación del ACS a utilizar y el modo de conexión a la instalación, si va a ser con intercambiador de calor interno o, por el contrario, se utilizará intercambiador de calor externo, qué tipo, potencia y número de intercambiadores utilizar, así como el diámetro de las tuberías de conexión, aislamiento, válvulas y bombas circuladoras.
- *Sistema apoyo convencional:* compuesto por el circuito de energía auxiliar y sus componentes. Se estudiará la forma de conexión con el circuito termosolar.
- *Sistema electrónico de regulación y control:* donde se elegirá el sistema necesario para controlar y optimizar el funcionamiento de toda la instalación termosolar. Este sistema debe asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones, haciendo que se consiga un aprovechamiento óptimo de la energía solar recogida por los captadores y proporcionando un uso adecuado de la energía auxiliar. Será capaz de controlar el funcionamiento hidráulico del circuito primario y del secundario, así como los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas, antirretorno, etc.

El sistema de control y regulación permite que nunca se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales y componentes de los circuitos, además de asegurar que en ningún punto de la instalación la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

El sistema de control se realiza por control diferencial de temperaturas, a través de un dispositivo electrónico que debe llevar, como mínimo:

- Dos sondas de temperatura. Una colocada en la parte superior de los captadores y otra en la zona inferior del depósito de acumulación.
- Una salida de relé, hacia la bomba o bombas de circulación.

Debe asegurarse que el edificio en estudio tenga una instalación eléctrica adecuada, que pueda proporcionar servicio a todos los elementos del sistema que lo necesiten: válvulas motorizadas, bombas de circulación, centralita de control, termostatos diferenciales y protecciones catódicas si las hay.

Todos los elementos que necesiten energía eléctrica para su funcionamiento deben disponer de una línea de alimentación debidamente dimensionada y protegida, con sus interruptores magnetotérmicos y diferenciales ubicados en el cuadro eléctrico correspondiente.

Además, se realizará un presupuesto de ejecución de la instalación, un estudio de amortización o rentabilidad de la misma y un estudio de la gestión de los residuos generados por la realización de la instalación.

CONTENIDO GENERAL

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

ANEXO I: CÁLCULOS

ANEXO II: PLANOS

ANEXO III: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

ANEXO IV: GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº 2: PRESUPUESTO Y AMORTIZACIÓN

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

DOCUMENTO Nº 4: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Contenido

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.....	1
1. EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN ESPAÑA.....	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	3
3. OBJETIVO DEL TRABAJO	6
4. TITULAR Y PETICIONARIO	7
5. SITUACIÓN	7
6. NORMATIVA	9
7. TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS	11
7.1. SEGÚN LA TEMPERATURA	11
7.2. SEGÚN OTROS FACTORES.....	12
8. SUBSISTEMAS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA.....	13
9. ELEMENTOS Y EQUIPOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA.....	15
9.1. CAPTADORES SOLARES PARA BAJA TEMPERATURA	15
9.1.1. <i>Captador solar térmico de tubos de vacío.....</i>	<i>15</i>
9.1.2. <i>Captador solar térmico de placa plana (c.p.p.).....</i>	<i>17</i>
9.1.2.1. Estudio energético del captador solar térmico de placa plana (c.p.p.).....	23
9.1.2.2. Temperatura interior del c.p.p.	26
9.1.2.3. Factor de eficacia del c.p.p.....	27
9.1.2.4. Rendimiento del c.p.p.....	28
9.1.2.5. Salto térmico del c.p.p.....	32
9.1.2.6. Conexionado de captadores.....	34
9.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	39
9.3. ACUMULADOR	44
9.4. BOMBAS O ELECTROCIRCULADORES	48
9.4.1. <i>Curvas del electrocirculador</i>	<i>52</i>
9.4.2. <i>Dimensionado del electrocirculador.....</i>	<i>56</i>
9.5. TUBERÍAS	58
9.6. VÁLVULAS Y OTROS COMPONENTES	59
9.7. LÍQUIDO ANTICONGELANTE	67

9.8. AISLAMIENTO TÉRMICO	69
9.9. REGULACIÓN Y CONTROL	71
9.10. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA HELADAS Y SOBRECALENTAMIENTOS	75
9.10.1. Protección contra heladas	75
9.10.2. Protección contra sobrecalentamientos	77
9.11. PROTECCIÓN CONTRA LA LEGIONELOSIS	78
10. CONCLUSIONES	79
11. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	80
12. CONVERSIÓN DE UNIDADES	82
 ANEXO I: CÁLCULOS	 83
1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	84
1.1. DATOS DE PARTIDA	84
1.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS	85
1.3. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	90
1.4. DEMANDA DE ENERGÍA TÉRMICA Y DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE NECESARIA	92
1.4.1. Método del factor de contribución solar (F-Chart)	104
1.5. SUPERFICIE DE CAPTADORES Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	112
1.6. SISTEMA DE INTERCAMBIO	115
1.7. CIRCUITO HIDRÁULICO	119
1.7.1. Circuito primario	119
1.7.1.1. Fluido caloportador	123
1.7.1.2. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito primario	128
1.7.1.2.1. Pérdidas de carga en los captadores	132
1.7.1.2.2. Pérdidas de carga en el intercambiador	134
1.7.1.2.3. Dimensionado del electrocirculador	135
1.7.1.2.4. Dimensionado del vaso de expansión	139
1.7.2. Circuito secundario	143
1.7.2.1. Fluido caloportador	144
1.7.2.2. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito secundario	145
1.7.2.2.1. Pérdidas de carga en el intercambiador	147
1.7.2.2.2. Dimensionado del electrocirculador	148
1.7.2.2.3. Dimensionado del vaso de expansión	149
2. AISLAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES	152

3. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL	154
4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD	158
4.1. DISIPADOR DE CALOR	158
4.2. VÁLVULAS	159
4.3. EQUIPOS DE MEDIDA	161
5. LÍNEA ELÉCTRICA.....	161
 ANEXO II: PLANOS.....	168
INDICE DE PLANOS.....	169
 ANEXO III: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	179
1. FICHAS TÉCNICAS CAPTADORES	180
2. FICHA TÉCNICA ACUMULADOR SOLAR	185
3. FICHA TÉCNICA FLUIDO ANTICONGELANTE	186
4. FICHAS TÉCNICAS INTERCAMBIADOR DE CALOR	187
5. FICHA TÉCNICA VASOS DE EXPANSIÓN.....	189
6. FICHA TÉCNICA ELECTROCIRCULADORES.....	190
7. FICHA TÉCNICA CENTRAL SOLAR DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	193
8. FICHA TÉCNICA DISIPADOR DE CALOR.....	194
 ANEXO IV: GESTIÓN DE RESIDUOS.....	195
1. GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS	196
 DOCUMENTO Nº 2: PRESUPUESTO Y AMORTIZACIÓN.....	198
1. PRESUPUESTO DE EQUIPOS Y MATERIALES	199
2. AMORTIZACIÓN	203

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....209

1. DISPOSICIONES PRELIMINARES	210
2. FASES PREVIAS AL INICIO DE LA INSTALACIÓN.....	211
3. PROVISIÓN DEL MATERIAL NECESARIO	213
4. CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	215
5. FASES DEL PROCESO DE MONTAJE.....	217
6. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN.....	220
6.1. OPERACIONES DE PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN	222
6.1.1. Llenado y limpieza de la instalación	222
6.1.2. Comprobación eléctrica de la instalación	224
6.1.3. Ajuste del caudal de los circuitos	225
6.1.4. Equilibrado de los circuitos	225
7. PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	227
7.1. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	227
7.2. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO O CALENTAMIENTO	227
7.3. PRUEBA DE CIRCULACIÓN DEL FLUIDO	228
7.4. PRUEBAS DE ACCESORIOS	228
8. AISLAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	229
9. ENTREGA DE LA INSTALACIÓN.....	230
10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	233
10.1. MANTENIMIENTO U OPERACIONES A REALIZAR POR EL USUARIO	235
10.2. MANTENIMIENTO A REALIZAR POR PERSONAL ESPECIALIZADO	236
11. LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS	241
11.1. AVERÍAS MÁS FRECUENTES EN LOS SISTEMAS SOLARES DE BAJA Tª	242
11.2. DETERIORO Y DEGRADACIONES DE INMEDIATA REPARACIÓN	247
11.3. OPERACIONES DE REVISIÓN DE COMPONENTES DEL CIRCUITO.....	247
11.4. DESMONTAJE DE UN CAPTADOR	250

DOCUMENTO Nº 4: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....251

1. OBJETIVO.....	252
-------------------------	------------

2.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION	253
2.1.	SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	253
2.2.	IDENTIFICACIÓN DE LOS AUTORES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	253
2.3.	PLAZO DE EJECUCIÓN	253
3.	RIESGOS.....	254
3.1.	RIESGOS GENERALES	254
3.2.	RIESGOS ESPECÍFICOS	255
4.	PREVENCIÓNES DE LOS RIESGOS	256
4.1.	PROTECCIONES INDIVIDUALES.....	256
4.2.	PROTECCIONES COLECTIVAS	257
5.	EJECUCIÓN DE LA OBRA	258
5.1.	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y DE LOS CAPTADORES	258
5.2.	MONTAJE DE LAS TUBERÍAS	260
5.3.	MONTAJE Y CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS-ELECTRÓNICOS.....	260
6.	MEDIOS AUXILIARES.....	261
6.1.	GRÚA.....	261
6.2.	ESCALERAS.....	263
6.3.	GRUPO ELECTRÓGENO	264
7.	FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES.....	264
8.	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	265
8.1.	BOTIQUINES.....	265
8.2.	ASISTENCIA A ACCIDENTADOS:	265
8.3.	RECONOCIMIENTOS MÉDICOS:	265
9.	ORDEN Y LIMPIEZA.....	266
10.	LIBRO DE INCIDENCIAS.....	266
11.	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	267
12.	DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	268

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Evolución de la superficie instalada de captadores solares térmicos de baja temperatura en España	2
Figura 2	Localización de Béjar	8
Figura 3	Ubicación del edificio objeto de estudio	8
Figura 4	Subsistemas de una instalación solar térmica de baja temperatura	14
Figura 5	Composición y funcionamiento captador de tubos de vacío	16
Figura 6	Detalle captador de tubos de vacío	16
Figura 7	Sistema de captadores de tubos de vacío	17
Figura 8	Tipos de captadores solares planos	18
Figura 9	Componentes de un captador solar plano	19
Figura 9 bis	Componentes de un captador solar plano	19
Figura 10	Tuberías en parrilla de tubos	21
Figura 11	Tuberías en serpentín	21
Figura 12	Componentes de la radiación solar	24
Figura 13	Curva característica de rendimiento de un captador solar térmico	29
Figura 14	Curva característica de rendimiento de diferentes captadores	29
Figura 15	Captadores en serie	35
Figura 16	Conexión paralelo con retorno invertido	37
Figura 17	Conexión paralelo con tubería exterior y retorno invertido	38
Figura 18	Conexión paralelo con tubería exterior equilibrada con válvulas	38
Figura 19	Conexión mixta	39
Figura 20	Acumulador con intercambiador de serpentín	40
Figura 21	Sistema con intercambiador de serpentín	40
Figura 22	Acumulador con intercambiador de doble pared	41
Figura 23	Intercambiador de placas	43
Figura 24	Sentidos de la circulación de los fluidos en intercambiador de placas	43
Figura 25	Detalle de placas	43
Figura 26	Sistema con intercambiador externo y dos bombas	44
Figura 27	Estratificación del agua en un acumulador	46
Figura 28	Volumen de acumulación óptimo en función de la temperatura de utilización requerida	48
Figura 29	Electrocirculador centrífugo	50
Figura 30	Elementos de un electrocirculador centrífugo	50
Figura 31	Curvas de un electrocirculador	53
Figura 32	Punto de trabajo de un electrocirculador	54
Figura 33	Electrocirculadores en serie	55
Figura 34	Electrocirculadores en paralelo	56

Figura 35	Relación entre las curvas de un electrocirculador y el caudal	57
Figura 36	Válvula de asiento	60
Figura 37	Válvula de compuerta	61
Figura 38	Válvula de esfera	61
Figura 39	Válvula de mariposa	62
Figura 40	Válvula reductora de presión	62
Figura 41	Válvula anti-retorno	63
Figura 42	Válvula de tres vías motorizada	64
Figura 43	Vaso de expansión cerrado	65
Figura 44	Purgador de aire	66
Figura 45	Curvas de congelación del propilenglicol y el etilenglicol	68
Figura 46	Punto de ebullición de la disolución acuosa de propilenglicol en función de la concentración	69
Figura 47	Termostato diferencial con tres sondas	72
Figura 48	Sistema con dos termostatos diferenciales	73
Figura 49	Centralita de regulación y control	73
Figura 50	Ejemplo bornes de conexiones en interior de una centralita	74
Figura 51	Mapa de zonas climáticas	90
Figura 52	Menú general de Censol 5.0	95
Figura 53	Gráficas de tabla 8	103
Figura 54	Familia de curvas para distintos valores de f	108
Figura 55	Aplicación web (online) para el cálculo de la contribución solar mediante el método f-Chart	109
Figura 56	Características del intercambiador de placas	117
Figura 57	Entradas y salidas del intercambiador de placas elegido	117
Figura 58	Parámetros definidos en la ecuación del rendimiento	118
Figura 59	Circuito primario	120
Figura 60	Esquema distribución de tuberías en la cubierta	122
Figura 61	Concentración de anticongelante (% en peso) en función de la temperatura de congelación	124
Figura 62	Curvas de la densidad de propilenglicol en función de la concentración y la temperatura	125
Figura 63	Curvas del calor específico del propilenglicol en función de la concentración y la temperatura	126
Figura 64	Curvas de la viscosidad del propilenglicol en función de la concentración y la temperatura	127
Figura 65	Fluido caloportador elegido	127
Figura 66	Pérdida por rozamiento (mm c- a. por m) para tubería de cobre	130
Figura 67	Pérdida de carga del captador solar	133
Figura 68	Características intercambiador de calor	134
Figura 69	Características bomba circuito primario	138

Figura 70	Vaso de expansión elegido	143
Figura 71	Circuito secundario	143
Figura 72	Caudal intercambiador escogido	144
Figura 73	Pérdida por rozamiento (mm c- a. por m) para tubería de cobre	145
Figura 74	Circuitos de un centro de control y regulación	157
Figura 75	Centralita de control y regulación	157
Figura 76	Disipador de calor dinámico	158
Figura 77	Captador de placa plana SRV 2.3	184
Figura 78	Depósito acumulador 2000 l. BDLE 2000	185
Figura 79	Propilenglicol para circuito primario	186
Figura 80	Intercambiador de placas IDS 14 – 20 H	188
Figura 81	Vaso de expansión cerrado 80 SMR - P	189
Figura 82	Características bomba U3 – 100/5 para cto. primario	190
Figura 83	Características técnicas bomba Wilo Stratos 25/1-8	192
Figura 84	Centralita solar DeltaSol BX	193
Figura 85	Disipador dinámico de calor BD 24	194



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación sistemas solares térmicos de baja temperatura	12
Tabla 2	Espesor mínimo del aislamiento térmico	70
Tabla 3	Demanda de referencia a 60 °C	86
Tabla 4	Temperatura media del agua de la red general (°C) para las capitales de provincia	87
Tabla 5	Ocupación según el nº de dormitorios para edificios de viviendas	88
Tabla 6	Cálculo de la demanda prevista anual	89
Tabla 7	Contribución solar mínima anual en % según la zona climática y el consumo de ACS diario	91
Tabla 8	Cargas de consumo para la instalación proyectada	95
Tabla 9	Número medio de horas diarias de sol útiles	97
Tabla10	Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C	98
Tabla11	Reporte de tabla 8	102
Tabla12	Temperaturas mínima y máxima registradas en Salamanca	123
Tabla13	Factores de corrección de la pérdida de carga para temperaturas distintas de 45 °C	128
Tabla14	Cálculo pérdida de carga en tuberías del circuito primario	131
Tabla15	Pérdida de carga total en circuito primario	135
Tabla16	Volumen fluido caloportador del circuito primario	140
Tabla17	Pérdidas de carga tuberías circuito secundario	146
Tabla18	Pérdidas de carga totales circuito secundario	148
Tabla19	Volumen fluido circuito secundario	150
Tabla20	Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios	153
Tabla21	Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios	153
Tabla22	Espesores de aislamiento en tuberías y elementos de la instalación	154
Tabla23	Valores de ajuste de los termostatos diferenciales	155
Tabla24	Intensidades máximas admisibles para conductores de cobre	167
Tabla25	Aplicación para estimar la gestión y el coste de los residuos generados	197
Tabla26	Presupuesto componentes circuito primario	199
Tabla27	Presupuesto componentes circuito secundario	200
Tabla28	Presupuesto conducciones	201
Tabla29	Presupuesto aislamiento conducciones	201
Tabla30	Presupuesto electroválvulas, aparatos de medida y elementos auxiliares	202
Tabla31	Presupuesto total materiales, equipo y mano de obra	203
Tabla32	Precio gas natural	204
Tabla33	Beneficio anual acumulado	207

DOCUMENTO N° 1

MEMORIA

THE UNIVERSITY OF
CHICAGO

1. EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN ESPAÑA

En España, el mercado para instalaciones de energía solar térmica empezó a evolucionar a principios de 1980, aunque debido al descenso de los precios de la energía y a la baja calidad y fiabilidad de las instalaciones por la poca experiencia que existía en el sector, pronto quedó estancado.

Ya a finales de los 90 se registró nuevamente un crecimiento del mercado, pues se pusieron en marcha diversos programas de subvenciones a nivel regional y local y el país creció económicamente, lo que dio lugar a la aparición de un sector más especializado de fabricantes e instaladores de energía solar térmica, sobre todo a partir del año 2000.

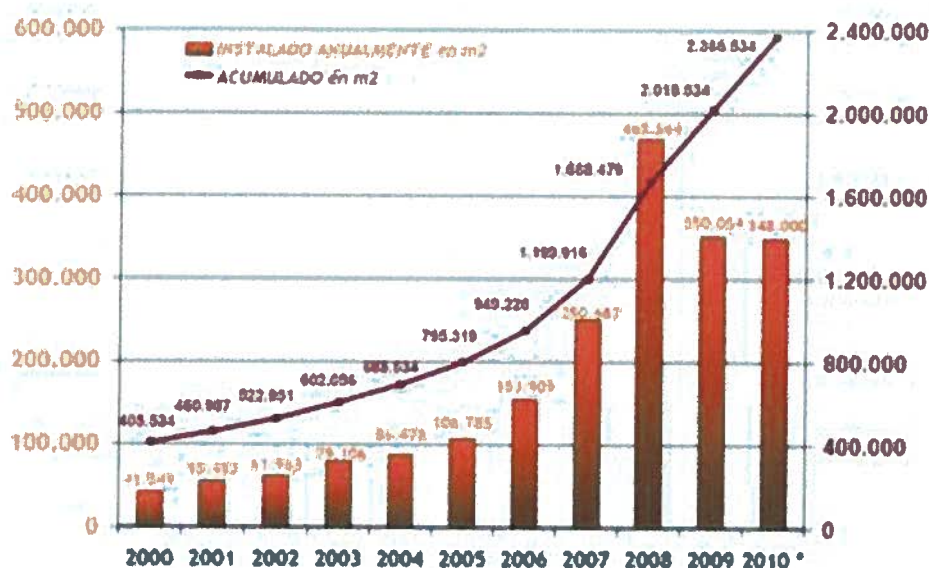


Fig. 1. Evolución de la superficie instalada de captadores solares térmicos de baja temperatura en España. IDAE.

Pero el factor decisivo que supuso un crecimiento del mercado con relativa continuidad fue la implantación del Código Técnico de la Edificación (CTE), que entró en vigor el 17 de marzo de 2006, a través de la aprobación del Real Decreto 314/2006. Dicho Código es de obligado cumplimiento en toda España, y en su

apartado HE4 relativo a *“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”* establece el marco legal de actuación para todo tipo de instalaciones de energía solar térmica. Esto supuso que, hasta finales del 2008 se produjera un crecimiento importante de la superficie instalada de captadores. Pero, lo que parecía el definitivo depegue de la solar térmica, se paralizó, e incluso entró en un estado de regresión debido, sobre todo, a la fuerte reducción en la construcción de viviendas de nueva edificación, con motivo de la crisis económica mundial.

No obstante, actualmente y una vez superada la crisis, se está produciendo, aunque lentamente, un repunte de este tipo de instalaciones. Además, la continua profesionalización de fabricantes, proyectistas e instaladores del sector conseguirá que los sistemas que se instalen sean de una alta fiabilidad, durabilidad y rentabilidad, de forma que se conviertan en habituales en nuestro país.

Actualmente, el desarrollo más importante de la energía solar térmica está ligado al sector de la edificación, ya que, como apuntamos anteriormente, las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE), obligan a realizar una instalación solar térmica que cubra entre el 30% y el 70% de la demanda de agua caliente sanitaria en nuevos edificios y rehabilitaciones de los antiguos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La disponibilidad en los hogares de agua caliente sanitaria (ACS) constituye, además de una exigencia mínima de bienestar, un privilegio, pues depende del consumo de agua y de energía, dos recursos cada vez más escasos.

Los sistemas para la producción de ACS deberían extenderse a la mayor parte de los hogares, evolucionando hacia una total incorporación y utilizando, en la medida de lo posible, energías limpias. En España, que depende casi por

completo de otros países para el abastecimiento de gas natural y petróleo, no tiene sentido que se esté desaprovechando un recurso tan abundante como la energía solar. Es necesario promover el uso de soluciones técnicas que ahorren agua y energía, y al mismo tiempo establecer políticas que promuevan la concienciación en los ciudadanos sobre la necesidad de usar racionalmente los recursos.

Los sistemas de producción de ACS se incorporan como un equipamiento más dentro de las viviendas, no dándoseles la importancia que realmente merecen.

Para un uso eficiente de los recursos, es necesario aplicar ciertos criterios para el consumo de ACS:

- La demanda de agua caliente debe ser la imprescindible para cubrir las necesidades.
- Debe hacerse un uso racional de este recurso.
- Hay que emplear procedimientos eficientes en la utilización del agua y en la conversión de la energía.
- Deben utilizarse energías renovables para cubrir la mayor parte de estas necesidades.

Estos criterios se plasman en el Documento Básico HE del CTE, sobre ahorro de energía:

“Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico "DB HE Ahorro de energía" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía."

"15.4 Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En los edificios, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, 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."

Las instalaciones de energía solar térmica para ACS, además de ser obligatorias, como prescribe el CTE, se justifican por muy diversas razones, de ahorro de energía, económicas y medioambientales, entre las que podemos citar:

- Garantizan en todos los casos el retorno de la inversión, al tener una vida útil media de 20 a 25 años.
- Una instalación solar térmica es una inversión segura, ya que se eliminan los costes por el aumento del precio de la energía. Además, la amortización de la inversión inicial, factor económico más importante de la instalación, se puede calcular con certeza en el momento de realizar la inversión, lo que no ocurre en las instalaciones convencionales que utilizan combustibles fósiles, pues el precio de éstos variará constantemente a lo largo de la vida útil de la instalación.
- Requieren un mantenimiento mínimo y un consumo de energía eléctrica muy reducido si se equipan con un buen sistema de regulación y control.
- Además de mejorar la imagen de los edificios donde se instalan, suponen un valor añadido de los mismos.

- Emplean una fuente energética prácticamente inagotable y reducen la factura del coste de energía de nuestro bolsillo y del País, representando una menor dependencia política y económica de otros países.
- Fomentan el desarrollo de diversas tecnologías, ya que las empresas fabricantes de equipos invierten más en I+D+i para crear mejores productos. Además, son necesarias empresas instaladoras fiables, llevando todo ello a la creación de nuevos puestos de trabajo y al progreso del país.
- Ayudan a prevenir el cambio climático, pues suministran energía sin emitir gases que provoquen el efecto invernadero.
- Indican una gran responsabilidad medioambiental y social.

A todas las razones expuestas más arriba, se suma el hecho de que la demanda de agua caliente sanitaria es prácticamente constante durante todo el año, lo que hace que la energía solar térmica se pueda aprovechar de manera muy eficiente.

Desde la entrada en vigor del CTE han ido en aumento las instalaciones multifamiliares, lo que ha supuesto el desarrollo de nuevos sistemas con rendimientos cada vez mejores. Esto ha posibilitado que la energía solar se pueda utilizar de manera eficiente, además de para el suministro de ACS, para las instalaciones de calefacción a baja temperatura, con porcentajes de ahorro considerables.

3. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo general del presente trabajo es realizar el diseño y los cálculos de una instalación solar térmica para producir el agua caliente sanitaria (en adelante ACS) necesaria para satisfacer las necesidades de un edificio de viviendas durante todo el año, con apoyo de caldera centralizada de gas, ya instalada, para el caso de escasa radiación solar o de una demanda de consumo superior a la prevista.

Para el correcto desarrollo del trabajo, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Cálculo de la demanda de ACS y energética del edificio de viviendas.
- Cálculo y diseño de la instalación solar con cada uno de los componentes de la instalación: captación, distribución, acumulación y seguridad.
- Análisis y dimensionado hidráulico de todos los circuitos de la instalación.
- Valoración económica del proyecto y análisis de la rentabilidad del mismo.

4. TITULAR Y PETICIONARIO

El trabajo tiene la naturaleza de proyecto técnico y ha sido encargado a D. Álvaro Sánchez Martín, por lo que éste será el responsable técnico del mismo.

Se ha realizado a petición de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar, para dar cumplimiento al capítulo IV del RD 1393/2007 en el que se establece la regulación de las enseñanzas universitarias oficiales de máster, y en el cual se especifica que “estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un trabajo fin de máster”.

5. SITUACIÓN

La instalación se realizará en Béjar, provincia de Salamanca, que posee las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 40° 23' 18" Norte.
- Longitud: 5° 45' 11" Oeste.



Fig. 2. Localización de Béjar.

<https://www.google.es/maps/>

El edificio de viviendas objeto del estudio se halla situado en la C/ Recreo nº 83 de Béjar y consta de 10 viviendas y planta baja. Su ubicación es la siguiente:



Fig. 3. Ubicación del edificio objeto de estudio.

Google Earth.

6. NORMATIVA

Para la realización del proyecto, es de aplicación la siguiente normativa:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) y sus Documentos Básicos HE, con especial hincapié en el HE4. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Pliego de Condiciones Técnicas de las instalaciones de energía solar térmica del IDAE.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Ley número 88/67 de 8 de noviembre: Sistema Internacional de Unidades de Medida SI.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.

- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

A continuación, se refiere otra normativa de consulta:

- UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-3: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.
- UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.

- UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- ISO 9488: Energía solar. Vocabulario.

7. TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Los sistemas que aprovechan la energía solar para producir agua caliente, se pueden clasificar, de forma general, en función de la temperatura que puede alcanzar el fluido caloportador de la instalación para conseguir los fines deseados.

Dentro de esta clasificación se encuentran los sistemas de baja temperatura, que son los utilizados, sobre todo, para fines residenciales, que a su vez se clasifican en función de varios factores.

7.1. Según la temperatura

En función de la temperatura de utilización del fluido caloportador, se clasifican en:

- Baja temperatura
- Media temperatura
- Alta temperatura

Los sistemas de *baja temperatura* utilizan el fluido a una temperatura igual o inferior a 100 °C. Sus aplicaciones se basan en la producción de agua caliente sanitaria, calefacción por suelo radiante, calentamiento de piscinas y gran

variedad de procesos industriales. Para estos sistemas se usan captadores solares planos, que son los más sencillos.

La captación a *media temperatura* está basada en captadores que utilizan un reflector, normalmente de tipo espejo, en el que se concentra la radiación solar, produciendo temperaturas del fluido alrededor de 300 o 400 °C, pudiendo producir vapor para procesos industriales o utilizándolo para la generación de energía eléctrica por accionamiento de una turbina en pequeñas centrales termoeléctricas.

Las instalaciones de *alta temperatura* se basan en captadores solares parabólicos, capaces de reflejar la radiación solar y concentrarla para calentar el fluido a temperaturas superiores a los 400 °C. Son utilizadas, al igual que las instalaciones de media temperatura, para la producción de energía eléctrica por medio de vapor que mueve turbinas, pero en este caso para grandes centrales termoeléctricas, así como para otras aplicaciones, tales como la destilación del agua del mar o para hornos solares.

7.2. Según otros factores

Los sistemas solares térmicos de baja temperatura, atendiendo a diversos factores, se pueden clasificar de la siguiente forma:

Tabla 1. Clasificación sistemas solares térmicos de baja temperatura. "Instalaciones de energía solar térmica en edificios de viviendas". Emilio Carrasco Sánchez.

Circulación del fluido	- <u>Por convección natural</u>: termosifón - <u>Por convección forzada</u>: bombeo
Sistema de intercambio	- <u>Sistemas directos</u>: el fluido del circuito primario es el mismo que el de consumo - <u>Sistemas indirectos</u>: existen dos circuitos, el primario y el secundario o de consumo, cuyos fluidos caloportadores

	son independientes. El intercambio de calor se realiza mediante un intercambiador	
Sistema de expansión	- <u>Abierto</u>: en comunicación directa con la atmósfera - <u>Cerrado</u>: circuito cerrado con vaso de expansión	
Acoplamiento entre componentes	- <u>Compacto</u>: captador y depósito en misma unidad - <u>Partido</u>: captador y depósito separados físicamente - <u>Integrado</u>: captador y depósito son el mismo componente	
Disposición de los componentes	Captador	- Horizontal - Vertical
	Acumulador o depósito	- Horizontal - Vertical
Sistema de energía auxiliar	- Instantáneo - En acumulador secundario	

8. SUBSISTEMAS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Los diferentes subsistemas que conforman una instalación solar térmica para ACS son los siguientes:

- **Subsistema de captación:** constituido por los captadores solares, también llamados colectores solares, que se encargan de transformar la radiación

solar incidente en energía térmica, incrementando la temperatura del fluido de trabajo que circula a través de ellos.

- **Subsistema de acumulación:** formado por el acumulador o depósito, que puede ser uno o varios, donde se almacena la energía térmica en forma de agua caliente hasta que es necesario su uso.
- **Subsistema de intercambio:** que se encarga de realizar la transferencia de energía térmica del fluido de trabajo de los captadores o circuito primario, al circuito secundario, es decir, al agua que se consume, siendo el elemento que lo lleva a cabo el intercambiador de calor.
- **Subsistema de transporte:** que hace circular el fluido de trabajo por el circuito primario hasta el sistema de acumulación y por el circuito secundario hasta los puntos de consumo de la instalación, estando formado por múltiples elementos como tuberías, válvulas, bombas, uniones, etc...
- **Subsistema de control y regulación:** encargado de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación, asegurando su máxima eficiencia y protegiéndola de los riesgos asociados a este tipo de instalaciones, tales como posibles sobrecalentamientos del sistema, congelaciones, etc...
- **Subsistema de energía de apoyo:** que puede existir o no dependiendo de la mayor o menor complejidad de la instalación. Su función es complementar el aporte solar garantizando el suministro de agua caliente en caso de baja radiación solar o de una demanda superior a la prevista.

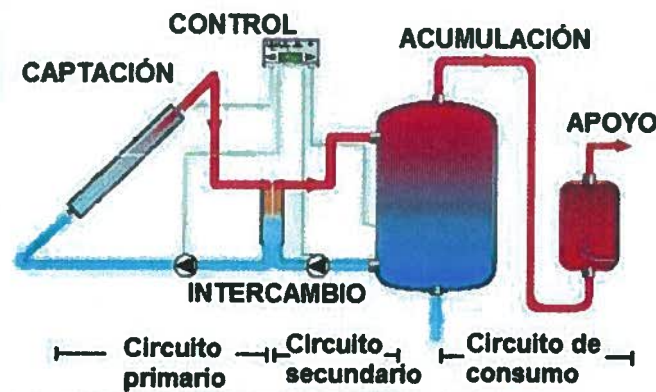


Fig. 4. Subsistemas de una instalación solar térmica de baja temperatura.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion27>

9. ELEMENTOS Y EQUIPOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

A continuación, se describirán los componentes que conforman cada uno de los subsistemas de una instalación solar térmica de baja temperatura.

9.1. Captadores solares para baja temperatura

Un captador o colector solar térmico es un dispositivo encargado de transformar las radiaciones solares en energía térmica, que se transmite a un fluido que circula por su interior.

En el mercado existen distintos tipos de captadores solares para aplicaciones de baja, media y alta temperatura, centrándonos en los primeros porque la aplicación que se va a desarrollar se basa en ellos, es decir, los de baja temperatura, cuyos principales representantes son los de tubos de vacío y los planos.

9.1.1. Captador solar térmico de tubos de vacío

Estos captadores se emplean en aplicaciones domésticas o industriales, para calentar el agua. La superficie captadora se compone de tubos dobles de vidrio oscuro que tienen una cámara de vacío en el medio del doble vidrio, pintado en su interior con una pintura de absorción solar, y dentro de estos tubos se encuentra otro de cobre por donde circula el líquido o fluido caloportador, que se calienta por las radiaciones que inciden en el de vidrio, reduciéndose la dispersión de calor al exterior gracias al vacío de los tubos. Por la forma cilíndrica de la superficie captadora, los rayos del sol siempre van a incidir

perpendicularmente, permitiendo eficiencias de hasta un 200% más que los paneles solares planos.

Por su gran rendimiento, son muy adecuados para zonas de baja radiación solar, donde se requieren captadores de muy alta eficiencia, pero tienen el inconveniente de su alto precio y su fragilidad.

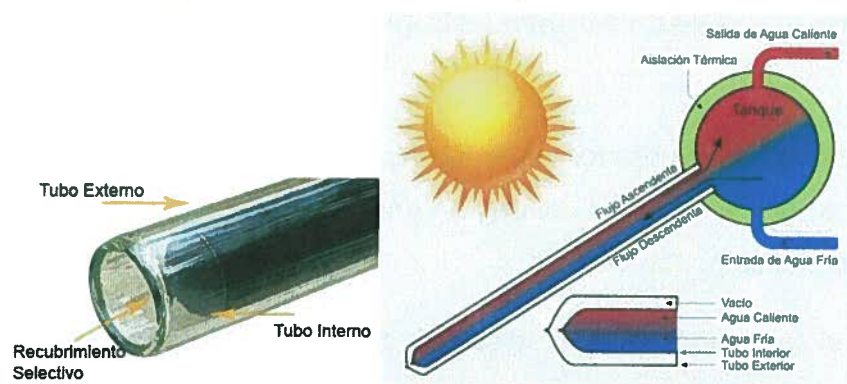


Fig. 5. Composición y funcionamiento captador de tubos de vacío.

<http://tipos-de-energia.blogspot.com.es/2006/02/energia-solar-termica.html>

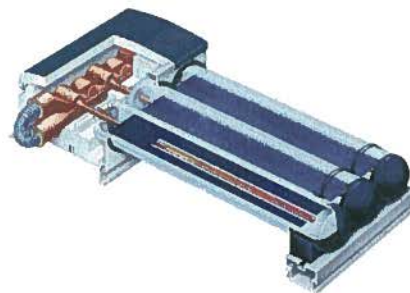


Fig. 6. Detalle captador de tubos de vacío.

<http://www.lansolar.com/paginas/tubo-vacio-solar-termica.html>



Fig. 7. Sistema de captadores de tubos de vacío.

<https://www.sialsolhome.com/energia-solar-termica/tubos-de-vacio/p1/>

9.1.2. Captador solar térmico de placa plana (c.p.p.)

Es el tipo de captador más utilizado para las instalaciones solares térmicas de baja temperatura, por su relación calidad - precio, su rendimiento, su robustez mecánica y su alta resistencia a las inclemencias atmosféricas.

Existen dos tipos de captadores solares planos de baja temperatura: captadores solares sin cubierta de vidrio y con cubierta de vidrio; los primeros no llevan una cubierta para aislar al captador de las condiciones atmosféricas, y es por esto que las pérdidas térmicas son bastante más elevadas que en los que si llevan cubierta. Los captadores no vidriados se fabrican con un material plástico, que lleva integrados una serie de tubos muy pequeños por los que circula el agua, que se calienta al recibir la radiación solar. Tienen un rendimiento muy bajo, por lo que las instalaciones que los llevan necesitan una gran superficie para conseguir las prestaciones que se desean, aunque esta desventaja es compensada por un menor coste. Se utilizan en aquellas aplicaciones en las que no se necesita alcanzar temperaturas altas, como por ejemplo para calentar el agua de piscinas.



Fig. 8. Tipos de captadores solares planos.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion27>

Los captadores planos con cubierta de vidrio disponen de una cubierta de cristal que los aísla del ambiente exterior, reduciéndose así las pérdidas de calor, a la vez que se favorece la producción del efecto invernadero dentro del captador. Esta tapa o cubierta de vidrio, está hecha de un vidrio templado resistente a impactos y a las oscilaciones térmicas. En este tipo de paneles, bajo la cubierta de cristal está la placa absorbedora, que es una placa metálica de color oscuro para mejorar la absorción de la radiación solar. Así, las radiaciones electromagnéticas de onda corta que inciden sobre el captador, atraviesan la cubierta de cristal, incidiendo sobre la superficie de la placa absorbedora y aumentando su temperatura. A su vez, la radiación que es reflejada por la placa absorbedora, se emite como radiación de onda larga, que son emisiones infrarrojas que no pueden atravesar la cubierta de cristal, quedando atrapadas en el interior del captador, aumentando la temperatura de la placa absorbedora.

Dentro de la placa absorbedora circula un fluido caloportador, formado por un líquido anticongelante que resiste las temperaturas extremas de la época invernal sin congelarse.

Un captador plano está compuesto de los siguientes elementos:

- Cubierta transparente de vidrio
- Placa o parrilla absorbedora
- Tuberías de cobre
- Fluido caloportador
- Aislamiento térmico
- Caja o carcasa

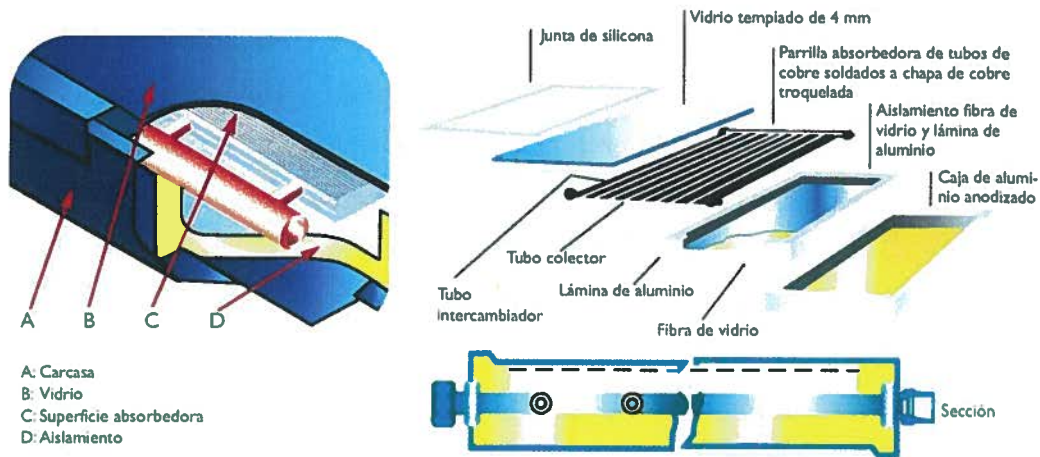


Fig. 9. Componentes de un captador solar plano.

<http://www.bioescuela.org.ar/2-4-1-energia-solar-termica/>

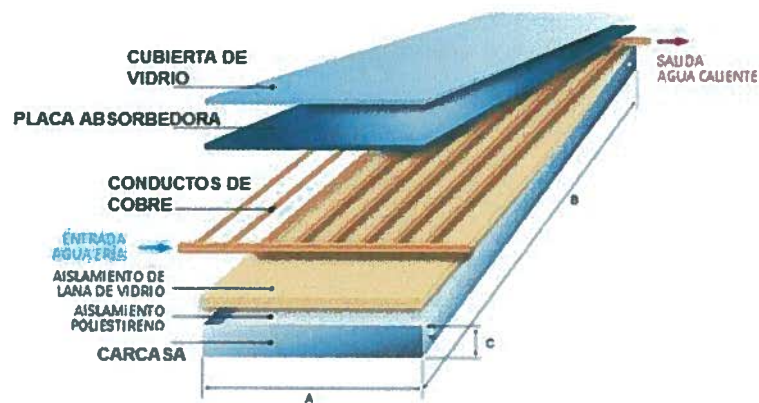


Fig. 9 bis. Componentes de un captador solar plano.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion27>

A continuación, se describirán las características de cada uno de los elementos citados.

Cubierta de vidrio

Elemento transparente que cubre la placa absorbedora, de vidrio templado de alta resistencia mecánica. Debe ser transparente a la radiación solar incidente, que es una radiación de longitud de onda corta, y mostrarse opaca a la radiación de calor emitida por la placa absorbedora, que es radiación de onda larga, para favorecer la generación del efecto invernadero.

Placa absorbedora

Elemento encargado de absorber la radiación solar y transferir su energía al fluido caloportador que circula por el interior de los tubos que van en contacto con ella. Es una lámina metálica, de cobre o aluminio, por debajo de la cual discurre un circuito de tuberías de cobre por los que circula el fluido térmico.

Lleva un tratamiento a base de pinturas negras, para mejorar la capacidad de absorción de radiaciones solares electromagnéticas de longitud de onda corta y disminuir la capacidad de emisión en longitudes de onda larga para que sea retenida la mayor parte del calor que desprende, que a su vez será transferido a un circuito de tubos de cobre adheridos a la placa por los que circula el fluido caloportador.

Tuberías de cobre

El circuito de tuberías puede encontrarse principalmente en dos configuraciones: en parrilla de tubos, como se muestra en la figura 10, o mediante serpentín, mostrada en la figura 11.

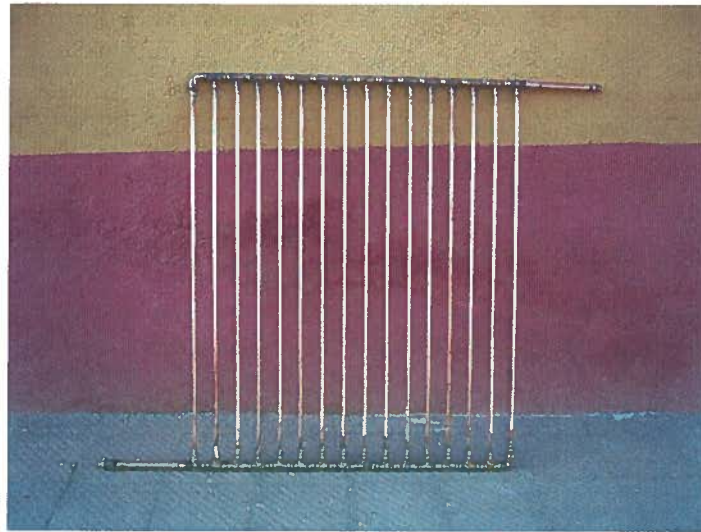


Fig. 10. Tuberías en parrilla de tubos.

<http://www.solarweb.net/forosolar/solar-termica/10160-construir-panel-energia-solar-calentar-agua-19.html>

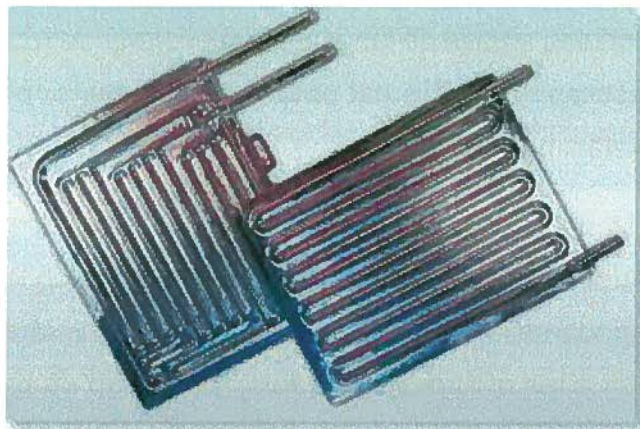


Fig. 11. Tuberías en serpiente.

<https://www.tranter.com/es/products/prime-surface-heat-exchangers>

Fluido caloportador

Se trata del fluido que circula a través del circuito primario, que discurre en gran parte por tuberías expuestas a la intemperie. Debe tener cualidades anticongelantes para que en invierno se mantenga en estado líquido, así como una alta capacidad de absorción y de transmisión del calor. Además, deberá

poseer otra serie de propiedades, como no ser corrosivo para los componentes de la instalación, no alcanzar el punto de ebullición en el rango de presión y temperatura de funcionamiento de la instalación y no ser tóxico para las personas en caso de fuga.

El más usado es el propilenglicol o etilenglicol, fabricado con una mezcla de agua y glicol a un 60/40%.

Aislamiento térmico

Con el objeto de minimizar las pérdidas de calor emitidas hacia el exterior, se dota a los captadores de un material aislante, colocado en el fondo de la caja o carcasa y por los lados de ésta, puesto que son las partes del captador por donde no es necesaria la captación de radiación solar. Para este fin se suelen emplear materiales a base de lanas minerales (lana de roca, fibra de vidrio) y de espumas plásticas derivadas del petróleo (poliuretano, poliestireno), así como resinas de melamina.

Estos materiales deben tener un coeficiente de aislamiento alto, conservar sus propiedades con el tiempo y el uso y mantenerse inalterables a la acción del calor, sin degradarse ni emitir gases que puedan ensuciar la cubierta de cristal y volverla opaca a las radiaciones solares, ya que en un captador, bajo la placa absorbedora, se pueden llegar a alcanzar temperaturas del orden de los 150 °C.

Caja o carcasa

La carcasa es el elemento que contiene todos los componentes del captador. Puede estar fabricada a base de aluminio anodizado, o de acero galvanizado, siendo las de aluminio más ligeras y resistentes a los agentes atmosféricos. La carcasa suele tener un marco que le proporciona mayor rigidez y además facilita su posterior fijación a la estructura de anclaje.

9.1.2.1. Estudio energético del captador solar térmico de placa plana (c.p.p.)

En este punto se estudiará el rendimiento que se puede obtener de un c.p.p., es decir, la relación existente entre la energía obtenida y la recibida, a partir de su balance energético, que es el siguiente:

$$Q_T = Q_U + Q_P$$

Siendo:

Q_T : energía incidente total (directa+difusa+albedo) en la unidad de tiempo.

Q_U : energía útil, que es la recogida por el fluido caloportador.

Q_P : energía perdida por disipación al exterior.

Antes de seguir, es necesario aclarar los conceptos citados sobre radiación solar:

La *radiación directa* es la que proviene directamente del sol.

La *radiación difusa* es aquella que proviene de la atmósfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En los días más soleados, sin nubes, esta radiación puede suponer aproximadamente el 15% del total, suponiendo en los días nublados un porcentaje bastante más alto.

La *radiación reflejada* es la que rebota o se refleja en la superficie terrestre, que depende de su coeficiente de reflexión, siendo solamente las superficies verticales las que reciben este tipo de radiación. Se llama *albedo* al porcentaje de radiación reflejada en una superficie respecto del total que incide sobre ella. Lógicamente, en las superficies claras el albedo es mayor que en las oscuras, y en las superficies brillantes mayor que en las mates.

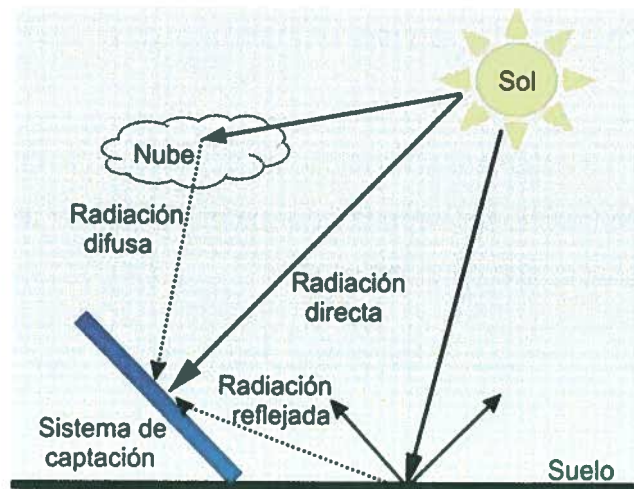


Fig. 12. Componentes de la radiación solar.

<http://www.academia.edu/>

Volviendo al balance energético del principio, despejando,

$$Q_U = Q_T - Q_P \quad [1]$$

Esta relación refleja que la energía útil del captador en la unidad de tiempo, viene dada por la diferencia entre la energía incidente sobre él y la perdida.

Seguidamente habrá que evaluar los términos Q_T y Q_P .

El valor de Q_T se define como el producto de la intensidad de radiación solar o irradiancia (I) por la superficie útil del captador (S): $I \cdot S$. No obstante, es necesario tener en cuenta la transmitancia τ de la cubierta y el coeficiente de absorción o absortancia α del absorbedor de la placa (datos que da el fabricante), pues no toda la energía que incide en la cubierta pasa hacia el absorbedor debido a que la transmitancia de la cubierta no es la unidad, ni toda la energía que logra pasar es recogida por el absorbedor debido a que su coeficiente de absorción, nunca llega a ser la unidad.

En definitiva, la fracción de energía que llega a ser realmente absorbida por la placa sería:

$$Q_T = \tau \alpha I S \quad [2]$$

Donde:

τ : coeficiente de transmisión o transmitancia de la cubierta transparente de vidrio.

α : coeficiente de absorción o absortancia de la placa absorbidora metálica.

I : radiación total incidente por unidad de superficie del captador solar térmico en W/m^2 .

S : superficie del captador en m^2 .

El cálculo de la energía perdida Q_P es muy complejo, ya que engloba pérdidas por convección, conducción y radiación en diferentes proporciones, pero se pueden englobar en un coeficiente que se mide experimentalmente y que da el fabricante del captador, conocido como *coeficiente global de pérdidas* (U).

La práctica ha demostrado que el suponer las pérdidas por unidad de superficie proporcionales a la diferencia entre la temperatura media de la placa absorbidora (t_c) y la del ambiente (t_a), utilizando como factor de proporcionalidad el coeficiente global de pérdidas (U), proporciona una buena aproximación para estimar las pérdidas (Q_P) de la placa o energía disipada fuera de ella. De esta forma se puede escribir:

$$Q_P = SU(t_c - t_a) \quad [3]$$

Sustituyendo [2] y [3] en [1]:

$$Q_U = \tau\alpha IS - SU(t_c - t_a)$$

Simplificando la ecuación:

$$Q_U = S[\tau\alpha I - U(t_c - t_a)] \quad [4]$$

Siendo:

Q_U : energía útil; la que pasa al fluido caloportador.

S: superficie del captador (m^2).

I: radiación incidente total sobre el captador (W/m^2).

τ : coeficiente de transmisión o transmitancia de la cubierta transparente de vidrio.

α : coeficiente de absorción o absorptancia de la placa absorbidora metálica.

U: coeficiente global de pérdidas del captador ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

t_c : temperatura media de la placa absorbidora ($^\circ C$).

t_a : temperatura ambiente ($^\circ C$).

9.1.2.2. Temperatura interior del c.p.p.

Cuando el sistema está en funcionamiento, es decir, el fluido circula por el interior de los tubos del captador, la temperatura del fluido caloportador no es igual en todas las partes de su superficie, por lo que será necesario referenciarla de una forma lógica y sencilla, para lo que se utilizará el concepto de la *temperatura media*, igual a la semisuma de las temperaturas del fluido de entrada y salida del captador:

$$t_m = \frac{t_e + t_s}{2}$$

Donde:

t_m : temperatura media del fluido caloportador

t_e : temperatura del fluido a la entrada del captador solar

t_s : temperatura del fluido a la salida del captador solar

Cuando un captador solar está en pleno funcionamiento, debe cumplirse que la temperatura del fluido a la salida sea mayor que la de entrada, pues de lo

contrario el fluido caloportador habría perdido energía, hecho que sucede, por ejemplo, si se hace circular por la noche o en un día muy nublado.

La temperatura media que se suele tomar es la del agua para su consumo, unos 45 °C si no se tiene en cuenta la época del año.

Existe otro concepto que interesa conocer, que es la temperatura de equilibrio estático, definida como la temperatura máxima que puede alcanzar el fluido en un captador solar y que se alcanza cuando el sistema está parado.

9.1.2.3. Factor de eficacia del c.p.p.

Conocido también como coeficiente de transporte, este factor se denota como F_R y se define como el intercambio de calor entre la placa absorbedora y el fluido caloportador. Es un factor de corrección que se introduce para poder sustituir la temperatura media de la placa absorbedora, difícilmente medible, por la temperatura media del fluido caloportador, fácilmente calculable, ya que en la temperatura de la placa intervienen muchos factores muy complejos que la hacen variar a lo largo de su superficie.

Este factor es siempre menor que la unidad y es función del caudal del fluido y de las características físicas y geométricas de la placa, debiendo incluirlo en la ecuación [4], que quedaría:

$$Q_U = F_R S [\tau \alpha I - U(t_m - t_a)] \quad [5]$$

En la que, realizando operaciones,

$$Q_U = S [F_R \tau \alpha I - F_R U(t_m - t_a)] = S [F_R \tau \alpha I - U_L(t_m - t_a)] \quad [6]$$

Que es la llamada *Ecuación de Bliss*, en la que $U_L = F_R U$

9.1.2.4. Rendimiento del c.p.p.

Llamado también *índice de eficacia* o simplemente *eficacia* del captador, es la relación entre la energía útil captada y la recibida en un instante de tiempo dado. Se obtiene a partir de las pruebas realizadas al captador en un banco de ensayos que simula las condiciones reales de funcionamiento. Viene dado por:

$$\eta = \frac{Q_U}{S \cdot I}$$

Lógicamente, si se multiplica el resultado por 100 lo tendremos en tanto por ciento. Si se sustituye Q_U por su valor en la ecuación de Bliss, el factor superficie del captador desaparece, obteniendo:

$$\eta = \frac{[F_R \tau \alpha I - U_L (t_m - t_a)]}{I}$$

Simplificando y agrupando términos:

$$\eta = F_R(\tau \alpha) - U_L \frac{(t_m - t_a)}{I} \quad [7]$$

Al producto $F_R(\tau \alpha)$ se le denomina *rendimiento óptico* del captador, representando el rendimiento que tendría suponiendo que no existiesen pérdidas térmicas de ningún tipo. Se observa claramente que el rendimiento del captador es directamente proporcional a la radiación solar que incida sobre él, pues el factor radiación está en el denominador, pero de un término que se resta, por lo que si la radiación crece, el término se hará más pequeño y el rendimiento será mayor.

Para un caudal determinado, si se suponen $\tau \alpha$ y U_L constantes, se puede expresar esta ecuación como la de una recta.

En efecto, $\eta = b - mx$ siendo:

$b = F_R(\tau \alpha)$, que representa la ordenada en el origen.

$m = U_L$, es la pendiente de la recta.

$x = \frac{(t_m - t_a)}{I}$, es la variable representada en el eje de abscisas.

Seguidamente, se representan las curvas, a modo de ejemplo, de captadores no concretos:

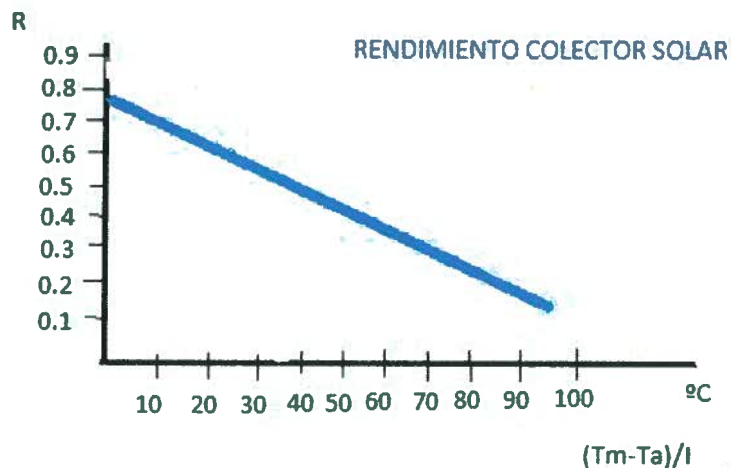


Fig. 13. Curva característica de rendimiento de un captador solar térmico.

<https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/01/31/conceptos-de-energia-solar-termica/>

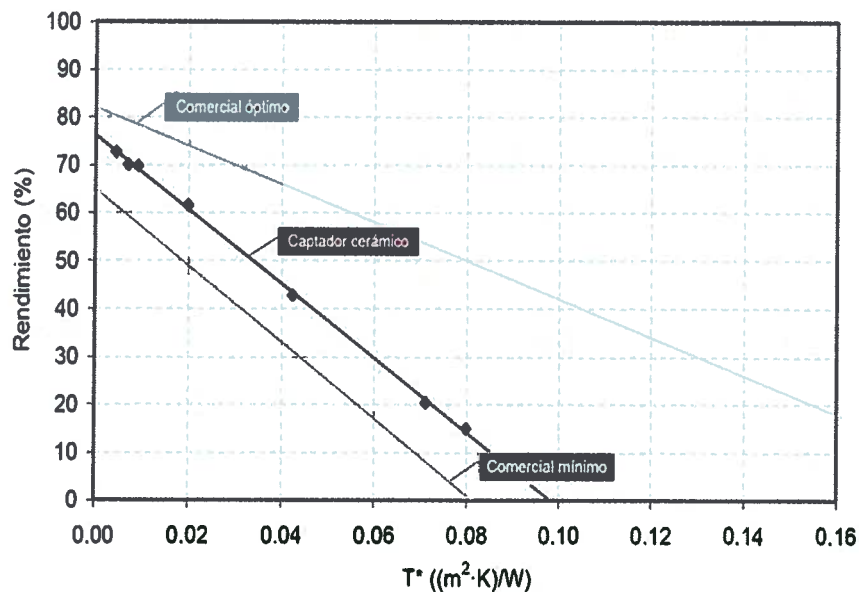


Fig. 14. Curva característica de rendimiento de diferentes captadores.

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5805/6699>

Más arriba se ha señalado que $m = U_L$ se aproxima a una constante, aunque no lo es exactamente, pero se toma como tal para aproximar la curva característica a una línea recta. No obstante, en los laboratorios a veces se recurre a expresar la ecuación del rendimiento del captador mediante una ecuación de segundo grado, que muestra con mayor precisión el comportamiento del captador. Gráficamente dicha ecuación de segundo grado es una línea ligeramente curvada, y no una recta como representa la ecuación [7]. De todos modos, a efectos prácticos la ecuación de primer grado es suficientemente exacta para la gran mayoría de los casos.

Puesto que en la norma europea EN 12975-2 es preceptivo utilizar la ecuación cuadrática, pasaremos seguidamente a deducirla.

La ecuación cuadrática se expresa de la forma:

$$\eta = b - a_1 x - a_2 I x^2$$

Donde a_1 y a_2 son dos constantes que determinan las pérdidas térmicas del captador con mayor precisión que m .

La notación empleada en la norma es:

$$\eta_o = b$$

$$G = I \text{ (G es la notación de la norma EN 12975-2 para la radiación solar)}$$

$$\frac{t_m - t_a}{G} = x$$

Sustituyendo esta notación en la ecuación cuadrática general:

$$\eta = \eta_o - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 G \left[\frac{t_m - t_a}{G} \right]^2 = \eta_o - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \quad [8]$$

Que es la ecuación cuadrática del rendimiento de un captador solar, donde:

η_o : es el rendimiento óptico del captador. Algunos fabricantes lo llaman R_o

a_1 : es el coeficiente lineal ($W/m^2 K$). Algunos fabricantes lo llaman k_1

a_2 : es el coeficiente cuadrático ($\text{W/m}^2\text{K}^2$). Algunos fabricantes lo llaman k_2

G : es la irradiación solar instantánea (800 W/m^2 según la norma)

t_m : es la temperatura media entre la entrada y la salida de agua ($^{\circ}\text{C}$)

t_a : es la temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)

Cambiando otra vez la simbología anterior:

$$\eta = b - a_1x - a_2 \frac{x(t_m - t_a)^2}{t_m - t_a} = b - a_1x - a_2x(t_m - t_a)$$

Sacando factor común x la ecuación quedará:

$$\eta = b - [a_1 + a_2(t_m - t_a)]x \quad [9]$$

Comparándola directamente con la ecuación $y = b - mx$ podemos deducir que el término $a_1 + a_2(t_m - t_a)$ equivale al coeficiente global de pérdidas m , pero ahora no es constante, sino que depende de la diferencia de temperatura existente entre el fluido y el ambiente exterior.

Esta ecuación, teniendo en cuenta que $G = I$, según la notación dada anteriormente, se puede escribir también como:

$$\eta = b - m \frac{(t_m - t_a)}{I} \quad [10]$$

Si se dispone de la ecuación cuadrática, que es la que suelen dar los fabricantes, es decir del coeficiente lineal de pérdidas a_1 y del cuadrático a_2 , pero no se dispone de la ecuación lineal de primer grado ni por tanto del coeficiente global de pérdidas " m ", se podría calcular éste como $m = a_1 + a_2(t_m - t_a)$. No obstante, para ello sería necesario fijar la temperatura ambiente, la cual es

variable. En este sentido, existe una expresión aproximada para “m”, válida para un amplio rango de temperaturas, que es la siguiente:

$$m = 0,75 \cdot a_1 + 16 \cdot (a_2 \cdot b)^{0,5}$$

Usando la expresión anterior, se podría obtener la ecuación de primer grado, más sencilla de manejar, a partir de la ecuación de segundo grado, siendo en general suficientemente fiable para la gran mayoría de los casos.

9.1.2.5. Salto térmico del c.p.p.

Se conoce como *salto térmico* o *gradiente térmico* del captador a la diferencia existente entre la temperatura del fluido a la salida y la temperatura a la entrada. Si se considera un captador de superficie S por el que circula un caudal C , y sobre el que incide una intensidad de radiación solar I , el salto térmico se puede expresar como:

$$\Delta t = \frac{I \cdot \eta}{C_u \cdot c_e \cdot d} = \frac{I \cdot \eta}{(C/S) \cdot c_e \cdot d}$$

Siendo:

I : radiación total incidente por unidad de superficie del captador solar térmico en W/m^2 .

η : rendimiento del captador.

C_u : Caudal volumétrico por unidad de superficie del captador.

C : caudal volumétrico.

S : superficie del captador en m^2 .

c_e : calor específico del fluido caloportador. En el S. I. de Unidades, el calor específico se expresa en joules por kilogramo y por kelvin ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$);

otra unidad, no perteneciente al SI, es la caloría por gramo y por grado centígrado ($\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

d: densidad del fluido caloportador.

Sustituyendo la expresión [9] del rendimiento en la anterior:

$$\Delta t = \frac{(b - m \frac{(t_m - t_a)}{I}) I}{c_u c_e d} = \frac{bI - m(t_m - t_a)}{c_u c_e d} = \frac{bI + mt_a}{c_u c_e d} - \frac{m}{c_u c_e d} t_m \quad [11]$$

Expresión que da el salto térmico en función de la temperatura media del fluido, y en la que se puede comprobar que cuanto mayor sea el caudal y la temperatura media del fluido, menor será el salto térmico. Sin embargo, como es esperar, crecerá con la intensidad de radiación solar I .

En cualquier sistema solar de cierta envergadura, lo normal es instalar grupos de captadores, en serie, en paralelo, o en configuración mixta.

El salto térmico total entre la salida y la entrada de un grupo de captadores en paralelo, será igual al salto térmico en uno cualquiera de ellos, por lo que la ecuación [11] sigue siendo válida.

Para el caso de un grupo de captadores conectados en serie, en los que la salida de uno se conecta con la entrada del siguiente, la temperatura media de trabajo de cada captador irá aumentando según su posición en el grupo, pues cada captador recibe el fluido ya precalentado por el anterior, lo que provoca que cada uno de los captadores posea un salto térmico distinto, disminuyendo dicho salto a medida que se avanza en la serie.

Por consiguiente, el salto térmico $(\Delta t)_N$ de un captador cualquiera de la serie de captadores que ocupe la posición N , se puede expresar en función del salto térmico $(\Delta t)_1$ del primer captador de la serie como sigue:

$$(\Delta t)_N = K^{N-1} (\Delta t)_1 \quad [12]$$

$$\text{Donde } K = \frac{2C_u c_e d - m}{2C_u c_e d + m}$$

También se puede obtener el rendimiento de cada captador de la serie en función del rendimiento del primer captador:

$$\eta_N = K^{N-1} \eta_1$$

Y el rendimiento total de toda la serie:

$$\eta_T = \left[\frac{1 - K_N}{1 - K} \right] \frac{\eta_1}{N}$$

9.1.2.6. Conexión de captadores

Un sistema de energía solar térmica se compone de un conjunto de captadores solares, que deben conectarse entre ellos y con el resto de la instalación.

A la hora de conectar los paneles deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones, con el objeto de que el sistema funcione correctamente. Las más importantes son:

- Los captadores de un mismo sistema deben ser todos iguales.
- El fluido caloportador entrará siempre por la toma inferior del panel.
- La salida del fluido se efectuará siempre por la parte superior y opuesta a la de entrada.
- El caudal orientativo de los captadores solares térmicos está comprendido entre los 50 y los 70 l/h por m² de captador.
- La longitud de las tuberías de la instalación debe ser lo más corta posible, para reducir al máximo las pérdidas de carga.

- Se deben aislar debidamente las conducciones para evitar las pérdidas de calor y los puentes térmicos.

Los diferentes tipos de configuraciones son:

Conexión en serie

En esta configuración, la salida del primer captador se conecta con la entrada del siguiente, y así sucesivamente, de modo que la temperatura del fluido que entra a cada captador es superior a la del captador que le precede. Esto hace que a la salida de un grupo de captadores en serie se puedan obtener temperaturas más altas que con un solo captador.

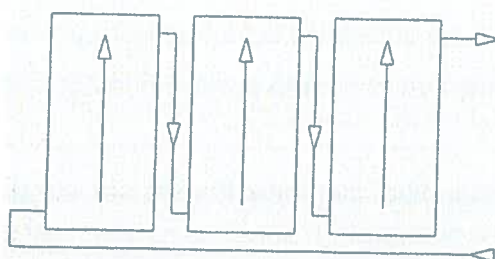


Fig. 15. Captadores en serie.

Termicol. Manual Técnico 2007

Dicha configuración posee la desventaja de que el rendimiento de los captadores disminuye de forma proporcional al aumento de la temperatura de trabajo pues el salto térmico que se puede alcanzar es cada vez menor a la salida de cada captador; por este motivo se utiliza en contadas ocasiones, con un máximo de entre 6 y 10 m² de captadores conectados en serie (3 o 4 captadores), dependiendo de la zona climática en que se realice la instalación.

Respecto al comportamiento hidráulico de esta forma de conexión, es fácil deducir que el caudal total de todo el grupo de captadores es prácticamente igual al caudal de uno solo y la pérdida de carga provocada por el grupo es igual a la suma de la pérdida de carga de cada uno de los captadores considerado individualmente.

Conexión en paralelo

Es la más utilizada en las instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

Aquí, la entrada y la salida de cada uno de los captadores están conectadas a puntos de entrada y salida comunes al resto de captadores.

La temperatura del fluido de entrada es igual en todos los captadores, así como la temperatura de salida, por lo tanto, a la salida del grupo se obtiene la misma temperatura que se obtendría si se trabajara con un solo captador. Todos los captadores trabajarán en el mismo punto de la curva de rendimiento.

Se obtiene con este tipo de conexionado un caudal total del grupo que equivale a la suma de los caudales unitarios de cada captador, siendo la pérdida de carga del grupo completo equivalente a la de un único captador.

El mayor inconveniente del conexionado en paralelo de captadores quizá sea el posible desequilibrio del caudal de cada captador del grupo, sobre todo si se instalan baterías con muchos captadores en paralelo, aunque como veremos, existen soluciones para solventar este problema.

A veces es necesario disponer en varias filas los captadores, con cada fila conectada también en paralelo, en cuyo caso, se recomienda instalar válvulas de cierre a la entrada y salida de cada fila o batería de captadores, para que puedan aislarse en caso de realizar reparaciones, sustitución, labores de mantenimiento, etc.

En estos casos debe tenerse especial precaución en que cada fila disponga del mismo número de captadores.

Existen varios modos de conexionado en paralelo, de los cuales los más comunes son:

Con retorno invertido

Es el más común y no lleva válvulas de equilibrado del caudal en cada captador. Tiene el inconveniente de que limita el caudal a lo que soporta el diámetro de las tuberías de los captadores.

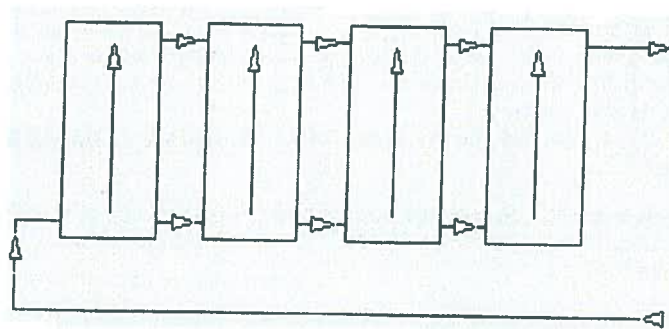


Fig. 16. Conexión paralelo con retorno invertido.

Termicol. Manual Técnico 2007

Con tubería exterior y retorno invertido

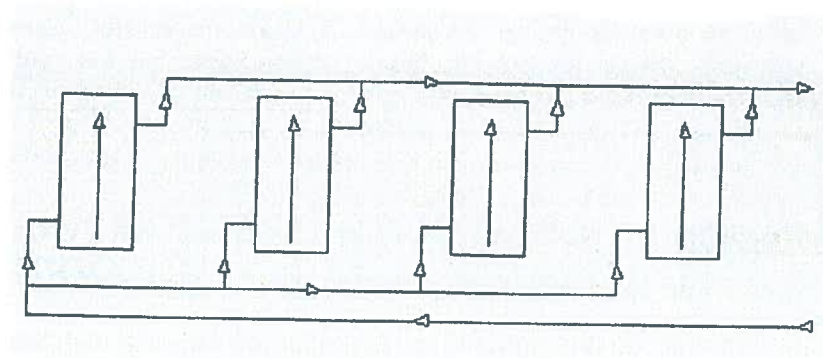


Fig. 17. Conexión paralelo con tubería exterior y retorno invertido.

Termicol. Manual Técnico 2007

Con tubería exterior equilibrada con válvulas

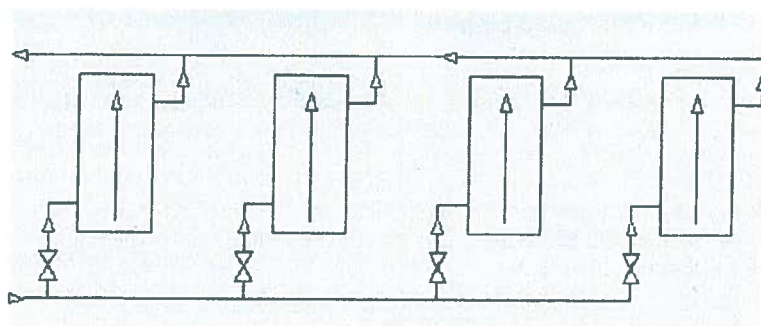


Fig. 18. Conexión paralelo con tubería exterior equilibrada con válvulas.

Termicol. Manual Técnico 2007

Conexión mixta

Cuando en un sistema se requiere que el caudal y/o la temperatura obtenidos sean más elevados se precisan configuraciones que combinan la conexión en serie y en paralelo, lo que se conoce como conexión mixta.

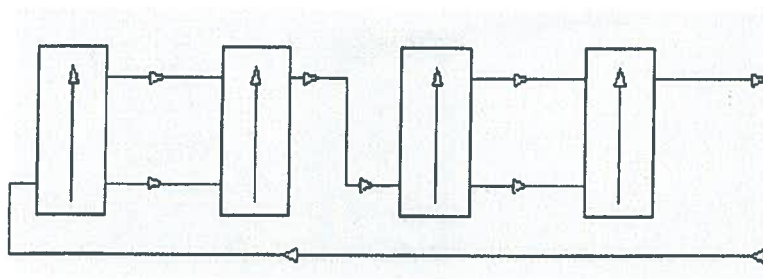


Fig. 19. Conexión mixta.

Termicol. Manual Técnico 2007

9.2. Intercambiador de calor

Este dispositivo tiene como misión efectuar la transferencia de calor procedente del fluido caloportador del circuito primario hacia el fluido del circuito secundario, a la vez que permite mantener separadas las corrientes de los fluidos de ambos circuitos para que no se mezclen.

Dependiendo de donde se encuentren situados, se clasifican en dos grupos: *internos* y *externos*.

Intercambiadores internos

Se encuentran integrados dentro del depósito de acumulación, efectuándose la transferencia de calor por intercambio dentro de él.

Dentro de los intercambiadores internos los hay a su vez de dos tipos: *de serpentín* y *de doble pared*.

En la figura 20 se muestra un acumulador con *intercambiador de serpentín*, consistente en una tubería de cobre o acero inoxidable arrollada en espiral dentro del depósito que acumula el fluido del circuito secundario, circulando por el intercambiador el fluido caloportador del circuito primario.



Fig. 20. Acumulador con intercambiador de serpentín.

<https://biomasalamanca.es/deposito-inercia-con-un-serpentin/218-deposito-inercia-500-1s.html>

La ubicación del serpentín debe realizarse hacia la parte baja del tanque, donde se acumula el fluido más frío del circuito secundario, para que la diferencia de temperatura entre el fluido caloportador que circula dentro del serpentín y el fluido del circuito secundario que se aloja en el acumulador sea la mayor posible, lo que propiciará que la potencia térmica de intercambio sea la mayor posible.

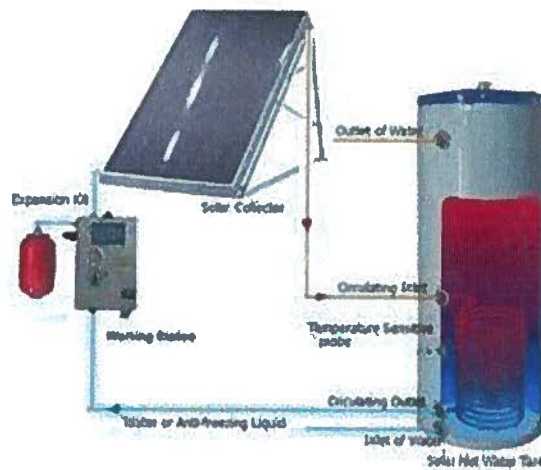


Fig. 21. Sistema con intercambiador de serpentín.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion27>

Es necesario que la entrada del fluido caliente del circuito primario que circula por el serpentín, se haga a una altura que esté por encima de la mitad del

tanque y no supere el 75%. La salida del serpentín debe hacerse por la parte más baja del acumulador.

Es de señalar que existen en el mercado interacumuladores de doble y de triple serpentín, aptos para las instalaciones con más de un servicio, es decir, para producción de ACS y piscina, para ACS y calefacción o los tres servicios a la vez.

En la figura 22 se puede apreciar un acumulador con *intercambiador de doble pared*.



Fig. 22. Acumulador con intercambiador de doble pared.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

Como se puede observar, el acumulador tiene una doble envolvente, como un depósito dentro de otro, de forma que el fluido caloportador del circuito primario entra y rellena el espacio comprendido entre el depósito externo y el interno, rodeando el volumen de almacenamiento del depósito interno, que es el que contiene el fluido del circuito secundario, transfiriéndole la energía calorífica necesaria para calentarlo.

Intercambiadores externos

Se utilizan en instalaciones medianas o grandes, con necesidades térmicas elevadas y grandes volúmenes de acumulación.

Se sitúan fuera del depósito de acumulación, siendo elementos independientes y empleándose en sistemas termosolares donde se requieren volúmenes de acumulación por encima de los 1000 l. de agua caliente.

Los más empleados en las instalaciones termosolares son los *de placas* (figs. 23, 24 y 25), en los que su constitución es a base de placas de acero inoxidable encajadas entre sí, por lo que se asemejan a los radiadores, creándose dos sistemas de canales independientes, uno para el fluido del circuito primario y otro para el del secundario, manteniendo un flujo en contra-corriente entre ellos con el objetivo de hacer más eficiente la transmisión de calor. El sistema de placas se basa en el principio de que cuanto más superficie de intercambio haya entre los fluidos del primario y del secundario, mayor será la transferencia de calor de uno a otro.

La utilización de este tipo de intercambiadores hace la instalación térmica muy flexible, ya que, si se requiriera mayor potencia térmica, sólo se necesitaría sustituir el intercambiador existente por otro de mayor capacidad de transmisión, sin necesidad de hacer más cambios en el sistema, o si es del tipo de placas, ampliando el actual a base de añadir más placas para aumentar la superficie de intercambio.

Una gran ventaja del empleo de intercambiadores externos es que pueden abastecer a más de un depósito acumulador, pues ambos elementos son independientes.



Fig. 23. Intercambiador de placas.

<http://www.ngfsl.com/equipos-acs-agua-caliente-intercambiador-calor>

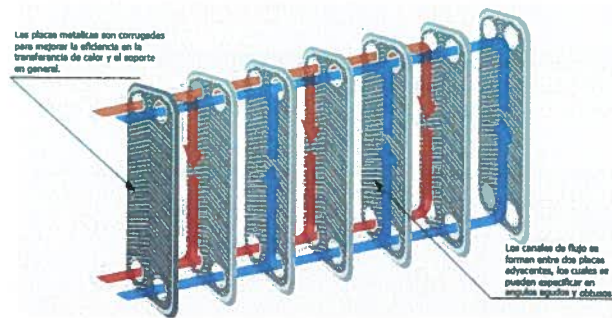


Fig. 24. Sentidos de la circulación de los fluidos en intercambiador de placas.

<http://blog.hanselbier.es/enfriador-de-placas-el-flujo-de-liquido/>

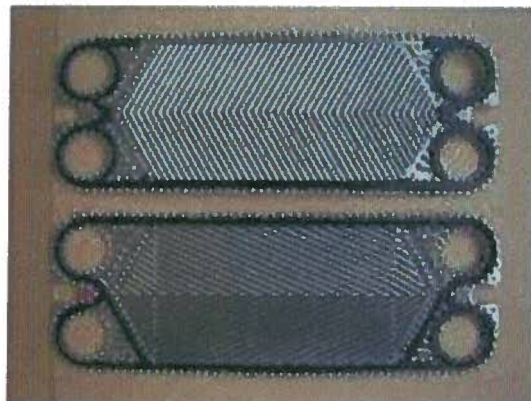


Fig. 25. Detalle de placas.

<https://spanish.alibaba.com/>

Una desventaja de los intercambiadores externos es la necesidad de instalar dos bombas, una para mover el fluido del circuito primario y otra para el secundario.

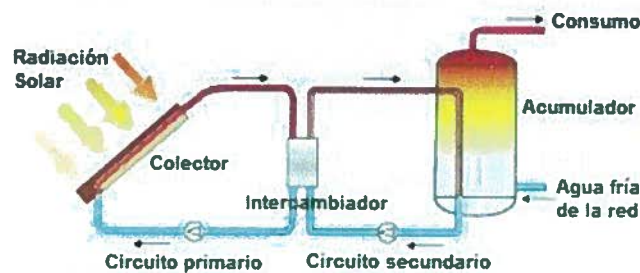


Fig. 26. Sistema con intercambiador externo y dos bombas.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

9.3. Acumulador

El acumulador, depósito o tanque es el elemento que se encarga del almacenamiento del agua caliente sanitaria para su consumo el máximo tiempo posible. Este elemento también puede incorporar un intercambiador de calor de tipo serpentín o de doble pared, como los citados en el punto anterior.

Debe tener una envolvente aislante que minimice las fugas de calor al exterior, una capacidad adecuada al consumo de agua caliente previsto, ser seguro y ofrecer una larga vida útil en la instalación.

Los materiales utilizados en su construcción son: acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzada, siendo el acero inoxidable el mejor material, pero más caro que el acero y el aluminio. La fibra de vidrio y los polímeros plásticos son los materiales que posiblemente predominarán en un futuro próximo por sus excelentes cualidades en cuanto a peso y resistencia a la corrosión, pero por el momento son caros, y habrá que esperar a que su producción se masifique.

Para pequeñas instalaciones en viviendas unifamiliares, con capacidades de almacenamiento por debajo de los 1000 litros, se suelen emplear acumuladores de acero al carbono con un esmaltado en el interior para protegerlos de la corrosión, mientras que en instalaciones grandes se emplean sobre todo acumuladores de acero inoxidable, excepto en aquellos casos en que el agua de la zona presente un pH ácido o una alta concentración de cloruros (por encima de 100mg/l), en cuyo caso se utilizarán depósitos esmaltados de aluminio o de fibra de vidrio.

La forma ideal es la cilíndrica, pues facilita su construcción y el fenómeno de *estratificación*, que consiste en que cuanto mayor sea la altura del tanque mayor será la diferencia entre la temperatura en la parte superior y en la inferior del depósito, siendo más alta en la superior y más fría en la inferior, pues es sabido que el agua disminuye su densidad al aumentar la temperatura, tendiendo a subir a las partes más altas del depósito. Dicho de otra forma, la estratificación consiste en la capacidad de distribución vertical del agua en función de su temperatura. Para favorecer la estratificación es necesario utilizar depósitos cilíndricos verticales con una relación entre el diámetro de la base y la altura lo más pequeña posible. Por otro lado, una buena estratificación del depósito favorecerá el rendimiento térmico del sistema, pues como vimos en el punto anterior, en caso de emplear como elemento intercambiador un serpentín, éste debe alojarse en la parte baja del acumulador, interesando que el agua más fría esté también en su parte inferior; así, se asegura un mayor gradiente térmico entre el fluido caloportador del serpentín caliente y el fluido del circuito secundario contenido en el acumulador, mejorando la transferencia de calor.

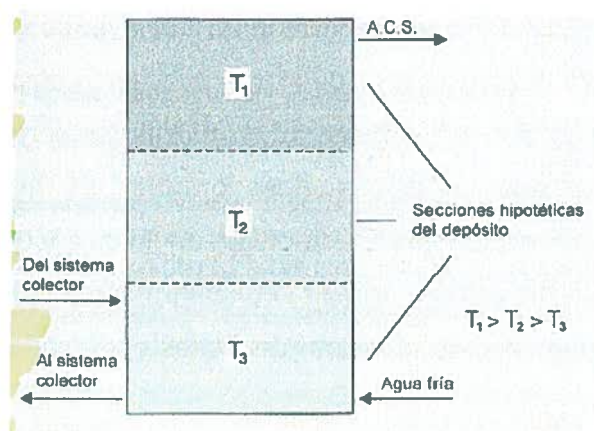


Fig. 27. Estratificación del agua en un acumulador.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Por otro lado, para favorecer la estratificación también es necesario que la entrada y salida del agua del acumulador se realice a una velocidad controlada, pues si lo hace muy deprisa pueden producirse mezclas y remolinos, que perjudiquen la estratificación del agua en el depósito.

Para que el rendimiento de la instalación sea el mejor posible, las conexiones deben efectuarse como se indica a continuación, dependiendo de la configuración del sistema:

- En las instalaciones con intercambiador exterior, la toma de salida del agua fría desde el acumulador hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador, así como en las instalaciones con intercambiador integrado en el acumulador para que fluya hacia los captadores.
- En las instalaciones con intercambiador exterior, la toma de entrada del agua caliente desde el intercambiador al acumulador se realizará a una altura por encima de la mitad de éste y que no supere el 75% de la altura del depósito. Esto también se aplicará a las instalaciones con intercambiador integrado en el acumulador para que fluya desde los captadores hacia el depósito.
- En configuraciones de una sola aplicación, la conexión del retorno de agua ACS de consumo hacia el acumulador se realizará por la parte inferior,

mientras que la extracción de agua caliente del depósito se realizará por su parte superior.

Para dimensionar el volumen del depósito acumulador se puede partir de una regla práctica, en base a la cual éste estará comprendido entre 30 y 70 litros por m² de captador solar instalado. Esta regla es válida para sistemas pequeños en viviendas unifamiliares, en las que el agua caliente producida suele ser consumida en el día. También, para esta clase de instalaciones, existe otra regla práctica, según la cual se toman 50 litros por persona, se multiplica por el número de estas y se le suman otros 50 litros.

Si la instalación debe llevar un depósito que se utilice tanto para la producción de ACS como para calefacción, la regla a seguir cambia, calculando entonces el volumen del depósito necesario tomando una referencia de 50 a 75 litros por m² de panel solar instalado.

Es importante dimensionar adecuadamente el acumulador, ya que si se dimensiona por debajo de los requerimientos se conseguirán mayores temperaturas, pero en detrimento del rendimiento del equipo. Si se sobredimensiona, el rendimiento será mayor, pero se corre el riesgo de no alcanzar la temperatura de uso necesaria.

En la figura siguiente, se puede observar una gráfica que proporciona la relación entre el volumen de acumulación y la temperatura de utilización.

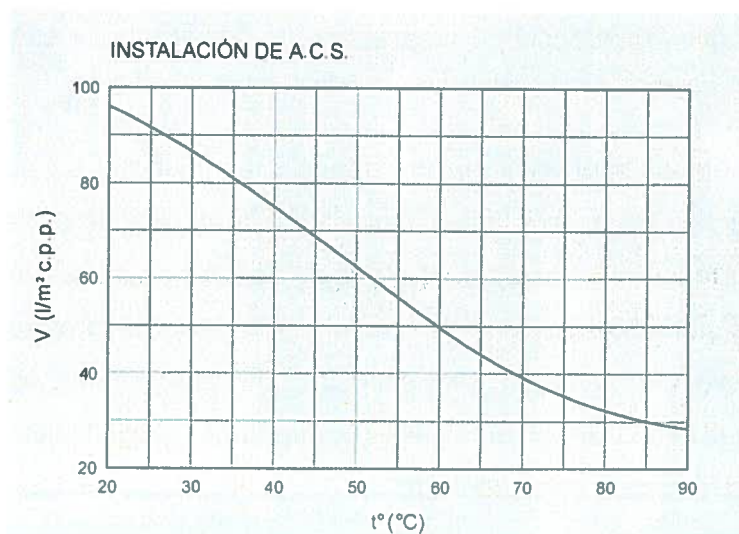


Fig. 28. Volumen de acumulación óptimo en función de la temperatura de utilización requerida.
Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Existe, para aplicaciones de producción de ACS, una relación entre el volumen de acumulación (V) en litros y el área de los captadores (A) en m²:

$$50 < V/A < 180$$

siendo,

V: el volumen del acumulador, en litros.

A: el área de los captadores solares instalados, en m².

9.4. Bombas o electrocirculadores

Las instalaciones solares térmicas de circulación forzada, deben llevar para su funcionamiento unos aparatos llamados bombas o electrocirculadores, accionadas por un motor eléctrico y que se caracterizan por el caudal de fluido bombeado y la altura manométrica de impulsión. Estas bombas son necesarias para mover el fluido de trabajo desde la salida del acumulador, una vez pasado por el intercambiador, hasta los colectores solares, en sistemas con

intercambiador interno. Para sistemas con intercambiador independiente o externo son necesarias dos bombas, una para mover el fluido desde el intercambiador hasta los captadores solares y otra para generar el movimiento del fluido desde el acumulador hasta el intercambiador de calor.

Las bombas deben ser capaces de vencer las pérdidas de carga producidas por todos los elementos de la instalación.

En las instalaciones sin bomba es necesario colocar el acumulador cerca de los captadores, pero en instalaciones medianas y grandes con bombas, el depósito acumulador normalmente está alejado de los captadores, por debajo de éstos y en un local resguardado.

Existen varias clases de electrocircuitadores, pudiéndose distinguir, de forma general, tres tipos:

- Alternativos
- Rotativos
- Centrífugos

Los que se emplean en los sistemas de energía solar son los centrífugos, que se componen de los siguientes elementos, como se observa en la figura 29:

1. *Orificio central de aspiración.* Es el lugar por donde entra el líquido al electrocircuitador.
2. *Rodete impulsor.* Se trata del elemento rotativo.
3. *Cámara de impulsión.* Se trata del cuerpo de la bomba, que es el elemento que recoge el líquido y lo conduce a la descarga del electrocircuitador.
4. *Orificio de impulsión.* Es la salida de la bomba, o lugar por donde es expulsado el líquido de ésta.
5. *Aspiración.* Es la boca de contacto entre la bomba y la tubería.
6. *Difusor.* Conducto de salida del líquido de la bomba.
7. *Álabes.* Son las palas del rodete impulsor.



Fig. 29. Electrocirculador centrífugo.

<http://www.agsa.com/p7-bomba-centrifuga.html>

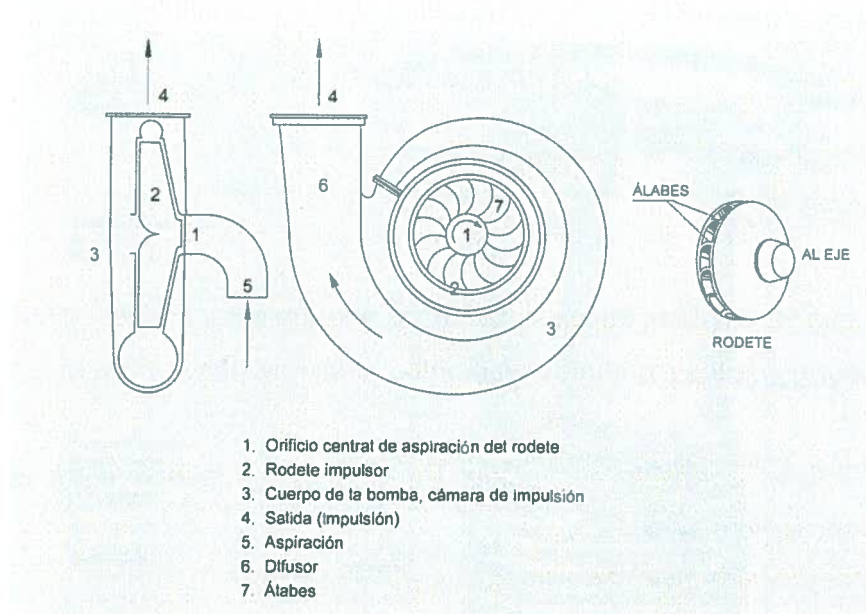


Fig. 30. Elementos de un electrocirculador centrífugo.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

El funcionamiento de una bomba centrífuga es el siguiente:

El líquido entra por el orificio de aspiración, que se encuentra en el centro del rodete, siendo aspirado y conducido hasta los álabes. El fluido caloportador

adquiere energía cinética en el rodete debido al movimiento de rotación que genera el eje de un motor eléctrico. El rodete, al girar, crea una presión de aspiración, proporcionando al fluido una presión de impulsión, siendo la suma de ambas presiones la presión total que se comunica al fluido. Los álabes del rodete desprenden tangencialmente el fluido mediante su fuerza centrífuga y lo envían a una cámara de presión, desde donde se encamina por el difusor hacia el orificio de impulsión y desde este al exterior de la bomba.

Se pueden distinguir tres tipos de bombas centrífugas:

- *De rotor sumergido.* Son silenciosas y no requieren apenas mantenimiento, debiendo instalarse en línea con la tubería, es decir, intercaladas directamente en ella, y con el eje en horizontal.
- *Monobloc.* Son aquellas en las que el rodete y el eje del motor forman un mismo conjunto. Se pueden montar con el eje en cualquier posición.
- *Con acoplamiento motor-electrocirculador de ejes distintos.* Su principal característica es que el motor y el cuerpo de la bomba forman un conjunto independiente, de forma que el eje del motor eléctrico se une con el rodete a través de un acoplamiento elástico. Las bombas de este tipo suelen ser ruidosas.

Deberá tenerse especial cuidado en la elección de las bombas para aplicaciones termosolares, que deberán ser muy resistentes a la corrosión. En efecto, como el fluido de trabajo del circuito primario de estas instalaciones es una mezcla de agua con anticongelante que circula caliente por las tuberías, se produce, con el paso del tiempo, corrosión e incrustaciones, lo que conlleva un progresivo aumento de la pérdida de carga en las tuberías. Por este motivo es aconsejable un cierto margen de seguridad en la selección de las prestaciones de la bomba.

Las bombas de los circuitos termosolares suelen tener varias velocidades de funcionamiento, soliendo trabajar en una velocidad intermedia, con el objeto de tener un margen de trabajo para el caso de tener que variar la presión de suministro de la bomba ante cambios en las condiciones de la instalación.

Antes de la aspiración de la bomba, suele ir instalado un filtro, para impedir que entren en el cuerpo de la bomba impurezas arrastradas por las tuberías.

9.4.1. Curvas del electrocirculador

Las curvas de un electrocirculador representan las relaciones existentes entre la altura manométrica (H), el rendimiento de la bomba (R), la potencia de ésta (P) y el caudal (C).

En los fluidos en movimiento, la potencia necesaria para que un líquido circule con un caudal C entre dos puntos de una tubería entre los que existe una diferencia de presión Δp , viene dada por:

$$P = C\Delta p$$

Siendo:

P = Potencia teórica del electrocirculador

C = Caudal

Δp = Pérdida de carga entre los dos puntos

En teoría, la máxima energía que puede proporcionar un electrocirculador vendrá limitada por su potencia eléctrica. Dicha potencia puede emplearse en producir caudal C o en vencer pérdida de carga Δp , de forma que el producto de ambas magnitudes se mantiene siempre inferior a la potencia P , que es la que la bomba es capaz de absorber, según la fórmula anterior.

En la siguiente figura se representan, en una escala arbitraria, las curvas del electrocirculador, siendo H la altura manométrica, R el rendimiento, P la potencia y C el caudal.

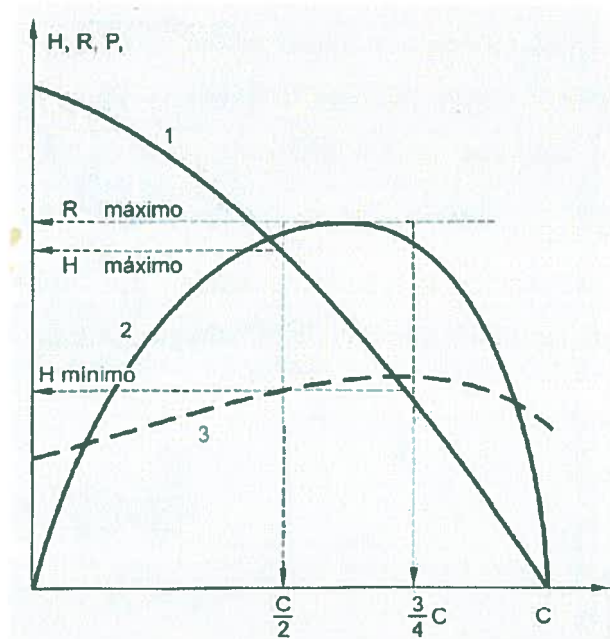


Fig. 31. Curvas de un electrocirculador.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

- Curva 1: expresa la relación entre la altura manométrica y el caudal.
- Curva 2: muestra el rendimiento en función del caudal.
- Curva 3: representa la relación entre la potencia eléctrica absorbida por el motor y el caudal.

De las curvas se deduce:

- El máximo rendimiento se obtiene cuando la bomba proporciona un caudal comprendido entre la mitad y las tres cuartas partes de sus posibilidades (curva 2).
- A mayor caudal, mayor será la pérdida de carga de la bomba, incrementándose la potencia absorbida (curvas 1 y 3).

En los electrocircuitadores, las magnitudes características que intervienen en su funcionamiento dependen del caudal, el cual vendrá dado por la naturaleza de la instalación. No obstante, la mayoría permiten efectuar una regulación del caudal mediante un interruptor que puede seleccionar regímenes de giro distintos, de manera que a mayor número de revoluciones mayor será el caudal que pueda mantener y mayor también la potencia consumida, que no es una cantidad constante, sino que variará dentro de un cierto intervalo para cada tipo de electrocircuitador.

Existe una curva característica de la instalación, que representa la pérdida de carga en función del caudal y que es la siguiente, en una escala arbitraria:

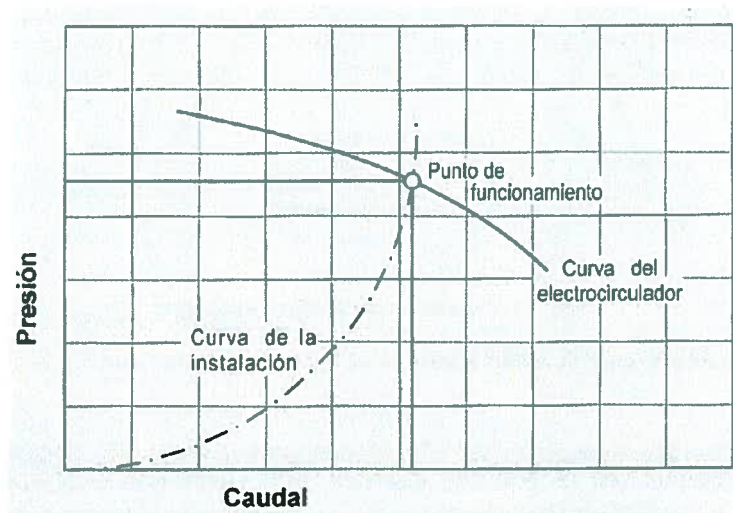


Fig. 32. Punto de trabajo de un electrocircuitador.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Esta curva representa el punto de funcionamiento del electrocircuitador, resultante de la intersección de las curvas presión-caudal del circuito hidráulico y de la bomba. Indica la pérdida de carga que es capaz de vencer un determinado electrocircuitador para un caudal determinado.

A veces puede ser conveniente colocar una asociación de bombas en serie o en paralelo.

Bombas en serie:

Si se realiza un montaje de dos bombas en serie, se produce un pequeño aumento relativo del caudal y un fuerte incremento de la presión o altura manométrica. Por lo tanto, se montan bombas en serie para aumentar la presión.

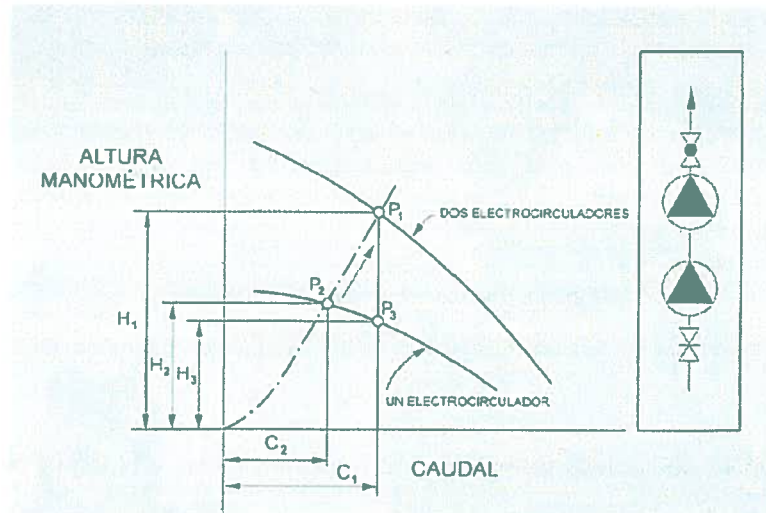


Fig. 33. Electrocirculadores en serie.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Por claridad se ha exagerado la diferencia entre C_1 y C_2 , que en realidad es insignificante

Bombas en paralelo:

El montaje de dos bombas en paralelo, produce un significativo aumento del caudal y un pequeño incremento relativo de la presión o altura manométrica.

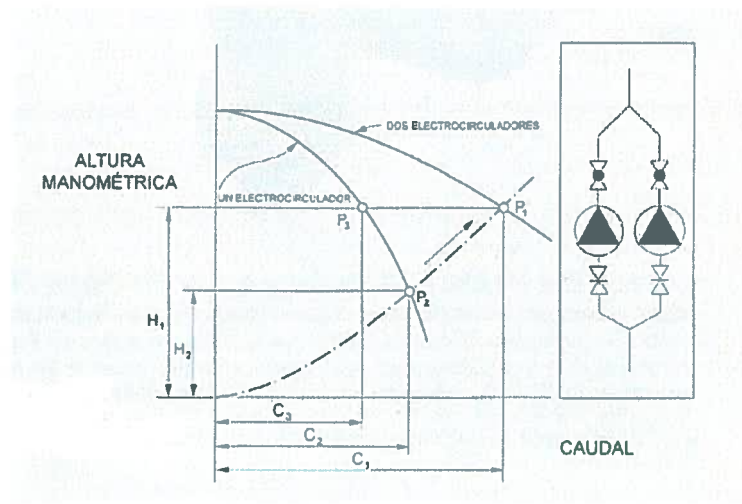


Fig. 34. Electrocirculadores en paralelo.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Por claridad se ha exagerado la diferencia entre H_1 y H_2 , que en realidad es insignificante.

9.4.2. Dimensionado del electrocirculador

Por regla general, el caudal mínimo necesario para una instalación termosolar es de 50 litros por hora y por m^2 de captador de placa plana (c.p.p.), ya que para caudales menores el rendimiento es muy bajo. No obstante, esta regla se utiliza cuando el fluido caloportador es agua, que posee una alta capacidad calorífica. Cuando, como es habitual, el fluido caloportador es una solución de agua con anticongelante, que tiene un calor específico menor que el del agua sola, debe aumentarse el caudal para compensar esta diferencia, recomendándose como mínimo unos 60 litros/h por cada m^2 de c.p.p. Lo dicho anteriormente se refiere al circuito primario de la instalación, pero si ésta lleva instalado un intercambiador de calor externo, para el que se necesita un segundo electrocirculador, se recomienda que éste sea capaz de suministrar un caudal algo mayor que el del primario.

Una vez establecido el caudal necesario, hay que determinar la pérdida de carga que provoca en la instalación.

La figura siguiente muestra las curvas de un determinado electrocirculador con tres posibles regímenes o velocidades de giro diferentes, de manera que cada velocidad de giro corresponde a una curva caudal-presión diferente (curvas 1, 2 y 3). En el eje de ordenadas se refleja la presión manométrica en m. y en el de abscisas el caudal en m³/h y en l/s.

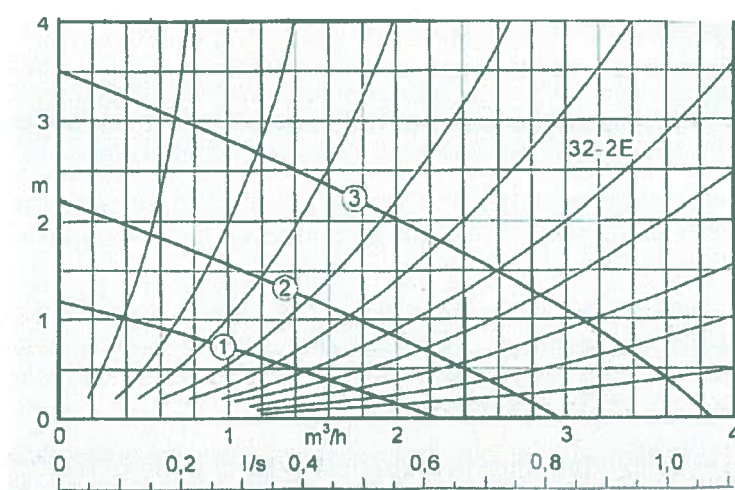


Fig. 35. Relación entre las curvas de un electrocirculador y el caudal.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Una vez determinado el caudal necesario y la pérdida de carga de la instalación, es necesario calcular la potencia eléctrica del electrocirculador. Para ello, se divide el valor resultante de la expresión: $P = C \cdot \Delta p$ por el factor de rendimiento correspondiente a la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, y de energía mecánica en energía hidráulica. Dicho rendimiento es directamente proporcional a la potencia eléctrica del electrocirculador, y por tanto a su tamaño, sirviendo, de modo aproximado:

- Entre el 20% y el 50% para pequeños electrocirculadores, de hasta 100W de potencia.
- Entre el 50% y el 75% para electrocirculadores medianos.

- Entre el 75% y el 90% para electrocircuitadores grandes.

Habrá que elegir aquel electrocircuitador que se adapte con un margen superior de potencia de por lo menos un 20%, para prevenir futuras pérdidas de rendimiento del mismo y de la instalación.

Como se indicó al principio de este punto, las bombas se identifican por la presión o pérdida de carga que son capaces de vencer y por el caudal que pueden suministrar.

Los fabricantes de captadores solares térmicos suelen indicar el caudal recomendado por cada metro cuadrado de captador, que es un dato de partida indicativo.

9.5. Tuberías

Las tuberías utilizadas para la instalación del circuito primario suelen ser de cobre o de acero inoxidable, aunque se están desarrollando nuevos materiales plásticos resistentes al agua caliente, que en caso de instalarse deben estar certificados y homologados. Las de acero negro est n en desuso.

En el circuito secundario, por donde debe circular el agua caliente sanitaria para consumo (ACS), se pueden instalar tuberías de cobre, de acero inoxidable o de acero galvanizado, pero nunca se utilizarán tuberías de acero negro (sin ningún tratamiento anticorrosión).

Algunas de las características de las tuberías empleadas en las instalaciones termosolares son:

- *Tuberías de cobre.* Son las más recomendadas, ya que ofrecen una buena relación calidad/precio, alta resistencia a la corrosión, y se conforman con facilidad, lo que facilita su montaje; además, no desprenden partículas nocivas para la salud. Su  nica desventaja es el precio cuando se requieren

diámetros superiores a 54 mm, pero eso será sólo para grandes instalaciones.

- *Tuberías de acero galvanizado.* Son muy utilizadas para instalaciones de agua fría, pero no se pueden emplear en el circuito primario, puesto que el galvanizado se estropea si la temperatura supera los 65 °C.
- *Tuberías de acero negro.* En su interior se producen oxidaciones, por lo que no se pueden emplear en el circuito secundario de la instalación termosolar. Sólo es posible su uso como material de las conducciones del circuito primario y en instalaciones para aplicaciones industriales, que utilizan grandes diámetros de tubería.
- *Tuberías de plástico termo-resistentes.* En la actualidad se están desarrollando nuevos materiales plásticos que pueden resistir temperaturas de trabajo superiores a los 100 °C y con una buena relación calidad/precio. Sin embargo, sólo se pueden utilizar en espacios interiores o protegidos por estructuras que los aíslen de la acción directa de los rayos solares, ya que se deterioran por la exposición directa a los mismos.

9.6. Válvulas y otros componentes

Las válvulas destacan, de entre todos los accesorios necesarios para un funcionamiento correcto y seguro del sistema hidráulico de una instalación termosolar, además del vaso de expansión y el purgador de aire, aunque existen otros elementos que también son necesarios, como los manómetros, termómetros y termostatos.

Seguidamente se verá la funcionalidad y las características de cada uno de ellos:

- **Válvulas:**

Las válvulas se seleccionan teniendo en cuenta la función que deben realizar dentro del circuito, y deben ser capaces de aguantar los valores más altos de presión y temperatura que se alcancen en el sistema.

En los sistemas más sencillos, suele ser suficiente con colocar válvulas de seguridad en cada batería de captadores solares y en la entrada del sistema de acumulación.

Existen varios tipos de válvulas, siendo las más representativas en una instalación termosolar las siguientes:

Válvulas de paso

Se encargan de la interrupción parcial o total del paso del fluido a través de las conducciones.

Los diferentes tipos son: de asiento, de compuerta, de bola o esfera y de mariposa.

Las de *asiento* tienen como elemento obturador un disco que se cierra sobre su asiento; se utilizan para regular el caudal y producen pérdidas de carga importantes.

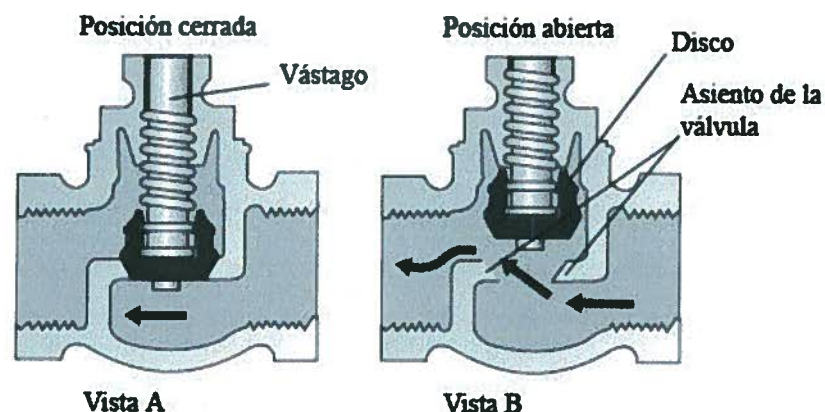


Fig. 36. Válvula de asiento.

http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm

Las válvulas de *compuerta* poseen como elemento obturador una cuña; se emplean para cerrar el paso del fluido por las conducciones.



Fig. 37. Válvula de compuerta.

<https://www.google.es/>

Las válvulas de *bola o esfera* cuentan con un elemento de cierre que consiste en una bola de acero inoxidable que tiene un orificio del mismo diámetro que la tubería en la que se monta, produciendo pérdidas de carga mínimas cuando se encuentran abiertas.

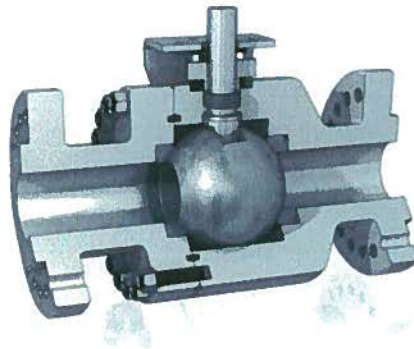


Fig. 38. Válvula de esfera.

<https://www.google.es/>

Las de *mariposa* cuentan con un disco como elemento obturador produciendo pérdidas de carga poco importantes.



Fig. 39. Válvula de mariposa.

<http://www.turiego.es/>

Válvulas de seguridad

Tienen como función limitar la presión en el circuito para proteger los elementos del mismo, siendo los más delicados los captadores solares y el vaso de expansión, por lo que estas válvulas se deben ajustar a una presión inferior a la máxima que soporten dichos elementos.



Fig. 40. Válvula reductora de presión.

<https://tecnihogar.es/>

Todas las instalaciones sometidas a variaciones de temperatura y por tanto de presión, están obligadas a instalar este tipo de válvulas, según la legislación vigente.

Válvulas anti-retorno

Se llaman también de retención, y su misión es permitir el paso del fluido en un sentido pero no en el contrario. Existen dos tipos: de clapeta y de obús, siendo las de clapeta las más aconsejables para el circuito primario, por su menor pérdida de carga en el circuito. Evitan que cuando el sistema está apagado el fluido circule en el circuito primario en sentido contrario debido a la convección natural, es decir, desde los captadores hacia la bomba; por eso se instala al menos una válvula anti-retorno a la salida de la bomba del primario y otra a la entrada de agua fría del acumulador.

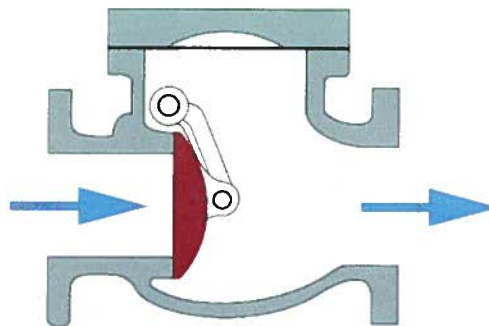


Fig. 41. Válvula anti-retorno.

https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_antirretorno

Válvulas de tres vías

Se utilizan para regular la circulación del fluido por distintos caminos, según el momento. Se suelen controlar mediante una señal eléctrica procedente de un termostato o de la centralita de control.



Fig. 42. Válvula de tres vías motorizada.

<https://products.ecc.emea.honeywell.com/spain/>

Válvulas mezcladoras

Las válvulas mezcladoras termostáticas se emplean con el fin de obtener una distribución del agua caliente sanitaria a temperatura constante y regulable, consiguiendo reducir las pérdidas de calor en las tuberías.

Se instala al menos una a la salida del depósito para evitar quemaduras en los usuarios.

Grifo de llenado-vaciado

Se monta en el primario y en el secundario, siendo su misión el vaciado y el llenado de los circuitos para labores de reparación y/o mantenimiento. Si el vaso de expansión es de tipo abierto a la atmósfera, dicho vaso puede utilizarse como sistema de llenado. Si la instalación dispone de un vaso de expansión de tipo cerrado, hay que montar un dispositivo de llenado-vaciado, disponiéndose en la parte baja del circuito para evitar la formación de bolsas de aire durante las operaciones de llenado.

- **Vaso de expansión:**

Con el fin de absorber las dilataciones del fluido caloportador cuando es calentado, se coloca un dispositivo llamado vaso de expansión, para que el fluido sobrante que no cabe en la instalación se introduzca en él, logrando de esta forma que la presión no suba en las tuberías.

Se trata de un pequeño depósito que absorbe las variaciones extremas de temperatura que experimenta el fluido de trabajo en el circuito primario, que hacen que su densidad varíe, variando el volumen que ocupa dentro de la instalación. Si no existiera este depósito, cuando se calentara el fluido se podrían producir roturas o fugas en distintas partes de la instalación, debidas al aumento de presión en el interior de las tuberías.



Fig. 43. Vaso de expansión cerrado.

<http://reformacoruna.com/placas-solares-por-termosifon/>

Existen distintos tipos de vasos de expansión, siendo los de tipo cerrado los más empleados. Se componen de un depósito cerrado herméticamente cuyo interior se divide en dos partes separadas por una membrana impermeable y extensible. Una parte se encuentra conectada al circuito hidráulico, que es por donde entra y sale el fluido caloportador de la instalación, mientras que la otra se encuentra ocupada por un gas, normalmente nitrógeno, aunque también puede ser aire

Al expandirse el fluido caloportador por aumento de su temperatura, la parte que no cabe en la instalación entra en el vaso de expansión y empuja la membrana, comprimiendo ésta el gas y evitando así variaciones de presión en el circuito.

La parte del vaso de expansión ocupada por el gas suele estar provista de una válvula de seguridad que limita la presión al valor especificado por el fabricante de la instalación.

- **Purgador de aire:**

Su función consiste en extraer de la instalación las burbujas de aire que normalmente se forman dentro de las conducciones y que si no son extraídas entorpecen la circulación del fluido.



Fig. 44. Purgador de aire.

SOLARFAR

Deben tenerse en cuenta, para evitar o minimizar la formación de burbujas de aire en el circuito, las siguientes recomendaciones:

- Los purgadores de aire deben colocarse en los lugares más altos del circuito, pues es ahí donde se acumulan las bolsas de aire, siendo más sencilla su expulsión.

- Las bombas se instalarán en tramos verticales, para impedir la formación de bolsas de aire en el interior de las mismas.
- Es recomendable que la velocidad del fluido por las tuberías nunca sea inferior a 0,6 m/s.
- En las instalaciones con circuito cerrado debe instalarse el vaso de expansión en la zona de aspiración de la bomba.
- Los tramos horizontales de tubería deben tener una ligera pendiente (mínima del 1%) en el sentido de circulación para impedir que se formen bolsas de aire y que se queden estancadas en la tubería.
- En el punto más alto de la instalación se debe mantener una presión mínima de 1,5 kg/cm².

9.7. Líquido anticongelante

En el invierno, el fluido caloportador del circuito primario, al circular por instalación a la intemperie en casi todo su recorrido, correría el riesgo de congelarse, por lo que debe tener propiedades anticongelantes para mantenerse en estado líquido. Además, debe brindar una alta capacidad calorífica, para que absorba el calor fácilmente, y también ofrecer un coeficiente de transmisión de calor que haga que el rendimiento en el intercambiador de calor sea el mayor posible. No debe hervir a la temperatura y presión de trabajo de la instalación y no debe ser químicamente agresivo con los componentes del sistema. Tampoco tiene que ser tóxico, pues en caso de fuga no debe dañar la salud de las personas.

A ser posible, debe ser económicamente asequible para que la instalación sea rentable.

Los glicoles, como el etilenglicol y el propilenglicol, son muy utilizados disueltos en agua como anticongelantes en las instalaciones termosolares;

aunque posee peores propiedades térmicas y es más caro, se suele emplear el propilenglicol, ya que es menos tóxico.

Para el empleo del propilenglicol en disolución acuosa, hay que tener en cuenta que la concentración de la mezcla es función de la temperatura de congelación, debiendo soportar sin congelarse una temperatura de 5 °C menor que la mínima histórica local registrada en el lugar donde se realice la instalación.

La figura 45 muestra la gráfica que proporciona la dependencia del etilenglicol y del propilenglicol, según su concentración, con la temperatura de congelación. La figura 46 presenta la dependencia de la disolución acuosa del propilenglicol, según su concentración, con la temperatura de ebullición.

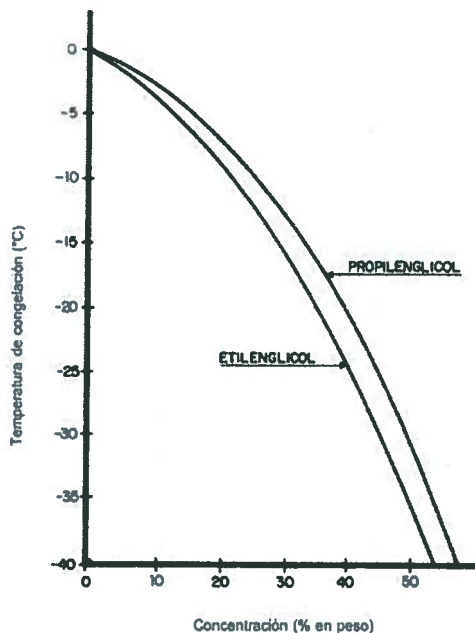


Fig. 45. Curvas de congelación del propilenglicol y el etilenglicol.

<http://www.solarweb.net/>

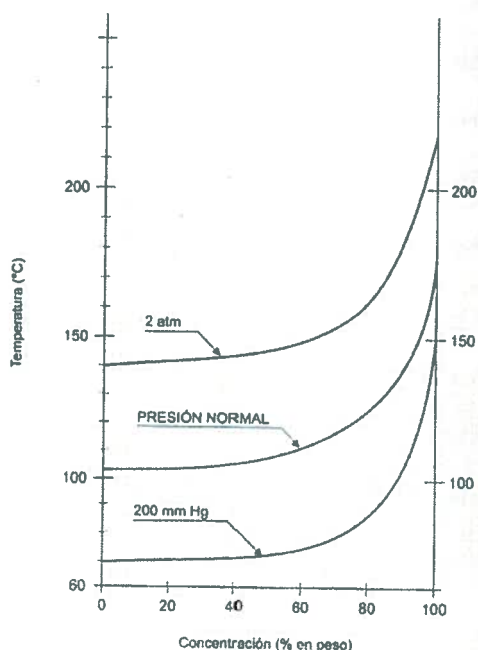


Fig. 46. Punto de ebullición de la disolución acuosa de propilenglicol en función de la concentración.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

9.8. Aislamiento térmico

Las conducciones y accesorios del sistema hidráulico de la instalación solar térmica deben envolverse con un material aislante térmico, para que las pérdidas de calor se reduzcan al mínimo posible y al mismo tiempo proteger a las personas de las quemaduras, ya que por ejemplo en el circuito primario, las conducciones pueden alcanzar temperaturas muy elevadas, sobre todo si el sistema está parado.

El aislante térmico empleado no deberá degradarse con el tiempo y tiene que poder soportar temperaturas de hasta 150° C.

En una instalación termosolar se emplea el aislamiento en la parte posterior del captador, en las tuberías y en el depósito de agua caliente.

La tabla siguiente indica los espesores mínimos del aislamiento térmico necesarios para tuberías y accesorios fabricados con material de conductividad térmica igual a $0,04 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$, expresados en mm, en función del diámetro de la tubería y de la temperatura del fluido caloportador.

Tabla 2. Espesor mínimo del aislamiento térmico.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion27>

Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido ($^\circ\text{C}$)			
	40 a $65 \text{ }^\circ\text{C}$	65 a $100 \text{ }^\circ\text{C}$	100 a $150 \text{ }^\circ\text{C}$	150 a $200 \text{ }^\circ\text{C}$
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Esta tabla es válida para tuberías que discurren por zonas de interior. Para las exteriores, el espesor del aislamiento debe ser, como mínimo, el indicado en la tabla pero incrementado en 10 mm.

Para los depósitos acumuladores y otros aparatos, si la superficie de pérdida es inferior o igual a 2 m^2 , el espesor mínimo será de 30 mm, pasando a ser como mínimo de 50 mm cuando la superficie de pérdida es mayor de 2 m^2 .

Algunos de los materiales empleados como aislamiento son:

- Corcho expandido
- Espuma de vidrio
- Resinas sintéticas expandidas
- Espumas elastoméricas

9.9. Regulación y control

El objetivo fundamental del sistema de regulación y control de una instalación termosolar es procurar que ésta funcione correctamente, optimizar su rendimiento y evitar que alcance condiciones extremas que puedan provocar averías.

Los parámetros de los captadores que más influyen para la regulación son la temperatura media del panel y el caudal de fluido que circula por el mismo, de forma que cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura media del captador y la temperatura ambiente, menor será el rendimiento, de acuerdo con la ecuación [7]:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - U_L \frac{(t_m - t_a)}{I}$$

Este sistema se encarga de activar y controlar muchas funciones, entre las que se encuentran la velocidad de la bomba del circuito primario, siendo la variable más importante que determina el funcionamiento del electrocirculador la diferencia de temperatura que exista entre el fluido de la salida de los captadores solares y la temperatura del fluido a la salida del acumulador, o del intercambiador de calor.

Con el fin de medir dicho gradiente de temperaturas, se debe disponer, como mínimo, de una sonda de temperatura en cada una de las zonas anteriormente indicadas, misión que se suele encomendar al llamado *termostato diferencial*, que será el encargado de enviar los datos marcados a la unidad de control, el cual recibirá la señal de ambas sondas, comparando las temperaturas registradas por los sensores.



Fig. 47. Termostato diferencial con tres sondas.

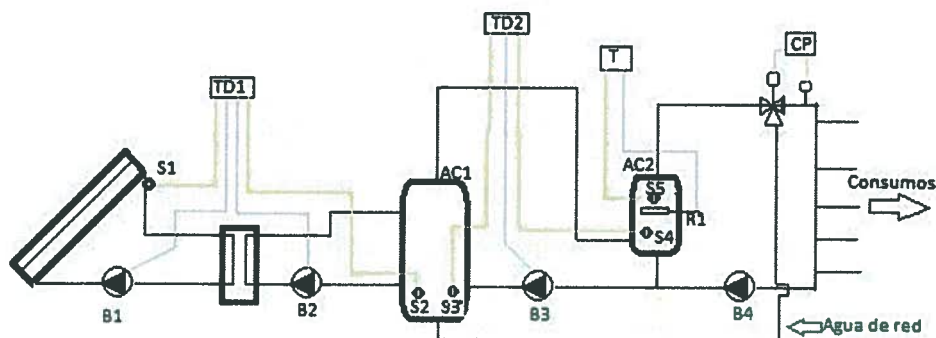
<http://www.ingesolcanarias.es/>

La unidad de control actuará del siguiente modo: cuando la diferencia de temperatura medida en el fluido del circuito primario entre la salida de los captadores solares y la salida del acumulador o del intercambiador de calor supera un valor programado en la centralita de entre 4 y 6 °C (el RITE establece este límite en 7 °C), el sistema pondrá en funcionamiento la bomba, parando esta si el gradiente de temperatura se sitúa entre 2 y 4 °C (el RITE establece una diferencia menor de 2 °C) el sistema detendrá el funcionamiento de la bomba.

El RITE, en su ITE 10.1.5 referida al sistema de control, especifica:

“El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de captadores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y 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 de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor de 2 °C.”



<https://juanfrancisco207.wordpress.com/category/energia-solar/energia-solar-termica/>

Si el sistema termosolar es grande, otra función del sistema de control sería la de activar una unidad auxiliar de apoyo para aportar calor al agua de consumo, en el caso de que la instalación solar no pueda por sí sola generar toda la energía térmica demandada en un determinado momento, para lo cual se debe instalar otra sonda que mida la temperatura del agua a la salida del acumulador.



Fig. 49. Centralita de regulación y control.

<http://www.sorel.de/es/productos/solar-termica/mtdc/>

Los elementos principales del sistema de regulación y control son:

- **Sensores:** cuyo componente principal es una resistencia variable con la temperatura, se encargan de medir dicha magnitud en los diferentes puntos del circuito.
- **Reguladores:** como por ejemplo los termostatos, encargados de generar una señal de control a partir de la variable controlada.
- **Actuadores:** elementos que al recibir la señal de control regulan el flujo de materia o energía. Son las bombas, las electroválvulas, los relés, etc...

Físicamente, la unidad de regulación y control o centralita de control debe estar provista, al menos, de:

- Un teclado para introducir los parámetros de funcionamiento
- Una pantalla para visualizar los parámetros de diseño y el estado de funcionamiento del sistema
- Un módulo de conexión analógica para entrada de datos destinado a la conexión de las sondas de temperatura
- Un módulo de conexión para la salida de órdenes, donde irían conectados los diferentes actuadores.

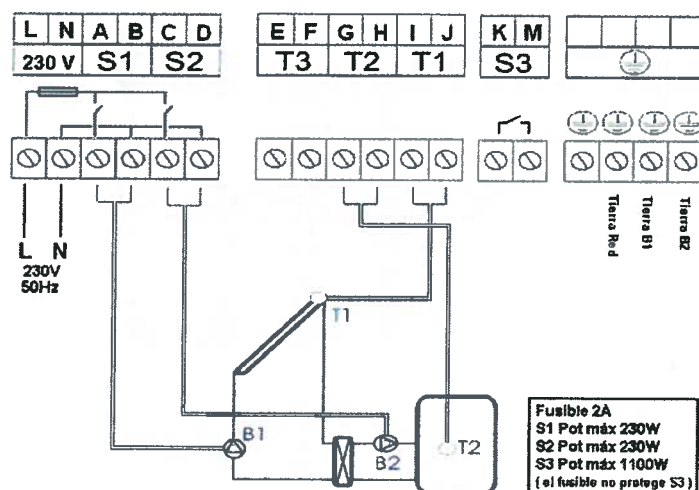


Fig. 50. Ejemplo bornes de conexiones en interior de una centralita.

<http://www.coltech.es/centralita-solar.html>

Es de señalar que, dependiendo de las características de la instalación solar térmica, el sistema de regulación y control puede adoptar múltiples configuraciones, cada una con sus ventajas y sus inconvenientes.

También es importante el empleo de electroválvulas mezcladoras en el sistema de control, con el objeto de que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a 50 °C en los puntos de consumo.

9.10. Sistemas de protección contra heladas y sobrecalentamientos

El sistema termosolar se debe diseñar y construir para que pueda soportar un amplio rango de temperaturas, ya que en invierno puede estar sometido a unas mínimas por debajo del punto de congelación y en verano a unas máximas con riesgo de ebullición del fluido caloportador y de sobrepresión del circuito hidráulico, que pueden poner en peligro la instalación.

9.10.1. Protección contra heladas

Durante la noche, las instalaciones termosolares están inactivas, ya que no reciben la energía del sol; por eso, durante la época invernal es necesario dotar a la instalación termosolar de algún sistema de protección contra heladas, que puede ser alguno o algunos de los siguientes:

Mezcla anticongelante en el circuito primario

Es un método que tiene una gran fiabilidad, pero requiere la verificación periódica de la composición de la mezcla anticongelante, pues a veces se producen fugas en el circuito que son repuestas directamente con agua, o bien

una degradación de sus propiedades químicas, haciendo que ya no proteja al circuito como al principio.

Recirculación del agua en el circuito primario

Este método es exclusivo de las instalaciones de circulación forzada por bombas y consiste en lo siguiente: cuando el sistema de control detecta que la temperatura del fluido caloportador o la temperatura ambiente está unos 3 °C por encima del punto de congelación del fluido, activa la bomba del circuito primario, transfiriendo parte de la energía térmica almacenada en el acumulador al fluido de trabajo del circuito primario.

Solamente se recomienda su utilización en instalaciones situadas en localidades en las que haya pocas probabilidades de alcanzar temperaturas por debajo de la de congelación del fluido de trabajo, pues supone unos gastos energéticos asociados, ya que la bomba debe activarse más veces de las necesarias y además se “roba” parte de la energía térmica almacenada en el sistema de acumulación.

Drenaje automático del circuito primario con recuperación de fluido

Cuando, mediante un sensor situado en los captadores solares, que son los elementos de la instalación más expuestos a heladas, se detecta una temperatura un poco por encima de la del punto de congelación del fluido de trabajo, el sistema de control vacía de fluido las partes más expuestas de la instalación, enviándolo a un depósito o acumulador auxiliar y manteniendo el circuito vacío hasta que el sistema de control detecte un aumento de la temperatura en los captadores, momento en el cual se vuelve a llenar el circuito primario con el fluido provisionalmente almacenado. El depósito auxiliar debe hallarse en un lugar protegido del exterior y por debajo de los captadores,

9.10.2. Protección contra sobrecalentamientos

Las máximas temperaturas se alcanzan siempre en períodos de bajo o nulo consumo y elevada radiación, y cuando sube la temperatura también lo hace la presión.

Con el fin de evitar daños en las instalaciones, las soluciones más utilizadas son:

Protección por enfriamiento con agua sanitaria

Consiste en activar una electroválvula de vertido de ACS cuando la temperatura en los captadores supere la máxima permitida. Se utiliza en pequeñas instalaciones, de consumo constante, teniendo el inconveniente del desperdicio del agua que se vierte.

Protección con aerotermo

En caso de que en los captadores se supere la temperatura máxima de consigna, el sistema de control activa un electroventilador conectado al circuito hidráulico primario, desviando el fluido a través de él y enfriándolo mediante un ventilador. Su principal ventaja es que no se producen pérdidas de agua caliente, pero tiene el inconveniente de que en caso de corte del suministro eléctrico no podría funcionar, por lo que sería conveniente escoger un modelo con batería.

Protección mediante disipador de seguridad externo

Si en los captadores se supera la temperatura máxima de consigna, el sistema de control hace que el fluido contenido en ellos circule a través de un radiador exterior que lo hace enfriarse al ofrecer mayor superficie de intercambio con el exterior que el propio sistema de tubos del captador solar.

Además de proteger el circuito primario, existe otra medida que hay que adoptar en el circuito secundario para que en la parte superior del acumulador solar no se sobrepase la temperatura de 60 °C. Dicha medida es la siguiente:

Protección contra altas temperaturas en el circuito secundario

El sistema de control mandará parar la bomba del primario para que no siga intercambiando energía térmica con el acumulador, y arrancará la del secundario para que entre agua fría en el depósito.

9.11. Protección contra la legionelosis

La *Legionella* es una bacteria que crece en agua a temperaturas comprendidas entre 20 °C y 50 °C, con un desarrollo óptimo entre 35 °C y 45 °C. Por debajo de los 20 °C permanece latente, sin multiplicarse, y no sobrevive por encima de los 60 °C.

Los sistemas que presentan riesgo de infección por legionella son las grandes instalaciones en recintos deportivos, centros de sanidad u hoteles. Las pequeñas instalaciones en edificios de viviendas como la que nos ocupa, no tienen prácticamente riesgo porque son cerradas y no tienen zonas que permanezcan húmedas y poco ventiladas. Además, el fluido caloportador del circuito primario contiene productos anticongelantes que impiden la proliferación de las bacterias y el agua del circuito de consumo o secundario proviene de la red pública y por tanto estará tratada con cloro.

No obstante, puesto que en la instalación que nos ocupa ha sido necesario acumular el agua en el depósito solar a 45 °C, se programará el centro de regulación para que al menos dos veces al mes pase agua del depósito de la caldera al depósito solar para subir su temperatura unas horas al menos a 70 °C, destruyendo de esta forma las posibles bacterias que se pudieran desarrollar.

10. CONCLUSIONES

En el presente proyecto técnico se ha realizado el estudio de las necesidades energéticas, los equipos y las obras necesarias para el suministro de agua caliente sanitaria a un edificio de 10 viviendas en el que se estima que viven 33 personas. Para ello se ha tenido en cuenta toda la normativa vigente: CTE, RITE, etc., así como las recomendaciones de organismos reconocidos como el IDAE y las normas nacionales, europeas e internacionales.

Tras la realización del proyecto se han obtenido las siguientes conclusiones:

- El sistema de captación solar es capaz de suministrar, por sí solo, el 71 % de las necesidades térmicas de la vivienda para el agua caliente sanitaria. De este modo se cumple la normativa, puesto que al encontrarnos en la provincia de Salamanca, correspondiente a la zona climática III, la contribución solar mínima que se debe obtener es del 50 %.
- Lo más destacable de este tipo de instalaciones es el respeto al medio ambiente y la rentabilidad, ya que se dejan de emitir gases como el CO₂ y se amortizan en pocos años, teniendo una larga vida útil, aunque últimamente los precios del gas natural están muy baratos y la rentabilidad es menor.
- El principal contratiempo al que se enfrentan este tipo de aplicaciones energéticamente limpias es su alto coste inicial, aunque se ve compensado por el ahorro energético desde el primer momento, pues todo lo que produzca la energía solar, se deja de pagar en la factura mensual.

En definitiva, este tipo de instalaciones solares térmicas son necesarias debido al compromiso con la sociedad ante la problemática del cambio climático,

contribuyendo en este caso con una reducción significativa en las emisiones de CO₂.

11. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Además de la constante consulta del CTE y del RITE, sobre todo, se han utilizado los siguientes textos y referencias:

Textos de referencia

- [1] "Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico". Tomos III y IV. CENSOLAR - PROGENSA. 2006.
- [2] Emilio Carrasco Sánchez. "Instalaciones de energía solar térmica en edificios de viviendas". Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Salamanca. 2007.
- [3] G.López, Bernd-Rainer K., Bernhard Weyre-Borchert. "Instalaciones solares térmicas: manual para uso de instaladores, fabricantes, proyectistas e ingenieros, instituciones de enseñanza y de investigación". SODEAN
- [4] "Manual Técnico 2007". Termicol.
- [5] "Pliego de Condiciones Técnicas". IDAE.

Catálogos comerciales

- [6] Catálogo de Wilo. <http://www.wilo.es/>
- [7] Catálogo de Termicol. <http://www.termicol.es/>
- [8] Catálogo de Salvador Escoda. <http://www.salvadorescoda.com/>
- [9] Catálogo de Saunier Duval en <https://www.saunierduval.es/>

Referencias Web

- [10] <http://www.censolar.edu/fchart.htm>
- [11] <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>
- [12] <http://www.iea.org/>
- [13] <http://www.codigotecnico.org/>
- [14] <http://www.termicol.es/>
- [15] <https://www.saunierduval.es/>
- [16] <http://www.salvadorescoda.com/>
- [17] <http://www.wilo.es/>
- [18] <http://www.aenor.es/>
- [19] <http://www.minetad.gob.es/>
- [20] <http://www.idae.es/>
- [21] <http://es.grundfos.com/>
- [22] www.solarweb.net
- [23] www.tutiempo.net
- [24] www.solarenergy.ch
- [25] www.gasnatural.es
- [26] <http://bocyl.jcyl.es/>
- [27] <https://www.direct-electro.es/reglamento-baja-tension>
- [28] <https://www.endesaclientes.com/>

12. CONVERSIÓN DE UNIDADES

Unidades de energía:

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} = 860,42 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ} = 0,0012 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ kJ} = 0,00028 \text{ kWh} = 0,239 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ termia (th)} = 1 \cdot 10^6 \text{ cal} = 1000 \text{ kcal} \text{ (se conoce también como megacaloría)}$$

$$1 \text{ termia} = 4,18 \text{ MJ}$$

Unidades de potencia:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 0,860 \text{ kcal/h}$$

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W} = 632,836 \text{ kcal/h}$$

$$1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$$

Unidades de presión:

$$1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} = 0,9869 \cdot 10^{-5} \text{ atm} = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0,9869 \text{ atm} = 1,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} = 1,03323 \text{ kg/cm}^2$$

ANEXO I

CÁLCULOS

1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Para el diseño de una instalación solar térmica, se suele seguir la siguiente secuencia:

- Datos de partida.
- Cálculo de la demanda de ACS
- Contribución solar mínima
- Demanda de energía térmica
- Energía solar aportada
- Superficie de captadores y volumen de acumulación
- Dimensionado del sistema de intercambio
- Dimensionado del circuito hidráulico
- Dimensionado de los electrocirculadores
- Dimensionado del vaso de expansión

1.1. Datos de partida

El edificio objeto de la instalación solar térmica es un bloque de 10 viviendas situado en la localidad salmantina de Béjar, el cual dispone de una caldera de gas natural en la planta baja para el suministro de todas las viviendas, por lo que éste será el tipo de combustible con el que contemos para el sistema auxiliar.

Su fachada principal está orientada al sur y la cubierta está formada por un tejado con una inclinación de $24,22^\circ$. También se sabe que no existe ningún elemento que produzca sombras sobre la superficie de captación de los paneles.

Los datos de partida son:

- Bloque de 10 viviendas: 4 viviendas de 3 dormitorios, 5 de 2 dormitorios y 1 de 1 dormitorio

- Tipo de combustible sistema auxiliar: gas natural
- Temperatura uso del ACS: 45°C
- Situación: Béjar (Salamanca)
- Coordenadas geográficas:
 - Latitud: 40° 23' 18" Norte
 - Longitud: 5° 45' 11" Oeste

1.2. Cálculo de la demanda de ACS

La demanda de ACS para una instalación termosolar se puede obtener directamente a través de los datos de consumo medidos en años precedentes, o mediante estimaciones, siendo esta última la forma más usual. Para ello se suele utilizar una tabla que indica la demanda de agua caliente sanitaria, según criterio del Documento Básico del Código Técnico de la Edificación "DB-HE4 Ahorro de Energía":

Tabla 3. Demanda de referencia a 60 °C.

www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
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 (ancianos, estudiantes, etc)	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

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Se puede estimar la demanda prevista, es decir, la cantidad de ACS necesaria mediante la siguiente fórmula, especificada en el CTE:

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \frac{60 - T_i}{T - T_i}$$

donde,

D (T): demanda de ACS a la temperatura T

D_i (T): demanda de ACS para mes "i" a la temperatura T

D_i (60° C): demanda de ACS para mes "i" a la temperatura de la norma (Tabla 3)

T_i : temperatura media mensual de la red (Tabla 4)

T: temperatura en °C del sistema de acumulación

En la tabla siguiente se refleja la temperatura diaria media mensual (°C) de agua fría para las capitales de provincia, para su uso en el cálculo de la demanda de ACS a temperaturas de cálculo distintas a 60°C:

Tabla 4. Temperatura media del agua de la red general (°C) para las capitales de provincia.

<u>CENSOLAR</u>													
	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 BADAJOZ	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 CACERES	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

La ocupación en un edificio de viviendas multifamiliares se estima según la siguiente tabla:

Tabla 5. Ocupación según el nº de dormitorios para edificios de viviendas.

www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

La ocupación del edificio en el que proyectamos la instalación será:

Viviendas de 1 dormitorio: 1 vivienda x 1,5 personas = 1,5 personas

Viviendas de 2 dormitorios: 5 viviendas x 3 personas = 15 personas

Viviendas de 3 dormitorios: 4 viviendas x 4 personas = 16 personas

Luego la ocupación de nuestro edificio será de 32.5 personas, pero tomaremos 33.

La demanda mínima de consumo a 60 °C que se debe considerar es:

$$D_{cons} = 33 \text{ personas} \cdot 22 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}} = 726 \text{ litros/día}$$

No obstante, se calculará la demanda total de consumo de ACS a 45 °C del edificio en estudio mediante la fórmula especificada más arriba. Se hará para cada mes, teniendo en cuenta su temperatura media del agua de red (tabla 4).

Por ejemplo, para el mes de enero, en que $T_i = 5 \text{ °C}$:

$$D_i(T) = D_i(60 \text{ °C}) \frac{60 - T_i}{T - T_i} = 22 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}} \cdot \frac{60 - T_i}{45 - T_i} = 30,25 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$$

$$D_{cons} = 33 \text{ personas} \cdot 30,25 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}} = 998,25 \text{ litros/día}$$

Así se haría para cada mes del año sustituyendo para T_i los valores de la tabla 4 para el lugar en estudio, Béjar, multiplicando luego cada valor obtenido

por el número de días del mes y sumando por fin la demanda de los 12 meses. Para T_i se han utilizado los valores de Salamanca capital, ya que se ha comprobado que son muy similares a los de Béjar.

Para los cálculos se ha utilizado la siguiente hoja de Excel, de la que se obtiene un consumo previsto anual de **376839 litros/año**:

Tabla 6. Cálculo de la demanda prevista anual.

Elaboración propia

MES	tª agua red	Demanda (l/persona·día)	nº personas	Demanda (l/día)	nº días mes	Litros/mes
Enero	5	30,25	33	998,25	31	30945,75
Febrero	6	30,4615385	33	1005,23077	28	28146,4615
Marzo	8	30,9189189	33	1020,32432	31	31630,0541
Abril	10	31,4285714	33	1037,14286	30	31114,2857
Mayo	11	31,7058824	33	1046,29412	31	32435,1176
Junio	12	32	33	1056	30	31680
Julio	13	32,3125	33	1066,3125	31	33055,6875
Agosto	12	32	33	1056	31	32736
Septiembre	11	31,7058824	33	1046,29412	30	31388,8235
Octubre	10	31,4285714	33	1037,14286	31	32151,4286
Noviembre	8	30,9189189	33	1020,32432	30	30609,7297
Diciembre	5	30,25	33	998,25	31	30945,75
PROMEDIO	9,25	31,281732		1032,29716	DEMANDA TOTAL ANUAL	376839,088

Demanda anual total D(45 °C) = 376839 litros

Demanda diaria media: 1032,3 litros/día, que supondría un consumo por

persona de: $\frac{1032,3 \text{ litros/día}}{33 \text{ personas}} = 31,28 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$ frente a los $22 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$ que

supondría para una temperatura de 60 °C.

Tabla 7. Contribución solar mínima anual en % según la zona climática y el consumo de ACS diario. Válida para fuente de energía auxiliar de gas natural.

www.coit.es/system/files/link_group/he_4_contribucion_solar_minima_de_agua_caliente_sanitaria_f5b0c222.pdf

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Se puede comprobar que la fracción solar mínima exigida por el CTE, teniendo en cuenta que nos encontramos en zona III y que la demanda total de ACS, en nuestro caso 1032,3 litros/día, está comprendida entre 50 y 5000 l/día, por lo que corresponde a un **mínimo de un 50% anual**.

Hay que tener en cuenta que cuando la fracción solar se calcule para cada mes, el CTE - HE 4 establece las dos normas siguientes:

- *En ningún mes podrá superar el 110 % de la demanda de ACS.*
- *No se podrá superar el 100 % de la demanda de ACS durante más de tres meses consecutivos.*

1.4. Demanda de energía térmica y determinación de la superficie necesaria

Una vez calculada la demanda de ACS y la contribución solar mínima, se hace necesario determinar la demanda de energía térmica requerida por la instalación, utilizando para ello la siguiente fórmula, que representa la cantidad de calor o de energía necesaria para producir un cambio de temperatura ΔT , que es el salto térmico o diferencia entre la temperatura de utilización y la de la red de abastecimiento a la entrada de la instalación:

$$Q = D_i(T) \rho c_e n (T - T_i)$$

donde:

Q: demanda de energía térmica para ACS

$D_i(T)$: demanda de ACS (litros/día) para la temperatura de acumulación

ρ : densidad del agua (1 kg/litro)

c_e : calor específico del agua a presión constante (1 cal/g = 4,186 J/g · °C)

n: número de días involucrados en el cálculo (normalmente los días de cada mes)

T: temperatura del sistema de acumulación (°C)

T_i : temperatura de entrada del agua desde la red de abastecimiento (en °C y tomada de tabla 4)

40	SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
----	-----------	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-----

Se ha utilizado el programa Censol 5.0, de Censolar, para el cálculo de las cargas de consumo, que aparecen reflejadas en termias (th) en la columna 5 y en megajulios (MJ) en la columna 6 de la tabla 8, representada más abajo.

Los datos introducidos en el programa son los siguientes:

- Latitud: 41° (se ha introducido la de Salamanca capital, ya que el programa sólo permite capitales de provincia).
- Demanda de ACS: 1032 litros/día.
- Inclinación de los captadores: 24° (prácticamente coincide con la inclinación del tejado).
- Zona climática: El programa lo escoge al introducir la localidad.
- Desviación N-S: 0°.
- Corrección de H: 1,00.
- Pérdidas globales: 15%.
- Temperatura de acumulación: 45°.
- Consumo diario: 1032 l.
- Parámetro *b* del captador: 0,798.
- Parámetro *m* del captador: 3,94.
- Superficie absorbente del captador: 2,33 m².

Realizaremos los cálculos para el mes de enero, como ejemplo, y en los otros meses lo que cambiaría sería el salto térmico.

Para el mes de enero, si nos fijamos en la tabla 6, “D_i(T)” vale 998,25 l/día, pero como lo habíamos calculado para una T_i de 45 °C vimos que la media diaria anual de consumo sería 1032,3 (en el programa hemos puesto 1032), “ρ” vale 1000 g/l, “c_e” vale 1 cal/g, “n” es el nº de días de enero, 31 y “T-T_i” el salto térmico en ese mes, es decir, 45 °C – 5 °C = 40 °C.

Sustituyendo estos valores en la fórmula:

$$Q = 1032 \frac{l}{día} \cdot 1000 \frac{g}{l} \cdot 1 \frac{cal}{g} \cdot 31 \frac{días}{mes} \cdot (45 \text{ } ^\circ C - 5 \text{ } ^\circ C) = 127968 \cdot 10^4 \frac{cal}{mes}$$

Como 1 th = 10⁶ cal = 1 Mcal, dividiremos el resultado anterior por 10⁶ para pasarlo a termias: $\frac{127968 \cdot 10^4 \text{ cal/mes}}{1 \cdot 10^6 \text{ cal/th}} = 1279,68 \frac{th}{mes}$

Y como también sabemos que 1 th ≈ 4,18 MJ, pasaremos de termias a megajulios multiplicando el resultado anterior por 4,18:

$$1279,68 \frac{th}{mes} \cdot 4,18 \frac{MJ}{th} = 5349,06 \frac{MJ}{mes}$$

Como podemos observar, prácticamente coincide el valor calculado analíticamente con el del programa. En la tabla 8, para operar con el programa, es necesario elegir un captador solar (se adjunta hoja de características en el Anexo III), del cual el programa tomará el rendimiento para los cálculos, además de considerar un factor de corrección de H, que representa la energía aprovechable, y que se obtiene a partir de la irradiación solar media en un día de cada mes sobre una superficie horizontal de 1 m². Dicho factor vemos que multiplica a H y puede variar entre 0,75 y 1,20, siendo menor para atmósferas con aire contaminado y mayor para zonas montañosas, con aire muy limpio. También es necesario corregir el valor de H si hay obstáculos que proyectan sombras sobre los captadores o superficies reflectantes.

Se ha dejado el que viene por defecto en el programa: H=1

En la tabla 8 también se ha considerado un coeficiente global de pérdidas (que puede variar entre el 10% y el 30%) del 15%, que es un valor normal para instalaciones de este tipo y que viene ya por defecto en el programa. Dicho coeficiente se refiere a las pérdidas globales de calor en la instalación, que dependen del aislamiento y de las características del consumo, es decir, si éste se va a realizar de manera uniforme a lo largo del día o por el contrario se va a concentrar en determinadas horas del día. También tiene en cuenta las pérdidas por la inclinación del captador.

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR

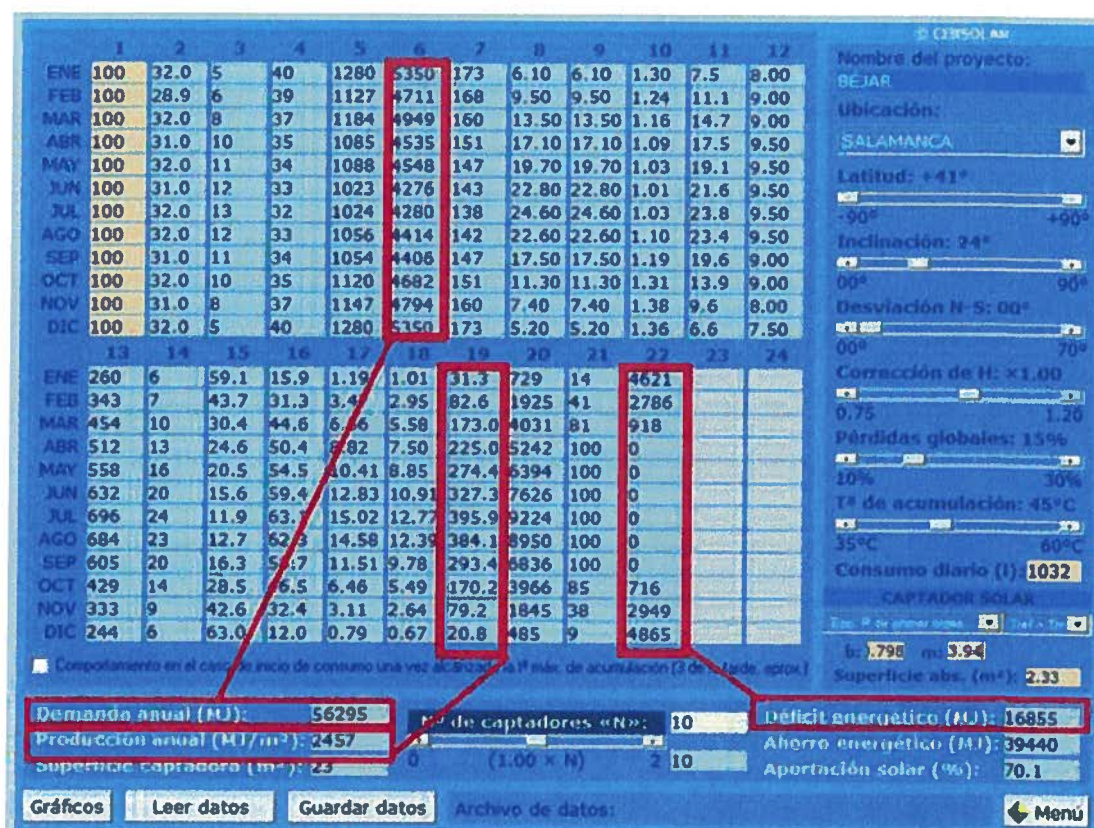


Fig. 52. Menú general de Censol 5.0.

Censol 5.0 (CENSOLAR)

Tabla 8. Cargas de consumo para la instalación proyectada.

Censol 5.0 (CENSOLAR)



Seguidamente, se explicará el significado de las columnas y de las casillas de la tabla anterior, obtenida con el programa Censol 5.0.

Columna 1: representa el porcentaje de ocupación del edificio en cada mes del año.

Columna 2: es el consumo de agua caliente al mes expresado en m³.

Columna 3: hace referencia a la temperatura media del agua de la red de abastecimiento en Salamanca (tabla 4).

Columna 4: representa el salto térmico en cada mes, es decir, la diferencia de temperatura entre el agua de consumo (45 °C) y el agua fría de la red de abastecimiento.

Columna 5: aporte energético necesario para elevar a la temperatura requerida el volumen de agua consumido, expresado en termias (th). Se calcula mediante la fórmula vista anteriormente: $Q = D_i(T) \rho c_e n (T - T_i)$

Columna 6: aporte energético necesario para elevar a la temperatura requerida el volumen de agua consumido, expresado en megajulios (MJ). Se obtiene multiplicando los valores de la columna 5 por 4,18.

Columna 7: es la necesidad energética diaria en MJ. Sólo hay que dividir los valores de la columna 6 entre el número de días del mes correspondiente.

Columna 8: valor de H, que representa la energía solar incidente en MJ sobre 1 m² de superficie horizontal. Viene en tablas.

Columna 9: valor de H corregido dependiendo de las condiciones ambientales. Para esta instalación no se altera, es decir, H se multiplica por 1.

Columna 10: valor del coeficiente de corrección k para la latitud del lugar y una inclinación del captador de 24°.

Columna 11: energía neta incidente o energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.

$$E = 0,94 \cdot k \cdot H \text{ (MJ)}$$

(0,94 es un factor de corrección necesario para instalaciones termosolares).

Columna 12: número de horas de sol útiles. Se da en la tabla siguiente:

Tabla 9. Número medio de horas diarias de sol útiles.

CENSOLAR

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De +25° a +45° (hemisferio norte)	8	9	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9	9	8	7.5
De -25° a +25° (zona ecuatorial)	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5
De -25° a -45° (hemisferio sur)	9.5	9.5	9	9	8	7.5	8	9	9	9.5	9.5	9.5

Columna 13: intensidad media útil "I", en W/m². Se obtiene dividiendo los valores de la columna 11 pasados a julios, entre los de la columna 12 pasados a segundos:

$$I = \frac{E}{n^{\circ} \text{ horas de sol útiles}} = \frac{MJ}{h} \cdot \frac{J}{10^{-6} MJ} \cdot \frac{h}{3600s} = \frac{J}{s} = 277,78W$$

Comprobamos que bastaría con multiplicar por 277,78 el cociente de ambas columnas. La intensidad de radiación solar o irradiancia se refiere a 1 m² de superficie, ya que es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

Columna 14: temperatura ambiente durante las horas de sol; tabla siguiente:

Tabla 10. Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C.

CENSOLAR														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
2	ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
3	ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
4	ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
5	ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
6	ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
7	BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
8	BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
9	BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
10	BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
11	CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
12	CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
13	CANTABRIA	11	11	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8	
14	CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
15	CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
16	CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
17	CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
18	LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9
19	CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13,6
20	GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
21	GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17,3
22	GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15,8
23	GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15,3
24	HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19,9
25	HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15,6
26	JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27	LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13,3
28	LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17,1
29	LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
30	MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
31	MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20,7
32	MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20,6
33	MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19,3
34	NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14,3
35	ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15,8
36	PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13,8
37	LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	25	26	25	23	21	22,9
38	PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
39	LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15,3
40	SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	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	12	14	17	20	24	28	28	26	22	18	15	19,2

Columna 15: parte de la ecuación [9] del rendimiento del captador y representa las pérdidas globales de éste expresadas en %:

$$\eta = b - m \frac{(t_m - t_a)}{I}$$

La ecuación del captador que se ha elegido a priori y del cual se han introducido en el programa los parámetros b y m es:

$$\eta = 0,798 - 3,94 \frac{(t_m - t_a)}{I}$$

donde $b = 0,798$ es el rendimiento óptico real del captador y $m = 3,94$ el coeficiente de pérdidas globales de éste. En nuestro caso:

$$3,94 \frac{(45 - t_a)}{I} \cdot 100$$

Con esta ecuación se irán obteniendo los valores mensuales de las pérdidas globales en %, siendo t_a el valor de la columna 14 e " I " el de la 13.

Columna 16: parte de la ecuación [9] del captador y representa el rendimiento real de éste, representado por el valor de $b = 0,798$ en la ecuación expresado en %:

$$\eta = \left[0,798 - 3,94 \frac{(t_m - t_a)}{I} \right] \cdot 100 = 79,8 - 394 \frac{(t_m - t_a)}{I}$$

Al tratarse de un captador con cubierta se multiplica $b = 79,8$ por 0,94, que es un factor de corrección para este tipo de captadores y del valor resultante se resta la columna 15.

Columna 17: energía que aporta 1 m² de captador. Es el producto de las columnas 11 y 16, esta última previamente dividida entre 100:

$$E = \eta_{\text{captador}} \cdot 0,94 \cdot k \cdot H \text{ (MJ)}$$

Columna 18: producto de la columna 17 por 0,85, factor de corrección que tiene en cuenta las pérdidas en el acumulador e intercambiador.

Columna 19: producto de la columna 18 por el número de días del mes. Representa la energía neta disponible al mes por cada m² de captador.

Una vez que se ha llegado a este punto ya se está en condiciones de calcular la superficie captadora necesaria. Para ello, se divide la suma de los valores de la columna 6 (demanda anual) entre la suma de los de la 19 (producción anual).

$$\frac{56295 \text{ MJ/año}}{2457 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{año}} = 22,91 \text{ m}^2$$

Como cada captador elegido tiene una superficie útil de captación de $2,33 \text{ m}^2$, serán necesarios:

$$\frac{22,91 \text{ m}^2}{2,33 \text{ m}^2} = 9,83 \approx 10 \text{ captadores}$$

Por lo tanto, la superficie real de captación sería:

$$\begin{aligned} \text{Superficie real de captación} &= 10 \text{ captadores} \cdot 2,33 \text{ m}^2/\text{captador} \\ &= 23,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Columna 20: es el resultado de multiplicar el número de metros reales de superficie captadora ($23,3 \text{ m}^2$) por la energía neta disponible para el consumo que produce cada m^2 de captador (columna 19).

Columna 21: cociente porcentual entre la columna 20 y la 6. Representa la fracción de consumo energético que es satisfecha por la energía solar (**fracción solar**). En los meses en que la aportación solar sea superior al consumo, dicho porcentaje se tomará igual a 100.

Columna 22: diferencia entre la columna 6 y la 20. Representa la **energía auxiliar** que es necesario aportar en los meses en que la energía solar no baste por sí sola para cubrir el 100% de las necesidades.

Por tanto, resumiendo:

Demanda energética (suma columna 6) = 56295 MJ

Déficit energético (suma columna 22) = 16855 MJ

$16855/56295 = 0,2994 \cdot 100 = 29.44 \text{ \% de déficit energético}$

Ahorro energético = 39440 MJ

$39440/56295 = 0,70059 \cdot 100 = 70,06\%$ de aporte energético o contribución solar

(recordemos que el mínimo para nuestra zona climática es del 50%)

NOTA: en la mayoría de aplicaciones actuales para el cálculo de instalaciones de ACS, la energía viene expresada en kW·h, mientras que con Censol 5.0 se da en MJ. Para pasar de una unidad a otra solamente se ha de tener en cuenta que $1 \text{ kW}\cdot\text{h} \approx 3,6 \text{ MJ}$

La contribución solar vemos que es acorde con el reglamento, ya que según el CTE-HE 4, como obtuvimos en el punto 1.3, debía ser al menos del 50% para nuestra zona climática.

Con el programa Censol 5.0, como hemos visto, para la columna 21, que es la que representa la contribución solar del sistema, en los meses en que la aportación solar es superior al consumo, dicho porcentaje se toma igual a 100.

Ahora debemos comprobar que, si tenemos en cuenta el porcentaje real, debe cumplirse, también según CTE-HE 4:

- *En ningún mes podrá superar el 110 % de la demanda de ACS.*
- *No se podrá superar el 100 % de la demanda de ACS durante más de tres meses consecutivos.*

Como se puede ver, no se cumpliría la normativa referente a este punto, ya que a simple vista hay 6 meses consecutivos en la columna 21 en que se supera el 100% de la demanda, y además se supera el 110% en varios meses también. Se comprueba mirando los valores de la columna 21. Pero el DB-HE 4* contempla la posibilidad de disipar los excedentes, cosa que nosotros haremos mediante la instalación de un disipador de calor dinámico.

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR

* "Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas: a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario); b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador); c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento."

Tabla 11. Reporte de tabla 8.

Censol 5.0 (CENSOLAR)

Programa Censol 5 (@ Censolar): «solar térmica (A.C.S.)»

Nombre del proyecto: BÉJAR

Ubicación: SALAMANCA

Latitud (°): +41
Inclinación (°): 24
Desviación N-S (°): 00
Corrección de H: 1.00
Pérdidas globales (%): 15
Tª de acumulación (°C): 45
Consumo diario (l): 1032
Parámetro b del captador: 0.80
Parámetro m del captador: 3.94
Superficie del captador (m²): 2.33

Proceso numérico del cálculo general:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ENE: 100	32.0	5	40	1280	5350	173	6.10	6.10	1.30	7.5	8.00	260	6	59.1	15.9	1.19	1.01	31.3	729	14	4621	
FEB: 100	28.9	6	39	1127	4711	168	9.50	9.50	1.24	11.1	9.00	343	7	43.7	31.3	3.47	2.95	82.6	1925	41	2786	
MAR: 100	32.0	8	37	1184	4949	160	13.50	13.50	1.16	14.7	9.00	454	10	30.4	44.6	6.56	5.58	173.0	4031	81	918	
ABR: 100	31.0	10	35	1085	4535	151	17.10	17.10	1.09	17.5	9.50	512	13	24.6	50.4	8.82	7.50	225.0	5242	100	0	
MAY: 100	32.0	11	34	1088	4548	147	19.70	19.70	1.03	19.1	9.50	558	16	20.5	54.5	10.41	8.85	274.4	6394	100	0	
JUN: 100	31.0	12	33	1023	4276	143	22.80	22.80	1.01	21.6	9.50	632	20	15.6	59.4	12.83	10.91	327.3	7626	100	0	
JUL: 100	32.0	13	32	1024	4280	138	24.60	24.60	1.03	23.8	9.50	696	24	11.9	63.1	15.02	12.77	395.9	9224	100	0	
AGO: 100	32.0	12	33	1056	4414	142	22.60	22.60	1.10	23.4	9.50	684	23	12.7	62.3	14.58	12.39	384.1	8950	100	0	
SEP: 100	31.0	11	34	1054	4406	147	17.50	17.50	1.19	19.6	9.00	605	20	16.3	58.7	11.51	9.78	293.4	6836	100	0	
OCT: 100	32.0	10	35	1120	4682	151	11.30	11.30	1.31	13.9	9.00	429	14	28.5	46.5	6.46	5.49	170.2	3966	85	716	
NOV: 100	31.0	8	37	1147	4794	160	7.40	7.40	1.38	9.6	8.00	333	9	42.6	32.4	3.11	2.64	79.2	1845	38	2949	
DIC: 100	32.0	5	40	1280	5350	173	5.20	5.20	1.36	6.6	7.50	244	6	63.0	12.0	0.79	0.67	20.8	485	9	4865	

Demanda anual (MJ): 56295
Producción anual (MJ/m²): 2457
Superficie captadora (m²): 23
Nº de captadores: 10
Déficit energético (MJ): 16855
Aportación solar (%): 70.1

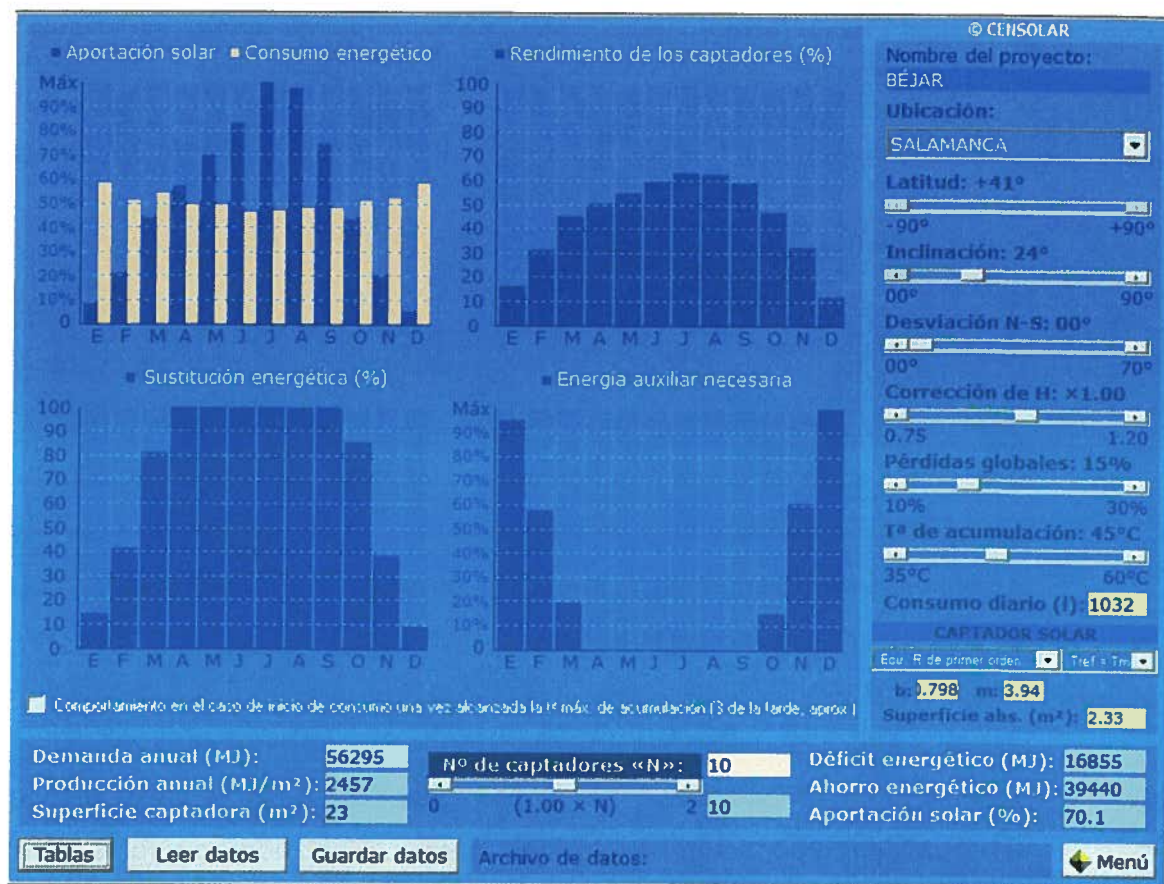


Fig. 53. Gráficas de tabla 8.

Censol 5.0 (CENSOLAR)

Se han realizado los cálculos con Censol 5.0 porque es un programa mediante el cual se puede calcular de manera muy precisa la carga energética de la instalación mes a mes, ya que para ello tiene en cuenta las variables físicas reales del sistema. Utiliza como criterio que la suma de toda la energía generada por los captadores sea igual al consumo o demanda energética previamente calculada o estimada. Además, es un programa muy didáctico, mediante el que se puede ir viendo paso a paso y justificadamente, como se ha hecho más arriba, cada uno de los parámetros energéticos de la instalación.

Seguidamente se usará una aplicación on-line, también de Censolar, que tiene ya implementado el método *f-Chart*, ampliamente aceptado para el cálculo de instalaciones solares térmicas para ACS. Dicho método es en el que se basa

el CTE-HE 4 para la contribución solar mínima. Antes de utilizar dicha aplicación, se explicará el fundamento teórico de dicho método.

1.4.1. Método del factor de contribución solar (F-Chart)

Un método ampliamente aceptado para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica es el método de las curvas f (F-Chart)*, que 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. Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario. Para desarrollarlo 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.

* Beckman, W.A., Klein, S.A. y Duffie, J.A.: Proyecto de sistemas térmico-solares por el método de las curvas- f . Editorial INDEX, 1982 (ATECYR: Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración).

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.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.

2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D_1 y cálculo del parámetro D_2 . Verificación de la condición de aplicabilidad del método: $0 < D_1 < 3$ y $0 < D_2 < 18$ (este método sólo tiene validez si se cumplen a la vez estas dos condiciones).
4. Determinación de la gráfica f.
5. Valoración de la cobertura solar mensual.
6. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la expresión señalada más arriba:

$$Q = D_i(T) \rho c_e n (T - T_i)$$

donde:

Q: demanda de energía térmica para ACS

$D_i(T)$: demanda de ACS (litros/día) para la temperatura de acumulación

ρ : densidad del agua (1 kg/litro)

c_e : calor específico del agua a presión constante ($1 \text{ cal/g} = 4,186 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$)

n: número de días involucrados en el cálculo (normalmente los días de cada mes)

T: temperatura del sistema de acumulación ($^\circ\text{C}$)

T_i : temperatura de entrada del agua desde la red de abastecimiento (en $^\circ\text{C}$ y tomada de tabla 4)

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c F_r'(\tau\alpha) R_i n$$

donde:

S_c : superficie del captador (m^2)

R_i : radiación diaria media mensual que incide sobre la superficie de captación

por unidad de área (kJ/m^2)

n : número de días del mes

$F_r'(\tau\alpha)$: factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \left(\frac{F_r'}{F_r} \right) =$$

$$F_r(\tau\alpha)_n \times [0,96(\text{sencillo o } 0,94 \text{ doble})] \times (0,95)$$

donde:

$F_r(\tau\alpha)_n$: factor de eficiencia óptica del captador. Es la ordenada en el origen de

la curva característica del captador

$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$: modificador del ángulo de incidencia. 0,96 para superficie transparente sencilla y 0,94 para superficie transparente doble

$\frac{F_r'}{F_r}$: factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar 0,95

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2 \quad \text{siendo: } F_r' U_L = F_r U_L \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

donde:

S_c : superficie del captador (m^2)

$F_r U_L$: pendiente de la curva del captador, que representa su coeficiente global

de pérdidas

t_a : temperatura media mensual del ambiente

Δt : duración del mes considerado en segundos (s)

K_1 : factor de corrección por almacenamiento, obtenido a partir de la ecuación,

$$K_1 = \left(\frac{\text{kg acumulación}}{75 S_c} \right)^{-0,25} \quad \text{con } 37,5 < \frac{\text{kg acumulación}}{m^2 \text{captador}} < 300$$

K_2 : factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS (que será normalmente la temperatura de acumulación), la del agua de la red y la media mensual ambiente, dado por la expresión,

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a}{100 - t_a}$$

donde:

t_{ac} : temperatura mínima del ACS

t_r : temperatura del agua de red

t_a : temperatura media mensual del ambiente

Una vez obtenido D_1 y D_2 , aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar. De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor:

$$Q_u = f Q_a$$

donde:

Q_a : carga calorífica mensual de ACS

f : valor que proporciona para f la fórmula que incorpora D_1 y D_2

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$\text{Cobertura solar anual}(\%) = 100 \cdot \left(\frac{\sum_{u=1}^{12} Q_u}{\sum_{a=1}^{12} Q_a} \right)$$

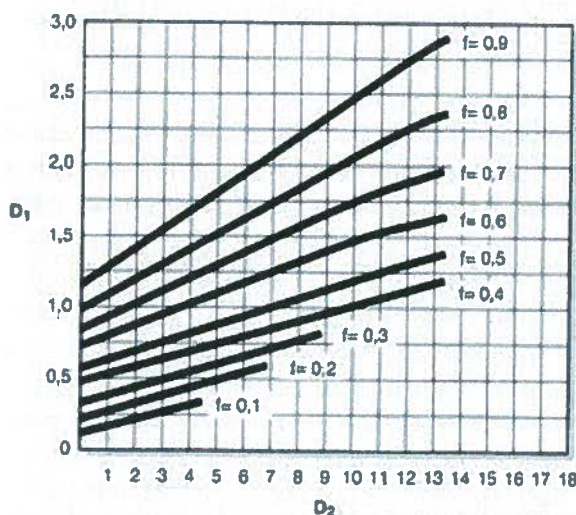


Fig. 54. Familia de curvas para distintos valores de f .

<http://electricidad.usal.es/> (Tecnología Energética)

Seguidamente y como se indica más arriba, se procedió a simular el sistema con una aplicación on-line, también de Censolar, que calcula por el método f -

Chart, para luego comparar los resultados más relevantes que se obtuvieron con Censol 5.0.

El método f-Chart, como acabamos de ver, se basa en una ecuación teórico - empírica, por lo que sus parámetros no tienen sentido físico de forma rigurosa. En uno de los primeros textos en el que Beckman-Klein desarrollan el método f-Chart, representan $D1 \approx \text{absorbed solar energy/heating load}$ y $D2 \approx \text{collector loss/heating load}$, en un intento de crear una analogía física entre el método empírico y la realidad física. La traducción al español se malinterpretó, poniendo un "igual" donde había un "aproximadamente igual"; pero si realmente $D1$ y $D2$ fueran exactamente la fracción de energía absorbida y perdida respecto a la carga energética, respectivamente, entonces no sería necesario aplicarlos a la larga ecuación que desarrolla el método para el cálculo de la fracción solar, sino que la energía aprovechable sería directamente la diferencia $D1 - D2$.

UBICACIÓN

LAS PALMAS
LEÓN
LÉRIDA
LUGO
MADRID
MÁLAGA
MELILLA
MURCIA
NAVARRA
OIRENSE
PALENCIA
PONTEVEDRA
SALAMANCA
SEGOVIA
SEVILLA

CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS
Rendimiento: $R = R_0 - a_1 dT / I - a_2 dT^2 / I$

Modelo: Genérico Superficie de ref. (m²): 2.33

R_0 : 0.8 $dT = T_m - T_a$ Cubierta simple Inclínación (°): 24
 a_1 : 2.44 $dT = T_e - T_a$ Cubierta doble Desviación N-S (°): 0
 a_2 : 0.050 Factor de intercambiador: 0.8 Número de captadores: 10

ACUMULACIÓN DE A.C.S.
Temperatura (°C): 45
Volumen (litros): 2000

CONSUMO DIARIO DE A.C.S. (a la 1ª de acumulación)
Criterio de uso: Volumen unitario (litros): 31.3
Vivienda: Unidades de consumo: 33

FUENTE DE DATOS
Radiación solar: Censolar x 1.04
Tª ambiente (°C): Censolar
Tª agua de red (°C): Censolar
EREN
UNE 94002

PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
38	60	80	94	101	112	119	118	105	79	53	33	81

Casos de invalidez del método f-chart
D1!: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.
D2!: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.
V/A!: la relación V/A no está comprendida entre 37.5 y 300.
ENR!: la fracción solar resulta negativa.

EXAMINAR **CALCULAR**

Fig. 55. Aplicación web (online) para el cálculo de la contribución solar mediante el método f-Chart.

<http://www.censolar.edu/menu10.htm#software>

CENSOL 5.0

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
14%	41%	81%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	38%	9%

Demanda anual (MJ): 56295
 Producción anual (MJ/m²): 2457
 Superficie captadora (m²): 23

Nº de captadores «N»: 10
 (1.00 x N) 2 10

Deficit energético (MJ): 16855
 Ahorro energético (MJ): 39440
 Aportación solar (%): 70.1

Gráficos Leer datos Guardar datos Archivo de datos: Menú

Se observa que con Censol 5.0 la aportación solar (meses en rojo) no cumple con el CTE – HE 4, ya que hay más de tres meses seguidos que superan el 100%, lo que supondría que los captadores se deteriorarían más rápidamente y perderían rendimiento, en detrimento del de la instalación.

La contribución solar anual es del 70,1%, superior al 50% que se exige para las condiciones de esta instalación, luego en este apartado si cumple.

El número de captadores necesarios para conseguir dicha aportación es de 10.

APLICACIÓN DE CENSOLAR F-CHART

PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
38	60	80	94	101	112	119	118	105	79	53	33	81

Casos de invalidez del método f-chart

D1!: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.

D2!: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.

V/A!: la relación V/A no está comprendida entre 37.5 y 300.

ERR: la fracción solar resulta negativa.

CALCULAR

Con la aplicación de Censolar que incluye el método f-Chart, comprobamos que tampoco cumple con el CTE – HE 4, pues hay más de tres meses seguidos que aportan más del 100% y en tres de ellos se supera el 110%. La contribución solar es del 81% anual. A esta aplicación le introdujimos el número de captadores

(10) y el tipo, así como el volumen de acumulación (2000 l) en base a lo que gasta una persona al día y al número de personas del edificio.

Si se volviera a realizar la simulación con esta aplicación, para conseguir que se cumplan las recomendaciones del HE 4 bastaría con menos captadores:

UBICACIÓN

IAS PALMAS
LEÓN
LÉRIDA
LUGO
MADRID
MÁLAGA
MELILLA
MURCIA
NAVARRA
ORENSE
PALENCIA
PONTEVEDRA
SALAMANCA
SEGOVIA
SEVILLA

CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS
Rendimiento: $R = R_0 - a_1 \cdot dT / 1 - a_2 \cdot dT^2 / 1$

Modelo: Genérico Superficie de ref. (m²): 2.33

R_0 : 0.8 $dT = T_m - T_a$ Cubierta simple Inclínación (°): 24
 a_1 : 2.44 $dT = T_e - T_a$ Cubierta doble Desviación H-S (°): 0
 a_2 : 0.050 Factor de intercambiador: 0.8 Número de captadores: 8

ACUMULACIÓN DE A.C.S.
Temperatura (°C): 45
Volumen (litros): 2000

CONSUMO DIARIO DE A.C.S. (a la 1ª de acumulación)
Criterio de uso: Volumen unitario (litros): 31.3
Vivienda: Unidades de consumo: 33

FUENTE DE DATOS
Radiación solar: Censolar x 1.00
Tª ambiente (°C): Censolar
Tª agua de red (°C): Censolar
EREN
UNE 94002

PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
32	51	70	84	92	102	111	109	95	69	45	28	72

Casos de invalidez del método f-chart
D1!: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.
D2!: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.
V/A!: la relación V/A no está comprendida entre 37.5 y 300.
ERR: la fracción solar resulta negativa.

EXAMINAR **CALCULAR**

Comprobamos que con 8 captadores se consigue una contribución solar anual del 72 %, sobrepasándose un mes un 1% de las recomendaciones del HE 4, por lo que incluso con un captador menos se lograría dar servicio a la instalación.

No obstante, en el edificio que nos ocupa existe un local comercial en el que es probable que se instale una tintorería, con el consumo de agua caliente que ello conllevaría, por lo que se optará por la instalación de 10 captadores solares, que son los necesarios según Censol 5.0 y el máximo número posible de ellos que caben en la cubierta de la vertiente sur. Además, como se señaló anteriormente, el DB-HE 4, en el apartado 2.1 referente a la contribución solar mínima, establece:

"Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas: a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito

primario); b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador); c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento; d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

En el caso de optarse por las soluciones b) y c), dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada periodo de sobreproducción energética. No obstante, se recomiendan estas soluciones sólo en el caso de que el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo.

Cuando la instalación tenga uso de residencial vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a)."

En nuestro caso optaremos por la solución a), con la instalación de un disipador de calor dinámico.

1.5. Superficie de captadores y volumen de acumulación

En base a los cálculos que se han realizado para la obtención de los valores de las columnas de Censol 5.0, en especial la columna 19, y las diferentes comprobaciones hechas con los distintos programas y aplicaciones, se llega a la conclusión de que la superficie más adecuada para esta instalación en particular es la que proporcionan 10 captadores solares.

Escogeremos el que se ha incluido en los programas, un Saunier Duval SRV 2.3 de cubierta plana, porque posee un buen rendimiento y pocas pérdidas, además de ser una marca con amplia implantación en el mercado y de reconocido prestigio, que ofrece suficientes garantías.

Todas las características de este captador se adjuntan en el Anexo II de esta Memoria, reflejando aquí las más importantes:

Captador solar plano Saunier Duval SRV 2.3

Superficie Externa (m ²)	2,51
Superficie apertura (m ²)	2,352
Superficie absorbente (m ²)	2,33
Longitud (mm)	2.033
Anchura (mm)	1.233
Profundidad (mm)	80
Peso en vacío (kg)	38
Contenido líquido (L)	1,85
Tubo absorbente Cu (diam. mm)	15
Presión Máxima (bar)	10
Factor de absorción (%)	95
Factor de emisión (%)	5
Pérdida de carga (mbar)	100
Caudal recomendado (l/h)	40

Por tanto, la superficie del campo de captadores será:

$$2,33 \frac{\text{m}^2}{\text{captador}} \cdot 10 \text{captadores} = 23,3 \text{m}^2$$

El volumen de acumulación deberá estar acorde con la demanda diaria total de ACS, en nuestro caso 1032 litros/día, por lo que en principio se debe elegir un volumen de acumulación de 1500 litros, ya que a partir de 1000 l. van de 500 en 500 litros.

Por otro lado, los estudios teóricos y experimentales, han demostrado que en el caso de instalaciones pequeñas como la que nos ocupa, el volumen óptimo de acumulación está en torno a los 70 litros por cada m² de superficie captadora.

Luego, en nuestro caso: 70 litros/m² x 23,3 m² = 1631 litros, lo que nos llevaría a escoger un depósito acumulador de 2000 litros.

Todo lo anterior se corrobora, fijándonos en la gráfica de la figura 28 del punto 9.3. en el que se describían los acumuladores, y en la que se puede comprobar que el volumen óptimo de acumulación para una temperatura de utilización de 45° es de unos 70 litros/m² de superficie captadora.

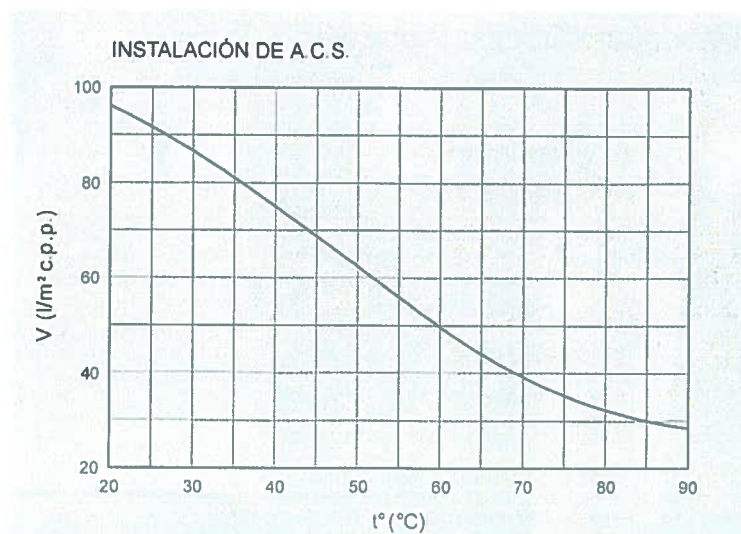


Fig. (28 del punto 9.3) Volumen de acumulación óptimo en función de la temperatura de utilización requerida.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Según vimos en el punto 9.3, las recomendaciones para el cálculo del volumen del acumulador son:

Existe, para aplicaciones de producción de ACS, una relación entre el volumen de acumulación (V) en litros y el área de los captadores (A) en m²:

$$50 < V/A < 180$$

siendo,

V: el volumen del acumulador, en litros.

A: el área de los captadores solares instalados, en m²

Comprobamos esta recomendación con V = 2000 litros, A = 23,3 m²:

$$50 < 85,83 < 180$$

En resumen, se instalarán 10 captadores Saunier Duval SRV 2.3, con un área total de captación de 23,3 m² y un depósito acumulador de 2000 litros, también Saunier Duval modelo BDLE 2000 de acero vitrificado y para uso con intercambiador externo. (Las características de estos dos elementos se adjuntan en el Anexo III de esta memoria).

1.6. Sistema de intercambio

La incorporación de un intercambiador de calor entre los captadores solares y el depósito supone siempre una disminución del rendimiento del sistema, por lo que los intercambiadores deben tener un rendimiento alto.

Un intercambiador de calor se caracteriza, como mínimo, por tres parámetros:

- Rendimiento térmico o efectividad
- Pérdida de carga
- Potencia térmica

El rendimiento (η) o efectividad, como en cualquier proceso, es la relación que existe entre la energía obtenida y la introducida, debiéndose la diferencia entre una y otra únicamente a pérdidas térmicas, que no deberían ser superiores al 5%.

La pérdida de carga máxima admitida como criterio de diseño será inferior a 3 mm c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario. Las equivalencias con otras unidades son:

$$1 \text{ mm c.a.} = 9,80665 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm c.a.} = 0,09807 \text{ milibar}$$

Recordemos que el acumulador que se ha escogido es para uso con intercambiador externo, existiendo dos tipos: tubulares y de placas. Para este proyecto se elegirá un intercambiador externo de placas, ya que poseen múltiples ventajas con respecto a los tubulares.

La potencia térmica (P_T) del intercambiador es un dato que debe proporcionar el fabricante, viniendo dada por la expresión:

$$P_T = C \cdot c_e \cdot (t_e - t_s)$$

donde,

C: caudal del circuito (se toma un valor estándar de 50 l/h por cada m²

c_e : calor específico del fluido utilizado

$(t_e - t_s)$: salto térmico del intercambiador

Para dimensionar el intercambiador debemos calcular su potencia mediante la siguiente expresión:

$$\text{Potencia térmica} \geq \text{Potencia específica} \cdot m^2 \text{ de captación}$$

donde la potencia específica estará comprendida entre 450 y 500 kcal/h por cada m^2 de captación instalado.

La anterior expresión se suele escribir:

$$P \geq 500 \cdot A$$

siendo:

P: potencia mínima del intercambiador (W)

A: área de captadores (m^2)

Para nuestra instalación: $P \geq 500 \cdot 23.3 = 11650 \text{ W} = 11,650 \text{ kW} = 10019 \text{ kcal/h}$. ($1\text{kW} \approx 860 \text{ kcal/h}$)

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor para que cumpla la siguiente expresión:

$$P \leq \frac{2}{3} A$$

donde:

P: potencia térmica a transferir expresada en kW

A: superficie captadora expresada en m^2

$$\frac{2}{3} \cdot 23,3 = 15,53$$

En efecto: $11,650 < 15,53$

Puesto que estamos hablando de intercambiadores de calor y la potencia se suele dar en kW, equiparándola a la potencia eléctrica, en realidad es potencia térmica, que se debe expresar en kcal/h, sabiendo que $1 \text{ kW} \approx 860 \text{ kcal/h}$.

Para nuestra instalación se ha elegido un intercambiador de placas de la marca Salvador Escoda S.A., modelo IDS14-20H de 14kW.

Producción de ACS con Energía Solar Térmica

Ref. Escoda	Modelo	Nº Placas	Nº Paneles Solares 2 m ²	Potencia Energ. Solar	Caudal l/h Caldera (1º)	Caudal l/h ACS (2º)
CC 08 002	IDS14-20H	20	5	7 kW	600	600
CC 08 002	IDS14-20H	20	10	14 kW	1200	1200
CC 08 003	IDS14-30H	30	15	21 kW	1800	1800
CC 08 004	IDS14-40H	40	25	35 kW	3000	3000

Fig. 56. Características del intercambiador de placas.

http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Energias_Renovables_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf

Por otro lado, el fabricante debe dar el rendimiento o efectividad del modelo, o en su defecto, las temperaturas de entrada y salida del primario y del secundario, para poder calcularlo.

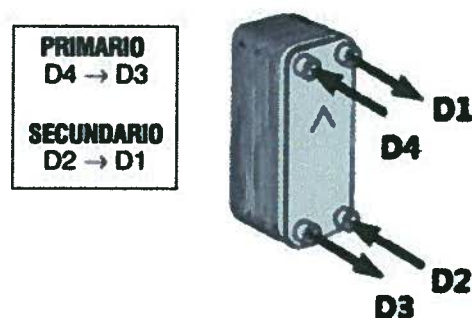


Fig. 57. Entradas y salidas del intercambiador de placas elegido.

http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Energias_Renovables_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf

Para el intercambiador elegido, las temperaturas de primario y secundario pueden ser:

Circuito primario: D4-D3: 55 a 45 °C

Circuito secundario: D2-D1: 35 a 45 °C

La efectividad del intercambiador viene dada por la relación:

$$\eta = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}}$$

donde,

T_{fs} : temperatura de salida del intercambiador en el circuito secundario

T_{fe} : temperatura de entrada al intercambiador del circuito secundario

T_{ce} : temperatura de entrada al intercambiador del circuito primario

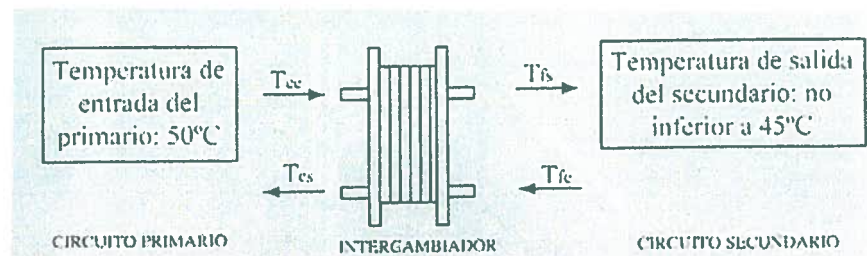


Fig. 58. Parámetros definidos en la ecuación del rendimiento.

“Instalaciones de energía solar térmica en edificios de viviendas”. Emilio Carrasco Sánchez.

Haciendo una equivalencia entre la nomenclatura del fabricante y la de la ecuación teórica y escogiendo las siguientes temperaturas que entran dentro de los rangos dados por el fabricante procederemos a calcular el rendimiento óptimo del intercambiador elegido:

$$D4 = T_{ce} = 46 \text{ °C}$$

$$D2 = T_{fe} = 35 \text{ °C}$$

$$D1 = T_{fs} = 45 \text{ °C}$$

$$\eta = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}} = \frac{45 - 35}{46 - 35} = \frac{10}{11} \cdot 100 = 90,9\%$$

Existe también otro factor al que no se ha hecho referencia, que es el llamado *factor de suciedad*, que influye directamente en el rendimiento y en la vida útil del intercambiador.

Un intercambiador cuya efectividad resulte inferior al 50% no es aceptable en una instalación solar, debiendo escogerse aquel que la tenga más alta.

1.7. Circuito hidráulico

Es necesario dimensionar el diámetro de las tuberías del circuito hidráulico, que será función del caudal que vaya a soportar y de las pérdidas de carga de todos los elementos que la componen. Como es una instalación con apoyo de caldera de gas ya instalada, el circuito de consumo está en funcionamiento, por lo que se deberá calcular el circuito primario y el secundario.

1.7.1. Circuito primario

El circuito primario abarca desde los captadores solares hasta el sistema de intercambio.

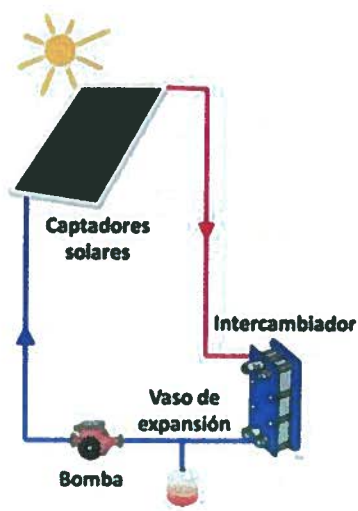


Fig. 59. Circuito primario.

“Diseño y análisis termo-hidráulico de una instalación de energía solar térmica para el suministro de ACS en un edificio de viviendas”. Marta Hernández Torres.

Para la conexión de los captadores se seguirán las siguientes recomendaciones:

- Se instalarán en baterías o filas constituidas por el mismo número de captadores.
- El número de captadores que se pueden colocar en paralelo, tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante, recomendándose no superar las 8 unidades.
- El número de captadores conexcionados en serie pertenecientes a una misma batería no será superior a tres, y el número de baterías conectadas en serie no podrá ser mayor de dos.
- La conexión entre sí de las baterías de captadores asegurará igual recorrido hidráulico en todos ellos, debiendo quedar plasmado en el esquema de conexiones.

La superficie de captación, como se especificó en un punto anterior, es de 23,3 m², con 10 captadores en total, que se distribuirán en dos filas o baterías de cinco captadores cada una; dentro de cada batería los 5 captadores irán conectados en paralelo entre sí, y las dos baterías, a su vez, también. No obstante, existe una limitación arquitectónica para la disposición mencionada, y

es que en el tejado sobresalen las chimeneas de ventilación del edificio, que no se encuentran justo en la mitad de la cubierta, sino un poco desplazadas hacia un lado, por lo que será necesario colocar seis captadores juntos físicamente y los otros cuatro también juntos pero separados de los seis por las chimeneas de ventilación.

Hidráulicamente, esta configuración nos presenta un caudal total del grupo, que equivale a la suma de los caudales parciales de cada captador, mientras que la pérdida de carga del grupo, será el equivalente a la de un solo captador.

Existen dos métodos para conseguir equilibrar el caudal de fluido caloportador en un campo de captadores:

- Igualando la longitud de los circuitos. Esto se consigue con el que se denomina *retorno invertido*; que consiste en igualar la longitud de tuberías de conexión de todos los captadores para que el fluido tenga la misma pérdida de carga.
- Insertando pérdidas de carga mediante la disposición de válvulas de equilibrado a la entrada de cada batería de captadores; de este modo, a menor longitud de circuito aplica más pérdida de carga con la válvula correspondiente.

Por tanto, para solventar el problema del equilibrado hidráulico, es decir, que por cada captador circule el mismo caudal, se ha optado por la conexión en paralelo con tubería exterior y con retorno invertido, que permite que el recorrido que realice el fluido, independientemente del captador por el que circule, sea igual, así como la pérdida de carga en cada uno de ellos. Además, este tipo de instalación evita la instalación de válvulas de equilibrado del caudal a la entrada de cada captador.

El caudal mínimo por el circuito primario debe obtenerse en función del modelo de captador y de la superficie del campo de captadores.

Según el fabricante del captador elegido, el caudal que soporta es de 40 litros/h·m² y como sabemos que la superficie de captación total es de 23,3 m², tendremos un caudal:

$$\text{Caudal cto. 1º} \left(40 \frac{l}{h \cdot m^2} \right) = 40 \cdot 23,3 = 932 \frac{l}{h}$$

Ahora se debe calcular el caudal de cada grupo o batería de captadores, multiplicando el número de ellos por el caudal de diseño establecido para cada captador:

$$\text{Caudal de un solo captador} = 2,33 \text{ m}^2 \cdot 40 \frac{l}{h \cdot m^2} = 93,2 \frac{l}{h}$$

$$\text{Caudal de un grupo de captadores} = 5 \text{ captadores} \cdot 93,2 \frac{l}{h} = 466 \frac{l}{h}$$

$$\text{Caudal de dos grupos de captadores} = 2 \text{ grupos} \cdot 466 \frac{l}{h} = 932 \frac{l}{h}$$

La disposición quedaría de la siguiente forma:

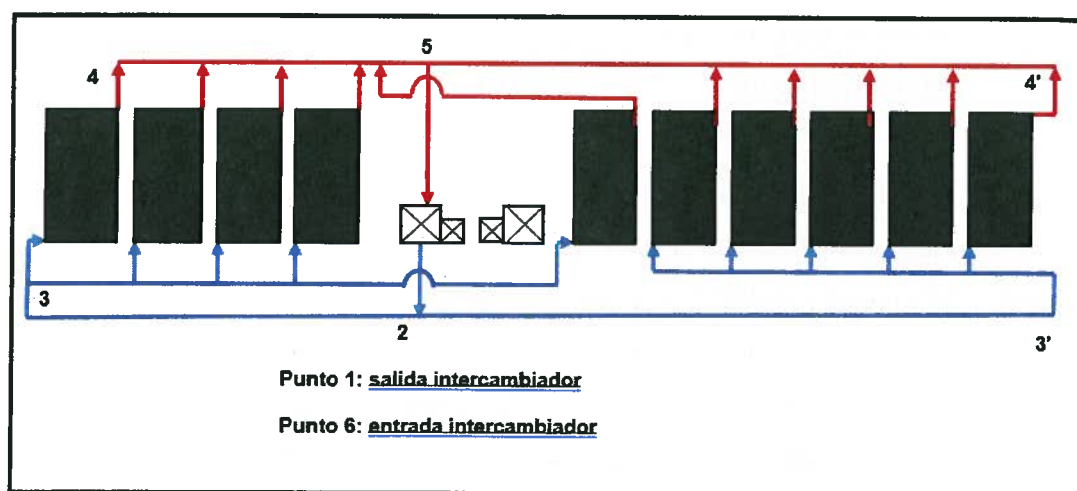


Fig. 60. Esquema distribución de tuberías en la cubierta.

Elaboración propia.

1.7.1.1. Fluido caloportador

La instalación del circuito primario debe protegerse añadiendo al agua un líquido anticongelante, con la finalidad de salvaguardarla de una posible congelación o ebullición, ya sea en época de invierno o de verano, respectivamente. Los más utilizados son el etilenglicol y el propilenglicol, optando para esta instalación por el último, que aunque tiene peores propiedades que el etilenglicol, es menos tóxico y menos contaminante.

El fluido que se utiliza es una disolución de propilenglicol en agua, a un tanto por ciento de concentración en peso determinado. Debe tenerse especial cuidado en escoger una disolución cuyo punto de congelación esté por debajo de la temperatura mínima histórica registrada, que para Salamanca es de -12 °C.

Tabla 12. Temperaturas mínima y máxima registradas en Salamanca.

Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto. IDAE.

Provincia	Estación					Indicativo	
Salamanca	Salamanca (Matacán)					2867	
UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
790	40°56'44"	05°29'46"W	80.888	14.600	13.982		
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS _{99,6} (°C)	TS ₉₉ (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-12,0	-5,8	-4,4	14,1	94,6	39,4		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS _{0,4} (°C)	THC _{0,4} (°C)	TS ₁ (°C)	THC ₁ (°C)	TS ₂ (°C)	THC ₂ (°C)	OMDR (°C)
38,8	33,6	20,0	32,0	19,5	30,6	19,1	20,9

Se puede obtener la concentración de la disolución a utilizar a través de la siguiente figura, estudiada en el punto 9.7. de la memoria, en la que partiendo de la temperatura de congelación del fluido se le hace corresponder la concentración en porcentaje en peso.

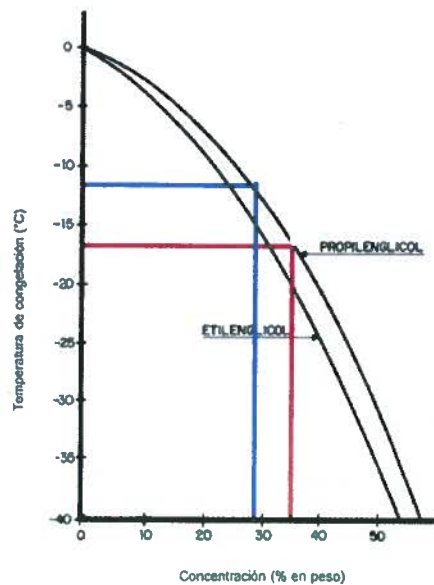


Fig. 61. Concentración de anticongelante (% en peso) en función de la temperatura de congelación.

<http://www.solarweb.net/>

Podemos observar que si trazamos una línea horizontal desde el eje de temperaturas por $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego una vertical por el punto donde corte la anterior a la curva del propilenglicol, se necesitaría una concentración del 28% en peso de propilenglicol (línea azul). Sin embargo, es necesario dar un margen de al menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo de la mínima histórica para tener un margen de seguridad. Por dicho motivo se ha introducido en la gráfica una temperatura de unos $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, con la que se obtiene una concentración de propilenglicol de un 35% en peso.

Escogeremos una disolución del 40% en peso de propilenglicol para dar otro margen de seguridad, ya que se encuentra con más facilidad en el mercado y la diferencia de precio no es significativa.

Una vez conocida la concentración necesaria de propilenglicol, podemos obtener los otros parámetros por los que se caracteriza el fluido que vamos a utilizar, tales como la densidad de la disolución, su calor específico y su viscosidad.

Densidad

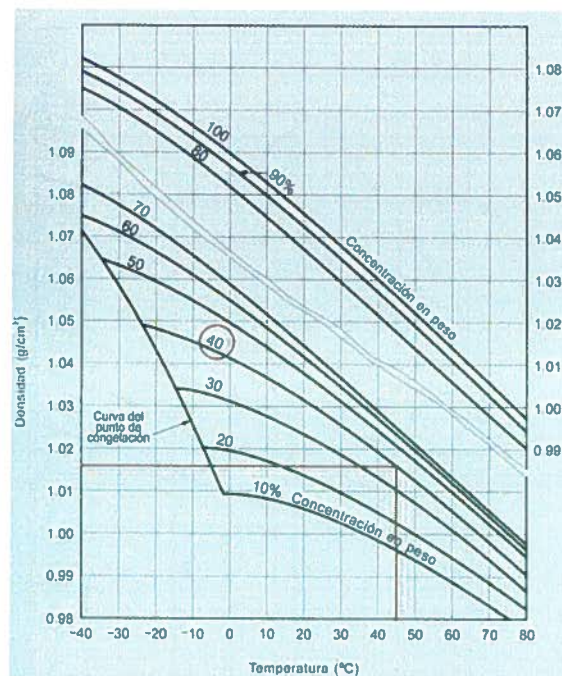


Fig. 62. Curvas de la densidad de propilenglicol en función de la concentración y la temperatura.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Como la concentración elegida es del 40% de propilenglicol y la temperatura para la que se ha diseñado la instalación es de 45 °C, obtenemos, de la gráfica anterior, una densidad del fluido caloportador que utilizaremos de 1,015 g/cm³.

Calor específico

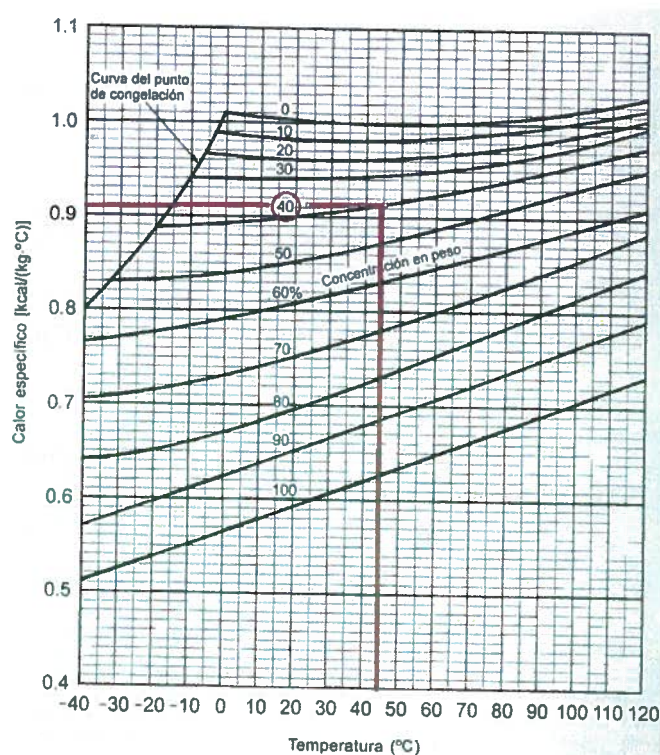


Fig. 63. Curvas del calor específico del propilenglicol en función de la concentración y la temperatura.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Para la concentración y la temperatura de diseño se obtiene un calor específico de 0,91kcal/kg·°C (3,80kJ/kg·°C).

Viscosidad

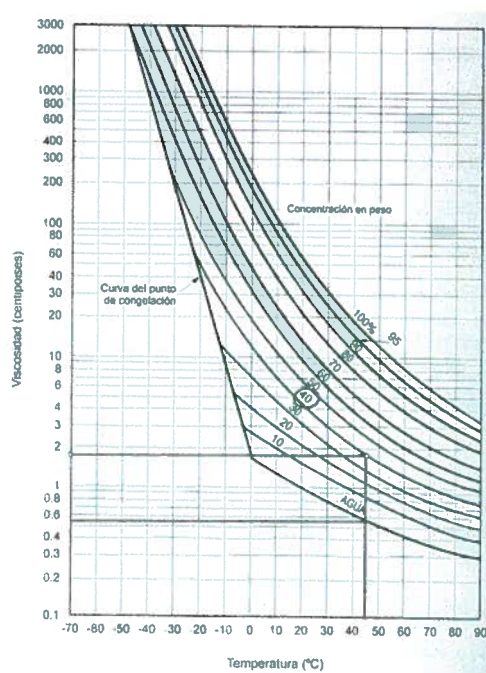


Fig. 64. Curvas de la viscosidad del propilenglicol en función de la concentración y la temperatura.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Para la concentración y la temperatura de diseño se obtiene una viscosidad de la disolución de 1,8 centipoises (cp) y una viscosidad del agua de 0,55 cp.

Código	Artículo	€
	• Especialmente indicado para instalaciones de energía solar térmica • Condiciones límite de trabajo: -25 a 170° C • Ficha técnica con características y garantía del fluido	
SO 07 020	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 10 litros	47,00
SO 07 021	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 25 litros	83,00
SO 07 022	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 50 litros	158,00
SO 07 023	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 120 litros	368,00

Fig. 65. Fluido caloportador elegido.

Catálogo Salvador Escoda

1.7.1.2. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito primario

Para la instalación hidráulica se ha elegido en principio como material el cobre, pues no se oxida en contacto con el agua, aguanta temperaturas y presiones muy altas y se trabaja muy bien. Además, para la instalación exterior de la cubierta es un buen material, puesto que aguanta la intemperie sin degradarse apenas.

Se elige en primera instancia porque por el caudal total que va a circular por el primario y que se ha calculado anteriormente, es de preveer que el diámetro de tuberías necesarias no sea muy grande, pues si fuera el caso la instalación saldría muy cara.

Utilizaremos la siguiente expresión para el cálculo de la pérdida de carga:

$$P_c = P_{c(\text{gráfica})} \cdot k_1 \cdot k_2$$

donde,

P_c : pérdida de carga obtenida en gráficas Fig. 66

k_1 : factor corrector de temperatura (en tablas)

k_2 : factor corrector tipo de fluido $\left(\sqrt[4]{\frac{\nu_{\text{disolución}}}{\nu_{\text{agua}}}} \right)$

Tabla 13. Factores de corrección de la pérdida de carga para temperaturas distintas de 45 °C.

Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto. IDAE.

Temperatura (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor	1,24	1,18	1,09	1,02	1,00	0,99	0,96	0,92	0,91	0,91

En nuestro caso $k_1 = 1$ y $k_2 = \sqrt[4]{\frac{1,8}{0,55}} = 1,345$

Calcularemos la pérdida de carga para los diferentes tramos de tubería de la cubierta (Fig. 60)

- Tramo 1-2: 932 l/h = 0,932 m³ /h
- Tramo 2-3 = 2-3': 466 l/h = 0,466 m³ /h
- Tramo 3-4 = 3'-4': 466 l/h = 0,466 m³ /h
- Tramo 4-5 = 4'-5: 466 l/h = 0,466 m³ /h
- Tramo 5-6: 932 l/h = 0,932 m³ /h

Existe una expresión con la que se puede calcular el diámetro mínimo de una tubería como una primera estimación, aunque luego deberá ser verificada y corregida haciendo uso de las tablas o ábacos de pérdida de carga. Dicha expresión es la siguiente:

$$D = j \cdot C^{0,35}$$

donde,

D: diámetro en cm

C: caudal en m³/h

j: 2,2 para tuberías de metal y 2,4 para tuberías de plástico

Con los caudales que habíamos obtenido y como las tuberías son de cobre:

$$D = 2,2 \cdot 0,932^{0,35} = 2,146 \text{ cm} = 21,46 \text{ mm}$$

$$D = 2,2 \cdot 0,466^{0,35} = 1,684 \text{ cm} = 16,84 \text{ mm}$$

Luego ya sabemos, como una primera aproximación, que los diámetros interiores de las tuberías de cada tramo deben tener, como mínimo, los valores calculados para soportar esos caudales.

Utilizaremos la Fig. 66, que relaciona el diámetro y la velocidad del fluido con la pérdida de carga por rozamiento y el caudal, para tuberías de cobre. Se comienza trazando una horizontal desde el caudal calculado para cada tramo, en busca de un diámetro comercial. Una vez hallado un diámetro, la gráfica nos

dará la velocidad del fluido, calculando la pérdida de carga con el trazo de una línea vertical hasta que corte al eje horizontal. Todo esto teniendo en cuenta los requisitos mínimos que se imponen en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE:

- La pérdida de carga unitaria no puede superar los 40 mm c. a.
- La velocidad de circulación del fluido debe encontrarse entre 0,3 m/s y 3 m/s.

Deben seleccionarse sólo diámetros comerciales de tubos de cobre, según la Norma UNE-EN 1057, buscando el más pequeño posible, pues así las pérdidas de calor en las tuberías serán más pequeñas, pero también se debe buscar la mínima pérdida de carga por rozamiento. Luego es necesario llegar a un compromiso entre las pérdidas de calor y las pérdidas de carga.

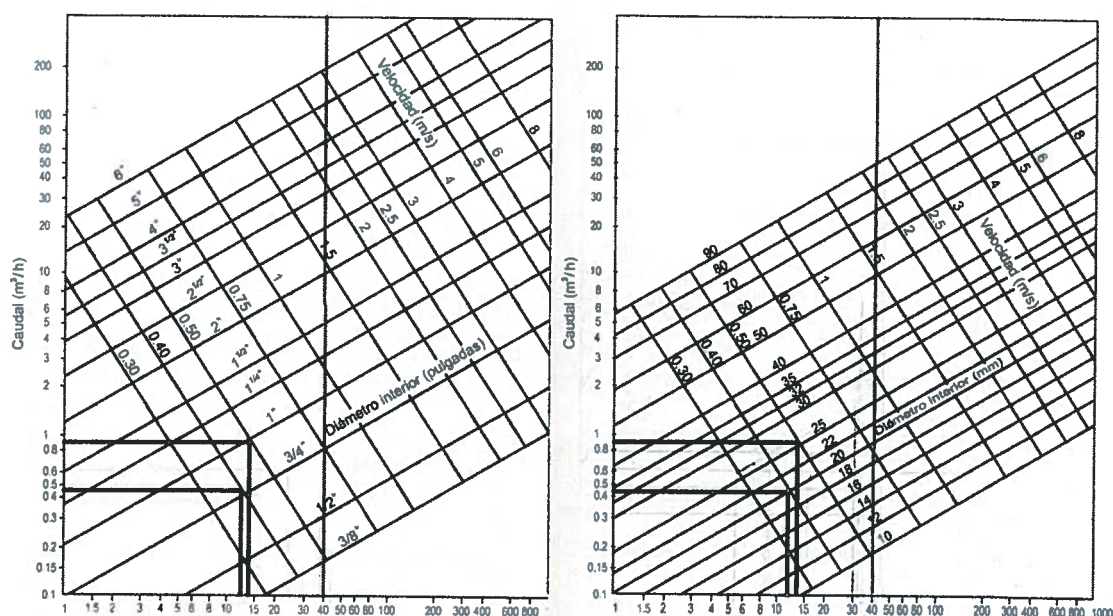


Fig. 66. Pérdida por rozamiento (mm c. a. por m) para tubería de cobre.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Como se ve en las gráficas, y respetando la normativa, se escoge para el caudal de 0,466 m³/h una tubería de diámetro interior 20 mm y una velocidad de 0,4 m/s; para el caudal de 0,932 m³/h, una de 25 mm y velocidad del fluido de 0,5 m/s. Se podrían haber escogido de 18 y 22 mm, que superan el cálculo

estimativo, pero se opta por el inmediatamente superior para reducir las pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga son, para un caudal de 0,466 m³/h, 13 mm c.a./m, y para 0,932 m³/h, 14 mm c.a./m

Ahora ya se estará en condiciones de elaborar una tabla con la pérdida de carga de cada tramo.

Tabla 14. Cálculo pérdida de carga en tuberías del circuito primario.

Elaboración propia.

Tramo	Caudal (m ³ /h)	D _{int.} (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	P _c ábaco (mmc. a./m)	P_c corrug. (mm c. a./m)	P _c (mm c. a.)
1-2	0,932	25	0,5	30	14	18,83	564,9
2-3	0,466	20	0,4	7	13	17,48	122,36
2-3'	0,466	20	0,4	10	13	17,48	174,8
3-4	0,466	20	0,4	4	13	17,48	69,92
3'-4'	0,466	20	0,4	4	13	17,48	69,92
4-5	0,466	20	0,4	2	13	17,48	34,96
4'5	0,466	20	0,4	2	13	17,48	34,96
5-6	0,932	25	0,5	30	14	18,83	564,9
PÉRDIDA DE CARGA TOTAL TUBERÍAS CTO. PRIMARIO							1636,72

La última columna es el producto de la 5 por la 7

Existen tablas con las longitudes equivalentes de los elementos más usuales presentes en una instalación, como codos, derivaciones, válvulas, uniones, etc. Para una correcta evaluación de las pérdidas de carga sería necesario contabilizar todos estos elementos o singularidades, sumar la longitud equivalente de cada uno y proceder como en las tuberías. No obstante, existe

una regla práctica mediante la cual se puede considerar que, para una instalación de este tipo, las pérdidas de carga en los accesorios y singularidades suponen alrededor de un 130% de las pérdidas de carga en las tuberías, luego en nuestro caso:

$$P_{c(\text{accesorios})} = 1636,72 * 1,3 = 2127,74 \text{ mm c. a.}$$

Por último, los diámetros normalizados para tuberías de cobre, que deberemos tener en cuenta a la hora de proceder a la elección de las tuberías son los siguientes:

DIÁMETROS NORMALIZADOS PARA TUBERÍA DE COBRE (mm)																			
D _{ext}	6	8	10	12	14	15	16	18	22	28	35	40	42	54	64	66.7	76.1	88.9	108
D _{int}	4	6	8	10	12	13	14	16	20	26	33	38	40	51	61	63.7	73.1	84.9	104

Como para nuestra instalación nos han salido dos diámetros, 20 y 25mm, cuando se incluyan en el presupuesto serán de 20/22 y de 26/28.

1.7.1.2.1. Pérdidas de carga en los captadores

La pérdida de carga debida a los captadores se puede obtener de la ficha de características del captador elegido. En nuestro caso el fabricante proporciona una gráfica que relaciona dicha pérdida de carga con el caudal, y como la conexión entre captadores se ha realizado en paralelo la pérdida total será igual a la de un solo captador si el sistema está equilibrado.

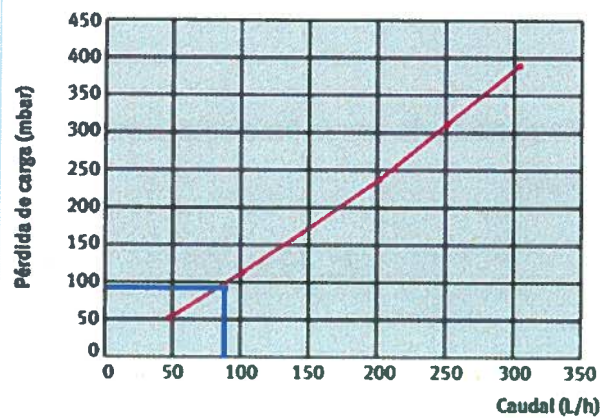


Fig. 67. Pérdida de carga del captador solar.

Catálogo Saunier Duval

Nuestro captador debe soportar un caudal de 93,2 l/h, por lo que si vamos al gráfico, se ve que produce una pérdida de carga de alrededor de 100 mbar, y como $1 \text{ mbar} = 10,1968 \text{ mmca}$, tendremos una pérdida de carga de **1019,68 mm c. a.**

Es de destacar que los captadores Saunier Duval, según su fabricante, están diseñados para trabajar con secciones y caudales no muy elevados, para potenciar la ganancia energética al paso del fluido por el captador y asegurar de esta forma un salto térmico y un rendimiento óptimos. Es por este motivo que la pérdida de carga puede parecer demasiado elevada en comparación con captadores solares de otros fabricantes.

También sería necesario calcular la pérdida de carga en la tubería de distribución de los captadores, cuyo diámetro es de 20mm (tabla 14), aunque para la elaboración de dicha tabla se ha considerado una longitud de tuberías un poco por encima de lo realmente medido a escala sobre la cubierta.

1.7.1.2.2. Pérdidas de carga en el intercambiador

Para calcular la pérdida de carga en el intercambiador tendremos en cuenta la siguiente expresión:

$$P_m = k \cdot Q^2$$

donde,

P_m : pérdidas de carga

k : constante de pérdidas

Q : caudal que circula por la tubería

La constante k se obtiene mediante la anterior ecuación de los datos del fabricante, en función de la máxima pérdida de carga y del caudal, reflejados en la siguiente figura:

Producción de ACS con Energía Solar Térmica						
Ref. Escoda	Modelo	Nº Placas	Nº Paneles Solares 2 m²	Potencia Energ. Solar	Caudal l/h Caldera (1º)	Caudal l/h ACS (2º)
CC 08 002	IDS14-20H	20	5	7 kW	600	600
CC 08 002	IDS14-20H	20	10	14 kW	1200	1200
CC 08 003	IDS14-30H	30	15	21 kW	1800	1800
CC 08 004	IDS14-40H	40	25	35 kW	3000	3000
CC 08 022	IDS30-20M	20	30	40 kW	3500	3500
CC 08 023	IDS30-30M	30	35	50 kW	4400	4300
CC 08 024	IDS30-40M	40	45	70 kW	5300	5200
CC 08 052	IDS110-20M	20	90	100 kW	11100	10600
CC 08 053	IDS110-30M	30	135	150 kW	15900	15000
CC 08 054	IDS110-40M	40	175	200 kW	21000	20200

Primario: 55°C/45°C Secundario: 35°C/45°C PdC Circuito Solar: Max. 3 m.c.a.

Fig. 68. Características intercambiador de calor.

Catálogo Salvador Escoda

$$k = \frac{P_m}{Q^2} = \frac{3}{1200^2} = 2,083 \cdot 10^{-6}$$

Como el caudal del circuito primario de nuestra instalación es de 932 l/h, la pérdida de carga sería la siguiente:

$$P_{m1} = 2,083 \cdot 10^{-6} \cdot 932^2 = 1,81 \text{ m c. a.} = 1810 \text{ mm c. a.}$$

1.7.1.2.3. Dimensionado del electrocirculador

Para la elección del electrocirculador debe conocerse el punto de funcionamiento. Además, como la superficie de captación es menor de 50 m², es suficiente con una bomba, sin tener que instalar otra de reserva en paralelo con la primera.

Lógicamente, para la elección de la bomba se debe saber la pérdida de carga total del circuito primario, para saber la presión que debe ser capaz de superar. Dicha pérdida de carga se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 15. Pérdida de carga total en circuito primario.

Elaboración propia.

Pérdida de carga en mm c.a.	
Tuberías	1632,72
Accesorios	2127,74
Captadores	1019,68
Intercambiador	1810
Disipador de calor	740
PÉRDIDA DE CARGA TOTAL	7330,14

Se debe elegir una bomba que compense esta pérdida de carga, para impulsar el caudal circulante por el circuito primario, que recordemos es de 932 l/h, es decir; necesitamos en principio una bomba que proporcione una altura manométrica de 7,33 m c.a. y un caudal de 0,932 m³/h.

Existe, para el cálculo en una primera aproximación de la potencia teórica de la bomba a elegir, una expresión muy simple, que expresa que la potencia necesaria para que un líquido circule con un caudal Q entre dos puntos de una tubería entre los que existe una diferencia de presión Δp es:

$$P = Q \cdot \Delta p$$

Siendo Q el caudal a manejar e Δp la pérdida de carga de la instalación, obteniendo:

$$Q = 0,932 \text{ m}^3/\text{h} = 2,588 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{y como } 1 \text{ m c.a.} = 9800 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta p = 7,33 \text{ m c.a.} \cdot 9800 \text{ N/m}^2 = 71834 \text{ N/m}^2$$

$$P = 2,588 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 71834 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 18,59 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 18,59 \text{ W}$$

Pero este valor simboliza la potencia teórica. Dado que se trata de un electrocirculador de pequeña potencia, sería necesario dividir el valor resultante de la potencia teórica obtenido de la expresión anterior, por el factor de rendimiento correspondiente a la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, y de energía mecánica en energía hidráulica. Dicho factor, que es un rendimiento, crece a medida que crece el tamaño del electrocirculador y su correspondiente potencia eléctrica, y tiene un valor aproximado, según vimos en el punto 9.4.2. (dimensionado del electrocirculador):

- Entre el 20% y el 50% para pequeños electrocirculadores, de hasta 100W de potencia.
- Entre el 50% y el 75% para electrocirculadores medianos.
- Entre el 75% y el 90% para electrocirculadores grandes.

Habrà que elegir, además, aquel electrocirculador que se adapte con un margen superior de potencia de por lo menos un 20%, para prevenir futuras pérdidas de rendimiento del mismo y de la instalación.

Con todo esto, al tratarse de una bomba pequeña y si suponemos un rendimiento del 25%:

$$P_n = P/0,25 = 18,59/0,25 = 74,36 \text{ W}$$

Si para prevenir futuras pérdidas de rendimiento le añadimos un 20%:

$$P_n = 74,36 \cdot 1,2 = 89,23 \text{ W}$$

Luego la bomba necesaria debe tener una potencia nominal de 100 W, lo cual será suficiente para afrontar su cometido con éxito frente a cualquier cambio que pueda sufrir la instalación o a su pérdida de rendimiento.

No obstante, a pesar de tratarse de un circuito cerrado, en el que serviría para el cálculo solamente con las pérdidas de carga, se ha optado por añadirle la pérdida de carga que podría causar la diferencia de cotas existente entre la ubicación de la bomba y el punto más alto de la instalación, ya que el edificio tiene una altura de 20 metros y la bomba debe ser capaz de elevar el fluido a esa altura, además de vencer las pérdidas de carga en tuberías y demás elementos.

$$P = Q \cdot (\Delta p_{\text{dif.cotas}} + \Delta p_{\text{tuberías y accesorios}})$$

Se tendrá en cuenta que 20 metros de altura de la instalación pueden producir una pérdida de carga de aproximadamente 2 bar y como 1 bar = 10,2 m c.a., se tendrá que debido a la altura, la pérdida de carga podría ser de 20,4 m c.a.

$$\text{como } 1 \text{ m c.a.} = 9800 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta p_{\text{dif. cotas}} = 20,4 \text{ m c.a.} \cdot 9800 \text{ N/m}^2 = 199920 \text{ N/m}^2$$

$$P = 2,588 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \left(199920 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 71834 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) = 70,33 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 70,33 \text{ W}$$

$$P_n = P/0,25 = 70,33/0,25 = 281,32 \text{ W}$$

$$P_n = 281,32 \cdot 1,2 = 337,58 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta que el caudal que debe ser capaz de manejar la bomba es $Q = 0,932 \text{ m}^3/\text{h}$, y que si consideramos la altura de la instalación, las pérdidas de carga totales que debe vencer son de $7,33 \text{ m c.a.} + 20,4 \text{ m c.a.} = 27,73 \text{ m c.a.}$, escogeremos una bomba del catálogo Salvador Escoda que pueda cumplir estos dos requisitos, en concreto la U3 -100/5:

Código	Artículo	A 1x230V	A 3x400V	CV	€
	- Presión máx. admisible: 10 bar. Máx. aspiración 7 m.c.a. - Cuerpo de bomba en acero AISI-304 (cromo-níquel) - Adecuado para aguas limpias, fluidos no agresivos, presurización de viviendas, riego, servicios auxiliares de industria				
EB 20 002	U3-100/5	4,8	-	1	317,77
EB 20 004	U3-120/6	5,6	-	1,2	354,30
EB 20 006	U3-150/7	7,1	-	1,5	529,01
EB 20 042	U3-100/5T	-	1,9	1	320,29
EB 20 044	U3-120/6T	-	2,6	1,2	358,22
EB 20 046	U3-150/7T	-	2,9	1,5	546,63
EB 20 052	U5-150/5	6,8	-	1,5	455,68
EB 20 054	U5-180/6	7,7	-	1,8	493,50
EB 20 056	U5-200/7	9,0	-	2,0	580,81
EB 20 062	U5-180/6T	-	3	1,8	474,45
EB 20 064	U5-200/7T	-	3,4	2	550,16
EB 20 082	U9-200/4	8,4	-	2	497,28
EB 20 084	U9-250/5	10,6	-	2,5	539,31
EB 20 092	U7-300/6T	-	5	3	521,80
EB 20 094	U9-200/4T	-	3,3	2	466,82
EB 20 096	U9-250/5T	-	4,3	2,5	470,74

Tipo		Caudal m ³ /h											DNA	DN1
1-	3-	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4			
Altura m.c.a.														
U3-100/5	U3-100/5T	52	49	45	41	36	25	14	-	-	-		1"	1"
U3-120/6	U3-120/6T	62	59	54	50	44	32	18	-	-	-			
U3-150/7	U3-150/7T	75	71	67	61	55	41	25	-	-	-			
U5-150/5	U5-150/5T	58	57	55	53	51	48	40	33	25	12			
U5-180/6	U5-180/6T	69	-	66	64,5	62	56	48	40	30	12			
U5-200/7	U5-200/7T	80	-	75	74	71	64	56	46	33,4	12			

Tipo		Caudal m ³ /h											DNA	DN1
1-	3-	0	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	11	14			
Altura m.c.a.														
-	U7-300/6T	74	71	68	64	58,4	51	42	27				1"	1"
U9-200/4	U9-200/4T	47	44	43	42	40	38	36	32,4	28,4	13			
U9-250/5	U9-250/5T	59	56	55	52,4	50,4	48	45	40,5	35,5	16	1-1/2"		

Fig. 69. Características bomba circuito primario.

Catálogo Salvador Escoda

1.7.1.2.4. Dimensionado del vaso de expansión

La instalación es cerrada, por lo que según el RITE deberá equiparse con un dispositivo de expansión cerrado, que permita absorber el volumen de dilatación del fluido. En este sentido es necesario instalar un vaso de expansión cerrado que deberá dimensionarse adecuadamente para que la instalación no sufra esfuerzos mecánicos innecesarios.

La capacidad del vaso de expansión vendrá determinada por la de todo el circuito primario, por lo que debe conocerse el volumen de líquido que pueden alojar los captadores, el intercambiador y las tuberías del circuito hidráulico.

En la tabla se muestran los citados volúmenes una vez calculados o consultados:

El RITE en su instrucción técnica IT 1.3.4.2.4, señala que los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipadas con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido. Por lo tanto, se instalará un vaso de expansión de tipo cerrado. El volumen del vaso de expansión viene determinado por el volumen de todo el circuito primario, por tanto se debe conocer el volumen de los captadores, del circuito hidráulico, de la bomba y del intercambiador. En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo de dichos volúmenes:

Tabla 16. Volumen fluido caloportador del circuito primario.

Elaboración propia.

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Volumen (litros)
1-2	26	30	15,93
2-3	20	7	2,2
2-3'	20	10	3,14
3-4	20	4	1,26
3'-4'	20	4	1,26
4-5	20	2	0,63
4'5	20	2	0,63
5-6	26	30	15,93
VOLUMEN TUBERÍAS			40,98
BOMBA	30	0,18	0,13
CAPTADORES	26	50	26,55
INTERCAMBIADOR			1,5
VOLUMEN TOTAL PRIMARIO (litros)			69,16

La norma UNE 100155:2004 recomendada por el RITE, señala la forma en que se puede dimensionar el vaso de expansión cerrado, utilizando para ello la expresión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_{pr}$$

A la ecuación anterior se recomienda añadirle el volumen contenido en los captadores y tuberías situadas por encima de la menor cota inferior de los captadores solares más un 10%:

$$V_t = (V \cdot C_e + V_{vap}) \cdot C_{pr}$$

donde:

V_t : volumen total del vaso de expansión

V : volumen total del fluido en el circuito

C_e : coeficiente de expansión o dilatación del fluido caloportador

C_{pr} : coeficiente de presión, dado por: $C_{pr} = \frac{p_{max}}{p_{max} - p_{min}}$

V_{vap} : volumen captadores y tuberías por encima nivel inferior de captadores

La diferencia de cotas entre el punto más alto de la instalación y el lugar en el que se encuentra el vaso de expansión es igual a 20 m., siendo la presión estática, considerando que por cada metro la presión asciende 0,1 bar, la siguiente:

$$p_e = h(m) \cdot 0,1 \left(\frac{\text{bar}}{\text{m}} \right) = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ bar}$$

El valor mínimo de presión en el circuito se alcanza en el punto más elevado del mismo, adoptándose en la práctica un valor comprendido entre 0,5 y 1,5 bar (para nuestros cálculos escogemos 1 bar), debiendo sumársele la presión estática.

$$p_{min} = 1 \text{ bar} + p_e = 1 + 2 = 3 \text{ bar}$$

La válvula de seguridad en los captadores está tarada a 10 bar (presión máxima que da el fabricante), que será la referencia de la presión máxima. No obstante, para que dicha válvula no actúe constantemente, el valor de presión máxima debe estar alrededor de un 10% o un 20% por debajo. Además, habrá que sumarle a las cantidades anteriores el valor de la presión atmosférica.

$$p_{max} = p_{atm} + p_{vs} \cdot 0,8 = 0,94 + 10 \cdot 0,8 = 8,94 \text{ bar}$$

Con todo lo anterior ya se puede calcular el coeficiente de presión.

$$C_{pr} = \frac{p_{max}}{p_{max} - p_{min}} = \frac{8,94}{8,94 - 3} = 1,5$$

Recordemos que V_{vap} es el volumen contenido en los captadores más el de las tuberías situadas por encima de la cota inferior de estos.

$$V_{tuberiasup} = 12 \cdot \frac{0,020^2 \cdot \pi}{4} = 3,77 \text{ litros}$$

$$V_{vap} = 26,55 + 3,77 = 30,32 \text{ litros}$$

Ya tenemos, para el cálculo del volumen total del vaso de expansión, todos los componentes de la ecuación, a falta de C_e , es decir, el coeficiente de expansión del fluido caloportador.

El coeficiente de expansión o dilatación de una disolución de agua con glicol depende de la temperatura máxima de la instalación y del porcentaje de propilenglicol, pudiendo ser determinado mediante la siguiente expresión:

$$C_e = 10^{-6} \cdot (3,24 \cdot t^2 + 102,13 \cdot t - 2708,3) \cdot a \cdot (1,8 \cdot t + 32)^b$$

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

donde,

t: temperatura máxima de la mezcla en el circuito (°C)

G: porcentaje de glicol en el circuito (% en volumen)

El margen de temperaturas máximas que se pueden alcanzar en el circuito primario varía entre 65 y 115 °C.

Para un porcentaje del 40 % de glicol en agua resulta un $C_e \approx 0,08$ para 115 °C.

Por último, se puede proceder al cálculo del volumen del vaso de expansión:

$$V_t = (V \cdot C_e + V_{vap}) \cdot C_{pr} = (69,16 \cdot 0,08 + 30,32) \cdot 1,5 = 53,78 \text{ litros}$$

Se elegirá un vaso de expansión de la empresa Salvador Escoda S.A., de **80 litros de capacidad**, lo que dejará un margen de seguridad, y presión máxima de 10 bar.

MEMBRANA INTERCAMBIABLE						
SO 09 026	35 SMR-P	35	10	360x615	1"	2,5
SO 09 027	50 SMR-P	50	10	360x750	1"	2,5
SO 09 028	80 SMR-P	80	10	450x750	1"	2,5
SO 09 029	100 SMR-P	100	10	450x850	1"	2,5
SO 09 030	220 SMR	200	10	485x1400	1-1/2"	2,5
SO 09 031	350 SMR	300	10	485x1965	1-1/2"	2,5
SO 09 032	500 SMR	500	10	600x2065	1-1/2"	2,5
SO 09 033	700 SMR	700	10	700x2145	1-1/2"	2,5

Fig. 70. Vaso de expansión elegido.

Catálogo Salvador Escoda.

1.7.2. Circuito secundario

Comprende todo el circuito de conexión entre el intercambiador y el acumulador, estando alojado en la llamada sala de máquinas, que en nuestro caso se halla en la planta baja.

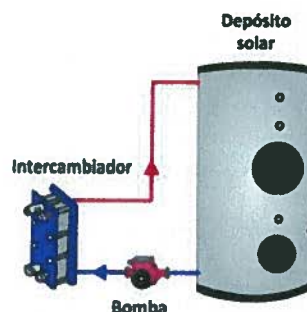


Fig. 71. Circuito secundario.

"Diseño y análisis termo-hidráulico de una instalación de energía solar térmica para el suministro de ACS en un edificio de viviendas". Marta Hernández Torres.

Este circuito tiene una longitud más corta que la del primario: 3 metros el tramo comprendido entre la salida del intercambiador y la entrada al acumulador (ida) y 3 metros el tramo desde la salida del acumulador a la entrada al intercambiador (retorno). El caudal que circule por este circuito va a ser superior al del circuito primario. Según el fabricante del intercambiador escogido, la pérdida de carga para el caudal máximo que permite (1200 litros/h) es de 3 m c.a., con lo que tendríamos un caudal del 28,75% superior al del circuito primario.

Ref. Escoda	Modelo	Nº Placas	Nº Paneles Solares 2 m²	Potencia Energ. Solar	Caudal l/h Caldera (1º)	Caudal l/h ACS (2º)
CC 08 002	IDS14-20H	20	5	7 kW	600	600
CC 08 002	IDS14-20H	20	10	14 kW	1200	1200

Fig. 72. Caudal intercambiador escogido.

Catálogo Salvador Escoda.

1.7.2.1. Fluido caloportador

Dado que el circuito secundario está en el interior de la sala de máquinas, no existe riesgo de congelación ni de ebullición, lo que permite usar el agua de la red de abastecimiento sin anticongelante, beneficiando el proceso de transporte y transferencia de calor, pues el agua posee muy buenas propiedades térmicas, que son las siguientes:

- Densidad: 1 g/cm³
- Calor específico: 1 kcal/kg·°C = 4,18 kJ/ 4,18 kJ/kg·°C
- Viscosidad: 0,55 cp (a 45°C)

1.7.2.2. Pérdidas de carga en tuberías y accesorios del circuito secundario

El procedimiento es análogo al del apartado 1.7.2.1., a excepción de que en este caso el fluido utilizado es agua, con lo que el factor corrector k_2 es 1 y el k_1 (tabla 13) también.

$$k_2 = \sqrt[4]{\frac{\nu_{\text{disolución}}}{\nu_{\text{agua}}}} = \sqrt[4]{\frac{0,55}{0,55}} = 1$$

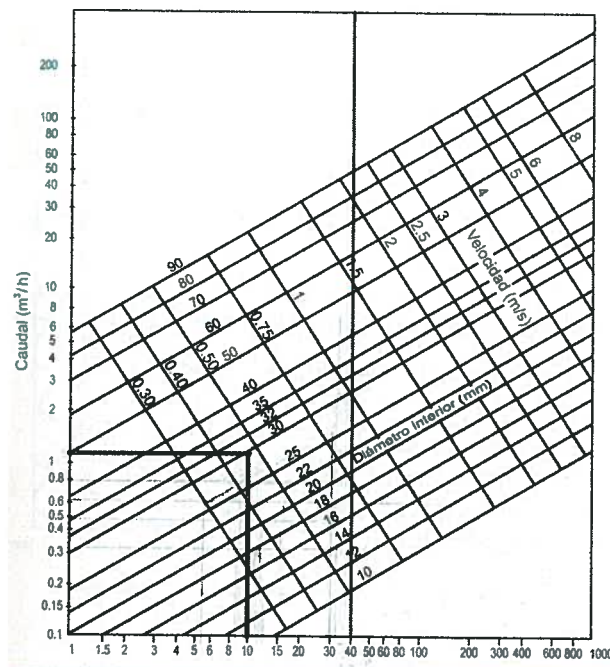


Fig. 73. Pérdida por rozamiento (mm c. a. por m) para tubería de cobre.

Instalaciones de energía solar. Sistemas de aprovechamiento térmico. CENSOLAR

Obsérvese que hemos considerado el caudal de la ficha técnica del intercambiador, 1,2 m³/h. Preseleccionamos una tubería de 30mm de diámetro interior, lo que nos da una pérdida de carga de 10 mm c.a. por metro de tubería.

Recordemos que una expresión muy sencilla para preseleccionar el diámetro de tubería sabiendo el caudal y el tipo de tubería es:

$$D = j \cdot C^{0,35}$$

En nuestro caso:

$$D = 2,2 \cdot 1,2^{0,35} = 2,345 \text{ cm} = 23,45 \text{ mm}$$

Con $j = 2,2$ por ser tubería metálica.

Podemos escoger, a la vista de los diámetros normalizados, una de diámetro interior 26 mm, pero produciría una pérdida de carga del doble aproximadamente que una de 33 mm., aunque ésta última, bien aislada, no producirá mucha más pérdida de calor que la de 26 mm, así que nos quedamos con la de 33 mm.

DIÁMETROS NORMALIZADOS PARA TUBERÍA DE COBRE (mm)

D_{ext}	6	8	10	12	14	15	16	18	22	28	35	40	42	54	64	66.7	76.1	88.9	108
D_{int}	4	6	8	10	12	13	14	16	20	26	33	38	40	51	61	63.7	73.1	84.9	104

Una vez obtenidos los datos del diámetro y la velocidad, la pérdida de carga en el circuito secundario, cuya expresión venía dada por: $P_c = P_{c(\text{gráfica})} \cdot k_1 \cdot k_2$, será la siguiente (recordemos que ahora k_1 y k_2 toman el valor de 1):

Tabla 17. Pérdidas de carga tuberías circuito secundario.

Elaboración propia.

Tramo	Caudal (m³/h)	D_{int} (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	P_c abaco (mm c. a./m)	P_c correg. (mm c. a./m)	P_c (mm c. a.)
Ida	1,2	33	0,47	3	10	10	30
Retorno	1,2	33	0,47	3	10	10	30
PÉRDIDA DE CARGA TOTAL TUBERÍAS CTO. SECUNDARIO							60

Al igual que para el circuito primario, consideraremos que las pérdidas de carga en los accesorios o singularidades suponen el 130% de las pérdidas en las tuberías:

$$P_{c(\text{accesorios})} = 60 \cdot 1,3 = 78 \text{ mm c. a.}$$

1.7.2.2.1. Pérdidas de carga en el intercambiador

De la misma forma que se calculaba la pérdida de carga en el intercambiador del primario, utilizaremos la siguiente expresión:

$$P_m = k \cdot Q^2$$

donde,

P_m : pérdidas de carga

k : constante de pérdidas

Q : caudal que circula por la tubería

La constante k se obtenía mediante la anterior ecuación de los datos del fabricante, en función de la máxima pérdida de carga y del caudal, reflejados en la figura 68 y obtenida del catálogo:

Producción de ACS con Energía Solar Térmica						
Ref. Escoda	Modelo	Nº Placas	Nº Paneles Solares 2 m ²	Potencia Energ. Solar	Caudal l/h Caldera (1º)	Caudal l/h ACS (2º)
CC 08 002	IDS14-20H	20	5	7 kW	600	600
CC 08 002	IDS14-20H	20	10	14 kW	1200	1200
CC 08 003	IDS14-30H	30	15	21 kW	1800	1800
CC 08 004	IDS14-40H	40	25	35 kW	3000	3000
CC 08 022	IDS30-20M	20	30	40 kW	3500	3500
CC 08 023	IDS30-30M	30	35	50 kW	4400	4300
CC 08 024	IDS30-40M	40	45	70 kW	5300	5200
CC 08 052	IDS110-20M	20	90	100 kW	11100	10600
CC 08 053	IDS110-30M	30	135	150 kW	15900	15000
CC 08 054	IDS110-40M	40	175	200 kW	21000	20200

Primario: 55°C/45°C Secundario: 35°C/45°C PdC Circuito Solar: Max. 3 m.c.a.

$$k = \frac{P_m}{Q^2} = \frac{3}{1200^2} = 2,083 \cdot 10^{-6}$$

Como el caudal del circuito secundario de nuestra instalación es de 1200 l/h, la pérdida de carga sería la siguiente:

$$P_{m2} = 2,083 \cdot 10^{-6} \cdot 1200^2 = 3 \text{ m c. a.} = 3000 \text{ mm c. a.}$$

1.7.2.2.2. Dimensionado del electrocirculador

Debemos tener en cuenta, para el cálculo de la potencia de la bomba, las siguientes pérdidas de carga:

Tabla 18. Pérdidas de carga totales circuito secundario.

Elaboración propia.

Pérdida de carga en mm c.a.	
Tuberías	60
Accesorios	78
Intercambiador	3000
PÉRDIDA DE CARGA TOTAL	3138

La bomba que se necesita debe ser capaz de superar una presión o altura manométrica de 3,14 m c.a. y de soportar un caudal de 1,2 m³/h.

Recordemos, como se hacía para la bomba del circuito primario, que para el cálculo en una primera aproximación de la potencia teórica de la bomba a elegir, la expresión es:

$$P = Q \cdot \Delta p$$

Siendo Q el caudal a manejar e Δp la pérdida de carga de la instalación, obteniendo para el caso que nos ocupa:

$$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{h} = 3,333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{y como } 1 \text{ m c.a.} = 9800 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta p = 3,14 \text{ m c.a.} \cdot 9800 \text{ N/m}^2 = 30772 \text{ N/m}^2$$

$$P = 3,333 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 30772 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10,25 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 10,25 \text{ W}$$

Pero este valor simboliza la potencia teórica. Para un electrocirculador pequeño, como es el caso, dividiremos la potencia teórica por un factor de 0,25, ya que tienen un rendimiento muy pequeño, y luego le añadiremos un 20% de potencia para prevenir futuras pérdidas de rendimiento.

$$P_n = P/0,25 = 10,25/0,25 = 41 \text{ W}$$

$$P_n = 41 \cdot 1,2 = 49,20 \text{ W}$$

Con esto llegamos a la conclusión de que se puede emplear una bomba de 100 W de potencia nominal. Se elegirá una **Wilo-Stratos 25/1-8** de 100 W de potencia nominal.

Además, se instalará otra bomba de 100 W entre el acumulador solar y el ya existente para intercambiar fluido entre los dos.

1.7.2.2.3. Dimensionado del vaso de expansión

La capacidad del vaso de expansión del circuito secundario vendrá determinada por el volumen de dicho circuito más el del acumulador solar, el intercambiador y la bomba. En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo de dichos volúmenes:

Tabla 19. Volumen fluido circuito secundario.

Elaboración propia.

Tramo	D_{int} (mm)	Longitud (m)	Volumen (litros)
Intercambiador- acumulador	33	3	2,56
Acumulador- intercambiador	33	3	2,56
Electrocirculador	30	0,18	0,13
Intercambiador			1,5
Acumulador solar			2000
VOLUMEN TOTAL SECUNDARIO (litros)			2006,75

La norma UNE 100155:2004 recomendada por el RITE, señala la forma en que se puede dimensionar el vaso de expansión cerrado, utilizando para ello la expresión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_{pr}$$

donde:

V_t : volumen total del vaso de expansión

V : volumen total del fluido en el circuito

C_e : coeficiente de expansión o dilatación del fluido caloportador (en el secundario agua).

C_{pr} : coeficiente de presión, dado por: $C_{pr} = \frac{p_{max}}{p_{max} - p_{min}}$

El valor mínimo de presión en el circuito secundario es el de la presión de llenado de este, que debe ser lo suficientemente alta como para evitar la entrada de aire en el circuito. Dicha presión es de 1,5 bar, siendo la presión estática nula, puesto que el vaso de expansión estará situado en la sala de máquinas y coincidiendo con la cota más alta de la instalación del circuito secundario.

$$p_{min} = 1,5 \text{ bar} + p_e = 1,5 + 0 = 1,5 \text{ bar}$$

La válvula de seguridad está tarada a 4 bar (presión máxima que da el fabricante), que será la referencia de la presión máxima. No obstante, para que dicha válvula no actúe constantemente, el valor de presión máxima debe estar alrededor de un 10% por debajo. Además, habrá que sumarle a las cantidades anteriores el valor de la presión atmosférica.

$$p_{max} = p_{atm} + p_{vs} \cdot 0,9 = 0,94 + 4 \cdot 0,9 = 4,54 \text{ bar}$$

Con todo lo anterior ya se puede calcular el coeficiente de presión.

$$C_{pr} = \frac{p_{max}}{p_{max} - p_{min}} = \frac{4,54}{4,54 - 1,5} = 1,49$$

Ya tenemos, para el cálculo del volumen total del vaso de expansión, todos los componentes de la ecuación, a falta de C_e , es decir, el coeficiente de expansión del fluido caloportador.

El coeficiente de expansión o dilatación del agua viene dado por la siguiente expresión:

$$C_e = 10^{-6} \cdot (3,24 \cdot t^2 + 102,13 \cdot t - 2708,3)$$

donde,

t: temperatura máxima de la mezcla en el circuito (°C). El sistema alcanzará como mucho 60 o 70 °C.

Para el agua a 70 °C resulta un $C_e \approx 0,02$.

Por último, se puede proceder al cálculo del volumen del vaso de expansión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_{pr} = 2006,75 \cdot 0,02 \cdot 1,49 = 59,8 \text{ litros}$$

Se elegirá un vaso de expansión de la empresa Salvador Escoda S.A., de **80 litros de capacidad**, lo que dejará un margen de seguridad, y presión máxima de 10 bar. El vaso escogido es igual que el del circuito primario.

2. AISLAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES

Se hace necesario el aislamiento en las conducciones de la instalación, tanto las del circuito primario como las del secundario, con el objeto de reducir al mínimo las pérdidas de calor. Dicho aislamiento debe poder soportar temperaturas de hasta 150 °C, pues las tuberías, en especial las del circuito primario que van desde los captadores hasta el intercambiador de calor pueden alcanzar temperaturas muy elevadas, y las de los captadores, sobre todo si el circuito está parado.

El espesor de aislamiento mínimo debe consultarse en la normativa, en especial la del RITE, mediante unas tablas que relacionan el diámetro exterior de la tubería y la temperatura de trabajo con el espesor mínimo, diferenciando entre tuberías exteriores e interiores. Existe un procedimiento simplificado válido para potencias nominales instaladas menores o iguales a 70kW, donde los espesores reflejados en las tablas son válidos para materiales de aislamiento térmico con una conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m·K). Cuando se utilizan materiales de aislamiento térmico distintos se deberán calcular los espesores mínimos aplicando las ecuaciones incluidas en el RITE para superficies planas y circulares.

Las tablas, para el procedimiento simplificado, son las siguientes:

Tabla 20. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.

<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/22-24.pdf>.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 21. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/22-24.pdf>.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Con el objeto de poder elegir convenientemente el aislamiento de las tuberías de la instalación objeto de este proyecto, se deben reunir los datos necesarios para poder definir correctamente el espesor del material aislante, de acuerdo con el RITE.

Tabla 22. Espesores de aislamiento en tuberías y elementos de la instalación.

Elaboración propia.

Tramo	D _{ext.} (mm)	D _{int.} (mm)	Tubería (ext. o int.)	T _{amb.} (°C)	Esesor aislante (mm)
CIRCUITO PRIMARIO					
1-2	26	28	Int.	40	25
2-3	20	22	Ext.	40	35
2-3'	20	22	Ext.	40	35
3-4	20	22	Ext.	50	35
3'-4'	20	22	Ext.	50	35
4-5	20	22	Ext.	50	35
4'-5	20	22	Ext.	50	35
5-6	26	28	Int.	50	25
CIRCUITO SECUNDARIO					
Ida	33	35	Int.	55	30
Retorno	33	35	Int.	55	30
Acum.	1280	1360	Int.	55	35

Escogemos como material para aislamiento **espuma de poliuretano**, por su bajo coeficiente de transmisión del calor, su poco peso y su buena flexibilidad, algunas de cuyas características son:

- Coeficiente de conductividad térmica: varía entre 0,023 W/(m·K) y 0,04 W/(m·K), dependiendo del tipo.
- Rango de temperaturas para tubos: -170 °C a 110° C

3. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

El RITE especifica que es obligatorio dotar a las instalaciones de ACS y calefacción de un sistema electrónico de regulación y control que permita su correcto funcionamiento, optimizando su rendimiento y evitando que alcance

condiciones que puedan provocar averías. El objetivo es conseguir instalaciones energéticamente eficientes.

El sistema de regulación y control permite que las bombas entren en funcionamiento o paro cuando se den las condiciones necesarias para ello. Dicho sistema está basado en diferencia de temperaturas, midiendo ésta a la salida del campo de captadores (t_1), mediante una sonda conectada al sistema, así como la temperatura media del acumulador (t_2), mediante otra sonda, de manera que cuando $t_1 > t_2$ más un cierto valor de consigna, que generalmente es de 7°C , el sistema acciona las bombas propiciando el intercambio de calor entre el circuito primario y el secundario, hasta que de nuevo exista una diferencia entre t_1 y t_2 lo suficientemente pequeña para ordenar parar el circuito, generalmente cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C .

Las sondas de temperatura normalmente van insertadas a rosca en las tuberías y se basan en materiales con coeficiente de temperatura positivo o negativo (PTC o NTC), que varían su resistencia con la variación de esta magnitud física, pudiendo convertir dichas variaciones posteriormente a señales eléctricas y compararlas mediante los circuitos electrónicos adecuados.

Tabla 23. Valores de ajuste de los termostatos diferenciales.

Elaboración propia.

ORDEN	Δt ($^\circ\text{C}$)
MARCHA	$\Delta t \geq 7^\circ\text{C}$
PARO	$\Delta t \leq 2^\circ\text{C}$

Los valores de la tabla anterior son los que especifica el RITE, aunque el centro de regulación permite variarlos al instalador para realizar pruebas.

El centro de regulación y control, cuyo componente principal es el termostato diferencial, puede llevar incorporadas otras funciones, como activar un sistema de apoyo, adquirir y tratar los datos, etc., en cuyo caso se llama "Control Solar". Una de estas funciones adicionales es la "función antihielo", que permite evitar

los problemas de helada en los captadores cuando la temperatura ambiente llega a valores un poco por encima del punto de congelación del fluido caloportador. En ese caso, cuando la sonda de los captadores detecta la temperatura de riesgo, envía una señal al centro de regulación y éste pone en marcha el sistema, haciendo recircular el agua del acumulador solar para que caliente los captadores y evite la congelación y rotura de los tubos del absorbedor. Esta “función antihielo” es necesario ajustarla muy bien a las condiciones de congelación del fluido caloportador utilizado en la instalación, ya que la circulación de fluido por los captadores a temperaturas muy bajas produce grandes pérdidas de energía.

La configuración interna de un centro de regulación y control solar puede variar, como ya hemos apuntado, dependiendo de las funcionalidades de que disponga, pero en líneas generales constan de dos circuitos:

- El circuito electrónico de medida y control. Se encarga de procesar los datos de las sondas, contrastarlos con los parámetros prefijados y decidir el tipo de orden en función de dichos parámetros.
- El circuito eléctrico de potencia. Ejecuta las órdenes del circuito electrónico de medida y control. Generalmente está formado por relés monofásicos de 10 A que gobiernan el funcionamiento de las bombas y las electroválvulas. La gama de relés existente es muy grande, aunque para los tipos más comunes, con corrientes de conmutación entre 1A y 10A y tensiones de alimentación de la bobina comprendidas entre 5 y 12V, la corriente necesaria para activar dicha bobina varía entre 20 mA y 100 mA, dependiendo de la potencia, y siendo proporcionada por un circuito transistorizado. Si la bomba es de potencias que superan los 600 W, entonces es recomendable utilizar el relé del circuito de potencia para alimentar la bobina de un contactor de mayor intensidad que a su vez controle la bomba, ya que si se conecta directamente a la bomba se podría dañar la salida de la central solar.

La alimentación del centro de regulación y control se hace, normalmente, a 230 V en corriente alterna monofásica, debiendo ir protegido al menos por un interruptor magnetotérmico adecuado a la potencia de la línea e instalándose preferentemente el cuadro eléctrico en la sala de máquinas, protegido por una caja con grado de protección IP 54. En el caso poco probable de tener que instalarlo en el exterior, el grado de protección de la caja sería el IP 65, respetando siempre las correspondientes normativas.

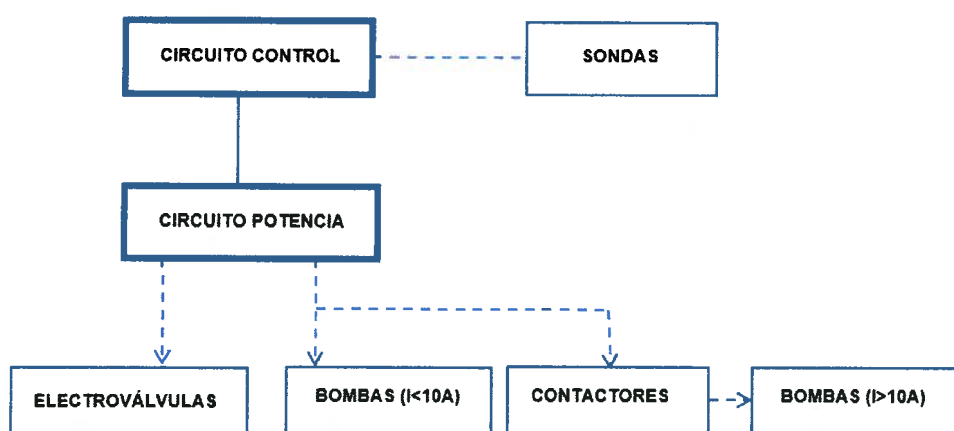


Fig. 74. Circuitos de un centro de control y regulación.

Elaboración propia

Se ha elegido para nuestra instalación una centralita de regulación y control **RESOL DeltaSol BX de Salvador Escoda S.A.**, cuyas características se muestran en la siguiente figura:

SO 17 028  	RESOL DeltaSol BX con 25 sistemas básicos + 5 sondas Pt 1000 + ranura SD • Entradas: 5 sondas Pt1000, 1 ranura SD, 2 sensores Gruntos Direct y caudalímetro • Salidas: 4 relés (2 semicond. + 2 electromec.) y 2 salidas PWM • Funciones: Comunicación VBus, contador energía, contador de horas, termostato diferencial con módulos activables	222,00	 DeltaSol BX
--	---	---------------	---

Fig. 75. Centralita de control y regulación.

Catálogo Salvador Escoda

4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD

4.1. Disipador de calor

El CTE, y el pliego de condiciones técnicas del IDAE, establecen que se debe dotar a la instalación de algún elemento de protección frente a sobrecalentamientos producidos por altas radiaciones solares prolongadas o baja demanda. Para dar cumplimiento a esta normativa, se instalará en el circuito primario un disipador de energía dinámico con el fin de controlar durante dichos periodos que la temperatura del fluido no aumente descontroladamente. Se instalará a la salida de los captadores, mediante una válvula de tres vías que se encargará de desviar el fluido hacia el disipador cuando la centralita de control detecte que la temperatura del fluido a la salida de los captadores alcance un valor próximo a los 100°C.

El disipador elegido es el **BD 24** del fabricante **Salvador Escoda S. A.** y posee las características señaladas en la siguiente figura:

Código	Artículo	m ² colector	Potencia dissip. kW	€
SO 13 021	BD 08	10	8	644,00
SO 13 022	BD 16	20	16	806,00
SO 13 023	BD 24	30	24	1.109,00
SO 13 024	BD 32	40	32	1.139,00
SO 13 025	BD 40	50	40	1.457,00
SO 13 026	BD 48	60	48	1.558,00
SO 13 027	BD 56	70	56	1.659,00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo	Q agua L/H	Tª Salida °C	P.C. m.c.d.s.	Ventilador Nº x Pot. W 220V II	Dimensiones (mm) L x H x A	Ø Conex. hidrául.
BD 08	600	76,76	0,13	1 x 100	200 x 425 x 525	3/4"
BD 16	1.200	77,19	0,27	1 x 140	200 x 500 x 600	1"
BD 24	1.800	77,33	0,74	1 x 150	200 x 575 x 680	1"
BD 32	2.400	77,38	0,72	1 x 160	200 x 600 x 770	1-1/4"
BD 40	3.000	77,60	1,19	2 x 140	200 x 690 x 800	1-1/4"



BD 08 ... BD 32

Fig. 76. Disipador de calor dinámico.

Catálogo Salvador Escoda

4.2. Válvulas

Válvulas de cierre

Se instalarán válvulas de cierre en las entradas y salidas de las baterías de captadores, bombas, vaso de expansión, disipador de energía, y una válvula en las canalizaciones de llenado y vaciado. Dichas válvulas son necesarias para poder aislar, cuando sea preciso, las diferentes partes del circuito, con el objeto de proceder a su mantenimiento o reparación. De forma general, se instalarán todas las válvulas de este tipo que sean necesarias para poder aislar cualquier elemento, de manera que puedan ser sustituidos o reparados en caso de fallo o avería.

Válvulas de seguridad

Este tipo de válvulas tienen como finalidad limitar la presión en diferentes partes del circuito en especial en las baterías de captadores y en el vaso de expansión.

Para dar cumplimiento al RITE, los circuitos cerrados con fluidos calientes dispondrán de una o más válvulas de seguridad, para lo que se instalará como mínimo una válvula de este tipo en cada salida de la batería de captadores.

Válvula anti-retorno

Como establece el pliego de condiciones técnicas del IDAE, la instalación debe contar con los elementos necesarios para prevenir flujos inversos, por lo que se instalarán válvulas anti-retorno a la salida de las bombas y en cada una de las canalizaciones de llenado de los circuitos cerrados.

Válvula multiuso

Los circuitos se deben diseñar, de acuerdo con el RITE, de forma que se puedan llenar total o parcialmente; para ello, se instalarán dos válvulas multiuso, una para el llenado y otra para el vaciado, que deben contar con la función de purga, montándose en la parte baja del circuito.

Purgadores

En las recomendaciones del pliego de condiciones técnicas del IDAE, se establece que en los puntos más altos de la salida de las baterías de captadores solares, así como en otros puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se montarán sistemas de purga, compuestos por botellines de desaireación y purgador manual.

Válvulas de equilibrado

A la entrada del campo de captadores solares se instalará una válvula de equilibrado, con el fin de asegurar que el caudal se reparta entre las dos baterías de la forma más regular y equilibrada posible.

Válvulas de tres vías

Se instalará una válvula de este tipo en todas las intersecciones en las que confluyan tres tomas de tuberías, con la finalidad de dirigir el fluido según convenga. También pueden mezclar o separar fluidos a distinta temperatura de dos procedencias diferentes.

4.3. Equipos de medida

Se instalarán termómetros a la entrada y salida del intercambiador de calor, a la entrada y salida del acumulador y en la salida del campo de captadores solares. Los manómetros se instalarán en el vaso de expansión, a la entrada y salida del intercambiador, y otro para medir la diferencia de presión entre aspiración y descarga de la bomba.

También deben instalarse contadores individuales para cada vivienda, uno para el agua fría en la entrada de la red de abastecimiento, en la parte inferior del edificio, y otro para el agua caliente en la entrada de cada una de las viviendas, quedando garantizada así la medida del consumo de agua caliente sanitaria de forma individual, como establece la normativa europea. En nuestro caso ya se encuentran instalados y en servicio.

5. LÍNEA ELÉCTRICA

En este apartado se dimensionará la acometida eléctrica necesaria para dar servicio a la instalación termosolar.

Como equipo eléctrico de consumo se tiene:

- Bombas: $1 \cdot 740 \text{ W} + 2 \cdot 100 \text{ W} = 940 \text{ W}$
- Disipador de calor dinámico: $1 \cdot 150 \text{ W} = 150 \text{ W}$
- Central solar: $4 \text{ A} \cdot 230 \text{ V} = 920 \text{ W}$
- Toma de corriente de 10 A que se instalará en el cuadro para posibles servicios ocasionales: 2300 W

La potencia total de los equipos y aparatos de consumo, con la toma de corriente, es de 4310 W.

Se dimensionará la sección de los conductores necesarios teniendo en cuenta que desde el cuadro eléctrico principal del edificio hasta el cuadro de la instalación solar se tenderá una línea de corriente alterna trifásica, en la que consideraremos un factor de potencia de 0,9 y una caída de tensión máxima del 5%.

Además, se tienen que calcular otros seis tramos de conductor de alterna monofásica en los que consideraremos un factor de potencia de 1 y una caída de tensión máxima del 5%.: la línea que alimentará a la central solar, las de las tres bombas, la del disipador de calor y la de la toma de corriente.

Tramo de cuadro eléctrico del edificio a cuadro de la instalación solar:

La corriente que deberá soportar el conductor es de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{4310W}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} \approx 6,91A$$

Para alterna trifásica, la fórmula para calcular la sección del conductor necesario es:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta V}$$

donde:

S: sección del conductor en mm²

ΔV : caída de tensión en voltios

$\cos\varphi$: factor de potencia

L: longitud del conductor en metros

ρ : resistividad del cobre en $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ (a 20 °C = 0,018 y a 70 °C 0,0215)

La caída de tensión máxima que consideramos es del 5%, es decir:

$$\Delta V = \frac{5}{100} \cdot 400 = 20 \text{ V}$$

Luego la sección del conductor necesario, considerando la temperatura de 70 °C, más desfavorable y una longitud de 15m. será:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0215 \cdot 15 \cdot 6,91 \cdot 0,9}{20} \approx 0,174 \text{ mm}^2$$

Aunque en teoría sería suficiente con un conductor de 1,5 mm², en la ITC-BT-25 del REBT se establece que para circuitos de fuerza la sección mínima que se puede instalar es de 2,5 mm².

Si ahora calculamos la caída de tensión con un conductor de 2,5 mm²:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0215 \cdot 15 \cdot 6,91 \cdot 0,9}{2,5} = 1,39 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

Se observa que sobraría con un conductor de 2,5 mm², aunque se instalará uno de 4 mm², al ser el que alimenta el cuadro de la instalación solar y en previsión de posibles ampliaciones.

Tramos de cuadro instalación solar a bombas:

Para la bomba de 740 W la corriente que deberá soportar el conductor es de:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{740W}{230 \cdot 1} \approx 3,22A$$

Para alterna monofásica, la fórmula para calcular la sección del conductor necesario es:

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta V}$$

donde:

S: sección del conductor en mm^2

ΔV : caída de tensión en voltios

$\cos\varphi$: factor de potencia

L: longitud del conductor en metros

ρ : resistividad del cobre en $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ (a 20 °C = 0,018 y a 70 °C 0,0215)

La caída de tensión máxima que consideramos es del 5%, es decir:

$$\Delta V = \frac{5}{100} \cdot 230 = 11,5 \text{ V}$$

Luego la sección del conductor necesario, considerando la temperatura de 70 °C, más desfavorable y una longitud de 3 metros será:

$$S = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 3 \cdot 3,22 \cdot 1}{11,5} \approx 0,036 \text{ mm}^2$$

Aunque en teoría sería suficiente con un conductor de 1,5 mm^2 , en la ITC-BT-25 del REBT se establece que para circuitos de fuerza la sección mínima que se puede instalar es de 2,5 mm^2 .

Si ahora calculamos la caída de tensión con un conductor de 2,5 mm^2 :

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 3 \cdot 3,22 \cdot 1}{2,5} = 0,166 \text{ V} < 11,5 \text{ V}$$

Para las bombas de 100 W la corriente que deberá soportar el conductor es de:

La intensidad que deberá soportar el conductor es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100 \text{ W}}{230 \cdot 1} = 0,435 \text{ A}$$

La longitud de este tramo es aproximadamente de 6 m. por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 6 \cdot 0,435 \cdot 1}{11,5} = 9,7 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$$

Como era de esperar es una sección muy pequeña, por lo que se elegiría la menor que viene en tablas, que es de 1,5 mm². No obstante, al ser circuito de fuerza, se instalará una sección de 2,5 mm².

Tramo de cuadro instalación solar a dissipador de calor:

La intensidad que deberá soportar el conductor es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{150W}{230 \cdot 1} = 0,652A$$

La longitud de este tramo es de 7m. por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 7 \cdot 0,652 \cdot 1}{11,5} = 0,017 \text{ mm}^2$$

Como en el caso de las bombas, es una sección también muy pequeña, por lo que se elegiría la menor que viene en tablas, que es de 1,5 mm². Se instalará conductor de 2,5 mm² por el motivo ya explicado.

Tramo de cuadro instalación solar a central de regulación:

La intensidad que deberá soportar el conductor es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{920W}{230 \cdot 1} = 4 A$$

La longitud de este tramo es de 3m. por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1}{11,5} = 0,045 \text{ mm}^2$$

Como en los casos anteriores, se instalará conductor de 2,5 mm².

Tramo de cuadro instalación solar a toma de corriente:

La intensidad que deberá soportar el conductor es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{2300W}{230 \cdot 1} = 10 A$$

La longitud de este tramo es de 2 metros por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot 0,0215 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1}{11,5} = 0,0748 \text{ mm}^2$$

Como en los casos anteriores, se instalará conductor de 2,5 mm².

A continuación, se refleja el cuadro de intensidades máximas admisibles para conductores de cobre, donde se señalan los conductores elegidos, que serán de polietileno reticulado (XLPE) y se instalarán bajo tubo no empotrado en obra. Según la norma UNE 21 123 "Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV", su denominación sería, RZ1 – K (AS).

Tabla 24. Intensidades máximas admisibles para conductores de cobre.

REBT. (ITC – BT – 19)

Intensidades máximas admisibles (A) en instalaciones interiores, conductores de **COBRE**, temperatura ambiente 40 °C
Norma UNE 20 460-5-522:2006

Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A1.		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2						
Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A2.	PVC3	PVC2				XLPE3	XLPE2						
Conductores aislados en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B1.						PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2		
Cables multiconductores en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B2.			PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2					
Cables multiconductores directamente sobre la pared o en bandeja no perforada. Método C.						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
Cables multiconductores al aire libre o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a 0,3 Di (diámetro del cable). Método E.							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
Cables unipolares en contacto mutuo o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a Di. Método F.								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Conductor	mm²												
Cobre	1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	
	2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
	185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
	240				315	350	374	401	435	468	490	552	590

En el documento de planos se muestra el esquema unifilar del cuadro eléctrico de nuestra instalación.

ANEXO II

PLANOS

INDICE DE PLANOS

PLANO 1. PLANO DE SITUACIÓN	170
PLANO 2. SITUACIÓN CAPTADORES EN CUBIERTA.....	171
PLANO 3. ALZADO CON FACHADA PRINCIPAL.....	172
PLANO 4. INSTALACIÓN CAPTADORES	173
PLANO 5. PERFIL MONTANTE TUBERÍAS PRIMARIO.....	174
PLANO 6. PLANTA BAJA Y SALA DE CALDERAS.....	175
PLANO 7. SALA DE CALDERAS.....	176
PLANO 8. ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN	177
PLANO 9. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO MANDO Y PROTECCIÓN.....	178

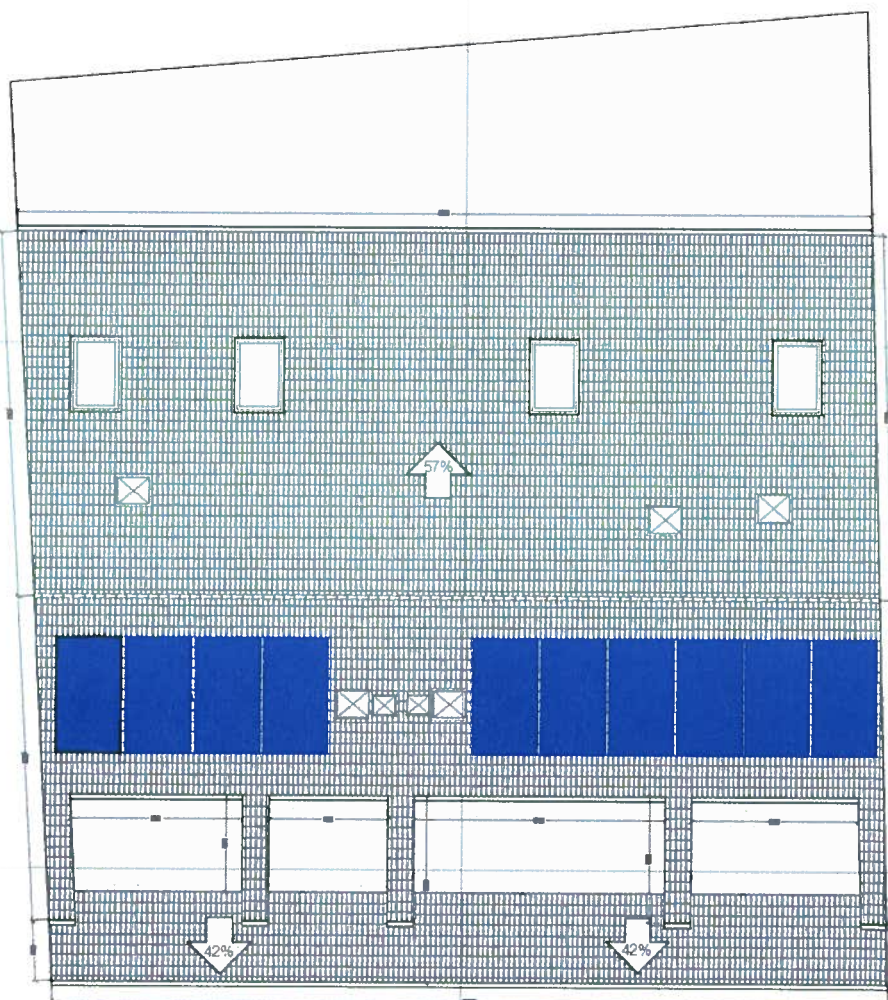
PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO		PLANO Nº: 1
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E



PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR

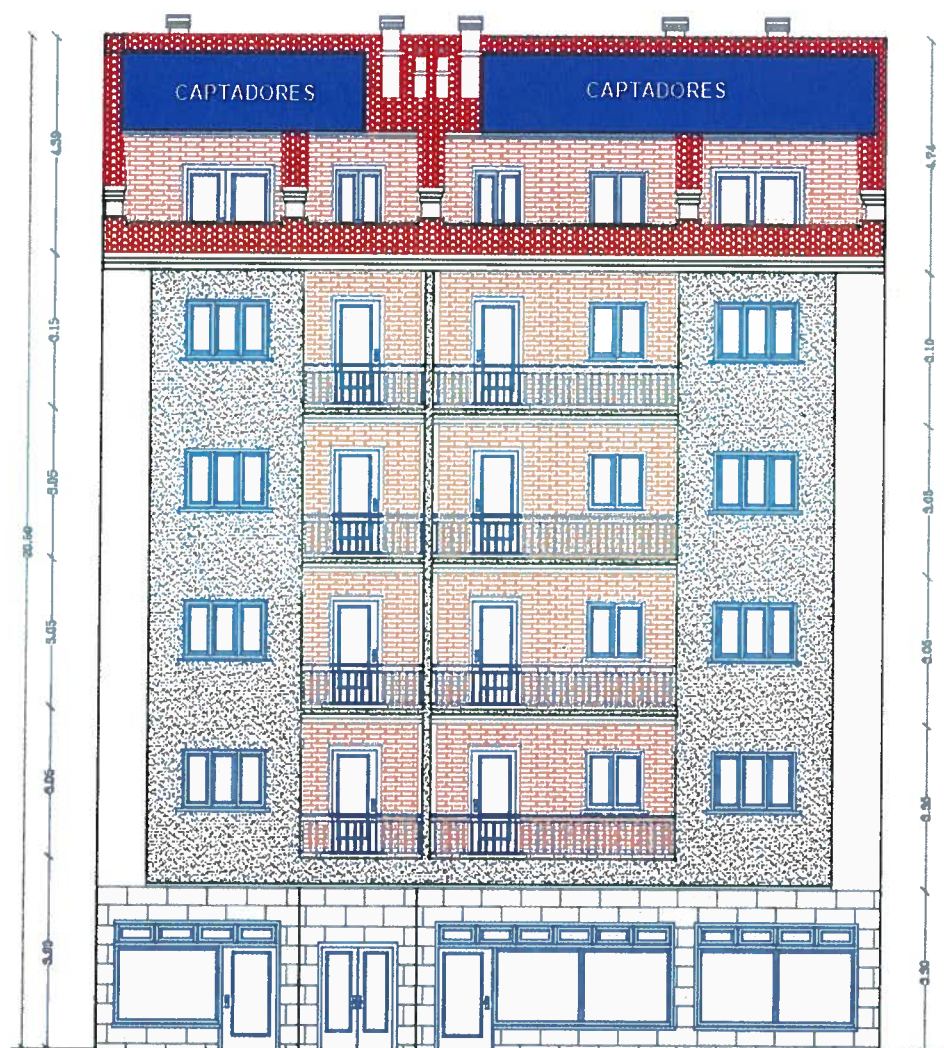


CALLE RECREO



PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: UBICACIÓN CAPTADORES EN CUBIERTA		PLANO Nº: 2
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E

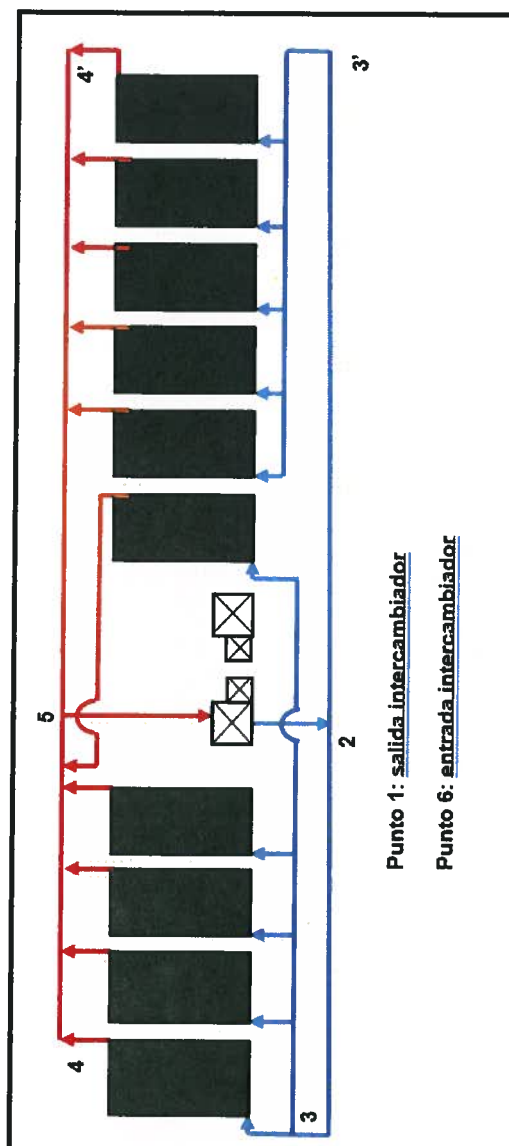
PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: FACHADA PRINCIPAL		PLANO Nº: 3
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E

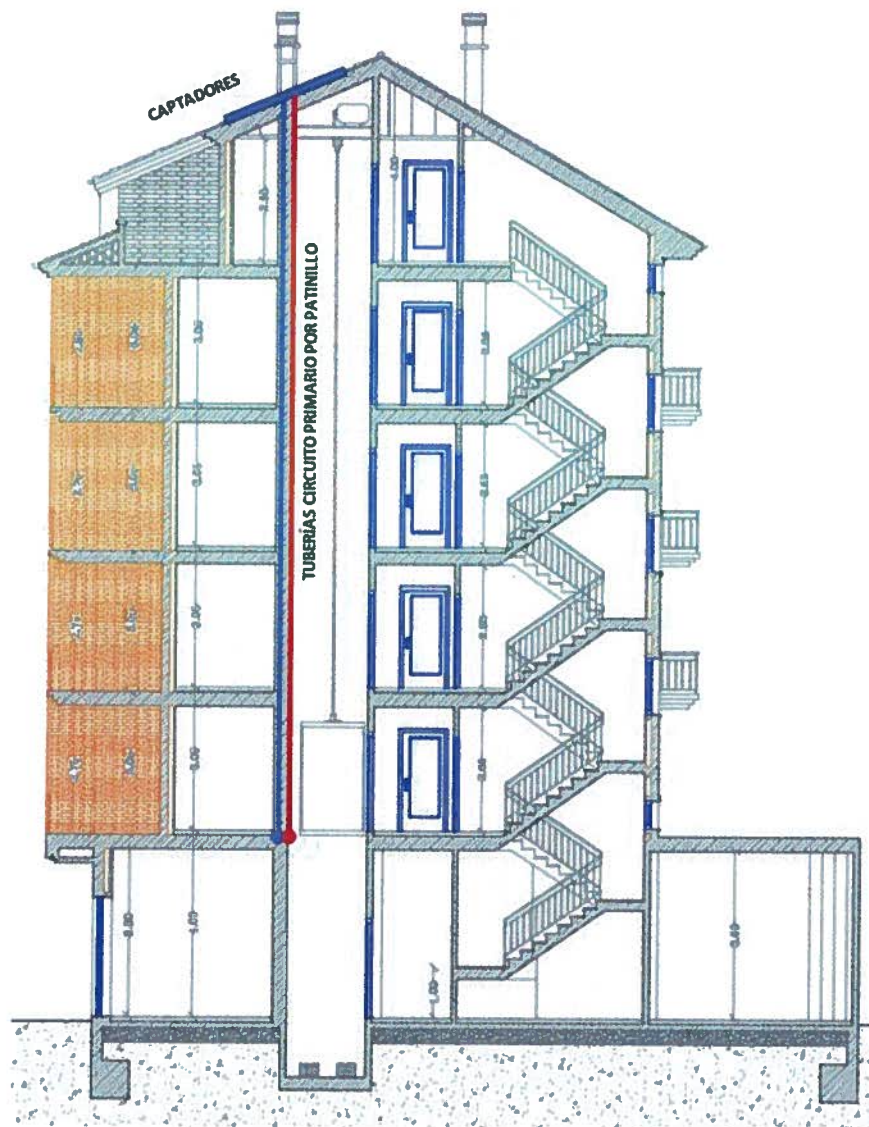


PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



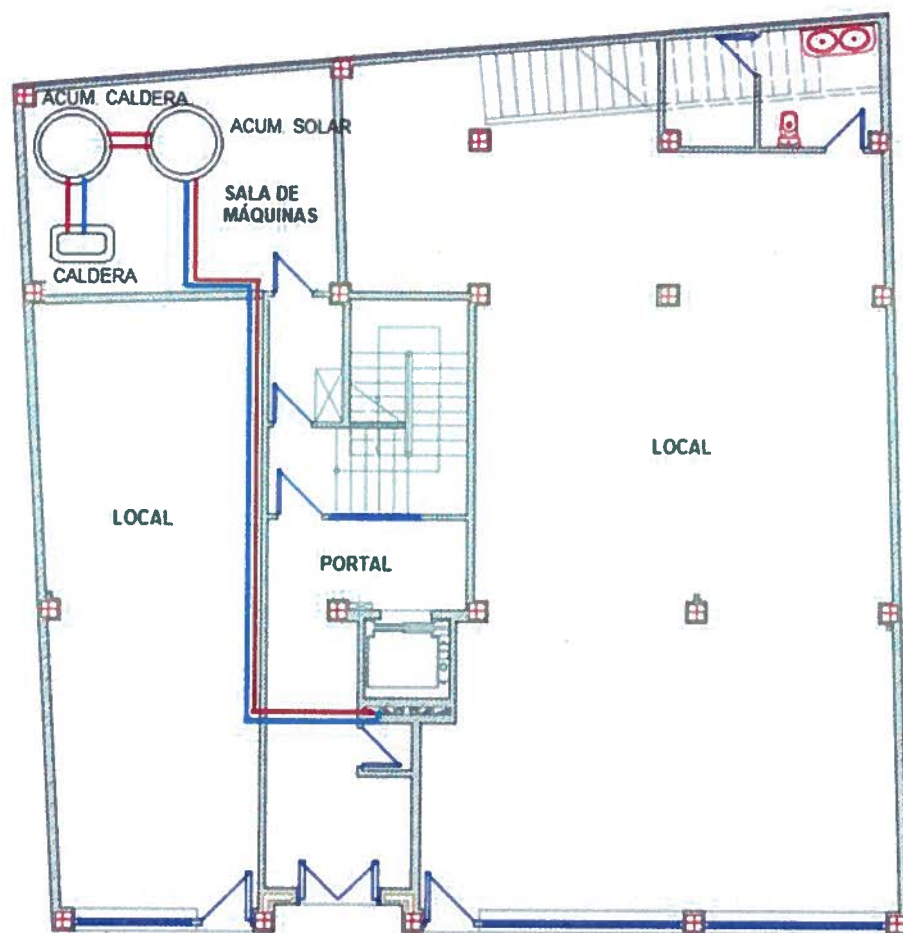
PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: INSTALACIÓN CAPTADORES EN CUBIERTA		PLANO Nº: 4
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: PERFIL MONTANTE TUBERÍAS PRIMARIO		PLANO Nº: 5
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



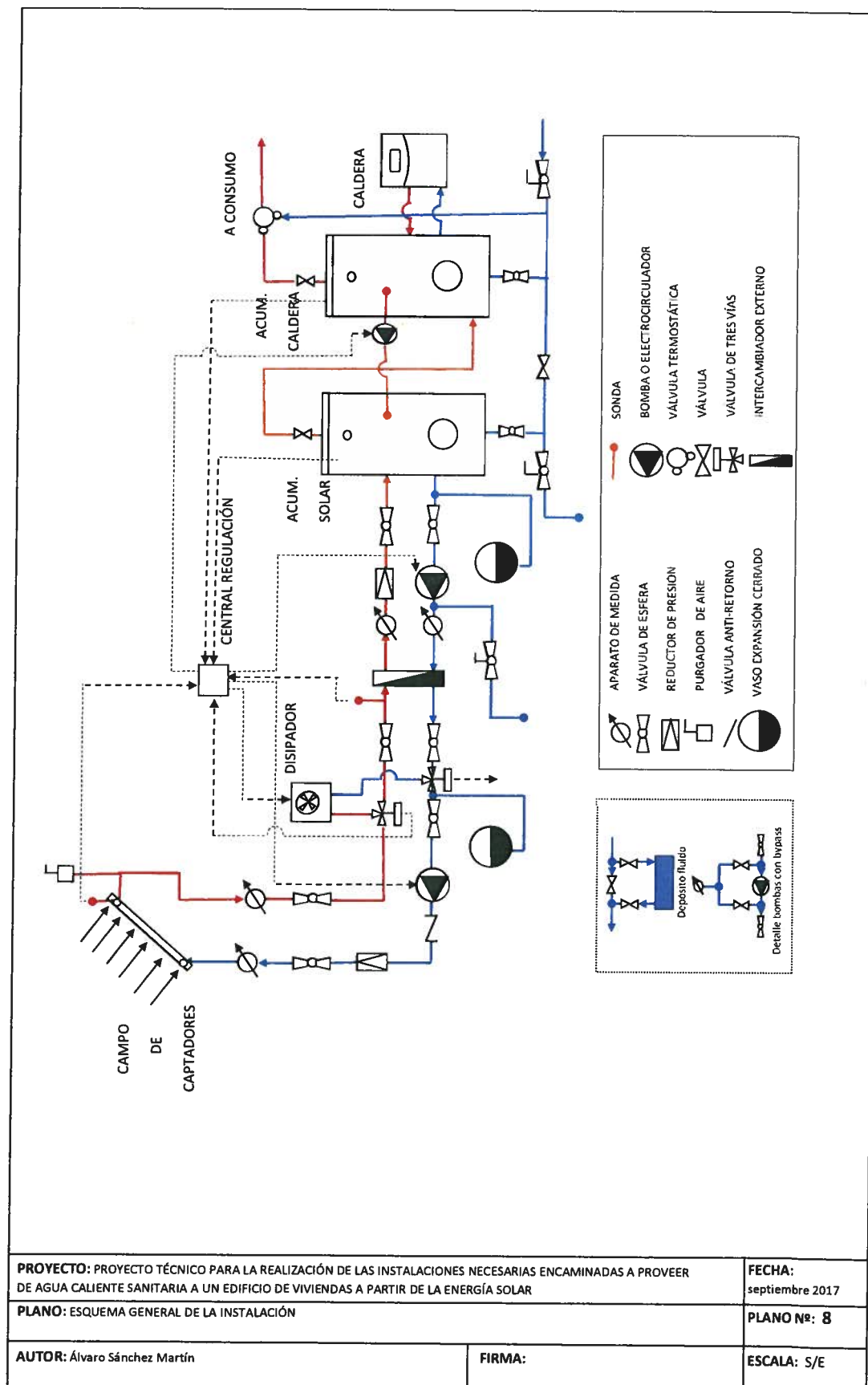
CALLE RECREO

PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE AGUA CALIENTE SANITARIA A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR		FECHA: septiembre 2017
PLANO: PLANTA BAJA Y SALA DE CALDERAS		PLANO Nº: 6
AUTOR: Álvaro Sánchez Martín	FIRMA:	ESCALA: S/E

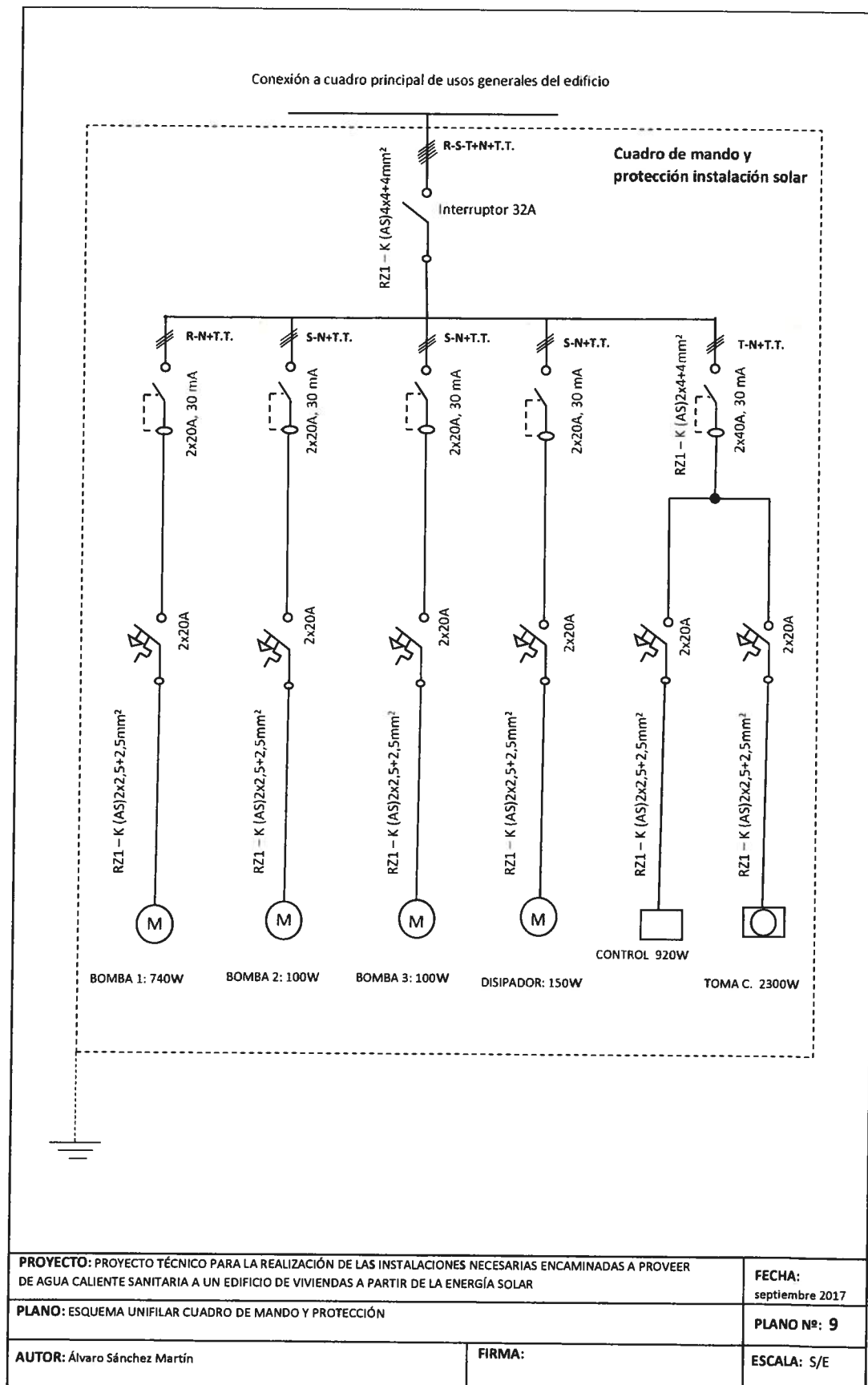


**PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR**

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER
DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR



ANEXO III

DOCUMENTACIÓN

TÉCNICA

AMERICAN
DOCUMENTATION
TECHNICAL

1. FICHAS TÉCNICAS CAPTADORES

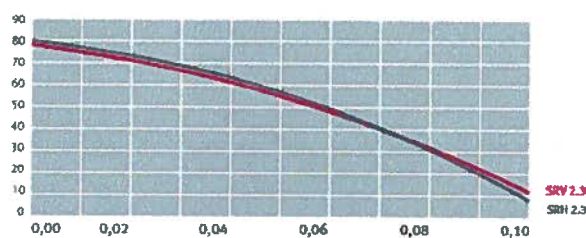
Datos técnicos SRH / SRV / SCV

Captadores planos serie SR

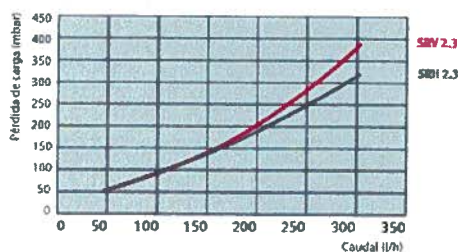


		Helioplan SRV 2.3	Helioplan SRH 2.3
Referencia		0010008905	0010008906
Tipo instalación		Vertical	Horizontal
Área de absorción	m²	2,327	
Área de apertura	m²	2,352	
Área total	m²	2,51	
Dimensiones	HxLxD mm	2.033 x 1.233 x 80	
Peso	Kg	38	
Volumen	L	1,85	2,16
Temperatura máxima estancamiento	°C	210	
Presión máxima	bar	10	
Absorbedor	mm	Aluminio (tratamiento selectivo al vacío)	
		Altamente selectivo (azul)	
Tratamiento selectivo	%	$\alpha = 0,94$	
	%	$\epsilon = 0,05$	
Cubierta de vidrio	mm	3,2	
Tipo de vidrio		Vidrio solar de seguridad (bajo contenido en hierro)	
Transmisión	%	$\tau = 91$	
	mm	40	
Aislamiento trasero	W/m²K	$\lambda = 0,035$	
	Kg/m²	$\rho = 55$	
Superficie de absorción			
Rendimiento η_0		0,798	0,810
Pérdidas K1	W/m²K	2,440	3,355
Pérdidas K2	W/m²K²	0,050	0,024
Superficie de apertura			
Rendimiento η_0		0,790	0,801
Pérdidas K1	W/m²K	2,414	3,320
Pérdidas K2	W/m²K²	0,049	0,023

Rendimiento de los captadores



Pérdida de carga de los captadores



NOTA: Todos los captadores Saurer Dussel pueden trabajar tanto en Low-Flow como en High-Flow

Colector solar plano **Captador solar SRV 2.3**

SRV 2.3

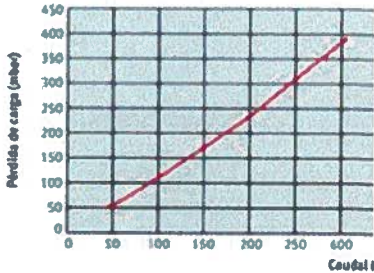
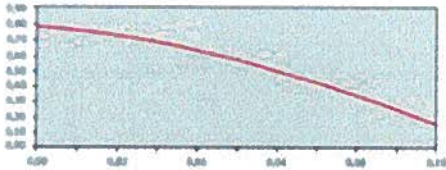


Descripción de Producto

Captador solar SRV 2.3

Características Técnicas

Superficie Externa (m)	2,51
Superficie apertura (m)	2,352
Superficie absorbente (m)	2,33
Longitud (mm)	2.033
Anchura (mm)	1.233
Profundidad (mm)	80
Peso en vacío (kg)	38
Contenido líquido (L)	1,85
Tubo absorbente Cu (diam.) (mm)	15
Presión Máxima de prueba	0,4
Absorbente Cu selectivo (mm)	0,4
Factor de absorción (%)	95
Factor de emisión (%)	5
Pérdida de carga (mbar)	100
Resistencia térmica máxima (°C)	210
Presión de régimen admisible (bar)	10
Caudal recomendado (l/h)	40
Conexiones (g)	-





Captador Plano SRV 2.3



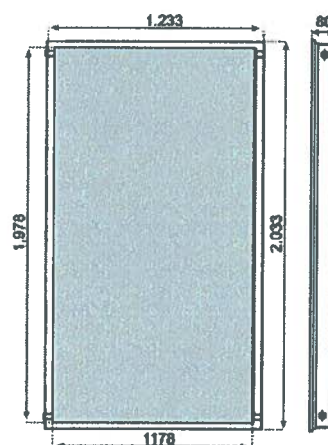
Características Técnicas

Área de absorción	m ²	2,327
Área de apertura	m ²	2,352
Área total	m ²	2,51
Peso	Kg	38
Volumen	L	1,85
Tª máxima estancamiento	°C	210
Presión máxima	bar	10
Absorbedor	mm	Aluminio
Tratamiento selectivo		Altamente selectivo (azul) $\alpha = 0,94$ $\epsilon = 0,05$
Cubierta de vidrio	mm	3,2
Tipo de vidrio		Vidrio solar de seguridad (bajo contenido en hierro)
transmisión	%	$\tau = 91$
Aislamiento trasero	mm	40
	W/m ² K	$\lambda = 0,035$
	Kg/m ³	$\rho = 55$

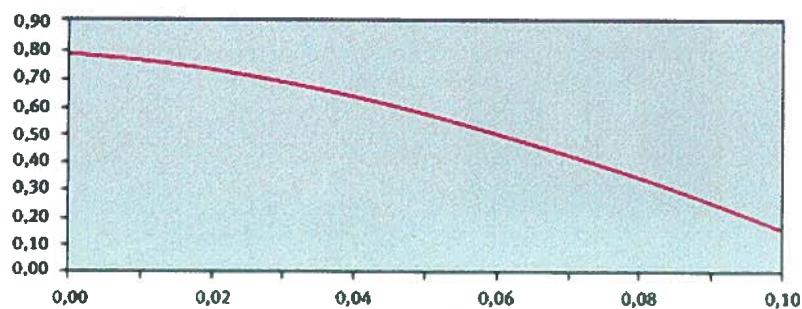
Dimensiones

Longitud	2.033
Anchura	1.233
Altura	80

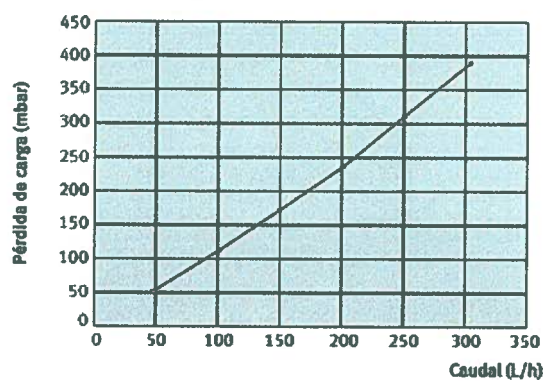
(Medidas indicadas en mm)



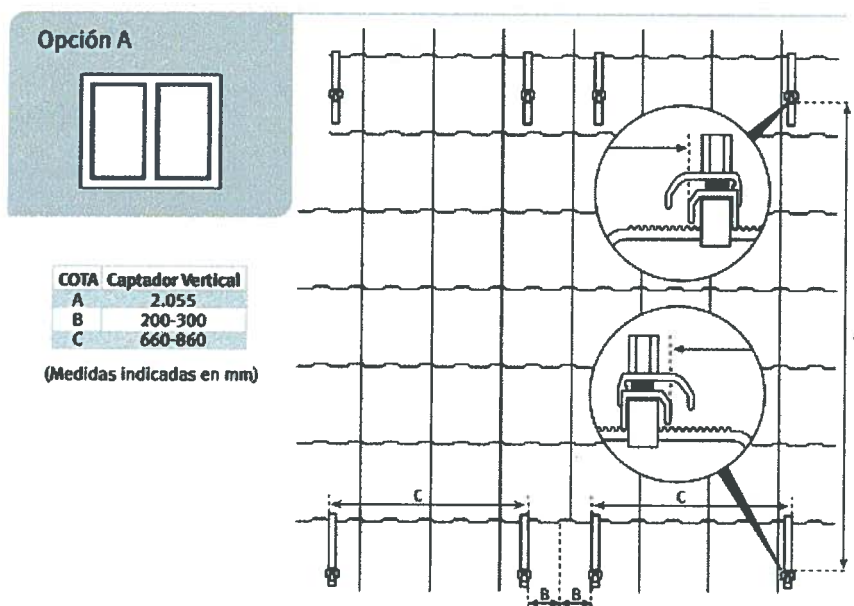
Curva de Rendimiento



Pérdida de carga

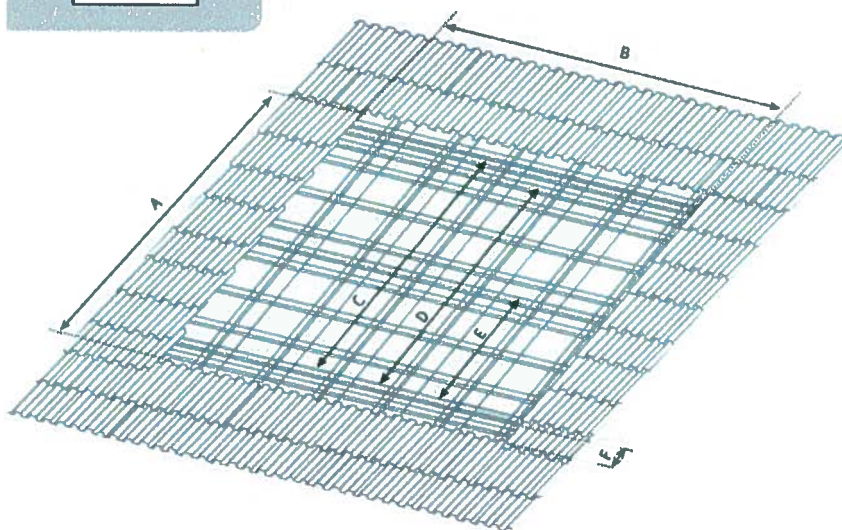


Montaje sobre tejado inclinado



Montaje integrado en tejado

Opción A



Número de captadores	A	B	C	D	F
1		1.717			
2		2.980			
3		4.243			
4		5.506			
5		6.769			
6		8.032			
	2.725		2.600	2.500	280 (mín.)
					309 (máx.)

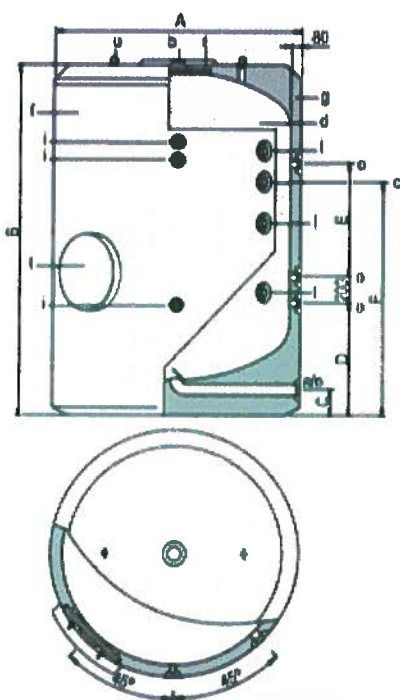
(Medidas indicadas en mm)

Fig. 77. Captador de placa plana SRV 2.3.

Catálogo Saunier Duval

2. FICHA TÉCNICA ACUMULADOR SOLAR

BDLE 1500 - 5000



- a- Entrada agua fría
- b- Salida ACS
- c- Recirculación
- d- Depósito acumulador
- e- Desagüe
- f- Forro externo
- g- Aislamiento térmico
- h- Vaina de sensores
- i- Protección catódica
- o- Conexión resistencia
- t- Boca de hombre DN 400
- u- Cáncamos para transporte

		BDLE 1500	BDLE 2000	BDLE 2500	BDLE 3000	BDLE 3500	BDLE 4000	BDLE 5000
a	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
b	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
c	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
e	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
l	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
l	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
o	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
Conexiones de protección catódica		2	2	3	3	3	3	3
A	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
B	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
C	mm	175	175	200	200	200	200	200
D	mm	685	685	805	805	805	875	875
E	mm	330	780	300	590	875	465	870
F	mm	1115	1560	1250	1540	1755	1450	1805

·10·

Fig. 78. Depósito acumulador 2000 I. BDLE 2000.

Catálogo Saunier Duval

3. FICHA TÉCNICA FLUIDO ANTICONGELANTE

SALVADOR ESCODA S.A.
www.salvadorescoda.com

Provença, 382 pl. 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 80 32

TARIFA DE PRECIOS

I.V.A. NO INCLUIDO. CONSULTE POSIBILS ACTUALIZACIONS

07 COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



• Fluido calor-portante

Código	Artículo	€
	• Especialmente indicado para instalaciones de energía solar térmica • Condiciones límite de trabajo: -25 a 170° C • Ficha técnica con características y garantía del fluido	
SO 07 020	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 10 litros	47,00
SO 07 021	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 25 litros	83,00
SO 07 022	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 50 litros	158,00
SO 07 023	ESCOGLICOL PLUS FLD 160 120 litros	368,00



NET-9



FT 2030

• Comprobadores de anticongelante

Código	Artículo	€
MA 10 125	Densímetro NET - 9	60,00
MA 10 126	Refractómetro FT-2030	125,00

Fig. 79. Propilenglicol para circuito primario.

Catálogo Salvador Escoda

4. FICHAS TÉCNICAS INTERCAMBIADOR DE CALOR

08 INTERCAMBIADOR DE PLACAS TERMOSOLDADO IDS-14

IDROGAS



Información general:

El principio de construcción del intercambiador de placas termosoldado comprende un paquete de placas, está compuesto por placas de canal corrugadas entre los paquetes de placas delanteras y traseras de cubierta. Las placas de cubierta constan de placas de sellado, anillos ciegos y placas de cubierta. Durante el proceso de soldadura al vacío, se forma una unión soldada en cada punto de contacto entre dos placas. El diseño crea un intercambiador de calor que consta de dos circuitos separados.

Las opciones de diseño del intercambiador de calor de placas soldadas son muy variadas.

Tenemos disponible diferentes modelos de placa para varias funciones y prestaciones específicas. Puede escoger una configuración estándar ICPS o una unidad según sus necesidades específicas. Usted es quien elige.

Aplicaciones típicas:

- HVAC calefacción/refrigeración/energías renovables
- Aplicaciones de refrigerante
- Industrial refrigeración/destilación
- Refrigeración de aceite

Principios de funcionamiento:

La superficie de calor consiste en placas finas corrugadas de metal que se inserta una en la parte superior de la otra. Los canales se forman entre las placas y para lograr un proceso de transferencia de calor más eficiente los puertos de los ángulos están dispuestos de forma que los dos caudales medios fluyen a través de canales alternados, usualmente a contracorriente.

Diseño estándar

El paquete de placas está protegido por placas de cubierta. Las conexiones se ubican en la placa de cubierta delantera. Para mejorar el diseño de la transferencia de calor, las placas de canal son corrugadas.

Características para las ofertas:

Para realizar una oferta específica, infórmanos en su pedido:

- Caudal requerido y temperaturas
- Caída de presión máxima permitida

Materiales estándar:

Placas de cubierta: 304 acero inoxidable

Conexiones: 316 L acero inoxidable

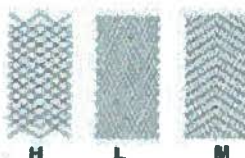
Placas: 316 L acero inoxidable

Material de soldadura 98,89 % Cobre



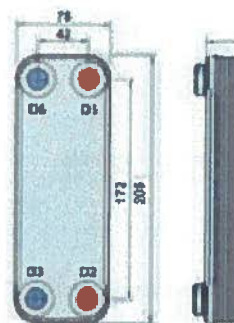
Rostró macho

Calefacción:
Entrada D4-D3: ISO-G 3/4" M
Salida D2-D1: ISO-G 3/4" M



Placas y tipos de canal:
La unidad está disponible con diferentes tipos de canal donde varía el modelo de corrugado de la placa. Los ángulos en V pueden ser obtusos (placa theta alta, H) o agudos (placa theta baja, L).

Esquema de componentes:



Datos estándar:

- Medidas en mm: 8 + (23 * n) (+/-2%)
- Peso **kg: 0,6 + (0,06 * n)
- (n: número de placas) * Excepto conexiones
- Temp. máx trabajo: 225°C
- Presión de trabajo: 0-30 bar
- Caudal máx 3,62 m³/h
- Num. de placas max/min: 4/100

CC 08 002	IDS 14-20 PLACAS
CC 08 003	IDS 14-30 PLACAS
CC 08 004	IDS 14-40 PLACAS

AGUA CALIENTE SANITARIA

CC INTERCAMBIADORES DE PLACAS TERMOSOLDADOS

IDROGAS



Conexiones roscadas
externamente (macho)

APLICACIONES 1 FASE
Calentación, Solar, Clima ...

PRIMARIO
D4 → D3
SECUNDARIO
D2 → D1



El principio de construcción del intercambiador de placas termosoldado comprende un paquete de placas, está compuesto por placas canal corrugadas entre los paquetes de placas delanteras y traseras de cubierta.

Las placas de cubierta constan de placas de sellado, anillos ciegos y placas de cubierta. Durante el proceso de soldadura al vacío se forma una unión soldada en cada punto de contacto entre dos placas.

El diseño crea un intercambiador de calor que consta de dos circuitos separados.

Código	Artículo	Peso Kg	Medidas mm	€
CC 08 002	IDS14-20H de 20 placas	1,2	55 x 78 x 209	110,00
CC 08 003	IDS14-30H de 30 placas	2,4	78 x 78 x 209	140,00
CC 08 004	IDS14-40H de 40 placas	3	101 x 78 x 209	170,00
CC 08 022	IDS30-20M de 20 placas	3,7	57 x 110 x 310	205,00
CC 08 023	IDS30-30M de 30 placas	4,9	81 x 110 x 310	255,00
CC 08 024	IDS30-40M de 40 placas	6,1	105 x 110 x 310	305,00
CC 08 052	IDS110-20M de 20 placas	14,2	58 x 191 x 616	595,00
CC 08 053	IDS110-30M de 30 placas	17,8	82 x 191 x 616	755,00
CC 08 054	IDS110-40M de 40 placas	21,4	105 x 191 x 616	915,00

Modelo	Rosca	Temp. Máx. °C	Caudal máx. m³/h	Presión bar
IDS 14	ISO-G 3/4" M	225	3,6	0 a 30
IDS 30	ISO-G 1" M		8,1	
IDS 110	ISO-G 2" M		34	

Materiales estándar:

- Placas de cubierta: 304 acero inoxidable.
- Conexiones: 316L acero inox.
- Placas: 316L acero inoxidable.
- Material de soldadura: 89,99% cobre.

Producción de ACS con Energía Solar Térmica

Ref. Escoda	Modelo	Nº Placas	Nº Paneles Solares 2 m²	Potencia Energ. Solar	Caudal l/h Caldera (1º)	Caudal l/h ACS (2º)
CC 08 002	IDS14-20H	20	5	7 kW	600	600
CC 08 002	IDS14-20H	20	10	14 kW	1200	1200
CC 08 003	IDS14-30H	30	15	21 kW	1800	1800
CC 08 004	IDS14-40H	40	25	35 kW	3000	3000
CC 08 022	IDS30-20M	20	30	40 kW	3500	3500
CC 08 023	IDS30-30M	30	35	50 kW	4400	4300
CC 08 024	IDS30-40M	40	45	70 kW	5300	5200
CC 08 052	IDS110-20M	20	80	100 kW	11100	10600
CC 08 053	IDS110-30M	30	135	150 kW	15800	15000
CC 08 054	IDS110-40M	40	175	200 kW	21000	20200

Primario: 55°C/45°C Secundario: 35°C/45°C PdC Circuito Solar: Max. 3 m.c.a.

Fig. 80. Intercambiador de placas IDS 14 – 20 H.

Catálogo Salvador Escoda

5. FICHA TÉCNICA VASOS DE EXPANSIÓN



Provença, 392 pl. 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32

TARIFA DE PRECIOS

I.V.A. NO INCLUIDO CONSULTA POSIBLES ACTUALIZACIONES

05 COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

• Reguladores de caudal



INLINE BYPASS

Código	Artículo	Unidad	€
SO 05 621	223.1209 inline SETTER M-H 3/4" 1/2"	3-12	39,00
SO 05 622	223.1203 inline SETTER M-H 3/4" 1/2"	0,6-2,4	39,00
SO 05 623	223.2372 bypass SETTER M-H 1" 1"	8-30	197,00
SO 05 624	223.2471 bypass SETTER M-H 1 1/4" 1 1/4"	10-40	204,00
SO 05 625	223.2151 bypass SETTER DN 65	60-325	708,00
SO 05 626	223.1208 inline SETTER M-H 3/4" 1/2"	2-8	39,00
SO 05 627	223.1239 inline SETTER M-H 3/4" 3/4"	3-12	39,00
SO 05 628	223.1305 inline SETTER H-H 1" 1"	10-40	74,00
SO 05 629	223.2571 RG.C bypass SETTER H-H 1 1/2" 1 1/2"	20-70	227,00

• Vasos expansión energía solar

Código	Artículo	Capacidad l	Prestación n máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. agua Ø	Precarga bar	€
• Temperatura máxima: 130°C • Precarga: 2,5 bar • Apto para el uso hasta 50% anticongelante							
MEMBRANA FIJA							
SO 09 021	5 SMF	5	10	200x250	3/4"	2,5	27,30
SO 09 022	8 SMF	8	10	200x340	3/4"	2,5	30,45
SO 09 023	12 SMF	12	10	270x310	3/4"	2,5	34,85
SO 09 024	18 SMF	18	10	270x415	3/4"	2,5	38,76
SO 09 025	24 SMF	24	8	320x430	3/4"	2,5	44,10
MEMBRANA INTERCAMBIABLE							
SO 09 026	35 SMR-P	35	10	360x615	1"	2,5	120,75
SO 09 027	50 SMR-P	50	10	360x750	1"	2,5	141,75
SO 09 028	80 SMR-P	80	10	450x750	1"	2,5	178,50
SO 09 029	100 SMR-P	100	10	450x850	1"	2,5	200,25
SO 09 030	220 SMR	200	10	485x1400	1-1/2"	2,5	591,16
SO 09 031	350 SMR	300	10	485x1985	1-1/2"	2,5	781,61
SO 09 032	500 SMR	500	10	600x2065	1-1/2"	2,5	1.057,35
SO 09 033	700 SMR	700	10	700x2145	1-1/2"	2,5	1.781,85

DIMENSIONAMIENTO DEL VASO DE EXPANSIÓN (*):

Nº colectores		Contenido de agua en litros			Capacidad del vaso
ESCOSOL 2800 S (**)	ESCOSOL 2500 (***)	Colectores + instalación	Intercambiadores	total	
1	2	3,6	15	18,6	12
2	4	7,2	15	22,2	18
4	8	14,4	21	35,4	25
6	12	21,6	42	63,6	50
8	15	28,8	42	70,8	80
10	20	36	60	96	80
12	26	43,2	66	109,2	100
16	35	57,6	80	137,6	150
20	-	72	85	157	150
24	40	86,4	85	171,4	200
28	-	100,8	90	190,8	200
32	60	115,2	100	215,2	300
36	-	129,6	110	239,6	300
40	75	144	120	264	300
44	-	158,4	150	308,4	300
48	90	172,8	150	322,8	350

Fig. 81. Vaso de expansión cerrado 80 SMR - P.

Catálogo Salvador Escoda

6. FICHA TÉCNICA ELECTROCIRCULADORES

Código	Artículo	A 1x230V	A 3x400V	CV	€
	- Presión máx. admisible: 10 bar. Máx. aspiración 7 m.c.a. - Cuerpo de bomba en acero AISI-304 (cromo-níquel) - Adecuado para aguas limpias, fluidos no agresivos, presurización de viviendas, riego, servicios auxiliares de industria				
EB 20 002	U3-100/5	4,8	-	1	317,77
EB 20 004	U3-120/6	5,6	-	1,2	354,30
EB 20 006	U3-150/7	7,1	-	1,5	529,01
EB 20 042	U3-100/5T	-	1,9	1	320,29
EB 20 044	U3-120/6T	-	2,6	1,2	358,22
EB 20 046	U3-150/7T	-	2,9	1,5	546,63
EB 20 052	U5-150/5	6,8	-	1,5	455,68
EB 20 054	U5-180/6	7,7	-	1,8	493,50
EB 20 056	U5-200/7	9,0	-	2,0	580,81
EB 20 062	U5-180/6T	-	3	1,8	474,45
EB 20 064	U5-200/7T	-	3,4	2	550,16
EB 20 082	U9-200/4	8,4	-	2	497,28
EB 20 084	U9-250/5	10,6	-	2,5	539,31
EB 20 092	U7-300/6T	-	5	3	521,80
EB 20 094	U9-200/4T	-	3,3	2	466,82
EB 20 096	U9-250/5T	-	4,3	2,5	470,74

Tipo		Caudal m³/h											DNA	DNI
1-	3-	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4			
		Altura m.c.a.												
U3-100/5	U3-100/5T	52	49	45	41	36	25	14	-	-	-		1"	1"
U3-120/6	U3-120/6T	62	59	54	50	44	32	18	-	-	-			
U3-150/7	U3-150/7T	75	71	67	61	55	41	25	-	-	-			
U5-150/5	U5-150/5T	58	57	55	53	51	46	40	33	25	12			
U5-180/6	U5-180/6T	69	-	66	64,5	62	56	48	40	30	12			
U5-200/7	U5-200/7T	80	-	75	74	71	64	56	46	33,4	12			

Tipo		Caudal m³/h											DNA	DNI
1-	3-	0	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	11	14			
		Altura m.c.a.												
-	U7-300/6T	74	71	68	64	58,4	51	42	27				1"	1"
U9-200/4	U9-200/4T	47	44	43	42	40	38	36	32,4	28,4	13			
U9-250/5	U9-250/5T	59	56	55	52,4	50,4	48	45	40,5	35,5	16	1-1/2"		

Fig. 82. Características bomba U3 – 100/5 para primario.

Catálogo Salvador Escoda

Fluidos admisibles (se pueden solicitar otros)	
Agua de calefacción (según VDI 2035)	•
Mezclas de agua/glicol (máx. 1:1; a partir de un 20 % de aditivo se deben comprobar los datos de impulsión)	•
Campo de aplicación autorizado	
Rango de temperaturas con temperatura ambiente máx. +40 °C	-10...+110 °C
Presión de trabajo máxima admisible P_{max}	10 bar
Conexiones de tubería	
Racor	Rp 1
Rosca	G 1½
Longitud efectiva l_0	180 mm
Motor/componentes electrónicos	
Índice de eficiencia energética (IEE)	≤ 0,20
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3;2004+A1;2012 /industrial environment (C2)
Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
Tipo de protección	IP X4D
Clase de aislamiento	F
Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz
Potencia nominal del motor P_2	100,00 W
Velocidad n	1400 - 3700 rpm
Consumo de potencia P_1	9 - 125 W
Intensidad absorbida I	0,13 - 1,10 A
Protección de motor	integrada

Prensaestopas PG	1x7/1x9/1x13,5
Materiales	
Carcasa de la bomba	Fundición gris (EN-GJL-200)
Rodete	Plástico (PPE - 30% GF)
Eje de la bomba	Acero inoxidable (X39CrMo17-1)
Cojinete	Carbono, impregnado de metal
Altura de entrada mín. en la boca de aspiración para evitar la cavitación a la temperatura de impulsión del agua	
Altura de entrada mín. a 50/95/110 °C	3 / 10 / 16 m
Información de pedido	
Marca	Wilo
Tipo	Stratos 25/1-8
Ref.	2090448
Peso aprox. m	4,1 kg

Fig. 83. Características técnicas bombas Wilo Stratos 25/1-8 para secundario.

Catálogo Wilo

7. FICHA TÉCNICA CENTRAL SOLAR DE REGULACIÓN Y CONTROL



SALVADOR ESCODA S.A.
www.salvadorescoda.com

Provença, 282 pl. 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 458 90 32

TARIFA DE PRECIOS
IVA NO INCLUIDO CONSULTA POSIBLES ACRÉDITOS



DeltaSol TT



DeltaSol CS/4



DeltaSol CS Plus



DeltaSol BX



DeltaSol E



VFS/VFD

RPS/RPD

CS-10

Smart display S03

WMZ

V40

Regulación solar

Código	Artículo	€
SO 17 020	ESCOSOL DeltaSol TT para 4 sistemas básicos + 2 sondas PT 1000 • Entradas: 3 sondas PT1000 • Salidas: 2 relés (1 semicond. + 1 electromec.) y 1 salida PWM • Funciones: Termostato diferencial, sistema termostato con calentamiento rápido, termostato temporizador, contador horas	120,00
SO 17 029	RESOL DeltaSol CS/4 con 3 sistemas básicos + 3 sondas PT 1000 • Entradas: 4 sondas PT1000 y 1 sensor Grundfos Direct VFD • Salidas: 2 relés semiconductores y 1 salida PWM • Funciones: Comunicación VBus, balance térmico, antillegenda, Drainback, contador de horas, control de velocidad y termostato	169,00
SO 17 030	RESOL DeltaSol CS Plus con 10 sistemas básicos + 4 sondas PT 1000 • Entradas: 4 sondas PT1000 y 1 sensor Grundfos Direct VFD • Salidas: 2 relés semiconductores y 2 salidas PWM • Funciones: Comunicación VBus, balance térmico, antillegenda, Drainback, contador de horas, control de velocidad y termostato	199,00
SO 17 028	RESOL DeltaSol BX con 25 sistemas básicos + 5 sondas PT 1000 + carura SD • Entradas: 5 sondas PT1000, 1 carura SD, 2 sensores Grundfos Direct y caudalímetro • Salidas: 4 relés (2 semicond. + 2 electromec.) y 2 salidas PWM • Funciones: Comunicación VBus, contador energía, contador de horas, termostato diferencial con módulos activables	222,00
SO 17 024	RESOL DeltaSol E con 7 sistemas básicos + 6 sondas PT 1000 • Entradas: 10 sondas PT1000, 1 celda CS10 y 1 caudalímetro • Salidas: 7 relés (6 semicond. + 1 sto pot.) y 3 salidas PWM • Funciones: Comunicación VBus, contador energía, contador de horas, termostato diferencial con módulos activables, control de hasta 4 circuitos de calefacción	425,00
ACCESORIOS CENTRALITAS RESOL		
SO 17 071	GRUNDFOS DIRECT SENSOR VFS 1-12 lbs. 3/4" M	100,00
SO 17 072	GRUNDFOS DIRECT SENSOR VFS 2-40 lbs. 3/4" M	114,00
SO 17 073	GRUNDFOS DIRECT SENSOR RPS 0-10 bar 1/2" M	60,00
SO 17 074	GRUNDFOS DIRECT SENSOR VFD 1-12 lbs. 3/4" M	100,00
SO 17 075	GRUNDFOS DIRECT SENSOR VFD 2-40 lbs. 3/4" M	118,00
SO 17 076	GRUNDFOS DIRECT SENSOR RPD 0-10 bar 1/2" M	60,00
SO 17 043	Smart Display S03	219,00
SO 17 081	CS-10 Célula solar para medida de la insolación	79,00
SO 17 521	FRP 6 Sonda Inmersión PT 1000, uso exterior captador	20,00
SO 17 522	FRP 6 Sonda Inmersión PT 1000, uso int. acumulador	20,00
SO 17 541	FRP 21 Sonda contacto PT 1000, uso exterior captador	45,00
SO 17 542	FRP 21 Sonda contacto PT 1000, uso int. acumulador	25,00
SO 17 551	TH-80 Vaina para sonda 80 mm	14,00
SO 17 552	TH-100 Vaina para sonda 100 mm	14,00
SO 17 553	TH-150 Vaina para sonda 150 mm	17,00
SO 17 554	TH-200 Vaina para sonda 200 mm	19,00
CONTADORES CALORÍFICOS		
SO 17 130	RESOL contador WMZ	199,00
SO 17 131	RESOL Caudalímetro V40-0,6 m³/h	145,00
SO 17 132	RESOL Caudalímetro V40-1,5 m³/h	155,00
SO 17 133	RESOL Caudalímetro V40-2,5 m³/h	165,00
SO 17 134	RESOL Caudalímetro V40-3,5 m³/h	360,00
SO 17 135	RESOL Caudalímetro V40-6,0 m³/h	390,00
SO 17 136	RESOL Caudalímetro V40-10 m³/h	615,00
SO 17 137	RESOL Caudalímetro V40-15 m³/h	685,00
SO 17 121	Contador WMZ + Caudalímetro V 40 0,6 m³/h	399,00

Fig. 84. Centralita solar DeltaSol BX.

Catálogo Salvador Escoda

8. FICHA TÉCNICA DISIPADOR DE CALOR

SALVADOR ESCODA S.A.
Provença, 392 pl. 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
www.salvadorescoda.com

TARIFA DE PRECIOS
IVA NO INCLUIDO CONSULTA PRECISIÓN ACTUALIZACIONES

13 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTO

Escosol

• Disipadores de calor dinámicos

Nueva gama de disipadores de calor para instalaciones de energía solar térmica escosol. Especialmente diseñados para instalar a la intemperie. Ventiladores helicoidales con rejilla protectora. Sistema de sujeción incorporado para fijar a la pared en los modelos más pequeños (hasta el BD 64) y con zócalo para sujeción el resto de la gama.

Los equipos de mayores dimensiones (BD 72 a BD 400) se fabricarán con portilería acabada exterior chapa pintada RAL 9006.

Baterías de disipación fabricadas en tubo de cobre, aleta de aluminio geometría 38. Reja de protección en la salida de aire.



BD 08 ... BD 32



BD 40

Código	Artículo	m² colector	Potencia disp. kW	€
SO 13 021	BD 08	10	8	844,00
SO 13 022	BD 16	20	16	808,00
SO 13 023	BD 24	30	24	1.168,00
SO 13 024	BD 32	40	32	1.457,00
SO 13 025	BD 40	50	40	1.558,00
SO 13 026	BD 48	60	48	1.620,00
SO 13 027	BD 56	70	56	1.778,00
SO 13 028	BD 64	80	64	2.151,00
SO 13 029	BD 72	90	72	2.327,00
SO 13 030	BD 80	100	80	2.702,00
SO 13 031	BD 96	120	96	2.980,00
SO 13 032	BD 112	140	112	3.408,00
SO 13 033	BD 120	150	120	3.514,00
SO 13 034	BD 144	180	144	3.577,00
SO 13 035	BD 160	200	160	4.207,00
SO 13 036	BD 184	230	184	4.680,00
SO 13 037	BD 200	250	200	4.780,00
SO 13 038	BD 224	280	224	5.230,00
SO 13 039	BD 240	300	240	5.530,00
SO 13 040	BD 264	330	264	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo	Q agua L/H	Tª Salida °C	P.C. m.c.d.a.	Ventilador Nº x Pot. W 220V II	Dimensiones (mm) L x H x A	Ø Conex. hidrául.
BD 08	600	76,76	0,13	1 x 100	200 x 425 x 525	3/4"
BD 16	1.200	77,19	0,27	1 x 140	200 x 500 x 600	1"
BD 24	1.800	77,33	0,74	1 x 150	200 x 575 x 680	1"
BD 32	2.400	77,38	0,72	1 x 180	200 x 650 x 770	1-1/4"
BD 40	3.000	77,60	1,19	2 x 140	200 x 690 x 800	1-1/4"
BD 48	3.600	77,70	1,83	1 x 250	200 x 730 x 850	1-1/4"
BD 56	4.200	77,47	0,95	1 x 250	200 x 800 x 880	1-1/4"
BD 64	4.800	77,54	1,45	1 x 420	200 x 880 x 1000	1-1/4"
BD 72	5.400	77,18	1,37	1 x 330	237 x 950 x 1065	1-1/2"
BD 80	6.000	76,96	1,23	1 x 500	237 x 1065 x 1165	1-1/2"
BD 96	7.200	78,19	1,32	1 x 580	237 x 1065 x 1165	2"
BD 112	8.400	77,79	0,72	2 x 420	237 x 1165 x 1290	2"
BD 120	9.000	76,88	0,87	2 x 500	237 x 1165 x 1290	2"
BD 144	10.800	78,00	1,04	2 x 550	237 x 1290 x 1385	2"
BD 160	12.000	77,44	1,17	2 x 520	430 x 1290 x 1385	2"
BD 184	13.800	77,69	1,41	2 x 520	430 x 1320 x 1485	2"
BD 200	15.000	77,23	1,54	4 x 250	430 x 1420 x 1595	2-1/2"
BD 224	16.800	77,55	1,79	4 x 420	430 x 1490 x 1645	2-1/2"
BD 240	18.000	77,11	1,92	4 x 500	430 x 1570 x 1720	2-1/2"
BD 264	19.800	77,29	2,13	4 x 500	652 x 1640 x 1780	2-1/2"
BD 288	21.600	77,31	2,42	4 x 500	652 x 1720 x 1870	2-1/2"
BD 320	24.000	77,39	2,79	4 x 500	652 x 1800 x 1940	2-1/2"

Fig. 85. Disipador dinámico de calor BD 24.

Catálogo Salvador Escoda

ANEXO IV

GESTIÓN DE

RESIDUOS

VI
IN THE
MIDDLE
OF THE
ROAD

1. GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS

El R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, establece:

“Entre las obligaciones que se imponen al productor, destaca la inclusión en el proyecto de obra de un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición que se producirán en ésta, que deberá incluir, entre otros aspectos, una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los residuos, así como una valoración de los costes derivados de su gestión que deberán formar parte del presupuesto del proyecto. También, como medida especial de prevención, se establece la obligación, en el caso de obras de demolición, reparación o reforma, de hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generen, proceder a su retirada selectiva y entrega a gestores autorizados de residuos peligrosos.”

En este sentido, se utilizará una hoja Excel que incluye una base de datos con la lista europea de residuos (L.E.R.) y que permite, mediante la elección en dicha base de datos de los tipos de residuos que se van a producir, obtener los porcentajes de cada clase y elaborar la estimación de los gastos que ocasionará su gestión.

A continuación, se adjunta una figura con los tipos de residuos de nuestra instalación y la generación del presupuesto correspondiente, que agregaremos al presupuesto total.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PROYECTO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS ENCAMINADAS A PROVEER DE A.C.S. A UN EDIFICIO DE VIVIENDAS A PARTIR DE LA ENERGÍA SOLAR

Tabla 25. Aplicación para estimar la gestión y el coste de los residuos generados.

www.files.residuos.webnode.es/

ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCDs)		2.- Evaluación global de RCDs				
Proyecto	Instalación solar	S	V	d	R	T
Situación	Bájar	Superficie Construida	Volumen aparente RCDs	Densidad media de los RCDs	Previsión de reciclaje en %	Toneladas estimadas RCDs
		-	00 m³	125 T/m³	0,00%	70 T
		25 m²	83 m³	125 T/m³	-	129 T
1.- Datos Generales del Proyecto		3.- Evaluación teórica del peso por tipología de RCDs				
Tipología de obra	Reforma, con obras anexas de Edificación	%	Tn	d	R	Vt
Superficie total construida	25,00 m²	% del peso total	Toneladas brutas de cada tipo de RCD	Densidad media (T/m³)	Previsión de reciclaje en %	Volumen neto de Residuos (m³)
		RCD: Naturaleza no pétreas				
		0,00%	0,00	1,30	0,00%	0,00
		0,00%	0,00	0,60	0,00%	0,00
		33,00%	42,53	1,50	0,00%	28,36
		1,40%	1,80	0,90	0,00%	2,00
		3,45%	4,44	0,90	0,00%	4,93
		0,00%	0,00	1,50	0,00%	0,00
		0,00%	0,00	1,20	0,00%	0,00
		37,84%	48,78	1,13	0,00%	35,29
		RCD: Naturaleza pétreas				
		12,89%	16,61	1,50	0,00%	11,08
		0,00%	0,00	2,50	0,00%	0,00
		34,27%	44,18	1,50	0,00%	29,45
		0,00%	0,00	1,50	0,00%	0,00
		47,16%	60,80	1,75	0,00%	40,53
		RCD: Basuras, Potencialmente peligrosos y otros				
		9,36%	12,07	0,90	0,00%	13,41
		5,64%	7,27	0,50	0,00%	14,53
		15,00%	19,33	0,70	0,00%	27,94
		TOTAL estimación cantidad RCDs				
		100,00%	128,91	1,25	0,00%	103,76
		%	Tn (T)	d (T/m³)	R %	Vt (m³)

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE GESTIÓN DE LOS RCDs										
G	Vr	Vt	Vc	N	P	Cc	Ts	Tt	C	Importe TOTAL
Tipo de gestión	Volumen Reciclado	Volumen neto de Residuos	Volumen neto de Residuos / Camión / Bidón	Num. Contenedor / Camión	Precio Contenedor / Camión	Contenedor Gratuito (SI/NO)	Incluir Tasa Municipal (SI/NO)	Toneladas netas de cada tipo de RCD	Canon de Vertido	
RCD: Tierras y pétreas procedentes de excavación										
1. Tierras de excavación	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	46,80 €/Ud	-	SI	0,00 T	6,12	0,00
RCD: Naturaleza no pétreas										
1. Asfalto	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	8,82	0,00
2. Madera	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	87,50 €/Ud	SI	NO	0,00 T	0,00	0,00
3. Metales	0,00 m³	28,36 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	SI	42,53 T	3,39	487,44
4. Papel	0,00 m³	2,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	87,50 €/Ud	SI	NO	1,80 T	4,09	7,37
5. Plástico	0,00 m³	4,93 m³	0,00 m³	0,00 Uds	87,50 €/Ud	SI	NO	4,44 T	4,03	17,90
6. Vidrio	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	87,50 €/Ud	SI	NO	0,00 T	2,97	0,00
7. Yeso	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	0,12	0,00
Subtotal estimación	35,29 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	63,49 €/Ud	-	NO	48,78 T	8,12	512,70
RCD: Naturaleza pétreas										
1. Arena Grava y otros áridos	0,00 m³	11,08 m³	0,00 m³	2,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	SI	16,61 T	8,12	273,05
2. Hormigón	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	3,50	0,00
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,00 m³	29,45 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	SI	44,18 T	5,20	574,69
4. Piedra	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	9,06	0,00
Subtotal estimación	40,53 m³	0,00 m³	0,00 m³	0,00 Uds	83,49 €/Ud	-	NO	60,80 T	9,06	847,75
RCD: Basuras, Potencialmente peligrosos y otros										
1. Basuras	0,00 m³	13,41 m³	0,00 m³	2,00 Uds	83,49 €/Ud	SI	NO	12,07 T	8,10	179,82
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,00 m³	14,53 m³	0,00 m³	2,00 Uds	120,82 €/Ud	-	NO	7,27 T	17,54	369,08
Subtotal estimación	27,94 m³	0,00 m³	0,00 m³	1,95 Uds	78,47 €/Ud	-	NO	19,33 T	17,54	478,90
TOTAL COSTE TRANSPORTE + VERTIDO										1.830,35 €
Medios Auxiliares y Gastos Administrativos de la Gestión										31,13 €
Medios Auxiliares en obra										0,00 €
Gastos de Tramitaciones										31,13 €
ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDs										1.870,48 €
% del PEM										8,50%



DOCUMENTO N° 2

PRESUPUESTO Y AMORTIZACIÓN

THE UNIVERSITY OF
CHICAGO
PRESS

1. PRESUPUESTO DE EQUIPOS Y MATERIALES

En el presente apartado se tratará de evaluar cada uno de los elementos del sistema para obtener el coste del material necesario, así como el de la mano de obra, incluyéndose esta última en las tablas del circuito primario y del secundario. Puesto que se han definido todos los componentes necesarios para la instalación que nos ocupa, habiéndose consultado el catálogo de precios de cada fabricante, se cuenta con el precio actual para cada uno de ellos.

Seguidamente, se listan todos los equipos y materiales necesarios, con su correspondiente coste, divididos por partidas.

Tabla 26. Presupuesto componentes circuito primario.

Elaboración propia.

CIRCUITO PRIMARIO (precios con I.V.A. y transporte incluido)			
	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Paneles solares SD SRV 2.3	10	330	3300
Soporte universal SD para 4 captadores tejado inclinado	1	215	215
Soporte universal SD para 6 captadores tejado inclinado	1	305	305
Bomba U3-100/5	1	317,7	317,7
Vaso de expansión 80 SMR-P, Salvador Escoda	1	178,5	178,5

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF POLITICAL SCIENCE

PH.D. PROGRAM

THESIS

BY

NAME

ADVISOR

DATE

CHICAGO, ILL.

19

19

19

19

19

19

19

19

19

19

19

19

19

Intercambiador IDS 14 - 20H, Salvador Escoda	1	110	110
Disolución de propilenglicol, Escoglicol Plus FLD 160 120 litros	1	368	368
Central solar DeltaSol BX, Salvador Escoda	1	222	222
Disipador de calor dinámico BD 24, Salvador Escoda	1	1109	1109
Alquiler grúa-cesta	1 h	200	200
Mano de obra	70 h	32	2240
PRECIO TOTAL CON I.V.A. 21% CIRCUITO PRIMARIO			8565,2 €

Tabla 27. Presupuesto componentes circuito secundario.

Elaboración propia.

CIRCUITO SECUNDARIO (precios con I.V.A. y transporte incluido)			
	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Acumulador SD BDLE 2000	1	2570	2570
Bomba Wilo-Stratos 25/1- 8	2	245,5	491
Vaso de expansión 80 SMR-P, Salvador Escoda	1	178,5	178,5

Mano de obra	50 h	32	1600
PRECIO TOTAL CON I.V.A. 21% CIRCUITO SECUNDARIO			4839,5 €

Tabla 28. Presupuesto conducciones.

Elaboración propia.

CONDUCCIONES (precios con I.V.A. y transporte incluido)			
TRAMOS TUBERÍAS COBRE	Unidades (m)	Precio (€/ud)	Importe (€)
20/22 mm	40	3,20	128
26/28 mm	70	5,30	371
33/35 mm	10	9,10	91
PRECIO TOTAL CON I.V.A. 21% CONDUCCIONES			590 €

Tabla 29. Presupuesto aislamiento conducciones.

Elaboración propia.

 AISLAMIENTO CONDUCCIONES (precios con I.V.A. y transporte incluido)			
TRAMOS TUBERÍAS COBRE	Unidades (m)	Precio (€/ud)	Importe (€)
20/22 mm	40	2,54	101,6
26/28 mm	70	3,30	231

33/35 mm	10	4,24	42,4
PRECIO TOTAL CON I.V.A. 21% AISLAMIENTO			375 €

Tabla 30. Presupuesto electroválvulas, aparatos de medida y elementos auxiliares.

Elaboración propia.

ELEMENTOS AUXILIARES (precios con I.V.A. y transporte incluido)			
ELEMENTO	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Termómetro de esfera	6	25	150
Manómetro	4	53,5	214
Válvula de seguridad	6	15	90
Válvula de aislamiento de bolas	13	23,5	305.5
Válvula anti-retorno	2	34.8	69,6
Purgador-desaireador	2	70	140
Válvula equilibrado	2	62,3	124,6
Válvula para llenado y vaciado	2	43,8	87,6
Válvula de tres vías	1	82,4	82,4
Diverso material de conexionado (codos, uniones en T, etc...) y material eléctrico	...	...	345,7
PRECIO TOTAL CON I.V.A. 21% ELEM. AUXILIARES			1609.4 €

Tabla 31. Presupuesto total materiales, equipo y mano de obra.

Elaboración propia.

PRESUPUESTO TOTAL	
PARTIDA	Importe (€)
Circuito primario	8565,2 €
Circuito secundario	4839,5 €
Conducciones	590 €
Aislamiento	375 €
Elementos auxiliares	1609,4 €
Coste gestión de residuos	1870,5
PRECIO TOTAL INSTALACIÓN CON I.V.A. 21%	17849,6 €

El presupuesto de la instalación asciende a **17849,6 €** con I.V.A. y transporte incluido.

Se añade además un 3% del presupuesto para Seguridad y Salud en la obra, quedando el total: **18385.088 €**.

2. AMORTIZACIÓN

Para calcular el periodo de amortización es necesario conocer el coste del consumo energético de la instalación. En la tabla 8 del punto 1.4., que refleja las cargas de consumo, se ha obtenido un ahorro energético para la instalación de 39440 MJ/año, o lo que es lo mismo, 10956 kWh/año. En la página web de Endesa se ha consultado el precio del kWh del gas natural, que como se puede comprobar consta de un término fijo y otro variable.

Tabla 32. Precio gas natural.

www.endesaclientes.com/

TUR 2 (Entre 5.000 y 50.000 kWh/año)	
Término Fijo	Término Variable
8,45 €/mes	0,043591 €/kWh

(*) Precios Vigentes desde el 1 de enero de 2017.

Se procederá a calcular el ahorro anual de la instalación a partir de los datos anteriores, teniendo en cuenta que el coste de la energía ahorrada se calculará valorando el poder calorífico del combustible sustituido por la energía solar, en nuestro caso gas natural, y el rendimiento de la caldera existente, cuya antigüedad es de 12 años, la cual tendría que producir esa energía ahorrada:

$$c = \frac{c'}{PC \cdot \eta}$$

donde:

c: coste de la energía ahorrada

c': coste unitario del combustible

PC = PCI/PCS: poder calorífico del combustible

η: rendimiento de la caldera existente

Así:

$$c = \frac{0,043591}{0,9 \cdot 0,87} = 0,05567 \text{ €/kWh}$$

El ahorro anual obtenido sería:

$$\begin{aligned} A_{anual} &= c \cdot Q_{ahorrada} = 0,05567 \text{ €/kWh} \cdot 10956 \text{ kWh/año} \\ &= 609,92 \text{ €/año} \end{aligned}$$

A dicho ahorro habría que sumarle el coste anual del término fijo del gas natural y el importe del I.V.A (21%):

$$\begin{aligned} A_{anual} &= 8,45 \text{ €/mes} \cdot 12 + 609,92 = 711,32 \text{ €/año} \cdot 1,21 \\ &= 860,7 \text{ €/año} \end{aligned}$$

Con el presupuesto total de la instalación, el retorno de la inversión se realizaría en aproximadamente:

$$\frac{18385,088\text{€}}{860,7 \text{ €/año}} = 21,36 \text{ años}$$

El Plan Solar Castilla y León, con el objetivo de promover el uso de la energía solar, ofrece subvenciones de hasta un 50% del presupuesto de la instalación a los usuarios que quieran disponer de una instalación Solar Térmica, incluyéndose las comunidades de propietarios. Nos acogeremos a esta subvención suponiendo abierto el plazo de solicitud.

Si se concede dicha subvención, la inversión a realizar por los usuarios de la instalación (Comunidad de Propietarios) sería:

$$18385,088 - 50\%18385,088 = 9192,544 \text{ €}$$

Y con dicho presupuesto el retorno de la inversión se realizaría en aproximadamente:

$$\frac{9192,544\text{€}}{860,7 \text{ €/año}} = 10,68 \text{ años}$$

El siguiente paso es aplicar un método de evaluación de inversiones más fiable, por ejemplo, el del Valor Actual Neto (VAN), que proporciona una valoración financiera de los flujos de caja netos proporcionados por la inversión, es decir, presenta la relación entre los ingresos y los gastos de una inversión en función del tiempo.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = -I_o + \frac{F_1}{(1+i)} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

donde:

I_o : inversión inicial.

F : flujo de caja, en nuestro caso el ahorro anual

i : tasa de rentabilidad o de descuento de la inversión, $i = 2,5 \%$

t : número de años previsto para amortizar la instalación

El valor del VAN ha de ser positivo para que la inversión sea rentable, es decir, para conocer el número de años que se necesitan para amortizar la inversión habría que igualar el VAN a cero y despejar n . Puesto que esto no es posible, se hace necesario realizar el cálculo de manera iterativa hasta que la expresión utilizada sea cero o positiva.

En nuestro caso particular:

$I_o = 9192,544 \text{ €}$.

$F = 860,7 \text{ €/año}$

$i = 2,5 \%$

$t = 0,1,2,3,4,\dots,n$

Aplicamos la fórmula a 15 años, teniendo en cuenta que en una estimación inicial se había obtenido la amortización en unos 11 años si la subvención se hiciera efectiva :

$$VAN = -9192,544 + \frac{860,7}{(1 + 0,025)} + \frac{860,7}{(1 + 0,025)^2} + \dots + \frac{860,7}{(1 + 0,025)^{15}}$$

A continuación, se mostrará la tabla resultado de las distintas iteraciones y que refleja el beneficio acumulado cada año, hasta que se llega a un punto en el que el valor es positivo, lo que significa que será el primer año en el que no se tendrán pérdidas y a partir del cual se empiezan a recoger beneficios.

Tabla 33. Beneficio anual acumulado.

Elaboración propia

AÑO	BENEFICIO ACUMULADO
0	-9192,54
1	-8352,84
2	-7533,13
3	-6733,89
4	-5954,27
5	-5193,27
6	-4451,29
7	-3726,79
8	-3020,14
9	-2331,03

10	-1658,61
11	-1002,59
12	-362,67
13	261,93
14	871,06
15	1465,46

Como se puede comprobar por los resultados de la tabla anterior, la inversión inicial sería recuperada en 13 años, siendo un buen resultado teniendo en cuenta que la vida útil de la instalación es de 25 años. Esto sólo se logra gracias a la subvención, ya que el precio del gas natural actualmente es muy barato.

La conclusión que se obtiene a la vista de estos resultados, es que actualmente este tipo de instalaciones se ve perjudicada por el bajo precio del gas natural, obteniendo un beneficio medioambiental mayor que económico y compensándose únicamente si existe una subvención de la Administración.

DOCUMENTO N° 3

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1. DISPOSICIONES PRELIMINARES

Para la realización del proyecto es necesario tener como punto de referencia la normativa ya especificada previamente en el punto 6 de la memoria, en especial el Pliego de Condiciones Técnicas de las instalaciones de energía solar térmica del IDAE.

Además, se seguirá en todo lo posible otras normas como las UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normas NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación) del Ministerio de Fomento, así como otras de organismos internacionales como las EN o las ISO.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

La correcta elaboración del proyecto y de todos los procesos de cálculo que comprende es importante, como también lo es la perfecta ejecución de la instalación, en cada una de sus diferentes etapas.

El instalador, como responsable de la misma, debe disponer en todo momento de un esquema de trabajo claro y definido, respetando el orden secuencial de cada una de las operaciones a realizar. Ha de trabajar de acuerdo con un programa previamente establecido, pues sólo así logrará que su labor sea eficiente, ahorrando tiempo y mano de obra.

En el presente Pliego de Condiciones Técnicas se describen los diferentes pasos que la empresa instaladora debe seguir en la realización de la obra.

2. FASES PREVIAS AL INICIO DE LA INSTALACIÓN

Una vez que se ha obtenido la conformidad del cliente, y habiéndose fijado de común acuerdo por ambas partes una fecha para el comienzo y el final de los trabajos, el instalador deberá planificar todo el proceso de montaje a partir de las exigencias contenidas en el proyecto y de las características propias de la instalación, así como las de todos los productos y materiales que intervienen en la misma.

En cuanto el estado de la construcción permita visitar la obra, si se trata de edificación nueva, o inmediatamente si el edificio está ya construido, como es nuestro caso, lo primero que ha de hacer el instalador es personarse en el lugar y comprobar in situ lo que ya conoce por los planos del proyecto.

En ocasiones surge en plena obra la necesidad de variar la ubicación prevista de los captadores, o de modificar algún aspecto de la instalación; en cualquier caso es preciso consultar siempre con el autor del proyecto, con el cual el instalador ha de mantener contacto permanente mientras dure la obra. La ubicación de los colectores en los tejados deberá evitar en lo posible los puntos más altos y desprotegidos del viento. Siempre que sea posible, se tratará de evitar que los captadores sean accesibles desde el exterior al lanzamiento de piedras, ocultándolos a la vista. En la primera visita se comprobará el espacio disponible para ubicar los captadores, teniendo en cuenta la distancia mínima que debe dejarse entre hileras.

Se medirá el cuarto donde se instalará el acumulador, asegurándose que sus dimensiones son suficientes para permitir que el montaje se efectúe con comodidad. Normalmente las obras de infraestructura de albañilería (base de hormigón, bancadas, etc.) deben efectuarse por el constructor de la obra civil, y no por el instalador de energía solar, quien ha de comprobar que todo está correctamente terminado para acomodar los componentes y equipos de la instalación solar. En el local donde vayan a instalarse los acumuladores, intercambiadores, electrocirculadores, etc., deberá existir un sumidero sifónico.

Utilizando tiza o cualquier otro material que haga fácil la posterior eliminación de las marcas efectuadas, se procederá a señalar todo el trazado de las tuberías y derivaciones, marcando los puntos de sujeción y comprobando al mismo tiempo la solidez de los paramentos sobre los que han de disponerse.

Se inspeccionarán, tomando debida nota, todos los lugares, exteriores e interiores, relacionados con la instalación que se pretende ejecutar, comprobando que todo esté dispuesto y en orden, sin ningún impedimento que dificulte los trabajos. Los operarios deberán ir adecuadamente protegidos, provistos de casco, guantes apropiados para el manejo de tuberías y calzado de seguridad. Los soldadores llevarán delantales de material resistente a las chispas y al calor irradiado, y utilizarán pantallas y gafas con vidrio de protección. Cuando sea necesario se utilizará cinturón de seguridad y, en general, se cumplirá lo dispuesto en las normas oficiales vigentes en materia de seguridad, en particular la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

En cuanto al material y herramientas necesarios para llevar a cabo una instalación solar, no difieren de los que se precisan para una instalación de fontanería o calefacción, por lo que cualquier profesional debe conocerlas perfectamente. Las herramientas deben disponerse en cajas portátiles. En el equipo de trabajo de soldadura se deberá incluir un extintor portátil de polvo químico seco o CO₂. Una vez finalizado el trabajo de soldadura es conveniente vigilar la zona, para cerciorarse de que no existe posibilidad de incendio latente.

El instalador deberá prever la posible necesidad de contratar medios mecánicos de elevación si los captadores han de montarse sobre un tejado o azotea que haga problemático su traslado manual.

Otro punto importante es la disponibilidad de energía eléctrica a pie de obra, ya que si no existiera sería necesario preparar un equipo portátil de acumuladores y convertidor, para poder utilizar las herramientas eléctricas imprescindibles, como los taladradores, y poder trabajar en condiciones de escasa o nula iluminación natural.

3. PROVISIÓN DEL MATERIAL NECESARIO

Deben elegirse componentes de marcas acreditadas y productos homologados, que ofrezcan las máximas garantías. El instalador es el primer responsable en caso de fallo de algún componente o equipo de la instalación y éste ha de exigir a su vez del fabricante o distribuidor las garantías necesarias, las cuales deben quedar perfectamente especificadas y avaladas por escrito antes de confirmarse el pedido.

Es importante tener en cuenta la posible incompatibilidad de los distintos materiales, a fin de tomar las precauciones necesarias. La tornillería y piezas auxiliares estarán protegidas mediante galvanizado o zincado, o bien serán de acero inoxidable.

También es responsabilidad del instalador asegurarse de que la calidad del agua que va a utilizarse en la instalación es la adecuada.

Otro punto a tener en cuenta es el de asegurarse si en el precio de los productos está incluido el de su transporte y, si es así, fijar el lugar de entrega que más convenga, el cual puede ser el almacén o taller del instalador o la propia obra. La recepción en taller es preferible ya que se dispone de mayores facilidades para una revisión y eventual reposición de las piezas. El transporte, sea por cuenta del proveedor de los productos o del propio instalador, siempre deberá quedar amparado mediante un seguro de transporte, que cubra posibles accidentes. En cuanto se reciban los materiales deberá procederse a comprobar el buen estado de los mismos para poder efectuar las reclamaciones oportunas. En las partes de los equipos dañadas por roces durante el traslado o el montaje se aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente. Se debe disponer de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que éstos vayan a ser utilizados. El acopio de las tuberías se realizará por diámetros y el lugar escogido para su ubicación no será utilizado como paso de personas ni de vehículos. Los tubos estarán

apilados en capas separadas por listones de madera, que dispondrán de calzos al final.

Cuando por malas condiciones meteorológicas o por otras causas deban suspenderse los trabajos, se retirarán los materiales o herramientas que puedan desprenderse. Las zonas de trabajo estarán limpias y ordenadas. El material sobrante de las diferentes tareas se trasladará al almacén.

Deberá ponerse especial atención en la colocación de las cajas que contengan los captadores, por la especial fragilidad de la cubierta de vidrio. Es frecuente que los captadores sean suministrados en jaulas de madera montadas sobre una base o palet adecuado para su traslado. Cada jaula contiene un cierto número de colectores, con lo que su peso puede ser considerable.

En el supuesto de que los captadores, una vez desembalados, deban ser dejados temporalmente a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de inclinación de 20° y máximo de 80° , con la cubierta de vidrio en la parte superior, evitándose siempre tanto la posición vertical como la horizontal. Cuando los captadores se coloquen inclinados 20° ó 30° , se apoyarán independientemente entre sí. Si se colocan inclinados 70° u 80° , podrán descansar uno sobre otro correlativamente hasta llegar a un máximo de 10 colectores. Los captadores almacenados deberán protegerse de la acción de los rayos solares que pueden hacer que el absorbedor, en ausencia de líquido circulante, alcance temperaturas peligrosas para la integridad del mismo. Esta precaución ha de hacerse extensiva a los períodos en que los captadores estén ya montados pero la instalación aún no se haya puesto en marcha. Las conexiones de los captadores o hileras deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad. Siempre es recomendable efectuar en el taller el ensamblado previo de los elementos de la instalación (manómetros, bombas, válvulas, etc.) que ofrezcan esta posibilidad, pues así se tendrán mayores facilidades que en la obra.

En ocasiones se puede disponer de una base de montaje o un panel rígido sobre el cual se montan un buen número de elementos y controles, como el vaso

de expansión, filtro, bomba, centralita de control, interruptores, conexiones de sonda, etc., que se puede trasladar a la obra efectuándose en ella su conexión a las tuberías del circuito primario, quedando un conjunto compacto y estéticamente logrado.

En el caso de que el vidrio de los captadores no viniese ya tratado de fábrica, se recomienda aplicar un tratamiento repelente al agua, que facilitará las limpiezas periódicas durante toda la vida del captador, al dotar a la superficie de la cubierta de una mayor resistencia a las manchas y a los arañazos, sin que se reduzca la transmitancia solar de la misma. El proceso consiste en la deposición de vapor de sustancias químicas, aplicado con un aparato apropiado, que recubren la superficie del vidrio.

4. CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

Las características principales que han de cumplir los materiales, así como sus protecciones, en las instalaciones de ACS son:

- En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el hierro negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.
- En sistemas directos sólo podrá utilizarse cobre o acero inoxidable en el circuito primario.
- Cuando sea imprescindible utilizar materiales diferentes en el mismo circuito, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.
- En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

- Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s. y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.
- Cuando se utilice cobre en tuberías y accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y 1,5 m/s en sistemas abiertos.
- Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12.
- Cuando se utilice acero galvanizado en contacto con el fluido de trabajo se evitará que la temperatura del fluido sobrepase 65 °C en periodos prolongados.
- La tornillería y piezas auxiliares estarán protegidas por galvanizado o zincado, o bien serán de acero inoxidable.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

5. FASES DEL PROCESO DE MONTAJE

El proceso de montaje puede comenzarse por varias partes a la vez. Mientras se ensambla y se fija la estructura soporte de los captadores, otros operarios pueden proceder al tendido de las tuberías, montaje de las bombas, conexión del acumulador, etc. La última operación que se recomienda realizar es el montaje de los captadores, para que estén el menor tiempo posible recibiendo radiación sin que la instalación esté funcionando. Es responsabilidad del instalador orientarlos hacia el sur geográfico, así como medir exactamente su inclinación y distancia mínima entre las filas. Para ello efectuará las medidas necesarias y marcará los lugares exactos en donde se dispondrán las filas de colectores y los anclajes.

Una de las primeras fases de todo el proceso de la instalación es la preparación del anclaje para la estructura, operación que debe confiarse a un operario con experiencia en fijaciones similares.

Se pondrá especial cuidado en proteger los pasos o perforaciones del tejado mediante un collarín estanco o un material aislante que impida penetrar el agua de lluvia. El viento, cuando actúa sobre los colectores por su parte dorsal, puede crear importantes fuerzas de tracción sobre los anclajes, las cuales son las más peligrosas, por lo que habrá que utilizar tacos de expansión apropiados para resistir este tipo de fuerzas. Si la base de anclaje es de hormigón, se preferirá en general tacos de acero, no debiéndose nunca fijar en puntos próximos al borde.

Una vez fijada la estructura sobre los anclajes se procede a ensamblar las diversas piezas de la misma mediante soldadura o bien siguiendo las instrucciones del fabricante de los captadores. Terminada esta operación se protegerá toda la estructura con pintura adecuada, antes de dar la capa definitiva.

El montaje de los captadores y los distintos elementos de la instalación se hará teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La sujeción de los captadores a la estructura deberá efectuarse de tal forma que resista las cargas del viento y la nieve, pero el sistema de fijación permitirá, si fuese necesario, el movimiento del colector, de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.
- Cada captador deberá poderse desmontar en caso de rotura o avería efectuando sobre los adyacentes el mínimo de operaciones.
- Para conexas entre sí los captadores se utilizan accesorios metálicos, manguitos flexibles o tubería flexible, debiendo en los dos últimos casos emplear preferentemente accesorios especialmente concebidos para este tipo de conexiones.
- El montaje del resto de los componentes de la instalación (bomba, vaso de expansión, válvulas, etc.) no ofrece dificultad si se siguen las correspondientes instrucciones. Hay que prever un fácil acceso a cada elemento, con objeto de poder proceder a su mantenimiento cuando se precise, así como a su eventual desmontaje.
- Se procurará que las placas de características que lleven los equipos no permanezcan ocultas a la vista una vez montados éstos.
- Se recomienda no instalar ninguna válvula con su vástago por debajo del plano horizontal que contiene el eje de la tubería.
- Se recomienda disponer una tubería de derivación con sus correspondientes llaves, salvando aquellos elementos importantes que se puedan averiar y necesiten ser retirados para su reparación.

- No se instalará ninguna válvula de corte que pueda aislar válvulas de seguridad o vasos de expansión y que permita, al mismo tiempo, que el circuito protegido por estos elementos pueda estar bajo presión.
- En el punto más bajo de la instalación se dispondrá una válvula de vaciado, de forma tal que el eventual paso de líquido hacia el desagüe sea claramente visible.
- Los depósitos de expansión descansarán preferentemente sobre sus propios soportes de fijación, anclados en el suelo o en un paramento sólido.
- Las bombas en línea se instalarán preferentemente en la zona menos caliente del circuito, aunque evitando el punto de cota más bajo del mismo. Se posicionarán con el eje de rotación horizontal, y el diámetro de las tuberías de acoplamiento no será inferior al de la boca de aspiración de la bomba.
- Cuando la potencia de las bombas sea superior a 700 W deberán instalarse manguitos antivibratorios.
- Se dotará a las bombas de tomas para medición de las presiones en aspiración e impulsión, así como de montar aguas arriba un filtro de malla o tela metálica.
- El termostato o termostatos diferenciales se instalarán sobre un paramento u otro emplazamiento adecuado y a una altura tal que resulte cómodamente visible y manipulable.
- El sistema eléctrico y el cableado del mismo será instalado o revisado por un técnico electricista, siendo importante efectuar una adecuada toma de tierra.

- Las conducciones eléctricas no discurrirán nunca por debajo de las tuberías para no quedar expuestas a posibles derrames y, en cualquier caso, se distanciarán al menos 30 cm de éstas.
- Los purgadores y separadores de aire se situarán en el punto de mayor temperatura y menor presión del sistema (generalmente a la salida de los colectores), ya que en dicho punto el agua tiene una menor capacidad para disolver el aire que lleve.
- Finalmente, se efectuarán las conexiones a la fuente de energía auxiliar, a la red de agua fría, y a la red de distribución o suministro.

6. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

La recepción y pruebas finales de la instalación se harán conforme a las siguientes pautas:

- El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad.
- El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.
- Con el fin de probar su estanqueidad, todas las redes de tuberías deben ser probadas hidrostáticamente antes de quedar ocultas por obras de albañilería o por el material aislante.

- Las pruebas se realizarán de acuerdo con UNE 100.151 "Pruebas de Estanqueidad en Redes de Tuberías".
- De igual forma, se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar cuando corresponda.
- Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.
- Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.
- Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito entran en funcionamiento y los incrementos de presión indicados con los manómetros se corresponden en la curva con el caudal de diseño del circuito.
- Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.
- Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma sea correcto, cuando la instalación satisfaga las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

6.1. Operaciones de puesta en marcha de la instalación

6.1.1. Llenado y limpieza de la instalación

Es conveniente realizar un primer llenado y drenaje de la instalación con dos objetivos: realizar una limpieza de posibles depósitos de suciedad introducidos en el circuito durante el montaje y detectar y corregir fugas. Las operaciones de llenado se realizarán con la lentitud suficiente y de la parte más baja a la más alta, para eliminar las bolsas de aire que de otra forma podrían quedar dentro del circuito dificultando el buen funcionamiento del mismo, y abriendo los purgadores hasta que el fluido inicie la salida, en cuyo momento se cerrarán.

Una vez terminada la operación de llenado se pondrá en marcha el sistema y se tendrá recirculando el fluido un cierto tiempo, para que sean arrastradas las partículas de las tuberías, después de lo cual se vaciará, corrigiendo las fugas y procediendo a continuación al relleno definitivo de la mezcla de agua y anticongelante si la instalación lo llevase, de la misma forma en que se hizo el primer llenado.

En cuanto al drenaje de la instalación por averías o cambios, hay que tener previsto en la misma un depósito auxiliar de recogida de la mezcla agua-anticongelante, cuyo volumen sea un poco mayor que el volumen de líquido de circuito cerrado.

Proceso detallado de llenado y purga del circuito primario en instalación conectada a red con vaso de expansión cerrado:

En instalaciones presurizadas por la red de suministro el circuito primario o de captadores será protegido por un reductor de presión, debiendo tarar éste a la presión necesaria para mantener la presión mínima en el punto más alto de este circuito. Deberá estar provisto de un purgador automático de aire colocado en el punto más elevado, el cual permanecerá abierto hasta la evacuación total

del aire contenido en el circuito primario. Para tarar la presión del reductor de presión se cerrará la llave situada inmediatamente detrás, abriendo a continuación el paso de red, y fijando después mediante el tornillo de regulación la presión deseada.

La válvula de seguridad se suele tarar a la presión máxima de trabajo de los captadores, que casi siempre es el elemento más débil del circuito primario.

La purga de la bomba de circulación se abrirá antes de arrancarla.

El vaso de expansión se colocará en la aspiración de la bomba y tendrá una presión en frío y en vacío, es decir, sin presión en el tramo que une a éste con la conducción principal, que normalmente será no inferior a 1.5 kg/cm^2 , debiendo comprobarse dicho valor.

Se comprobará que todas las llaves de paso se encuentran en su posición correcta de apertura o cierre.

Una vez realizadas las operaciones anteriores se procederá a llenar y presurizar el circuito, realizándolo en frío para evitar los tapones de vapor originados por el recalentamiento en seco de los colectores, e inmediatamente después se cerrarán las purgas de aire y se comprobará que no existen fugas en ningún punto.

Para el llenado con mezcla anticongelante del circuito primario de un sistema cerrado, puede preverse una toma en la parte inferior del circuito para la introducción de la mezcla anticongelante, manteniendo durante la operación de llenado abierta la válvula de purga situada en la parte alta del circuito, pudiendo ayudarse en instalaciones grandes, para acelerar el proceso, de una pequeña bomba portátil.

6.1.2. Comprobación eléctrica de la instalación

Para la comprobación del funcionamiento de los equipos eléctricos de la instalación se procederá como sigue:

- Poner en posición manual los interruptores de las bombas y las válvulas. Esta prueba podrá realizarse cuando el sistema de control disponga de interruptores con tal posición.
- Todas las bombas de circulación se arrancarán con el correspondiente interruptor de accionamiento en posición manual. Este arranque se efectuará independientemente para cada bomba, comprobando el giro del motor y su tensión.
- En caso de bombas trifásicas se comprobará que el sentido de giro del motor es el señalado por el fabricante.
- En caso de bombas regulables, comprobar la posición del selector del caudal, de forma que éste sea máximo.
- Las válvulas se comprobarán midiendo la tensión que les llega, mediante la actuación sobre el control que las gobierna de forma manual, asegurándose que su posición de montaje es la correcta.
- Comprobar que el fusible de protección de cada elemento es el adecuado.
- Se colocarán todos los interruptores de accionamiento en posición automático.
- Se arrancará cada una de las bombas y válvulas motorizadas actuando sobre cada uno de los termostatos diferenciales o simples que las gobiernan.

- Para arrancar un elemento actuado por un termostato diferencial, se cortocircuitará la sonda que represente la mayor temperatura.

6.1.3. Ajuste del caudal de los circuitos

En los sistemas por bombeo el caudal del circuito primario se ajustará por el procedimiento siguiente:

La instalación de la bomba deberá incluir dos manómetros (o un manómetro diferencial) situados a la entrada y salida de la misma, con un rango similar a la presión generada por la bomba (usualmente entre 0 y 4 kp/cm²). Para facilitar la regulación del caudal se utilizarán preferentemente bombas con varias posiciones de velocidad. Cuando se utilicen bombas sin esta posibilidad, se instalará un by-pass con una llave de regulación que permita desviar hacia la entrada de la bomba parte del caudal; sin embargo, en este caso, no es posible conocer con precisión el caudal en el circuito, excepto cuando la llave de by-pass esté totalmente cerrada. Cuando se utilizan bombas regulables y con la instalación en marcha en la posición de regulación de la bomba dando mínimo caudal, se tomará la indicación de los manómetros, y con la diferencia de ambos valores ($P_2 - P_1$) se entrará en la curva de actuación de la bomba, proporcionada por el fabricante. Si el caudal es suficiente, el circuito estaría regulado, en caso contrario se pasará a la posición siguiente de regulación y se comprobará de nuevo el caudal. Siguiendo este procedimiento, se utilizará la posición de regulación de la bomba que proporcione el caudal más cercano al de diseño.

6.1.4. Equilibrado de los circuitos

Al realizar el interconexionado de los captadores es necesario equilibrar la longitud de las tuberías de entrada y salida de los estos, con el fin de que el

recorrido del fluido sea el mismo para todos ellos y de esta manera funcionen en idénticas condiciones.

En la práctica, además de realizar la instalación de la forma que se ha indicado, suelen crearse a propósito pérdidas de carga adicionales con el fin de subsanar los errores de cálculo. Dichas pérdidas de carga adicionales se crean por dos procedimientos:

- El primero de ellos consiste en disminuir la sección de los conductos de entrada de los colectores por medio de una arandela. Este procedimiento es aplicable a aquellos casos en los que la pérdida de carga propia del colector es muy pequeña. El propio fabricante de los colectores es quien debe determinar el tamaño de la arandela que debe instalarse.
- El segundo procedimiento consiste en instalar llaves de paso en la entrada y salida de las baterías de colectores y regular el paso del fluido hasta que la pérdida de carga medida en cada batería sea la misma para todas ellas. Este segundo procedimiento tiene el inconveniente de ser más caro y laborioso que el primero, pero en cambio tiene la ventaja de que las mediciones se realizan sobre la propia instalación, consiguiéndose un mejor funcionamiento de ésta.

7. PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

7.1. Prueba de estanqueidad

Con el fin de comprobar su estanqueidad, todas las tuberías y accesorios, deben probarse bajo una presión hidrostática no inferior a 1.5 veces la presión nominal del circuito. El proceso de prueba se ajustará a la norma UNE 100.151 “Pruebas de estanqueidad en redes de tuberías”.

La prueba se realizará, en cualquier caso, antes de aislar las tuberías y antes de que éstas queden ocultas por obras de albañilería. Durante la prueba de presión estática, para conocer y establecer las presiones a que se ensaya cada componente, es necesario tener en cuenta las diferencias de presión debidas a la altura relativa de cada uno de ellos. En sistemas grandes en edificios altos, con captadores en cubierta y el depósito en el sótano, estas diferencias pueden ser de gran importancia.

En todo caso la prueba se dirige fundamentalmente a la comprobación del montaje de tuberías, toda vez que los componentes vienen ensayados de fábrica. La presión de prueba debe ser inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad, si bien en ocasiones, a efectos de pruebas parciales, parte del sistema puede ser aislado cerrando válvulas de corte, como en el caso de grandes instalaciones. Para la prueba lo normal es usar una bomba hidráulica de fontanería.

7.2. Prueba de funcionamiento o calentamiento

No existe una prueba simplificada universalmente aceptada. A falta de una normalización con más fundamento, puede bastar como prueba de calentamiento verificar que en un día claro, sin efectuar consumos de agua, las

bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al caer la tarde, obteniéndose una elevación correcta de la temperatura en el depósito.

La prueba puede acortarse reduciéndola a las tres o cuatro horas centrales del día, partiendo con agua fría en el tanque, debiéndose detectar un incremento de la temperatura en un día claro no inferior a 20° C.

7.3. Prueba de circulación del fluido

La prueba consiste en alimentar eléctricamente las bombas, bien directamente o bien con accionamiento manual cuando éste existe, comprobando que entran en funcionamiento y que el incremento de presión indicado por los manómetros es el que corresponde, según la curva de actuación de la bomba, al caudal de diseño del circuito.

7.4. Pruebas de accesorios

Es conveniente comprobar que las válvulas de seguridad funcionan y que sus tuberías de conexión a la atmósfera no están obstruidas. Este proceso se realizará durante la prueba de presión del circuito, incrementando la presión delante de la válvula de seguridad hasta que alcance un valor de 1,1 veces la presión de tarado, comprobando que la válvula abre.

También debe comprobarse que las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación actúan correctamente.

8. AISLAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Solamente después de finalizadas todas las pruebas y corregidas las posibles deficiencias se procederá al aislamiento de la instalación. Hay que tener en cuenta que una vez efectuado éste, si se observan fugas o cualquier otra anomalía que obligue a desmontar algunas piezas, esto exigiría también el levantamiento del aislante, con la consiguiente pérdida de tiempo.

Algunas reglas básicas que han de aplicarse escrupulosamente si se desea que la ejecución del trabajo sea perfecta son:

- Utilizar herramientas en perfecto estado, especialmente cuchillos bien afilados y buenas brochas.
- El adhesivo ha de estar fresco.
- Las coquillas que muestran forma ovalada han de rajarse siempre por el lado más plano.
- Limpiar el material de posibles restos de aceite o agua, así como del polvo que ensucie su superficie.
- Aplicar medidas exactas.
- Las juntas a pegar entre coquillas deben estar siempre sometidas a presión, nunca a tracción.
- No se instalará jamás el aislamiento en elementos que estén en servicio.
- El aislamiento flexible instalado a la intemperie se protegerá inmediatamente.

Una vez realizado el aislamiento, no se puede poner en servicio la instalación antes de haber transcurrido 36 horas, a fin de permitir el endurecimiento total del pegamento.

Los productos que hay que preparar antes de proceder a la instalación del aislamiento, son los siguientes:

- Adhesivo especialmente indicado por el fabricante del material aislante.
- Disolvente especial para el adhesivo, a fin de limpiar las superficies a pegar y las herramientas.
- Pintura protectora elástica. Es imprescindible en la intemperie y, al existir en diversos colores, juega también un papel decorativo.
- Pintura de protección anticorrosiva de cromato de zinc (para acero negro).
- Detergente para las pinturas protectoras.

Los adhesivos contienen soluciones agresivas. No se adhieren sobre asfalto, bitumen o minio, sino que tienden a disolverlos. Ha de emplearse alternativamente como antioxidante una imprimación de cromato de zinc. El detergente debe ser compatible químicamente con el adhesivo, por lo que deberá usarse siempre las marcas recomendadas por el fabricante del aislamiento.

9. ENTREGA DE LA INSTALACIÓN

Las últimas fases de la instalación, tras completar el aislamiento, suelen ser las de protección de las tuberías y accesorios expuestos a la intemperie con

recubrimientos y pinturas especiales, o mejor aún con envolturas rígidas de aluminio, PVC o algún otro material apropiado. El recubrimiento del aislamiento se ejecutará dejando amplios solapes para evitar el paso de la humedad. Las juntas se sellarán de forma que el conjunto quede impermeable e inalterable a la intemperie. Aquellos tramos en que la tubería no precise aislamiento, como los ramales de suministro o distribución del agua fría, pueden dejarse acabados de diversas formas. El cobre admite bien la pintura formando una superficie lisa.

Si las tuberías van a quedar pulidas, han de ser desengrasadas con gasolina una vez finalizada la operación de pulido y revestidas, a pistola o pincel, con un barniz acrílico incoloro que garantice su conservación. Una vez finalizadas todas estas operaciones, el instalador procederá a una última revisión final con la instalación en marcha, inspeccionando todas sus partes y comprobando su correcto funcionamiento.

Si todo funciona perfectamente, la instalación puede ser ya entregada a su titular o al contratista de la obra, quien firmará la correspondiente conformidad. Previamente deberán haberse cumplido todos los trámites y requisitos legales que pudieran existir y realizado las pruebas que el director de obra considerase pertinentes a entera satisfacción del mismo.

Antes de realizar el acto de recepción se efectuará una completa y cuidadosa limpieza de toda la instalación, retirando los restos de materiales que hayan quedado en los alrededores de la obra. En el momento de la entrega de la instalación, el director de la obra hará también entrega al titular de la misma del Proyecto de Ejecución, en el que se relacionarán todos los equipos empleados indicando su marca, modelo, características y fabricante, con planos y esquemas.

Además, el instalador habrá confeccionado un completo Manual de Instrucciones, que como mínimo deberá contener:

- Un esquema de la instalación en el que cada aparato sea fácilmente identificado.

- Instrucciones concretas de manejo y seguridad.
- Instrucciones sobre las operaciones de conservación y mantenimiento.
- Frecuencia y formas de limpiar los aparatos.
- Límites de dureza tolerados para el agua de alimentación de la instalación e instrucciones sobre el equipo de tratamiento del agua, cuando éste exista.

El Manual de Instrucciones deberá contener cuantas recomendaciones, consejos, límites de uso, etc. sean convenientes para reconocimiento del usuario o del futuro encargado de la instalación.

En las instalaciones de cierta importancia debe dejarse una placa en la que, de forma indeleble, figure un esquema del funcionamiento de la instalación.

Una vez realizado el acto de recepción, la responsabilidad sobre el uso y mantenimiento de la instalación recae sobre la propiedad de la misma, sin perjuicio de las responsabilidades contractuales que, en concepto de garantía, hayan sido pactadas y que obliguen a la empresa instaladora.

En cualquier caso, es una norma recomendable que el instalador, transcurridas una o dos semanas de uso pleno de la instalación, vuelva a realizar una inspección de la misma, para comprobar su correcto funcionamiento. En este plazo de tiempo el usuario o encargado de la instalación procurará recoger y anotar todos los datos posibles sobre su rendimiento, observando los valores indicados por los aparatos de medida, con el propósito de ayudar al instalador en la evaluación de los resultados de la instalación.

10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un mantenimiento adecuado es tan importante como un montaje correcto para la duración de una instalación solar y para obtener un adecuado servicio. Sin embargo, en una instalación bien diseñada son pocos los aspectos que tienen una influencia vital en las actuaciones o la vida del sistema. Por el contrario, las instalaciones mal diseñadas o mal instaladas, o con componentes defectuosos, serán una fuente continua de problemas.

El correcto funcionamiento de una instalación bien diseñada depende fundamentalmente de que esté llena de agua y bien purgada. Si la instalación es por bombeo, el sistema de control debe estar bien calibrado, aunque es más difícil que falle el control que el que la instalación coja aire o pierda agua.

Finalmente, si la instalación está situada en un lugar frío, con fuertes heladas, habrá que vigilar cuidadosamente el estado del anticongelante si la instalación tiene este sistema para prevenir la congelación del agua.

La duración del sistema depende de un buen mantenimiento preventivo y de las inspecciones visuales regulares.

El mantenimiento preventivo consiste en operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

La instalación dispondrá de un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como las de mantenimiento correctivo.

Existe una precaución especial recogida en el DB-HE 4, en el apartado 2.1 referente a la contribución solar mínima, que establece que en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110% de la demanda

energética o en más de tres meses seguidos el 100%, se adoptará cualquiera de las siguientes medidas, que deben ser recogidas en el plan de mantenimiento:

- a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);
- b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacúa los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador);
- c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo entre las labores del contrato de mantenimiento;
- d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes. Para instalaciones de uso "residencial vivienda" donde no sea posible la solución d) la norma recomienda la solución a). Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

En el caso de la instalación que nos ocupa se sobrepasan los niveles máximos de contribución solar mensuales previstos por la norma, por lo que se instalará un disipador de calor dinámico.

Se puede dividir el mantenimiento del sistema fundamentalmente en dos niveles:

- Mantenimiento u operaciones a realizar por el usuario.
- Mantenimiento a realizar anualmente por el instalador.

10.1. Mantenimiento u operaciones a realizar por el usuario

El usuario de la instalación debe, imprescindiblemente, realizar dos operaciones de control y mantenimiento periódico:

- Comprobar periódicamente la presión del circuito, indicada por un manómetro situado en la parte baja del circuito, preferiblemente antes de la bomba. La comprobación puede realizarse en frío, esto es, preferiblemente por la mañana temprano. Cuando la presión baja del valor establecido por el fabricante, que normalmente es de 1.5 kp/cm^2 . En sistemas cerrados el usuario debe rellenar el circuito abriendo la llave de conexión a red. En sistemas con vaso de expansión abierto debe inmediatamente averiguarse la causa del fallo del sistema de relleno.
- Purgar periódicamente el sistema, eliminando la posible presencia de aire en los botellines de desaireación. Es difícil establecer el período idóneo de revisión, aunque no parece que éste deba ser superior a un mes. Por otro lado, el usuario debe conocer las operaciones mínimas necesarias para la actuación del sistema, que son:
 - Arranque y parada del sistema.
 - Operación de los termostatos de control de temperatura, cuando el sistema incluye energía auxiliar, calentamiento de espacios, piscinas o control de la temperatura de salida del agua.

10.2. Mantenimiento a realizar por personal especializado

El mantenimiento se programa para realizarse anualmente, al principio del invierno. Las instalaciones solares funcionan por ciclos anuales, con las mayores temperaturas en verano y el peligro de congelación en invierno, por lo que el período de un año parece suficiente para una instalación bien diseñada. Las operaciones imprescindibles de mantenimiento a realizar por personal especializado de forma regular son:

- Control anual del anticongelante. El mantenimiento implica las operaciones de control de la proporción de anticongelante residual en el sistema y el relleno en caso necesario. El control de la proporción de anticongelante puede efectuarse por dos procedimientos:
 - *Control de la densidad*. Consiste en medir la densidad de una muestra de anticongelante tomada, por ejemplo, abriendo un momento la válvula de seguridad y llenando un vaso de los normales de agua. Se comprobará que no existe una variación superior al 20% respecto a la medida tomada con una muestra de la mezcla anticongelante en las proporciones correctas. La variación se medirá respecto a las indicaciones del densímetro en agua limpia y en agua con la proporción correcta de anticongelante.
 - *Control visual*. Consiste en la comparación entre el color de la mezcla correcta de anticongelante y agua y el color de la mezcla tomada en el momento en que se desea controlar el estado del anticongelante. Lógicamente el procedimiento se fía en la apreciación del observador y está sujeto a mayores errores. Sin embargo, puede ser suficientemente exacto si se compara con muestras del anticongelante en diversas proporciones. La adición de anticongelante puede realizarse

vaciando una parte del agua del circuito, rellenando con anticongelante puro en la proporción adecuada, y completando con agua del circuito. Conviene accionar manualmente las bombas para lograr un mezclado adecuado. Es aconsejable realizar la operación al principio del invierno, en previsión de las heladas y considerando que el verano es la época de mayores pérdidas de agua en los sistemas.

- Comprobación de la presión y el llenado del circuito. La operación, ya descrita, se realizará al término del llenado con anticongelante, o como una operación independiente y de gran importancia en los sistemas sin anticongelante. En equipos pequeños, como los compactos unifamiliares, esta operación puede consistir en comprobar en frío que el sistema está lleno de agua.
- Purgado del circuito. Implica las siguientes operaciones:
 - Comprobación de la presencia de aire en los botellines, actuando los purgadores manuales o automáticos. Es necesario comprobar que sólo sale agua por el purgador.
 - Cebado de las bombas. Esta operación se realiza con la bomba en marcha, desatornillando el tapón existente en la parte posterior del cuerpo de la bomba circuladota, presionando el eje, dejando salir el aire y cerrando el tapón nuevamente. El cebado termina cuando la indicación del manómetro de la bomba es correcto y la aguja no vibra.
- Comprobación de la presión del aire del vaso de expansión cerrado. Con un manómetro manual se comprobará la presión del aire en vasos de expansión cerrados. La medida se realizará con el circuito frío y las bombas paradas, procurando cerrar las llaves de corte del

lado de las bombas y del circuito anterior al vaso, de forma que éste quede aislado y eliminando la presión del circuito. La presión del aire no debe ser inferior a 1.5 kp/cm², o la especificada por el instalador.

- Calibración del sistema de control. Este es un punto de suma importancia en los sistemas por bombeo. Básicamente la calibración comprueba que el intervalo entre el punto de corte y activación del sistema de control por los sensores caliente y frío coincide con la diferencia prevista de temperaturas. El procedimiento concreto depende del tipo de sistema, debiendo ser indicado por el fabricante del control. Se comprobará que los sensores están situados en su posición correcta y firmemente fijados.
- Comprobación del funcionamiento automático de las bombas de la instalación. Se colocarán todos los interruptores de accionamiento en posición automático y se arrancará cada una de las bombas y válvulas motorizadas, actuando sobre cada uno de los termostatos diferenciales o simples que las gobiernan. Para arrancar un elemento actuado por un termostato diferencial, se cortocircuitará la resistencia que represente la mayor temperatura.
- Inspecciones visuales y comprobaciones. El mantenimiento preventivo debe incluir los siguientes aspectos:
 - ✓ *Comprobación del aislamiento*, especialmente de las tuberías y accesorios situados a la intemperie. Debe repararse cualquier rotura del aislamiento o su protección que deje al descubierto la tubería o permita la entrada de agua de lluvia. La pintura protectora de los aislamientos, tipo espuma de foam, debe cubrir correctamente el material.

✓ *Inspección visual detallada de los captadores*, siendo especialmente importantes los siguientes aspectos:

- Comprobación de la estanqueidad del captador al agua de lluvia. La presencia de agua de lluvia debe ser controlada y evitada, ya que constituye el mayor peligro para la vida del colector.
- Rotura de la junta del cristal del colector. El deterioro de las juntas normalmente implica materiales inadecuados.
- Juntas de las salidas de las conexiones del colector y el cofre en mal estado.
- Caja del colector deformada. Las deformaciones de la caja del colector conducen a la rotura del cristal.
- Deformación del aislamiento interior, que normalmente implica la entrada de agua en el colector.
- Se actuará sobre todas las válvulas manuales, de corte, llenado, vaciado y purga, comprobando su funcionamiento.
- Se comprobará que las válvulas manuales de seguridad funcionan y que las tuberías no están obturadas y en conexión con la atmósfera.
- Se comprobará que el ruido de las bombas es normal.
- Se comprobarán los filtros de la instalación.

Además de las operaciones regulares para mantener en buen estado la instalación, existen *otras operaciones no regulares de limpieza o mantenimiento*. El polvo o la suciedad sobre el captador, pueden tener una importancia relativa, según el lugar. En el caso de la suciedad no suele afectar al rendimiento en más de un 5%, y basta con las lluvias para reducir su efecto, pero puede ser aconsejable su limpieza periódica. En cualquier caso, no debe incluirse este aspecto y otros similares, en el mantenimiento periódico, y dejarlo al criterio del usuario. Es aconsejable, sin embargo, especificar el procedimiento, porque un lavado a presión del cristal del captador puede ser mucho más peligroso que el polvo.

Algunas operaciones de este tipo son:

- El propietario o usuario se asegurará que el captador y el acumulador están siempre correctamente llenos de agua.
- Durante los períodos en que el sistema solar de agua caliente no está en funcionamiento y cuando no haya otra alternativa para limitar la temperatura del agua incorporada, deberán cubrirse los captadores con el fin de minimizar la corrosión y la formación de sales en los tubos del absorbedor. Cubrir el captador es también recomendable durante los largos períodos en que el consumo de agua es mínimo.
- En áreas con mucha polución, tales como ciudades mineras, áreas sujetas a lluvia de polvo, o lugares adyacentes a fábricas que producen polvo, la cubierta transparente del captador deberá ser lavada con agua limpia al menos cada tres meses, si durante este período no ha llovido. Cubiertas deterioradas o rotas deberán ser sustituidas inmediatamente por el servicio de mantenimiento.
- Las sombras producidas por arbustos y árboles deberán ser comprobadas anualmente en verano e invierno, y si fuese preciso se recomienda una acción correctiva, por ejemplo, podando o cortando. La sombra proyectada

por edificios de nueva construcción deberá ser tomada en cuenta, y si afectara a algunos colectores, sería necesario colocarlos en otro lugar.

- Es conveniente una rutinaria inspección de las juntas en la cubierta de cristal del captador, así como una inspección general de las demás juntas, para asegurar la estanqueidad de la instalación.
- Es aconsejable una rutinaria inspección ocular de la superficie del absorbedor. En el caso de un deterioro significativo de dicha superficie, el propietario o usuario acordará con el instalador, fabricante o sus agentes, hacer la necesaria reparación.
- Comprobar que las ventilaciones de las líneas de descarga y de drenaje de la instalación están limpias de obstrucciones y libres para operar en todo momento.
- Las válvulas de descarga equipadas con mando serán accionadas como rutina, un cierto número de veces y por breves instantes. El máximo período recomendado sin ser accionadas es de tres meses en lugares de aguas blandas. Estas operaciones serán más frecuentes en áreas donde los depósitos producidos por el agua sean considerados problemáticos.
- Comprobar los controles de temperatura del agua en el sistema de calentamiento suplementario.
- Asegurar los captadores contra daños y contra ciclones o heladas.

11. LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS

Es necesario distinguir entre averías del sistema, entendiendo por tales a los fallos capaces de impedir el funcionamiento del mismo o reducir de forma

importante su rendimiento, y los deterioros o degradaciones de la instalación, que si de forma inmediata no impiden el funcionamiento del sistema ni afectan a su rendimiento, en breve plazo pueden inutilizar la instalación, caso de no ser reparados.

11.1. Averías más frecuentes en los sistemas solares de baja t^a

La presencia de averías en el sistema es normalmente detectada con rapidez por el usuario a través de los siguientes síntomas:

- El rendimiento de la instalación baja apreciablemente o desaparece, esto es, con días soleados la temperatura del depósito solar sube poco o no sube, y el sistema de energía auxiliar, si lo hay, funciona un tiempo excesivo.
- Aparecen fugas de agua en el circuito.
- El sistema de energía auxiliar no arranca y en días sin sol la instalación no calienta.
- Los recibos de energía auxiliar son excesivos.
- La instalación genera ruidos anormales; bien porque alguna de las bombas se hace demasiado ruidosa, bien porque se oye hervir el agua de los colectores.

Estos fallos de funcionamiento son la consecuencia de alguna de las siguientes averías:

- Las bombas no funcionan. Cuando con días soleados la temperatura del depósito solar no sube, debe comprobarse el funcionamiento de las bombas, accionándolas manualmente, si el sistema lleva esta posibilidad,

o alimentándolas directamente. Es necesario entonces comprobar los siguientes puntos:

- ✓ Si alguna bomba no arranca en manual, deben realizarse las siguientes comprobaciones:
 - Comprobar si el suministro de la red es correcto.
 - Comprobar las protecciones de la bomba en el cuadro eléctrico.
 - Comprobar que la bomba no está atascada.
 - Comprobar los contactos eléctricos y el campo eléctrico.

Si la bomba continúa sin funcionar debe ser sustituida.

- ✓ Si las bombas arrancan en manual y dan presión, el sistema de control no funciona y deben hacerse las siguientes comprobaciones:
 - Comprobar que las sondas no están sueltas en sus respectivos alojamientos.
 - Comprobar las protecciones del sistema de control.
 - Asegurar que ningún terminal está suelto.
 - Comprobar la calibración del conjunto de control y las sondas.

Si el control sigue sin hacer actuar las bombas, debe sustituirse la unidad de control y las sondas si fuera necesario.

- Baja presión en el circuito estando frío y parado. Una causa frecuente del bajo rendimiento de una instalación es la falta de agua en el sistema, bien por fugas en el circuito, bien por una falta de mantenimiento. La presión debe comprobarse estando fría el agua del circuito, al principio de la mañana, y con las bombas paradas. Si el manómetro situado en la parte baja del circuito señala presiones inferiores a las mínimas definidas en el diseño (normalmente 1.5 kp/cm² más la altura manométrica del sistema), es necesario realizar las siguientes comprobaciones:
 - Comprobar el grupo de llenado cuando está en automático. Estos grupos y la válvula anti-retorno fallan con gran facilidad. En todo

caso, y aunque el grupo funcione, es preferible dejar aislada la red del circuito primario mediante una válvula de corte y comprobar periódicamente la presión del sistema, rellenando con agua si fuera preciso.

- Si el circuito tiene vaso de expansión abierto y se observa baja presión, debe comprobarse el nivel en el vaso. Si es normal, debe mirarse si la tubería de unión al circuito está obturada. Si no hay agua en el vaso, comprobar la válvula de flotador.
- Llenar y purgar el circuito. Observar si hay fugas de líquido. Comprobar la presión del aire en el vaso de expansión si es cerrado.

- Las bombas funcionan pero el caudal y la presión son insuficientes.

Cuando se dan las siguientes condiciones:

- ✓ En días soleados el sistema no calienta suficientemente el depósito.
- ✓ Con el sistema parado y frío, el manómetro da una indicación normal de la presión del circuito.
- ✓ La bomba arranca en manual y automático.
- ✓ La presión proporcionada por las bombas no es suficiente y los manómetros fluctúan.

Deberán realizarse las siguientes comprobaciones:

- Comprobar que la posición del selector de velocidades de la bomba es la correcta.
- Purgar la bomba, comprobando una posible bolsa de aire en la misma.
- Determinar que la bomba funciona correctamente. En caso necesario se sustituiría la bomba.

- Las bombas funcionan dando presiones altas y caudales bajos. Cuando se dan las siguientes condiciones:

- ✓ En días soleados el sistema no calienta suficientemente el depósito.
- ✓ Con el sistema parado y frío, el manómetro da una indicación normal de la presión del circuito.
- ✓ La bomba arranca en manual y automático.
- ✓ La presión proporcionada por la bomba del circuito primario o secundario es más alta de lo previsto, y consecuentemente, el caudal es más bajo.

Deberán realizarse las siguientes comprobaciones:

- Determinar el punto de funcionamiento de la bomba, pues esto nos indicará si el caudal se ha reducido a cero o en un cierto porcentaje.
- Si el caudal del primario o secundario se ha reducido a cero, existe una obstrucción al flujo en las tuberías, los captadores o el intercambiador; deberá abrirse el circuito y proceder a su limpieza.
- Si el caudal se ha reducido en el circuito primario, existe una obstrucción parcial en las tuberías, los captadores o el intercambiador.

Algunos indicios pueden ayudar a saber en qué caso estamos:

- Tocando la superficie de los captadores, la presencia de altas temperaturas es indicio de bajos flujos de agua en algún captador.
- Si la temperatura del intercambiador de calor es igual a la entrada y a la salida, no está transmitiendo calor y estará sucio u obstruido en el otro circuito. En caso necesario se procederá a efectuar una limpieza del circuito, de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores e intercambiadores de calor.

- Fugas de líquido en el circuito. La existencia de fugas en el circuito no inducen necesariamente a una reducción del rendimiento, si el sistema de rellenado funciona correctamente. En todo caso es necesario repasar de forma inmediata las fugas, especialmente en el primario, donde normalmente suponen una pérdida de anticongelante.
- Funcionamiento excesivo de la válvula de seguridad. Cuando se detecta que la válvula de seguridad actúa con frecuencia e incluso permanece continuamente abierta, dejando fluir un pequeño caudal, deberán realizarse las siguientes comprobaciones:
 - Comprobar la presión del aire del vaso de expansión cerrado.
 - Comprobar si la válvula se queda abierta después de actuar. En caso necesario se procederá a sustituir la válvula en el vaso de expansión.
- El quemador auxiliar de gas o fuel no arranca. Esta situación puede deberse a dos causas:
 - Falta de presión de agua en la red de suministro.
 - Avería del quemador Este problema debe resolverse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del quemador.
- Rotura del cristal del captador. Se procederá a su reparación inmediata, por personal especializado y de acuerdo con las especificaciones del fabricante para el caso.
- Rotura de la junta de la cubierta del captador o de las jaulas de salida de los tubos del captador. Se procederá a su reparación inmediata. La entrada de agua al captador es un punto de extrema importancia para la vida del mismo. Se utilizará personal especializado y las especificaciones del fabricante.

- Rotura del material aislante, dejando acceso a tuberías o componentes
Se procederá a su reparación en el menor tiempo posible.
- Ruidos anormales en la bomba. Se procederá a comprobar el cebado del circuito y, si el ruido persiste, se desmontará y revisará la bomba.

11.2. Deterioro y degradaciones de inmediata reparación

Deberá procederse lo antes posible a la reparación de los deterioros o degradaciones que a continuación se detallan, ya que estos problemas terminarían en breve plazo afectando gravemente al funcionamiento de la misma:

- Entrada de agua en el captador, entre el absorbente y el cristal, como consecuencia de una pérdida de la estanqueidad en la unión cobertura-carcasa o de las juntas de salida de tuberías. Este es quizás el más grave de los problemas.
- Rasgado, rotura o deterioro del aislamiento o su protección en la parte exterior del circuito.
- Deformación de la caja del captador por esfuerzos térmicos.
- Deformaciones de tendidos de tubería por tensiones térmicas.

11.3. Operaciones de revisión de componentes del circuito

- Desbloqueo de bombas.
 - Quitar el tapón que cubre el final del eje en la parte posterior de la bomba.
 - Hacer girar el rotor con la ayuda de un destornillador, introduciéndolo en la ranura que tiene el eje en su extremo, hasta que éste se suelte y la bomba gire.

- Volver a montar el tapón u obturador de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

En caso de no girar el eje de la bomba debe procederse a su sustitución.

- Purgado de la bomba. La operación es la misma que la anterior, basta quitar el tapón de la parte posterior de la bomba, y con ésta en marcha dejar que salga el aire, cerrando el tapón cuando se observa que sale agua sin burbujas de aire y la indicación de los manómetros es correcta y sin pulsaciones.
- Determinación del caudal proporcionado por la bomba. Se seguirán los siguientes pasos:
 - a. Con la bomba parada se anota la presión del circuito.
 - b. Con la válvula de salida cerrada se arranca la bomba y se anota la presión de salida de la misma.
 - c. La diferencia de las presiones determinadas en a) y b) corresponde a la altura manométrica de la bomba para caudal nulo.
 - d. En la curva de actuación de la bomba se sitúa sobre el eje de ordenadas la presión calculada en c), que debe corresponder con la curva perteneciente a la posición seleccionada para la velocidad de rotación de la bomba. En caso contrario se traza por este punto una curva paralela a la de actuación prevista.
 - e. Se abre la válvula de salida de la bomba y se anota la presión del manómetro.
 - f. La diferencia de las presiones anotadas en a) y e) corresponde al punto de funcionamiento. Esta presión se sitúa en la curva indicada en d) y se determina el correspondiente valor del caudal real de la bomba.
- Calibración del control. El proceso depende del tipo de control y debe ajustarse a las especificaciones del fabricante. El instalador únicamente establece el valor del salto diferencial de temperatura entre los captadores y el depósito para el arranque y parada de las bombas. Este valor, a falta

de datos más concretos proporcionados por el fabricante de los captadores, puede fijarse entre 4 y 6 °C.

- Limpieza del circuito

- ✓ *Limpieza del intercambiador de calor de placas*

- Se abrirá el intercambiador de acuerdo con las indicaciones del fabricante y procurando no deteriorar las juntas.
- Los depósitos formados sobre las placas se pueden limpiar con un cepillo y un chorro de agua caliente. No deben utilizarse cepillo de acero o estropajo de acero.
- Si la suciedad no desaparece, se tratará con una solución de sosa cáustica o una mezcla de agua y detergentes sintéticos. Después de la limpieza las placas se enjuagan cuidadosamente con agua fría.
- Los depósitos calcáreos pueden eliminarse golpeando suavemente la placa.
- Los depósitos que contienen silicatos cálcicos o magnésicos son difíciles de quitar. Pueden eliminarse tratando las placas frías durante 5-10 minutos por inmersión en una solución de ácido nítrico al 10%. Las placas se enjuagarán posteriormente. Finalmente, y para contrarrestar el ácido, las placas se lavarán con una disolución de carbonato sódico, solución de sosa y se enjuagarán con agua pura. Debe cuidarse especialmente que el ácido no actúe sobre las juntas.

- ✓ *Limpieza de tuberías y captadores*

- Se tratarán con agua a presión (inferior a la nominal del panel) y con disolventes normales para la limpieza de tuberías y accesorios de fontanería, cuidando de la compatibilidad del producto con las juntas y materiales del circuito.

11.4. Desmontaje de un captador

A veces, reemplazar un captador es la forma más práctica de resolver una avería, sobre todo si ésta afecta al elemento absorbedor, ya que su reparación in situ es difícil y no hay seguridad de que quede perfectamente después de la intervención. En los casos en que los captadores estén soldados entre sí, hay que cortar con una sierra para metales, poniendo especial cuidado en no dañar las boquillas de unión de los colectores adyacentes al dañado. Si los colectores están unidos por una pieza de unión soldada, hay que calentar con la llama para quitar, una vez efectuado el corte, el trozo de la pieza de unión que quede en la boquilla del colector sano, utilizando un protector de calor para evitar dañar las piezas de material delicado que puedan existir en las cercanías del orificio de la boquilla. Al manejar el soldador, téngase muy presente que los glicoles y otros fluidos pueden arder si quedan expuestos a la llama.

Siempre hay que drenar totalmente los captadores antes de proceder a eliminar las soldaduras, quitando asimismo los tapones de los purgadores, con una súbita llamarada en el momento de la desunión. Si los captadores están unidos mediante manguitos de unión especialmente suministrados por el fabricante, hay que procurar mantenerlos intactos para el caso de que, por no encontrar fácilmente dichas piezas, haya que volverlos a emplear en el montaje del nuevo captador. Si una vez desmontado el captador averiado, se opta finalmente por reparar el absorbedor en taller, es imprescindible que, antes de volver a montarlo, sea sometido a una prueba de presión durante al menos una hora, mediante aire a una presión igual a la de la válvula de seguridad de la instalación.

The first of these is the fact that the majority of the population of the world is now living in urban areas. This is a result of the process of urbanization, which has been going on since the beginning of the industrial revolution. The second is the fact that the majority of the population of the world is now living in the developed world. This is a result of the process of globalization, which has been going on since the beginning of the 20th century. The third is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century. The fourth is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century.

The fifth is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century. The sixth is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century. The seventh is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century. The eighth is the fact that the majority of the population of the world is now living in the middle class. This is a result of the process of social mobility, which has been going on since the beginning of the 20th century.

DOCUMENTO N° 4

ESTUDIO BÁSICO DE

SEGURIDAD Y

SALUD

DOCUMENTO
ESTUDIO BASICO DE
SEGURIDAD Y
SALUD

1. OBJETIVO

El objetivo del Estudio de Seguridad y Salud es exponer una serie de riesgos a tener en cuenta mientras se realiza la instalación, para poder prevenir posibles accidentes. En dicho estudio se darán a conocer unas directrices que debe cumplir la empresa instaladora encargada de la obra.

Para el cumplimiento de dichas directrices se nombrará un coordinador en materia de seguridad y salud, que ejecutará la obra de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997, en el cual se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud.

En su artículo 4, dicho Real Decreto establece la obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
 - a. Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 451000 euros.
 - b. Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - c. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
 - d. Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Puesto que la instalación en proyecto no entra en ninguno de los supuestos del punto uno, se realizará el estudio básico de seguridad y salud.

2. CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

2.1. Situación y descripción de la instalación

La instalación se realizará en Béjar, situada en la provincia de Salamanca, y tiene por objeto la instalación de todos los elementos necesarios para proveer de agua caliente sanitaria a un edificio de viviendas que cuenta con una instalación centralizada cuya fuente de energía es el gas natural. Dicha instalación deberá estar regulada y controlada por un equipo electrónico que optimice en todo momento el funcionamiento del sistema.

2.2. Identificación de los autores del estudio de seguridad y salud

El autor del presente estudio de seguridad y salud es el mismo que el del proyecto.

2.3. Plazo de ejecución

El plazo de ejecución desde el inicio de las obras hasta su finalización será como máximo de 15 días laborables.

- Comprobación “in situ” de los detalles de los planos del proyecto y recepción de materiales: 1 día.
- Montaje del circuito hidráulico y todos sus elementos, excepto los captadores solares: 5 días.
- Montaje del cuadro eléctrico y de la línea correspondiente para dar servicio a la instalación: 1 día.
- Montaje de la centralita de control y conexión con los elementos a controlar: 2 días.
- Montaje de los captadores solares: 2 días.
- Llenado del circuito hidráulico y comprobaciones de estanqueidad a una presión de 1,5 veces la de diseño del circuito, que debe ser de al menos 1,2 kg/cm². Vaciado y llenado definitivo: 1 día.
- Aislamiento del circuito hidráulico de la instalación con el material proyectado: 1 día.
- Limpieza de la instalación y de restos de materiales de obra: 1 día.
- Protección de las tuberías exteriores y entrega de la instalación: 1 día.

3. RIESGOS

3.1. Riesgos generales

Son aquellos que pueden darse en cualquiera de las actividades de ejecución de la obra y afectar a toda persona que trabaje en dichas actividades. Los riesgos previstos son:

- Caída de objetos o componentes de la instalación sobre personas.
- Caída de personas al mismo y distinto nivel.

- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Heridas y quemaduras en manos o pies por el manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos y lesiones musculares.
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas.
- Heridas por objetos punzantes o cortantes.
- Golpes contra objetos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.
- Polvo y ruido.

3.2. Riesgos específicos

Los riesgos específicos existentes en cada una de las actividades que forman el proceso de ejecución de la obra y que además de los riesgos generales antes citados, afectan al personal encargado de cada una de estas actividades son:

- **Transporte de materiales**
 - Sobreesfuerzos y lesiones musculares.
 - Riesgo de golpes con materiales transportados.
 - Caída de objetos a la misma o distinta altura.
 - Daños en instalaciones cercanas a las de descarga de materiales.
- **Montaje de equipos**
 - Caída de objetos sobre el personal encargado del montaje.
 - Caídas a diferente nivel del personal encargado del montaje.
 - Cortes y heridas debidas a la manipulación de herramientas cortantes.
 - Caídas de los soportes de módulos durante su montaje.
 - Quemaduras.
 - Proyecciones de partículas a los ojos.

- Incendios.

4. PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS

4.1. Protecciones individuales

- **Protección de la cabeza**
 - Casco: Uno por persona, incluyendo técnicos, encargados y posibles visitantes, incluyendo un acopio mínimo.
 - Gafas anti-polvo y anti-impactos.
 - Protectores auditivos.
- **Protección del cuerpo**
 - Cinturones de seguridad y arneses.
 - Mono de trabajo.
- **Protección de las extremidades superiores**
 - Guantes de material anticorte.
 - Guantes dieléctricos para su uso en Baja Tensión
- **Protección de las extremidades inferiores**
 - Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzadas.
 - Botas dieléctricas.

4.2. Protecciones colectivas

- **Señalización en general:**

- Obligatorio el uso de casco, gafas, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a diferente nivel, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar.
- Señal informativa, de localización del botiquín y de los extintores.
- Instalación eléctrica.
- Conductores de protección y pica o placa de puesta en el suelo.
- Interruptores diferenciales de 30 mA, para alumbrado y 300 mA, para fuerza.
- Protección contra incendios.
- Se instalará extintor de eficacia 21^a 113 B, de 6 Kg.

Letrero indicativo del riesgo, incluyendo soporte:

- Extinción de incendios.
- Protección Instalación eléctrica.
- Instalaciones de higiene y bienestar.
- Medicina preventiva y primero auxilios.
- Se dispondrá de las instalaciones de la propia actividad, ya que se dispone de las protecciones eléctricas mencionadas anteriormente, así como extintores, lavabos, etc.

5. EJECUCIÓN DE LA OBRA

5.1. Montaje de estructura soporte y de los captadores

Los captadores solares son los últimos elementos de la instalación que se montan, para que no estén recibiendo innecesariamente la radiación solar antes de estar todo el sistema hidráulico lleno de fluido y en funcionamiento.

Puesto que son los elementos de la instalación que más peligro supone su montaje, al menos en este caso, puesto que se trata de un edificio de unos 20 metros de altura y es necesario instalarlos en la cubierta inclinada, se recoge en este estudio los riesgos que conlleva su instalación.

La empresa nos debe proporcionar todas las instrucciones y los materiales requeridos para su montaje, de forma que el instalador no tenga que hacer añadidos innecesarios.

Siempre se debe tener presente los peligros que conlleva su instalación, que pueden ser, entre otros:

- Insolación o deshidratación por una exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Golpes con herramientas u otros objetos en el momento del montaje.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.

Las medidas preventivas que se deben tomar para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol y en altura son:

- Intentar, en la medida de lo posible, estar bien hidratado.

- Procurar no adoptar posturas extrañas que puedan hacer perder el equilibrio
- Utilizar arnés y que éste se sujete con firmeza a alguna estructura consistente del edificio.

Las prendas utilizadas en el montaje de los captadores serán las siguientes:

- Casco.
- Gafas antiproyecciones.
- En caso de utilizar soldador, yelmo de soldador y demás equipo.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

Una vez realizadas las estructuras metálicas de soporte en el tejado, se procederá a la colocación de los captadores solares.

Para esta tarea será necesaria una pequeña grúa para elevar los captadores a la altura necesaria para su instalación.

Los riesgos más comunes del montaje de los módulos son los siguientes:

- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpes por el captador.
- Accidente por caída del captador desde cierta altura.
- Cortes u otras heridas por herramientas.

- Insolación o deshidratación por exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Quemaduras, por posible utilización de equipos de soldadura.

Las prendas que se deben utilizar para la prevención de accidentes mientras se montan los captadores, son las siguientes:

- Casco.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Arnés o cinturón de seguridad homologado.

5.2. Montaje de las tuberías

Para el montaje de las tuberías y demás elementos hidráulicos se debe tener en cuenta, además de algunas de las indicaciones dadas en otros puntos anteriores, que el corte y soldadura de tuberías metálicas conlleva riesgos de proyección a los ojos de partículas y chispas, por lo que es necesario en todo momento estar bien protegido con la ropa y calzado adecuado, casco y gafas especiales.

5.3. Montaje y conexión de los elementos eléctricos-electrónicos

Los riesgos más comunes en la colocación de los elementos conectados a la red eléctrica son los siguientes:

- Electrocución.
- Quemaduras.
- Heridas por la utilización de herramientas.

Para evitar la electrocución, es necesario utilizar unos guantes aislantes, no trabajando nunca bajo tensión.

Las prendas utilizadas para la prevención de riesgos mientras se montan los elementos eléctricos son las siguientes:

- Casco.
- Protectores auditivos.
- Gafas antiproyecciones.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

6. MEDIOS AUXILIARES

6.1. Grúa

La grúa será necesaria para la elevación y colocación de los captadores sobre las estructuras soporte. Además, se utilizará una grúa con cesta para la colocación del tramo de tuberías exteriores del circuito primario que discurren por la fachada.

Los riesgos más comunes por la utilización de una grúa son los siguientes:

- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpes por la carga.
- Desplome de los captadores desde cierta altura.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Cortes.
- Contactos directos e indirectos.

Las medidas preventivas que se deben tomar son las siguientes:

- Situarse siempre a cierta distancia de la grúa mientras esté realizando trabajos y en ningún caso se permitirá a los operarios pasar por debajo de la grúa mientras ésta sostenga alguna carga.
- Se prohíbe el transporte de personal mediante el gancho de la grúa. Para este cometido se utilizará una grúa – cesta.
- Al finalizar cualquier periodo de trabajo la pluma se maniobrá para dejarla recogida detrás de la cabina del conductor. Además, los mandos de maniobra se dejarán en la posición inicial.
- Se prohíbe que, mientras el gruista esté trabajando con la pluma, este se apoye en el camión para evitar caídas que provoquen un accidente por mal manejo de los mandos.
- El gruista no realice ajustes en el cuadro de maniobra, sino que avisará de las posibles anomalías al servicio de prevención.
- No permitir el uso del cuadro de maniobra de la grúa a personas no autorizadas.
- En ningún caso se seguirá usando la grúa si se detectan anomalías.

- No intentar izar cargas que estén sujetas al suelo, debido a que se puede producir el vuelco del camión grúa.
- No intentar arrastrar por el suelo cargas, dejando el cable con tensiones inclinadas, pueden provocar el vuelco del camión grúa.
- Para el manejo de maquinaria pesada, no se debe haber ingerido ningún tipo de bebida alcohólica ni drogas.
- No balancear las cargas.
- No dejar suspendidas las cargas durante un periodo prolongado de tiempo, para evitar posibles fallos en los engranajes de la grúa.
- Flejar bien las cargas para evitar que se desprendan.

6.2. Escaleras

Al tratarse de una instalación pequeña no será necesario la colocación de andamios, pero si de escaleras de mano para realizar trabajos a distintos niveles.

Los riesgos más comunes en la utilización de escaleras son simplemente las caídas a distinto nivel.

También se puede producir una rotura por defectos internos

Las medidas preventivas que se deben tomar para el uso de escaleras son:

- Para evitar las caídas a distinto nivel se deberá de colocar la escalera sobre un terreno regular y en caso de no tener esta opción, dejar la escalera lo más estable posible.
- Se prohibirá terminantemente estar en posturas extrañas encima de la escalera que puedan desestabilizar la misma.

6.3. Grupo electrógeno

Si no existiera otro suministro eléctrico, se dispondrá de un grupo electrógeno para la realización de trabajo que necesite maquinaria eléctrica.

Los riesgos de utilización del grupo electrógeno son:

- Riesgo por el atrapamiento de las partes móviles del grupo electrógeno.
- Quemaduras por calentamiento del equipo.

Las medidas para prevenir accidentes:

- Incorporar una pantalla de seguridad para evitar atrapamiento por las partes móviles.
- Dejar el grupo electrógeno fuera del alcance del personal, para evitar contactos involuntarios.

7. FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES

Antes del comienzo de cada unidad de obra, se informará a los operarios sobre la forma correcta de ejecución y la prevención de los riesgos previstos.

Asimismo se tiene previsto impartir formación en materia de seguridad y salud en el trabajo al personal de la obra, en función de las propias necesidades del mismo y de acuerdo con el proceso que vaya a realizarse.

8. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

8.1. Botiquines

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo que contenga, como mínimo: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

8.2. Asistencia a accidentados

Se deberá informar a los operarios de la obra del emplazamiento de los diferentes centros médicos (Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Además, se dispondrá en la obra, y en sitio bien visible, una lista con todos los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., a fin de garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros de asistencia.

8.3. Reconocimientos médicos

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, que será repetido una vez que haya transcurrido un año desde la contratación del trabajador.

9. ORDEN Y LIMPIEZA

- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en caso de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.
- Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en las condiciones higiénicas adecuadas. A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento.
- Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

10. LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro la dirección facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los

trabajadores, y los técnicos especializados de las administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo. (Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan).

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

11. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador observase durante la ejecución de las obras incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Además, dará cuenta del hecho para los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

12. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Será facilitada a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo, por el contratista, una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento.





Proyecto elaborado por Álvaro Sánchez Martín
D.N.I. 08101242K
Septiembre 2017

